



**OGGETTO:**

SERVIZIO TECNICO DI INGEGNERIA ED ARCHITETTURA PER PROGETTAZIONE DEFINITIVA ED ESECUTIVA, DIREZIONE LAVORI, COORDINAMENTO DELLA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE ED ESECUZIONE RELATIVO ALL'INTERVENTO DI "LAVORI DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA DI RIPRISTINO DEL PONTE SULLA S.P.15 DI MONTEGONZI, KM. 0+750, LOCALITÀ CAMMENATA, COMUNE DI CAVRIGLIA".  
CUP I37H21005400001 – CIG 8981078C03

**PROGETTISTA ARCHITETTONICO**

Arch. Laura Bonora

**DIRETTORE TECNICO**

Ing. Giuseppe Caruso

**PROGETTISTA STRUTTURALE**

Ing. Lorenzo Azzolini

**PROGETTAZIONE**

**AZ SRL**  
SOCIETÀ DI  
INGEGNERIA

AZ S.r.l. Consulting & Commercial Engineering

Sede Legale e Operativa:

Via Zucchini 61, 44122 Ferrara

C.F. e Partita IVA 03243310285

Tel / Fax 0532-769188

info@azec.it - www.azec.it

**PROGETTO DEFINITIVO**

**ELABORATO :** RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURE

| Rev | Data          | Descrizione     | Redatto | Verificato | Approvato | Codice Commessa |
|-----|---------------|-----------------|---------|------------|-----------|-----------------|
| 03  |               |                 |         |            |           | 01/2022         |
| 02  | MARZO 2024    | AGGIORNAMENTO   | M.B.    | L.B.       | G.C.      | Elaborato       |
| 01  | OTTOBRE 2023  | AGGIORNAMENTO   | M.B.    | L.B.       | G.C.      | DEF-STR-REL-01  |
| 00  | DICEMBRE 2022 | PRIMA EMISSIONE | M.B.    | L.B.       | G.C.      | Scala -         |

| WBS | FASE | SETTORE | TE  | NOME FILE                                              |
|-----|------|---------|-----|--------------------------------------------------------|
| 00  | DEF  | STR     | REL | SP15-5-DEF-STR-REL-0102-RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURE |

|                     |                                                                                                                                            |                                      |
|---------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|
| Provincia di Arezzo | LAVORI DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA DI RIPRISTINO DEL PONTE SULLA S.P.15 DI MONTGONZI, KM. 0+750, LOCALITÀ CAMMENATA, COMUNE DI CAVRIGLIA | Relazione di calcolo delle strutture |
|---------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|

## Sommario

|                                                                                  |    |
|----------------------------------------------------------------------------------|----|
| Sommario .....                                                                   | 1  |
| 1   PREMESSA.....                                                                | 1  |
| 2   DESCRIZIONE DELL'OPERA.....                                                  | 1  |
| 2.1   Inquadramento generale .....                                               | 1  |
| 3   NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....                                                | 6  |
| 4   DIMENSIONI E GEOMETRIA CARATTERISTICHE DELL'OPERA .....                      | 7  |
| 5   INDAGINI CONOSCITIVE.....                                                    | 8  |
| 5.1   Risultanze dell'esame visivo.....                                          | 8  |
| 6   INTERVENTI PREVISTI.....                                                     | 11 |
| 7   MATERIALI .....                                                              | 16 |
| 7.1   Caratterizzazione dei materiali nuovi .....                                | 16 |
| 8   CODICI DI CALCOLO .....                                                      | 18 |
| 9   MODELLO GEOLOGICO E PARAMETRI DI CALCOLO.....                                | 19 |
| 9.1   Ubicazione dell'indagine eseguita e successione stratigrafica .....        | 19 |
| 10   MODELLO FEM .....                                                           | 22 |
| 10.1   Modellazione dei materiali .....                                          | 24 |
| 10.1.1   Valori dei parametri dei legami costitutivi adottati nell'analisi ..... | 24 |
| 11   AZIONI SULLA STRUTTURA .....                                                | 25 |
| 11.1   Pesi propri della struttura .....                                         | 25 |
| 11.2   Carichi permanenti.....                                                   | 25 |
| 11.3   Azioni da traffico .....                                                  | 27 |
| 11.4   Urto .....                                                                | 32 |
| 11.5   Spinte del terreno in condizioni statiche .....                           | 33 |
| 11.6   Combinazione delle azioni .....                                           | 34 |
| 12   VERIFICHE GLOBALI .....                                                     | 35 |
| 13   VERIFICHE PASSERELLA IN CORRISPONDENZA PONTE AD ARCO .....                  | 37 |
| 14   VERIFICHE PASSERELLA A TERGO PONTE AD ARCO .....                            | 43 |
| 14.1   VERIFICHE DELLA SOLETTA SPESSORE 30CM .....                               | 45 |
| 14.1.1   Direzione trasversale.....                                              | 46 |
| 14.1.2   Direzione longitudinale .....                                           | 49 |
| 14.1.3   Verifiche a taglio.....                                                 | 53 |
| 14.2   VERIFICHE DELLA SOLETTA SPESSORE 80CM .....                               | 55 |
| 14.2.1   Direzione trasversale.....                                              | 55 |
| 14.2.2   Direzione longitudinale .....                                           | 58 |

|                     |                                                                                                                                             |                                      |
|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|
| Provincia di Arezzo | LAVORI DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA DI RIPRISTINO DEL PONTE SULLA S.P.15 DI MONTÉGONZI, KM. 0+750, LOCALITÀ CAMMENATA, COMUNE DI CAVRIGLIA | Relazione di calcolo delle strutture |
|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|

|        |                                                         |    |
|--------|---------------------------------------------------------|----|
| 14.2.3 | Verifiche a taglio.....                                 | 62 |
| 15     | VERIFICA DEI CORDOLI .....                              | 64 |
| 15.1   | Verifica a torsione cordolo.....                        | 64 |
| 15.2   | Verifiche microlocali per installazione barriere .....  | 66 |
| 16     | VERIFICA DEGLI ELEMENTI DI SOSTEGNO PROVVISORIALI ..... | 75 |
| 17     | VERIFICA DELLE FONDAZIONI ESISTENTI .....               | 76 |
| 18     | VERIFICA DELLE NUOVE FONDAZIONI PROFONDE.....           | 77 |
| 18.1   | Verifiche di capacità portante a compressione .....     | 78 |
| 18.2   | Verifiche di capacità portante a trazione.....          | 78 |
| 18.3   | Verifiche di capacità portante orizzontale.....         | 78 |
| 18.4   | Verifiche strutturali dei micropali .....               | 78 |
| 19     | GIUDIZIO DI ACCETTABILITÀ DEI RISULTATI .....           | 83 |
| 20     | CONCLUSIONI .....                                       | 85 |

|                     |                                                                                                                                             |                                      |
|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|
| Provincia di Arezzo | LAVORI DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA DI RIPRISTINO DEL PONTE SULLA S.P.15 DI MONTEGONZI, KM. 0+750, LOCALITÀ CAMMENATA, COMUNE DI CAVRIGLIA | Relazione di calcolo delle strutture |
|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|

# 1 PREMESSA

Lo scopo del presente lavoro è la progettazione di “Lavori di manutenzione straordinaria di ripristino del ponte sulla S.P.15 di Montegonzi, km. 0+750, località Cammenata, Comune di Caviglia”. La progettazione degli interventi ha l’obiettivo di incrementare la sicurezza dell’opera nel suo insieme tramite rafforzamenti strutturali diffusi sulla struttura del ponte e della strada soprastante. L’oggetto della presente relazione sono le verifiche globali dell’opera e gli interventi di rifacimento dei cordoli, sostituzione delle barriere bordo ponte e ampliamento stradale per la realizzazione di un nuovo percorso pedonale.

# 2 DESCRIZIONE DELL’OPERA

## 2.1 Inquadramento generale

Il ponte in oggetto fa parte della Strada Provinciale SP 15 di Montegonzi km 0+720, in località Camenata del Comune di Montegonzi. Il ponte è individuabile nel foglio 0055 del catasto e attraversa il borro denominato “Pozza dei Diavoli”. Nella seguente figura si riporta una vista satellitare del ponte.



Figura 1. Vista satellitare.

Nella tabella seguente si sintetizzano i dati necessari all’individuazione dell’opera.

| DATI DELL'OPERA         |                                                                            |               |        |
|-------------------------|----------------------------------------------------------------------------|---------------|--------|
| Denominazione:          | Ponte sulla SP 15 Montegonzi, km 0+720                                     |               |        |
| Tipologia:              | Arco monocalcata in muratura di mattoni pieni                              |               |        |
| Provincia               | Arezzo                                                                     |               |        |
| Strada                  | Strada Provinciale 15                                                      |               |        |
| Ubicazione:             | km 0+720                                                                   |               |        |
| Regione:                | Toscana                                                                    | Codice Istat  | 09     |
| Provincia:              | Arezzo                                                                     |               | 051    |
| Comune:                 | Località Camenata di Montegonzi                                            |               | 051013 |
| Coordinate geografiche: | 43°30'42.6" N                                                              | 11°29'45.0" E |        |
|                         | 43.51184 N                                                                 | 11.49582 E    |        |
| Fuso:                   | UTC +1:00 (Europe/Paris)<br>Ora legale: UTC +2:00<br>Ora solare: UTC +1:00 |               |        |

Tabella 1. Anagrafica dell’opera d’arte

|                     |                                                                                                                                             |                                      |
|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|
| Provincia di Arezzo | LAVORI DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA DI RIPRISTINO DEL PONTE SULLA S.P.15 DI MONTÉGONZI, KM. 0+750, LOCALITÀ CAMMENATA, COMUNE DI CAVRIGLIA | Relazione di calcolo delle strutture |
|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|

Le seguenti figure mostrano la geometria e la situazione del ponte in esame.



*Figura 2. Vista del ponte da est*



*Figura 3. Vista del ponte da ovest*

|                     |                                                                                                                                             |                                      |
|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|
| Provincia di Arezzo | LAVORI DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA DI RIPRISTINO DEL PONTE SULLA S.P.15 DI MONTAGONZI, KM. 0+750, LOCALITÀ CAMMENATA, COMUNE DI CAVRIGLIA | Relazione di calcolo delle strutture |
|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|



*Figura 4. Vista della volta*



*Figura 5. Vista del parapetto in muratura*

|                     |                                                                                                                                             |                                      |
|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|
| Provincia di Arezzo | LAVORI DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA DI RIPRISTINO DEL PONTE SULLA S.P.15 DI MONTÉGONZI, KM. 0+750, LOCALITÀ CAMMENATA, COMUNE DI CAVRIGLIA | Relazione di calcolo delle strutture |
|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|



*Figura 6. Degrado del parapetto in muratura*



*Figura 7. Degrado muro andatore e parapetto*

|                     |                                                                                                                                             |                                      |
|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|
| Provincia di Arezzo | LAVORI DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA DI RIPRISTINO DEL PONTE SULLA S.P.15 DI MONTAGONZI, KM. 0+750, LOCALITÀ CAMMENATA, COMUNE DI CAVRIGLIA | Relazione di calcolo delle strutture |
|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|



*Figura 8. Vista della strada*



*Figura 9. Vista della strada*

|                     |                                                                                                                                             |                                      |
|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|
| Provincia di Arezzo | LAVORI DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA DI RIPRISTINO DEL PONTE SULLA S.P.15 DI MONTÉGONZI, KM. 0+750, LOCALITÀ CAMMENATA, COMUNE DI CAVRIGLIA | Relazione di calcolo delle strutture |
|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|

### 3 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Per la redazione della presente relazione sono state considerate le normative tecniche di seguito elencate:

- Legge n. 64 02/02/1974: Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche;
- DM 20/11/1987: Norme tecniche per la progettazione, esecuzione e collaudo degli edifici in muratura e loro consolidamento;
- Eurocodice 2 – UNI EN 1992-1-1; Novembre 2005-Aprile 2006;
- Decreto Protezione Civile 21 ottobre 2003: Disposizioni attuative dell'art. 2, commi 2, 3 e 4, dell'ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003;
- OPCM 20 marzo 2003 n. 3274, Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica;
- OPCM 3 maggio 2005 n. 3431: Ulteriori modifiche ed integrazioni dell'ordinanza del Presidente del consiglio dei Ministri n. 3274 del 20/3/2003 recante "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica";
- OPCM 8 luglio 2004 n. 3362: Modalità di attivazione del Fondo per investimenti straordinari della Presidenza del Consiglio dei Ministri istituito ai sensi dell'art. 32-bis del decreto-legge 30 settembre 2003 n. 269 convertito, con modificazioni, dalla legge 24 novembre 2003 n. 326;
- OPCM 28 aprile 2006: Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone;
- DM 17 gennaio 2018: Norme tecniche per le costruzioni (nel seguito indicate come NTC18);
- Linee Guida per la valutazione e riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale e successive modificazioni del Ministero per i Beni e le Attività Culturali, come licenziate dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici e ss. mm. ii.;
- Circolare 21 gennaio 2019 n. 7, Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche per le costruzioni" di cui al DM 17 gennaio 2018 (nel seguito indicate come CNTC19).

|                     |                                                                                                                                             |                                      |
|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|
| Provincia di Arezzo | LAVORI DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA DI RIPRISTINO DEL PONTE SULLA S.P.15 DI MONTÉGONZI, KM. 0+750, LOCALITÀ CAMMENATA, COMUNE DI CAVRIGLIA | Relazione di calcolo delle strutture |
|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|

#### 4 DIMENSIONI E GEOMETRIA CARATTERISTICHE DELL'OPERA

Il ponte in oggetto è un manufatto con struttura portante in muratura di mattoni pieni e pietrame. Non si conosce esattamente l'anno di costruzione ma può essere collocato nel periodo antecedente il 1941.

Il manufatto si inserisce in un contesto urbano, è affiancato da edifici residenziali, attraversa un corso d'acqua e ha un andamento curvilineo. La struttura è a singola campata con una volta a sesto ribassato avente luce pari a 5.80 metri e larghezza di 5.6 metri. L'altezza della chiave di volta si colloca a 4 metri rispetto l'alveo e i piedritti in pietrame hanno altezza di 2.7 metri. La struttura del ponte si estende a sud e presenta un'ulteriore apertura di dimensioni circa 1.2x2.4 metri che si sviluppa in un corridoio che prosegue al di sotto delle abitazioni adiacenti. La strada è realizzata in manto bituminoso e la larghezza della carreggiata è di 5.3 metri. Il bordo strada è realizzato in muratura di mattoni pieni a due teste, di spessore 25 cm.

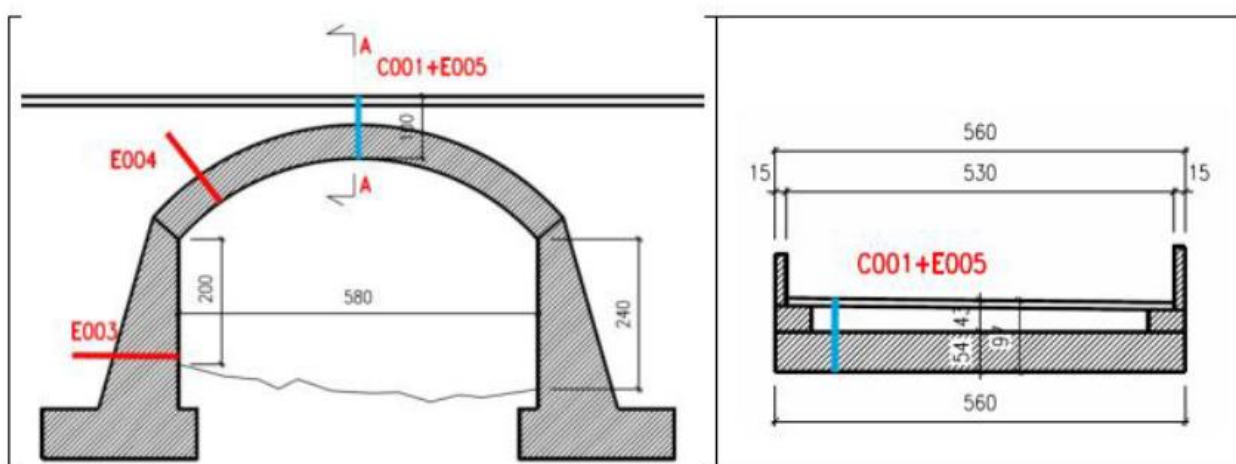


Figura 10. Sezione longitudinale e trasversale

|                     |                                                                                                                                             |                                      |
|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|
| Provincia di Arezzo | LAVORI DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA DI RIPRISTINO DEL PONTE SULLA S.P.15 DI MONTAGONZI, KM. 0+750, LOCALITÀ CAMMENATA, COMUNE DI CAVRIGLIA | Relazione di calcolo delle strutture |
|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|

## 5 INDAGINI CONOSCITIVE

### 5.1 Risultanze dell'esame visivo

Il sopralluogo effettuato in data 18/01/2022 a cura dell' Ing. Lorenzo Azzolini ha permesso il rilievo della condizione attuale del ponte in oggetto, mettendo in luce le criticità strutturali e le condizioni di degrado a cui è soggetto.

Lo stato di conservazione del manufatto è scarso e sono stati osservati i seguenti difetti:

- Distacco di alcuni mattoni all'intradosso della volta



*Figura 11. Esempio di distacco mattoni dalla volta*

- Allentamento della maglia muraria dei muri d'ala



*Figura 12. Esempio allentamento maglia muraria muri d'ala*

|                     |                                                                                                                                            |                                      |
|---------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|
| Provincia di Arezzo | LAVORI DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA DI RIPRISTINO DEL PONTE SULLA S.P.15 DI MONTGONZI, KM. 0+750, LOCALITÀ CAMMENATA, COMUNE DI CAVRIGLIA | Relazione di calcolo delle strutture |
|---------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|

- Presenza di vegetazione sui muri d'ala



*Figura 13. Esempio di vegetazione infestante*

- Presenza di infiltrazioni e muffe



*Figura 14. Esempio di infiltrazioni e muffe*

|                     |                                                                                                                                             |                                      |
|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|
| Provincia di Arezzo | LAVORI DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA DI RIPRISTINO DEL PONTE SULLA S.P.15 DI MONTAGONZI, KM. 0+750, LOCALITÀ CAMMENATA, COMUNE DI CAVRIGLIA | Relazione di calcolo delle strutture |
|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|

- Parapetto dissestato e rimaneggiato



*Figura 15. Vista di una porzione di parapetto danneggiata*

- Pavimentazione stradale dissestata



*Figura 16. Vista sulla pavimentazione stradale dissestata*

In generale si ritiene che il ponte in oggetto versi in condizioni di degrado che ne compromettono la fruizione e la funzionalità. È necessario progettare interventi di consolidamento del manufatto.

|                     |                                                                                                                                             |                                      |
|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|
| Provincia di Arezzo | LAVORI DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA DI RIPRISTINO DEL PONTE SULLA S.P.15 DI MONTÉGONZI, KM. 0+750, LOCALITÀ CAMMENATA, COMUNE DI CAVRIGLIA | Relazione di calcolo delle strutture |
|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|

## 6 INTERVENTI PREVISTI

La progettazione degli interventi ha l'obiettivo di consolidare staticamente il manufatto e migliorarlo dal punto di vista funzionale. Essa deve ripristinare le condizioni originarie dell'opera e incrementarne il livello di sicurezza. In ambito di intervento sarà inoltre necessario rimettere in sicurezza il manufatto mediante il consolidamento delle strutture murarie (iniezioni profonde di malta e ristilatura dei giunti di malta), la realizzazione di nuovi cordoli stradali di sostegno per le nuove barriere stradali di tipo H2BP W4 e la posa in opera di barriere H2BR W5.

Si riporta di seguito la lista delle lavorazioni previste per il ponte in oggetto:

- Chiusura totale della strada al traffico;
- Consolidamento delle strutture murarie;
- Demolizione pavimentazione stradale, soletta in c.a. e parapetto in mattoni pieni,
- Verifica dello stato di conservazione della volta e riempimento con materiale alleggerito all'estradosso della volta in mattoni pieni;
- Realizzazione nuova soletta in c.a. con relativi cordoli e realizzazione nuovo percorso pedonale di servizio;
- Realizzazione nuovo cordolo ad ovest;
- Installazione nuove barriere stradali;
- Realizzazione nuovo parapetto metallico sul lato est;
- Demolizione della rampa di scale esistente in cls e realizzazione della nuova scala in acciaio.

Si precisa che la nuova struttura in c.a. composta dalla soletta, dal cordolo e dal nuovo camminamento ad est è sostenuta da micropali lunghi 9.00m costituiti da un tubolare metallico di diametro 168.3mm, spessore 10mm e realizzati con una punta di perforazione di diametro 240mm.

Si riportano di seguito delle immagini, tratte dagli elaborati grafici di progetto, che espongono l'intervento previsto.

|                     |                                                                                                                                             |                                      |
|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|
| Provincia di Arezzo | LAVORI DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA DI RIPRISTINO DEL PONTE SULLA S.P.15 DI MONTAGONZI, KM. 0+750, LOCALITÀ CAMMENATA, COMUNE DI CAVRIGLIA | Relazione di calcolo delle strutture |
|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|

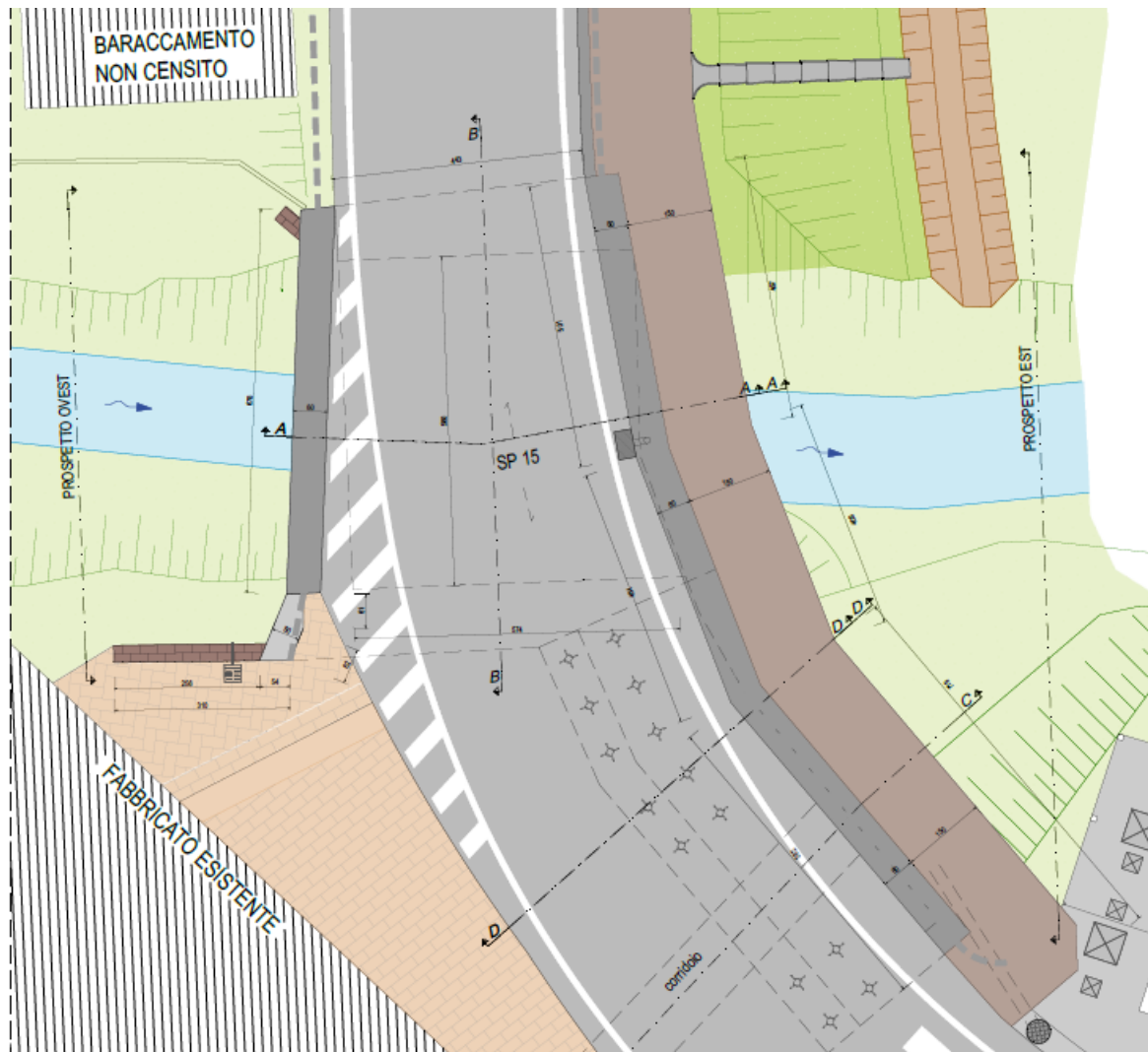


Figura 17. Schema dell'intervento – Pianta

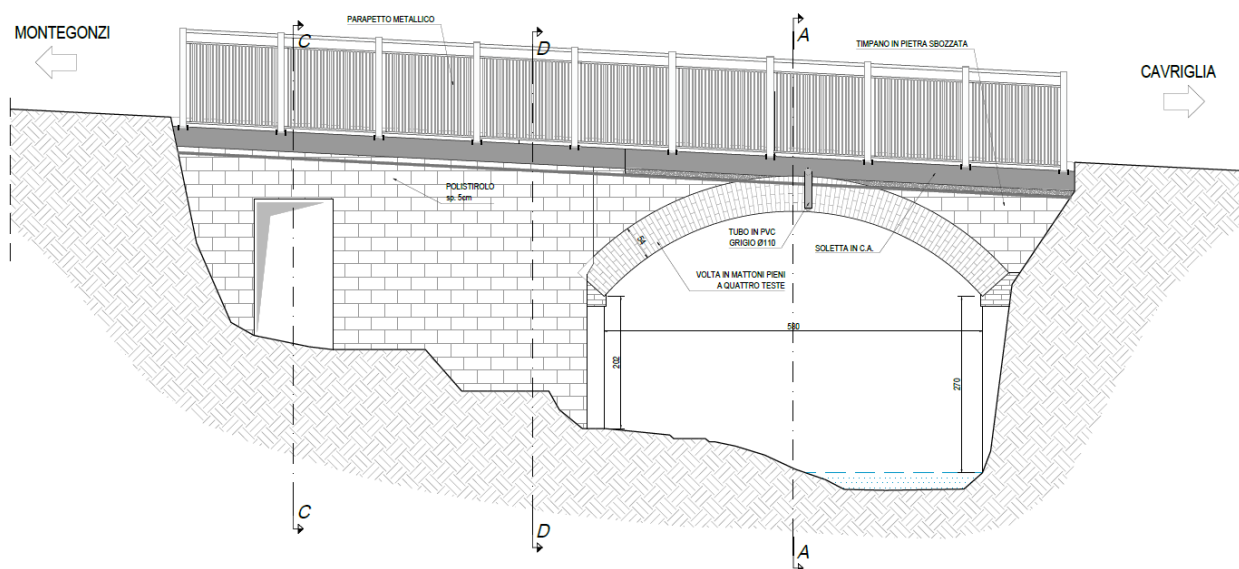


Figura 18. Schema di intervento – Prospetto est

|                     |                                                                                                                                             |                                      |
|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|
| Provincia di Arezzo | LAVORI DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA DI RIPRISTINO DEL PONTE SULLA S.P.15 DI MONTAGONZI, KM. 0+750, LOCALITÀ CAMMENATA, COMUNE DI CAVRIGLIA | Relazione di calcolo delle strutture |
|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|

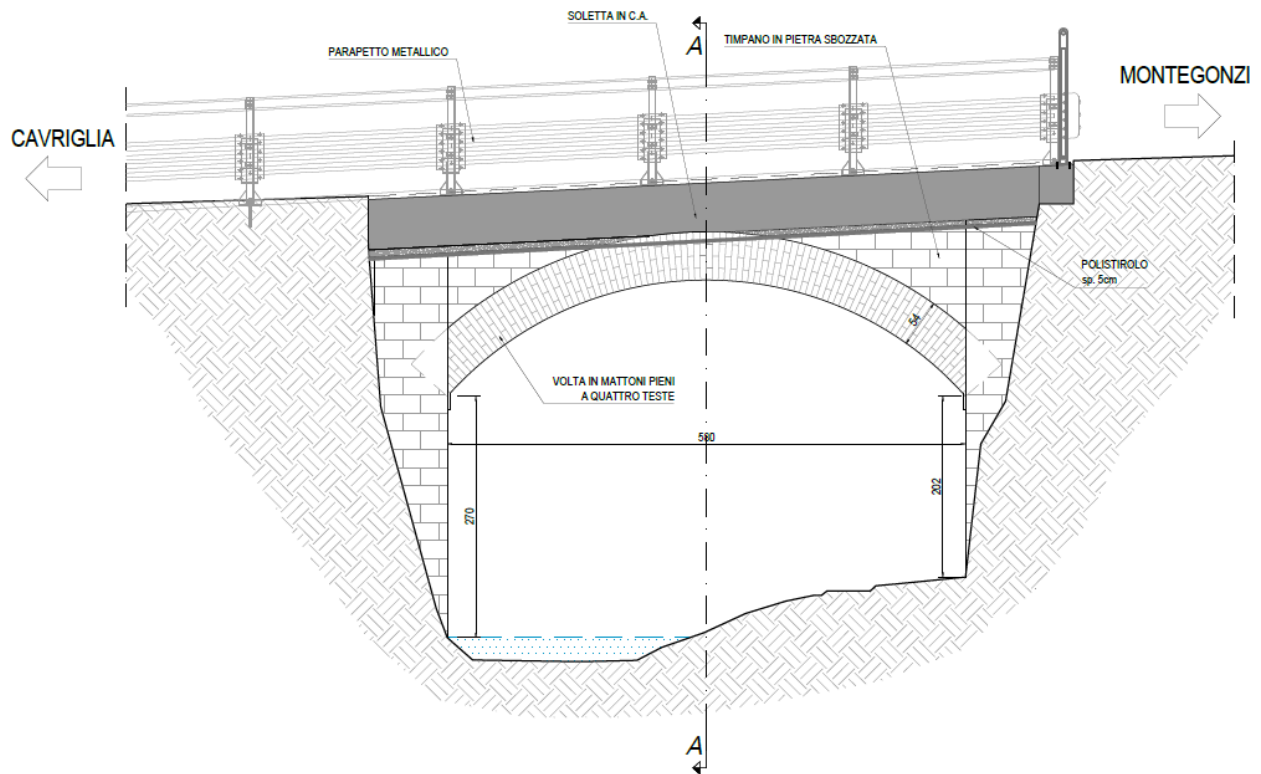


Figura 19. Schema di intervento – Prospetto ovest

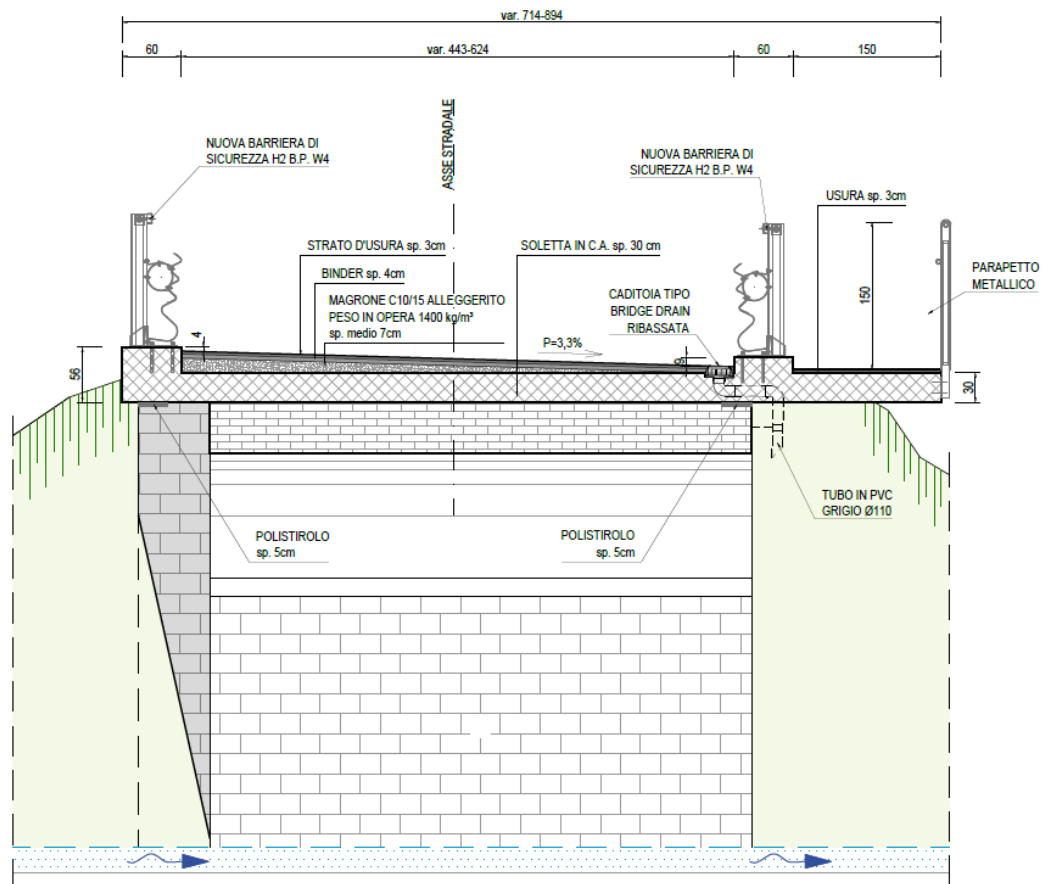


Figura 20. Schema di intervento - Sezione longitudinale A-A

|                     |                                                                                                                                             |                                      |
|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|
| Provincia di Arezzo | LAVORI DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA DI RIPRISTINO DEL PONTE SULLA S.P.15 DI MONTAGONZI, KM. 0+750, LOCALITÀ CAMMENATA, COMUNE DI CAVRIGLIA | Relazione di calcolo delle strutture |
|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|

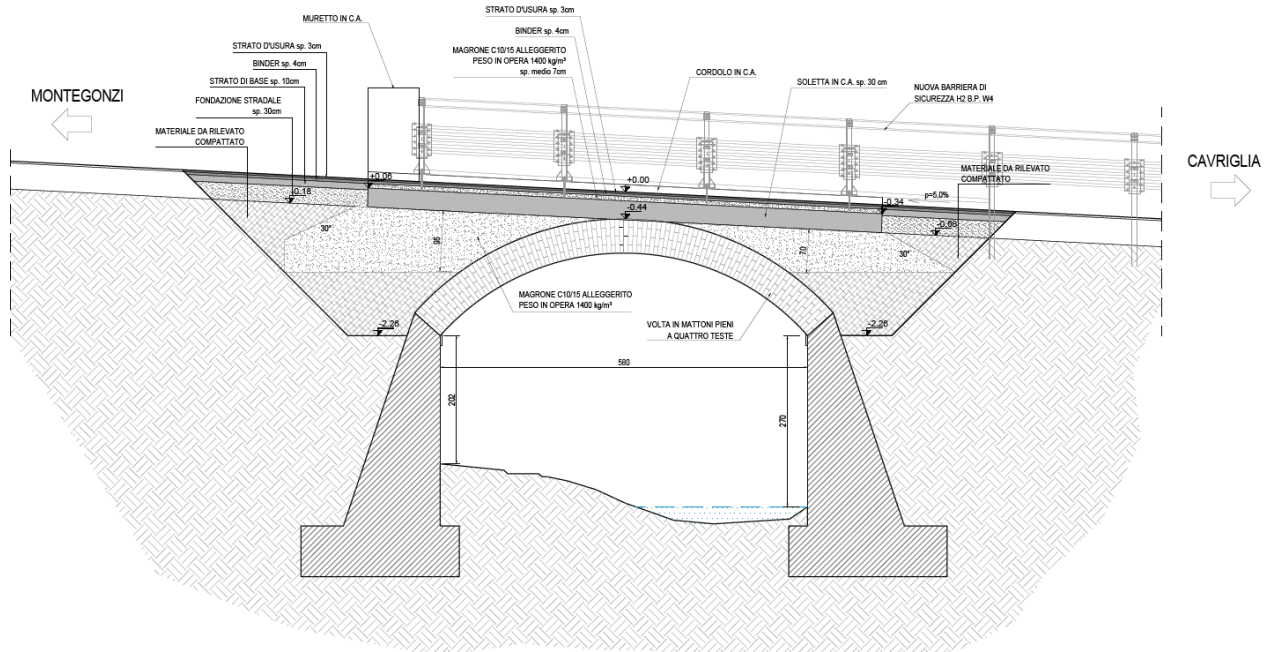


Figura 21. Schema di intervento - Sezione longitudinale B-B

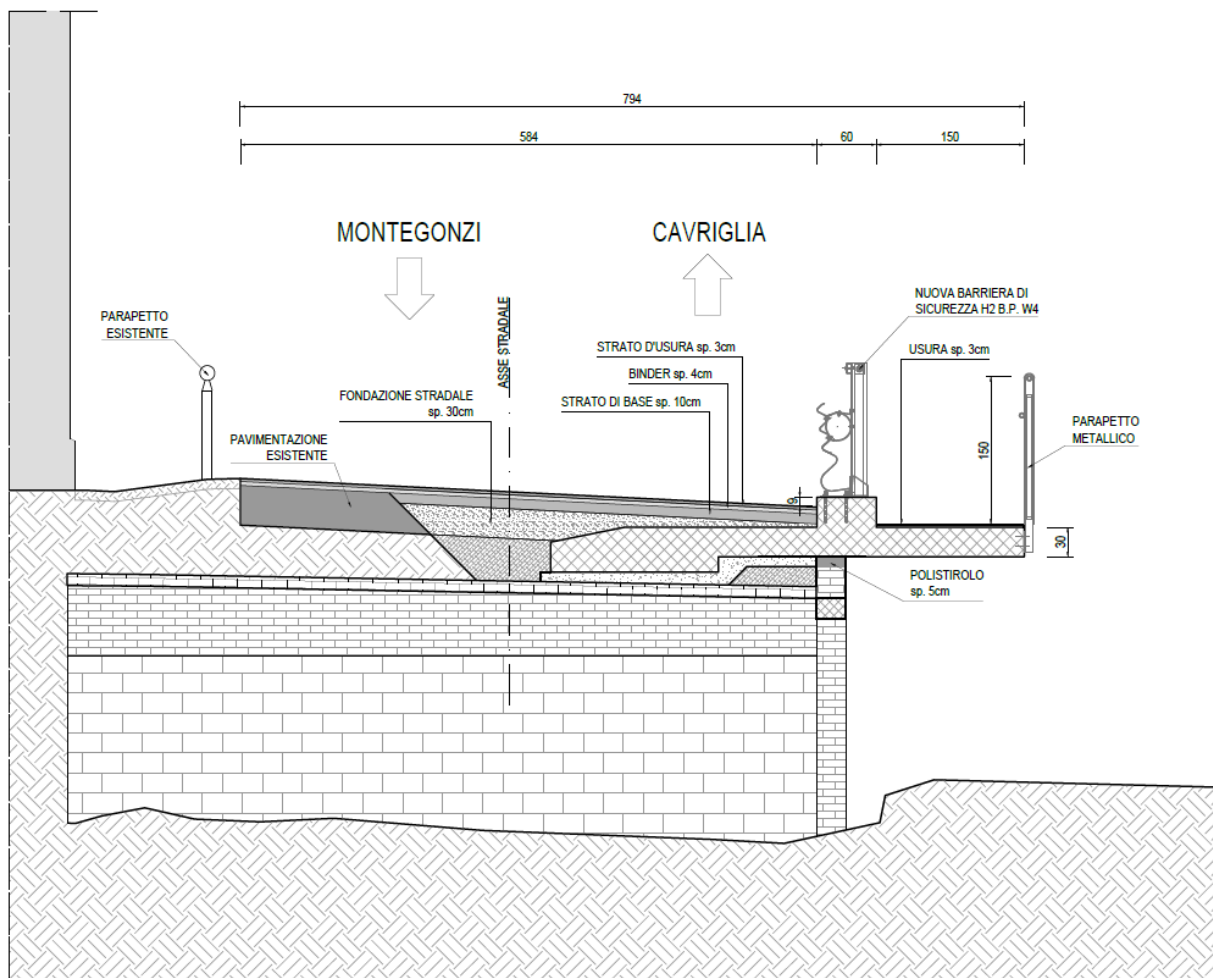


Figura 22. Schema di intervento - Sezione longitudinale C-C

|                     |                                                                                                                                             |                                      |
|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|
| Provincia di Arezzo | LAVORI DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA DI RIPRISTINO DEL PONTE SULLA S.P.15 DI MONTAGONZI, KM. 0+750, LOCALITÀ CAMMENATA, COMUNE DI CAVRIGLIA | Relazione di calcolo delle strutture |
|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|

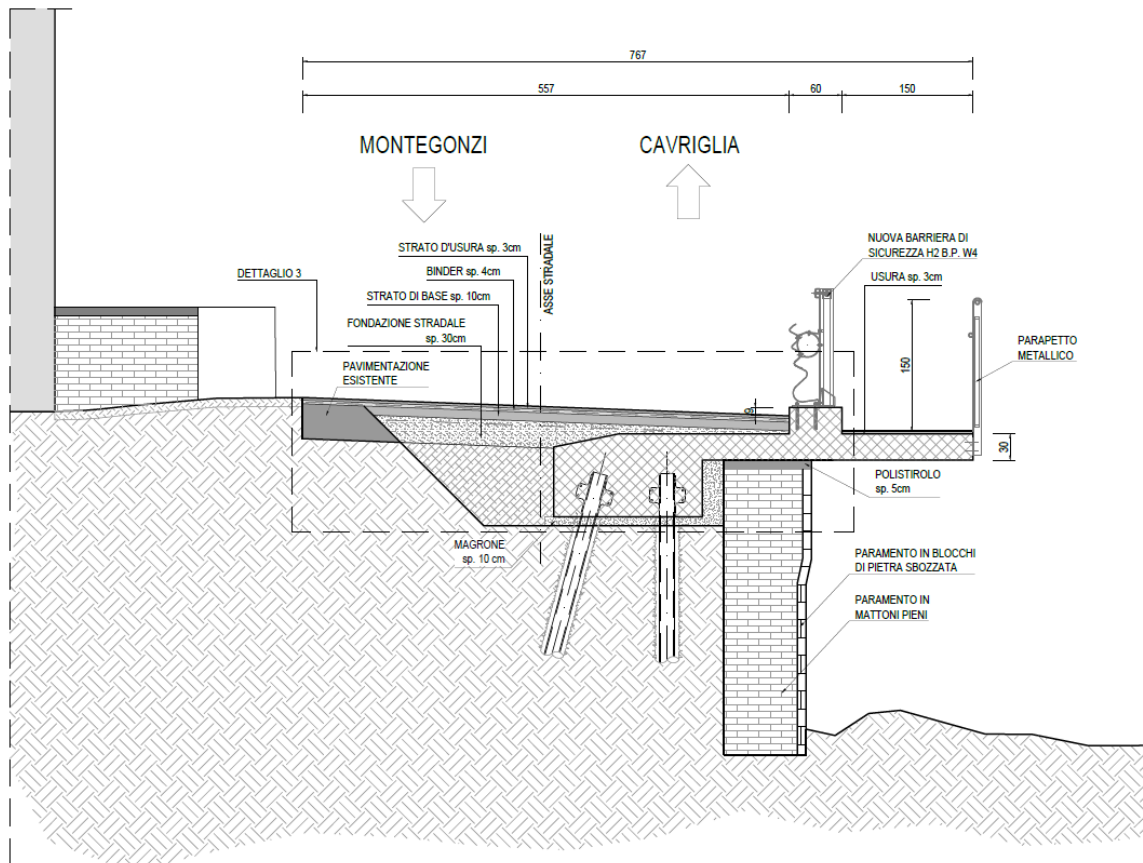


Figura 23. Schema di intervento - Sezione D-D

Le barriere stradali esistenti risultano essere obsolete e/o non presenti ed andranno sostituite da nuove barriere ANAS bordo ponte e bordo rilevato di classe H2.

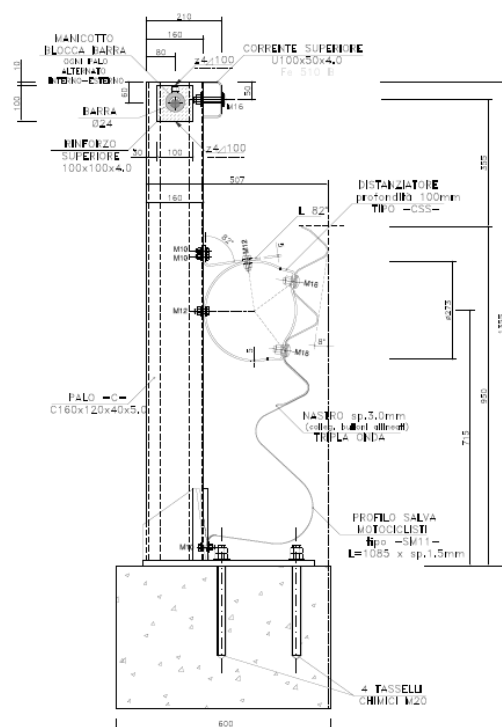


Figura 24. Schema tipo barriera ANAS bordo ponte H2

|                     |                                                                                                                                            |                                      |
|---------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|
| Provincia di Arezzo | LAVORI DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA DI RIPRISTINO DEL PONTE SULLA S.P.15 DI MONTGONZI, KM. 0+750, LOCALITÀ CAMMENATA, COMUNE DI CAVRIGLIA | Relazione di calcolo delle strutture |
|---------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|

## 7 MATERIALI

### 7.1 Caratterizzazione dei materiali nuovi

Si riportano di seguito le caratteristiche meccaniche medie dei nuovi materiali impiegati per la realizzazione degli interventi di progetto. Per i calcestruzzi utilizzati sono inoltre fornite le prescrizioni minime operative sulla composizione degli stessi, associate alle caratteristiche prestazionali richieste (mix design), in accordo al §11.2.1 delle NTC2018 e alla UNI 11104.

Si riportano le tabelle relative alle classi di esposizione ambientale (§4.1.2.2.4.2 delle NTC18), ai copriferri minimi (§ C4.1.6.1.3 della Circolare n.7) e ai criteri di scelta dello stato limite di fessurazione (§4.1.2.2.4.4 delle NTC18) previste dalla normativa.

Tab. 4.1.III – Descrizione delle condizioni ambientali

| Condizioni ambientali | Classe di esposizione             |
|-----------------------|-----------------------------------|
| Ordinarie             | X0, XC1, XC2, XC3, XF1            |
| Aggressive            | XC4, XD1, XS1, XA1, XA2, XF2, XF3 |
| Molto aggressive      | XD2, XD3, XS2, XS3, XA3, XF4      |

Tabella C4.1.IV - Copriferri minimi in mm

|           |        |            | barre da c.a.<br>elementi a piastra |                     | barre da c.a.<br>altri elementi |                     | cavi da c.a.p.<br>elementi a piastra |                     | cavi da c.a.p.<br>altri elementi |                     |
|-----------|--------|------------|-------------------------------------|---------------------|---------------------------------|---------------------|--------------------------------------|---------------------|----------------------------------|---------------------|
| $C_{min}$ | $C_o$  | ambiente   | $C \geq C_o$                        | $C_{min} < C < C_o$ | $C \geq C_o$                    | $C_{min} < C < C_o$ | $C \geq C_o$                         | $C_{min} < C < C_o$ | $C \geq C_o$                     | $C_{min} < C < C_o$ |
| C25/30    | C35/45 | ordinario  | 15                                  | 20                  | 20                              | 25                  | 25                                   | 30                  | 30                               | 35                  |
| C30/37    | C40/50 | aggressivo | 25                                  | 30                  | 30                              | 35                  | 35                                   | 40                  | 40                               | 45                  |
| C35/45    | C45/55 | molto ag.  | 35                                  | 40                  | 40                              | 45                  | 45                                   | 50                  | 50                               | 50                  |

Tab. 4.1.IV - Criteri di scelta dello stato limite di fessurazione

| Gruppi di Esigenze | Condizioni ambientali | Combinazione di azioni | Armatura           |            |                  |            |
|--------------------|-----------------------|------------------------|--------------------|------------|------------------|------------|
|                    |                       |                        | Sensibile          |            | Poco sensibile   |            |
|                    |                       |                        | Stato limite       | $w_k$      | Stato limite     | $w_k$      |
| A                  | Ordinarie             | frequente              | apertura fessure   | $\leq w_2$ | apertura fessure | $\leq w_3$ |
|                    |                       | quasi permanente       | apertura fessure   | $\leq w_1$ | apertura fessure | $\leq w_2$ |
| B                  | Aggressive            | frequente              | apertura fessure   | $\leq w_1$ | apertura fessure | $\leq w_2$ |
|                    |                       | quasi permanente       | decompressione     | -          | apertura fessure | $\leq w_1$ |
| C                  | Molto aggressive      | frequente              | formazione fessure | -          | apertura fessure | $\leq w_1$ |
|                    |                       | quasi permanente       | decompressione     | -          | apertura fessure | $\leq w_1$ |

$w_1, w_2, w_3$  sono definiti al § 4.1.2.2.4, il valore  $w_k$  è definito al § 4.1.2.2.4.5.

#### Calcestruzzo cordoli e passerella

|                                                     |                                   |
|-----------------------------------------------------|-----------------------------------|
| Resistenza caratteristica cubica a compressione     | $R_{ck} = 45 \text{ MPa}$         |
| Resistenza caratteristica cilindrica a compressione | $f_{ck} = 35 \text{ MPa}$         |
| Copriferro                                          | $C_{nom} = 40+10 = 50 \text{ mm}$ |
| Classe di esposizione                               | XF4                               |
| Classe di consistenza                               | S4                                |
| Rapporto acqua / cemento                            | 0.45                              |
| Diametro massimo dell'inerte                        | 20 mm                             |
| Condizioni ambientali                               | molto aggressive                  |

|                     |                                                                                                                                            |                                      |
|---------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|
| Provincia di Arezzo | LAVORI DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA DI RIPRISTINO DEL PONTE SULLA S.P.15 DI MONTGONZI, KM. 0+750, LOCALITÀ CAMMENATA, COMUNE DI CAVRIGLIA | Relazione di calcolo delle strutture |
|---------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|

### **Calcestruzzo soletta**

|                                                     |                                   |
|-----------------------------------------------------|-----------------------------------|
| Resistenza caratteristica cubica a compressione     | $R_{ck} = 35 \text{ MPa}$         |
| Resistenza caratteristica cilindrica a compressione | $f_{ck} = 28 \text{ MPa}$         |
| Copriferro                                          | $C_{nom} = 20+10 = 30 \text{ mm}$ |
| Classe di esposizione                               | XC2                               |
| Classe di consistenza                               | S4                                |
| Rapporto acqua / cemento                            | 0.55                              |
| Diametro massimo dell'inerte                        | 20 mm                             |
| Condizioni ambientali                               | ordinarie                         |

### **Calcestruzzo micropali**

|                                                     |                                   |
|-----------------------------------------------------|-----------------------------------|
| Resistenza caratteristica cubica a compressione     | $R_{ck} = 30 \text{ MPa}$         |
| Resistenza caratteristica cilindrica a compressione | $f_{ck} = 25 \text{ MPa}$         |
| Copriferro                                          | $C_{nom} = 25+10 = 35 \text{ mm}$ |
| Classe di esposizione                               | XC2                               |
| Classe di consistenza                               | S4/S5                             |
| Rapporto acqua / cemento                            | 0.55                              |
| Diametro massimo dell'inerte                        | 20 mm                             |
| Condizioni ambientali                               | ordinarie                         |

### **Acciaio armatura**

|                                          |                            |
|------------------------------------------|----------------------------|
| Classe di acciaio                        | B450C                      |
| Resistenza caratteristica di snervamento | $f_{yk} = 450 \text{ MPa}$ |

### **Acciaio barriere ANAS bordo ponte H2**

|                                          |                            |
|------------------------------------------|----------------------------|
| Classe di acciaio                        | S275JR                     |
| Resistenza caratteristica di snervamento | $f_{yk} = 275 \text{ MPa}$ |

### **Ancoranti Fischer**

Ancorante chimico ad iniezione FIS EM plus  
Barra filettata FIS A M20x1000  
Acciaio zincato  
Classe di resistenza 8.8

### **Acciaio camicia micropali**

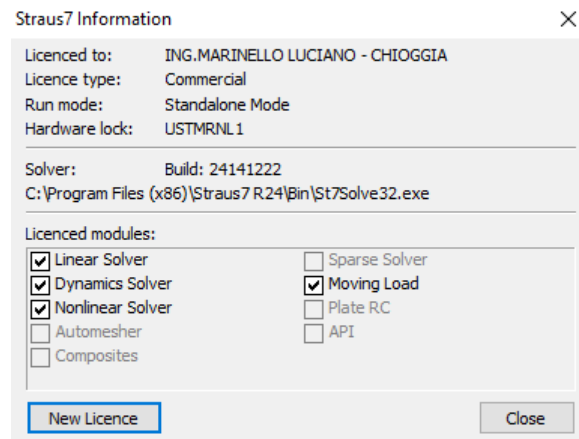
|                                          |                            |
|------------------------------------------|----------------------------|
| Classe di acciaio                        | S355J0H                    |
| Resistenza caratteristica di snervamento | $f_{yk} = 355 \text{ MPa}$ |

|                     |                                                                                                                                             |                                      |
|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|
| Provincia di Arezzo | LAVORI DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA DI RIPRISTINO DEL PONTE SULLA S.P.15 DI MONTÉGONZI, KM. 0+750, LOCALITÀ CAMMENATA, COMUNE DI CAVRIGLIA | Relazione di calcolo delle strutture |
|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|

## 8 CODICI DI CALCOLO

Analisi e calcoli sono state eseguite con l'ausilio dei seguenti software:

- Programma di calcolo delle sollecitazioni e delle deformazioni mediante il metodo degli elementi finiti: Straus 7 V2.4.4, prodotto dalla G+D Computing



- Programma di calcolo per sezioni in c.a.: RC-SEC, prodotto da GeoStru s.r.l.
- Programma di progettazione per fissaggi e sistemi: FiXperience 2.64, prodotto da Fischer Italia s.r.l.
- Microsoft Excel per fogli di calcolo autoprodotti

I programmi vengono usati con regolari licenze d'uso e sono testati periodicamente mediante procedure di controllo codificate, tali da verificare l'attendibilità delle applicazioni e dei risultati ottenuti ed individuare eventuali vizi ed anomalie.

|                     |                                                                                                                                             |                                      |
|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|
| Provincia di Arezzo | LAVORI DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA DI RIPRISTINO DEL PONTE SULLA S.P.15 DI MONTAGONZI, KM. 0+750, LOCALITÀ CAMMENATA, COMUNE DI CAVRIGLIA | Relazione di calcolo delle strutture |
|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|

## 9 MODELLO GEOLOGICO E PARAMETRI DI CALCOLO

Dal sondaggio realizzato nei pressi dell'area di intervento a luglio 2023, eseguito da Mappo Geognostica s.r.l su incarico affidato dall'Amministrazione Provinciale di Arezzo, e dall'esame del sondaggio n.407 precedentemente riportato, è stato possibile ricostruire l'assetto stratigrafico del sottosuolo e definire le caratteristiche geotecniche delle varie litologie. Inoltre, per definire con ancora più precisione le tipologie di terreno in situ, oltre alle risultanze degli studi sulle documentazioni reperite sul sito istituzionale del Comune di Caviglia, si sono valutati i numerosi report di letteratura e ricerche sul Complesso Argilloso Calcareao affiorante sul versante Allori della miniera di Santa Barbara. Tali valutazioni sono state eseguite durante gli anni di attività della miniera, oggetto di numerose ricerche volte a caratterizzarne il comportamento meccanico ed a definirne i parametri di resistenza ai fini delle analisi di stabilità dei pendii (D'ELIA et al., 1984, 1986, 1988, ESU & D'ELIA, 1990; D'ELIA, 1993; D'ELIA et al., 1993; TOMMASI, 1996; D'ELIA, 2006).

### 9.1 Ubicazione dell'indagine eseguita e successione stratigrafica

Il sondaggio geognostico a carotaggio continuo è stato spinto fino a 20 m dal P.C con 6 SPT.



Figura 25. Ubicazione dell'indagine eseguita

|                     |                                                                                                                                             |                                      |
|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|
| Provincia di Arezzo | LAVORI DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA DI RIPRISTINO DEL PONTE SULLA S.P.15 DI MONTAGONZI, KM. 0+750, LOCALITÀ CAMMENATA, COMUNE DI CAVRIGLIA | Relazione di calcolo delle strutture |
|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|

| o<br>mm | R<br>v | A<br>r | Pz | metri<br>bat. | LITOLOGIA | Campioni              | RP | VT | Prei. %<br>0 --- 100 | SPT<br>S.P.T. | N   | RQD %<br>0 --- 100 | prof.<br>m | DESCRIZIONE                                                                                                                                                           |
|---------|--------|--------|----|---------------|-----------|-----------------------|----|----|----------------------|---------------|-----|--------------------|------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|         |        |        |    | 0.3           |           |                       |    |    |                      |               |     |                    | 0.3        | Terreno di riporto costituito da argilla limosa con inclusi frammenti di laterizi.                                                                                    |
|         |        |        |    | 2.0           |           |                       |    |    |                      |               |     |                    | 2.0        | Argille ed argille limose di colore marrone.                                                                                                                          |
|         |        |        |    | 3.4           |           |                       |    |    |                      | 50/8cm        | Rif |                    | 3.4        | Frammenti litici, sciolti. Presente passaggio decimetrico di argilla limosa marrone tra -2,9 m e 3,0 m da p.c.                                                        |
|         |        |        |    | 3.8           |           |                       |    |    |                      |               |     |                    | 3.8        | Argille ed argille limose di colore marrone.                                                                                                                          |
|         |        |        |    | 5.5           |           | 1) Ghe - 4.50<br>5.00 |    |    |                      |               |     |                    | 5.5        | Argille e/o argilliti di colore grigio con incluso trovante litico siltitico decimetrico.                                                                             |
|         |        |        |    | 6.0           |           |                       |    |    |                      | 18-25-30      | 55  |                    | 6.0        | Argille ed argille limose di colore marrone con inclusi frammenti litici.                                                                                             |
|         |        |        |    | 10.0          |           | 2) Ghe - 9.45<br>9.95 |    |    |                      | 13-17-22      | 39  |                    | 10.0       | Argille e/o argilliti di colore grigio con inclusi frammenti litici alterate e fratturate.                                                                            |
|         |        |        |    | 15.0          |           |                       |    |    |                      | 25-29-34      | 63  |                    | 15.0       | Argille e/o argilliti di colore grigio.                                                                                                                               |
|         |        |        |    | 19.0          |           |                       |    |    |                      | 37-50/3cm     | Rif |                    | 19.0       | Prevalenti frammenti litici in matrice sabbiosa sciolti con inclusi passaggi decimetrici e pluridecimetrici di argille di colore grigio con inclusi frammenti litici. |
|         |        |        |    | 20.0          |           |                       |    |    |                      | 50/5cm        | Rif |                    | 20.0       | Argille e/o argilliti di colore grigio.                                                                                                                               |

Figura 26. Stratigrafia sondaggio S1

L'indagine S1 ha quindi confermato il modello semplificato del sondaggio n.407, rilevando una prevalenza di argille ed argilliti. Nello specifico:

- A. fino ad una profondità di -2.00m si ha la presenza di argille ed argille limose;
- B. successivamente si rilevano frammenti litici sciolti fino alla quota di -3.40m dal PC (SPT a rifiuto);
- C. da -3.40 a -15.00m si riscontrano argille, argille limose ed argilliti ( $N_{spt,6m}=55$ ,  $N_{spt,9m}=39$ ,  $N_{spt,12m}=63$ );
- D. da -15.00 a -19.00m prevalgono frammenti litici in matrice sabbiosa (2 prove SPT a rifiuto).

|                     |                                                                                                                                             |                                      |
|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|
| Provincia di Arezzo | LAVORI DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA DI RIPRISTINO DEL PONTE SULLA S.P.15 DI MONTÉGONZI, KM. 0+750, LOCALITÀ CAMMENATA, COMUNE DI CAVRIGLIA | Relazione di calcolo delle strutture |
|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|

I micropali di progetto hanno una lunghezza di 9.00m; quindi, si riporta di seguito il modello geotecnico relativo alle successioni A e C, trascurando a favore di sicurezza lo strato di frammenti litici B, i cui parametri sono desunti dalle prove di laboratorio, da dati ricavabili dalla letteratura e da considerazioni derivanti dal raffronto con esperienze condotte su terreni simili in aree adiacenti.

#### **Successioni di Argille ed Argilliti (A-C)**

|                                  |                                                   |
|----------------------------------|---------------------------------------------------|
| Peso dell'unità di volume        | $\gamma'$ [kN/m <sup>3</sup> ]: 19.6              |
| Peso dell'unità di volume saturo | $\gamma_{\text{sat}}$ [kN/m <sup>3</sup> ]: 20.60 |
| Angolo di attrito                | $\phi'$ [°]: 26.5                                 |
| Coesione efficace                | $c'$ [kPa]: 17.8 ÷ 34.4                           |
| Modulo elastico                  | E [MPa]: 30.0 ÷ 50.0                              |

Si rimanda alla relazione geologica e geotecnica per la trattazione completa

|                     |                                                                                                                                             |                                      |
|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|
| Provincia di Arezzo | LAVORI DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA DI RIPRISTINO DEL PONTE SULLA S.P.15 DI MONTAGONZI, KM. 0+750, LOCALITÀ CAMMENATA, COMUNE DI CAVRIGLIA | Relazione di calcolo delle strutture |
|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|

## 10 MODELLO FEM

### Modello globale

L'opera è stata modellata in Straus7 con elementi di tipo brick a 8 nodi.

Il sistema di riferimento globale è orientato in modo che l'asse X individui la direzione longitudinale (parallela all'asse del ponte), l'asse Z è orientato trasversalmente al ponte, l'asse Y è verticale. A favore di sicurezza sono stati modellati i soli elementi resistenti dell'arco e delle spalle, applicando come masse non strutturali gli elementi soprastanti. La struttura è considerata incastrata alla base.

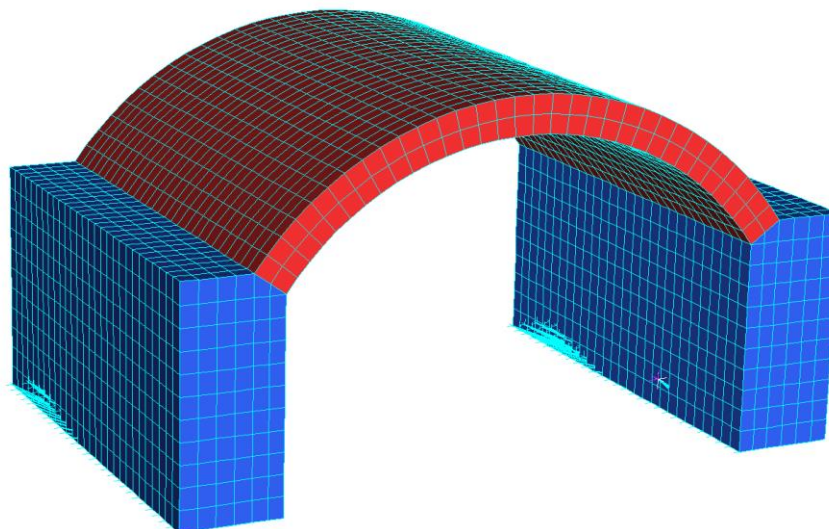


Figura 27. Modello FEM

I carichi degli elementi non strutturali sono stati applicati al modello mediante masse non strutturali.

Nel dettaglio:

- peso del riempimento: 1380 kN
- peso dei carichi permanenti: 763 kN
- peso del carico da traffico: 900 kN
- peso della folla: 70 kN
- Il peso proprio strutturale: 1110 kN

Complessivamente il carico verticale è pari a 4223kN.

### Modello locale della passerella in corrispondenza del ponte

La soletta in c.a. della passerella, in corrispondenza del ponte in muratura, è stata modellata in Straus7 con elementi di tipo *plate/shell*, mentre per l'applicazione dei carichi relativi al parapetto si è utilizzato un elemento fittizio di tipo *beam* collegato tramite elementi *rigid link*. Il bordo lato ponte è stato vincolato tramite incastri puntuali.

Ai fini del calcolo si è realizzata una porzione della soletta di lunghezza 5m.

|                     |                                                                                                                                             |                                      |
|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|
| Provincia di Arezzo | LAVORI DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA DI RIPRISTINO DEL PONTE SULLA S.P.15 DI MONTÉGONZI, KM. 0+750, LOCALITÀ CAMMENATA, COMUNE DI CAVRIGLIA | Relazione di calcolo delle strutture |
|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|

Il sistema di riferimento globale è orientato in modo che l'asse X individui la direzione longitudinale (parallela all'asse del ponte), l'asse Y è orientato trasversalmente al ponte, l'asse Z è verticale.

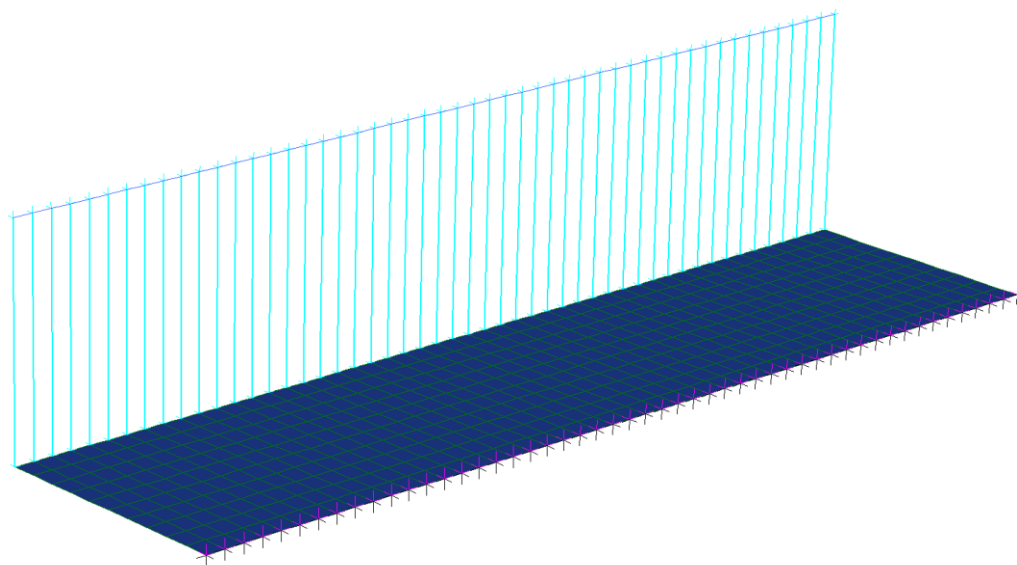


Figura 28. Modello FEM passerella pedonale in corrispondenza del ponte

### **Modello locale della passerella a tergo del ponte**

La soletta in c.a. della passerella, a tergo del ponte in muratura, è stata modellata in Straus7 con elementi di tipo *plate/shell*, mentre per l'applicazione dei carichi relativi al parapetto si è utilizzato un elemento fittizio di tipo *beam* collegato tramite elementi *rigid link*.

Il sistema di riferimento locale degli elementi *plate/shell* è orientato in modo che l'asse x individui la direzione trasversale (ortogonale all'asse del ponte), l'asse y la direzione longitudinale al ponte e l'asse Z la verticale.

Sono state applicate molle superficiali per simulare la presenza del terreno, pari a 8MPa/m, e molle nodali a simulare la presenza dei micropali.

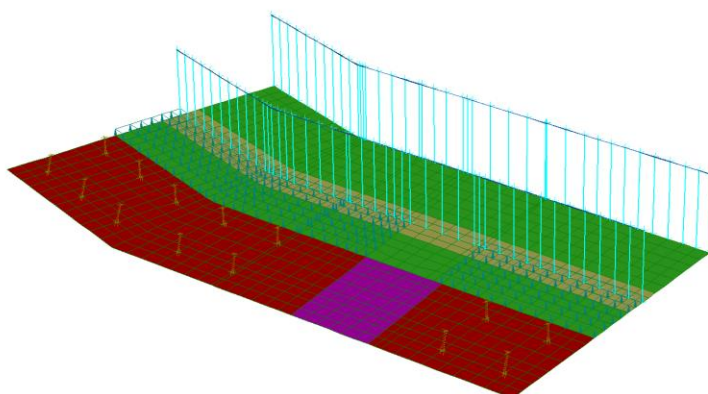


Figura 29. Modello FEM passerella pedonale a tergo del ponte (lato Montegonzi)

|                     |                                                                                                                                             |                                      |
|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|
| Provincia di Arezzo | LAVORI DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA DI RIPRISTINO DEL PONTE SULLA S.P.15 DI MONTAGONZI, KM. 0+750, LOCALITÀ CAMMENATA, COMUNE DI CAVRIGLIA | Relazione di calcolo delle strutture |
|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|

### 10.1 Modellazione dei materiali

Nel modello globale gli elementi strutturali sono stati modellati considerando modelli costitutivi non lineari nel piano  $\sigma$ - $\epsilon$ . Per la muratura è stato considerato un modello bi-lineare impostando la resistenza a trazione pari a 1/20 di quella a compressione.

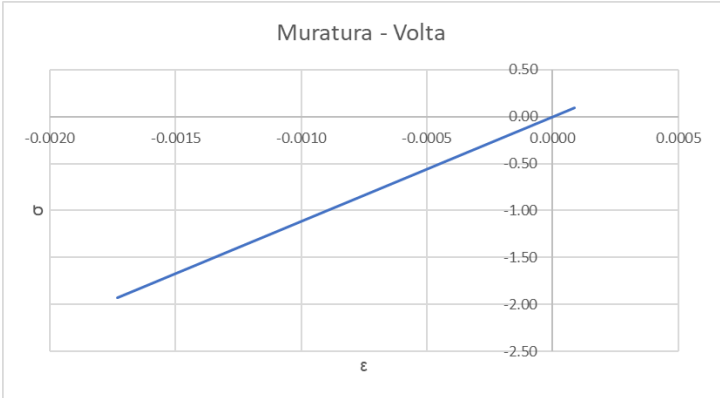


Figura 30 – Legame costitutivo della muratura della volta

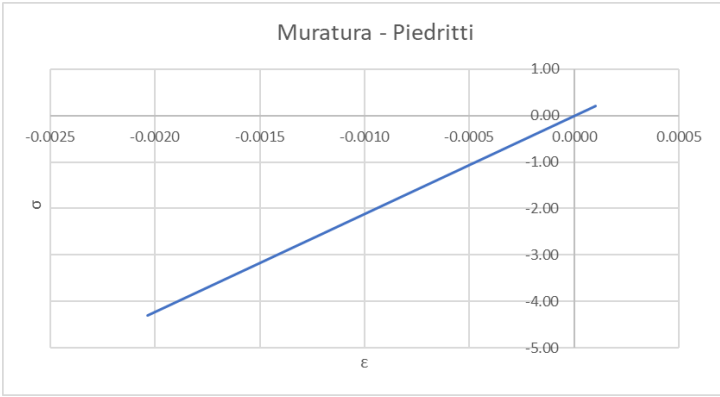


Figura 31 – Legame costitutivo della muratura delle spalle

I legami costitutivi consentono di valutare il comportamento non lineare del materiale fino al raggiungimento della tensione limite a compressione e a trazione. Per il tipo di struttura in esame, la crisi si ottiene per raggiungimento del limite a trazione del materiale.

#### 10.1.1 Valori dei parametri dei legami costitutivi adottati nell'analisi

Si riassumono di seguito i parametri meccanici considerati per i legami costitutivi.

|                          |         |     |                              |         |     |
|--------------------------|---------|-----|------------------------------|---------|-----|
| <b>Volta</b>             |         |     |                              |         |     |
| <b>Trazione muratura</b> |         |     | <b>Compressione muratura</b> |         |     |
| ft                       | 0.09630 | MPa | fc                           | 1.93    | MPa |
| E                        | 1111    | MPa | fc/3                         | 0.64    | MPa |
| ε                        | 0.00009 |     | φ                            | 64.7912 | °   |
|                          |         |     | c                            | 0.2153  | MPa |
| <b>Piedritti</b>         |         |     |                              |         |     |
| <b>Trazione muratura</b> |         |     | <b>Compressione muratura</b> |         |     |
| ft                       | 0.21481 | MPa | fc                           | 4.30    | MPa |
| E                        | 2111    | MPa | fc/3                         | 1.43    | MPa |
| ε                        | 0.00010 |     | φ                            | 64.7912 | °   |
|                          |         |     | c                            | 0.4803  | MPa |

|                     |                                                                                                                                             |                                      |
|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|
| Provincia di Arezzo | LAVORI DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA DI RIPRISTINO DEL PONTE SULLA S.P.15 DI MONTÉGONZI, KM. 0+750, LOCALITÀ CAMMENATA, COMUNE DI CAVRIGLIA | Relazione di calcolo delle strutture |
|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|

## 11 AZIONI SULLA STRUTTURA

Si elencano di seguito i carichi agenti sulla struttura e le relative combinazioni di carico secondo la normativa vigente.

NOTA: a favore di sicurezza si è considerato un peso per unità di volume del cls pari a 25kN/mc e del riempimento pari a 20kN/mc, nonostante si andranno ad utilizzare calcestruzzi alleggeriti.

### 11.1 Pesì propri della struttura

Il peso proprio della volta e delle spalle in muratura di mattoni pieni e in blocchi di pietra squadrati rispettivamente, vengono calcolati facendo riferimento al peso per unità di volume pari a:

- Per la muratura in mattoni (volta): 18 kN/mc
- Per la muratura in blocchi di pietra (piedritti): 22 kN/mc

Il peso proprio degli elementi in calcestruzzo (solette e cordoli) vengono calcolati facendo riferimento al peso per unità di volume pari a 25kN/mc.

### 11.2 Carichi permanenti

#### Riempimento:

Il peso proprio degli elementi costituenti il riempimento viene calcolato facendo riferimento ad un peso per unità di volume pari a 20kN/mc.

#### Soletta in c.a., cordoli:

Il peso proprio dei nuovi elementi in calcestruzzo viene calcolato facendo riferimento ad un peso per unità di volume pari a 25kN/mc.

#### Pavimentazione stradale:

Il peso proprio della pavimentazione viene calcolato facendo riferimento ad un peso per unità di volume pari a 22kN/mc. Si è considerato uno spessore costante pari a 18cm in seguito alle indagini eseguite.

#### Barriere:

Il peso proprio delle barriere a bordo ponte viene calcolato facendo riferimento ad un peso per unità di lunghezza pari a 1.5kN/m.

|                     |                                                                                                                                            |                                      |
|---------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|
| Provincia di Arezzo | LAVORI DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA DI RIPRISTINO DEL PONTE SULLA S.P.15 DI MONTGONZI, KM. 0+750, LOCALITÀ CAMMENATA, COMUNE DI CAVRIGLIA | Relazione di calcolo delle strutture |
|---------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|

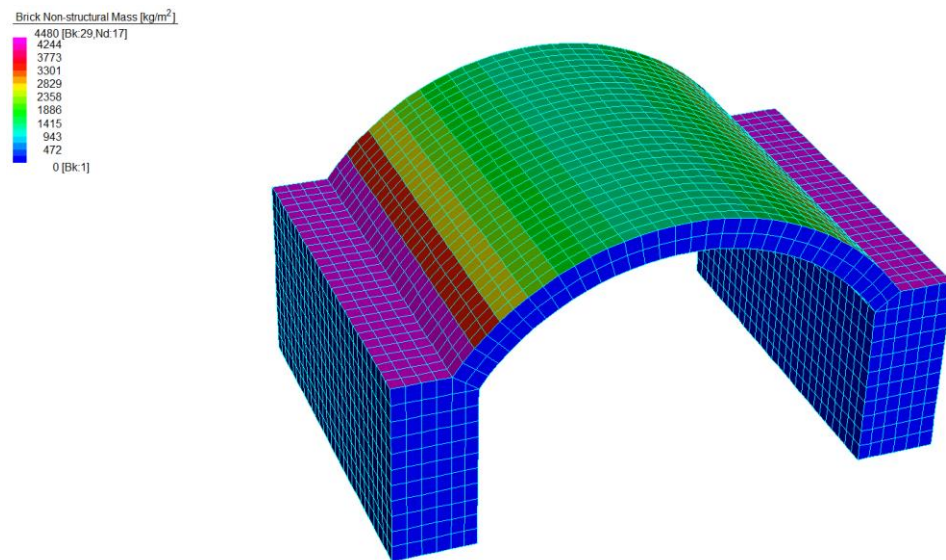


Figura 32 – Carico del riempimento – Modello FEM

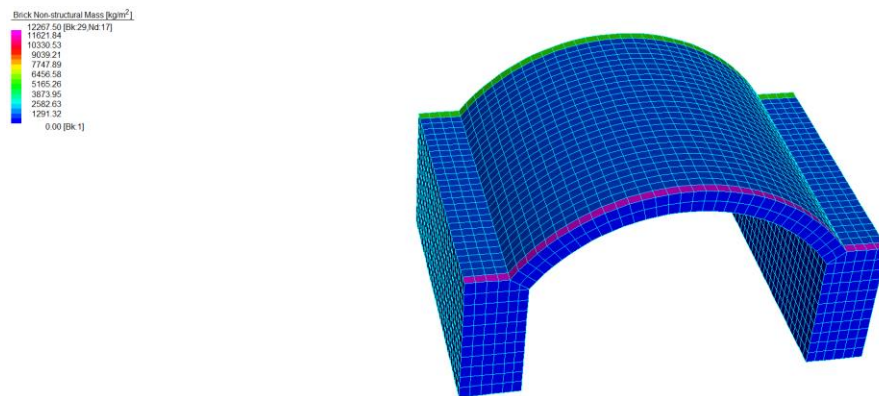


Figura 33 – Carichi permanenti – Modello FEM

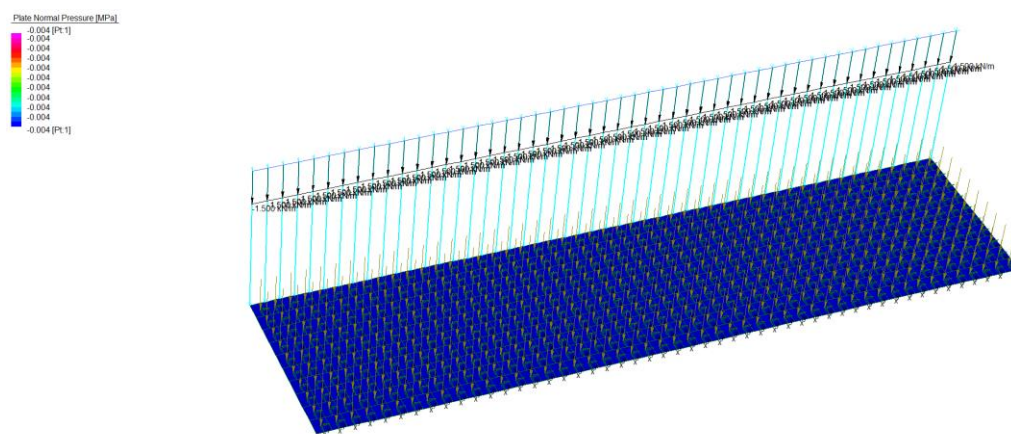


Figura 34 – Carichi permanenti – Modello FEM passerella in corrispondenza ponte ad arco

|                     |                                                                                                                                             |                                      |
|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|
| Provincia di Arezzo | LAVORI DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA DI RIPRISTINO DEL PONTE SULLA S.P.15 DI MONTAGONZI, KM. 0+750, LOCALITÀ CAMMENATA, COMUNE DI CAVRIGLIA | Relazione di calcolo delle strutture |
|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|

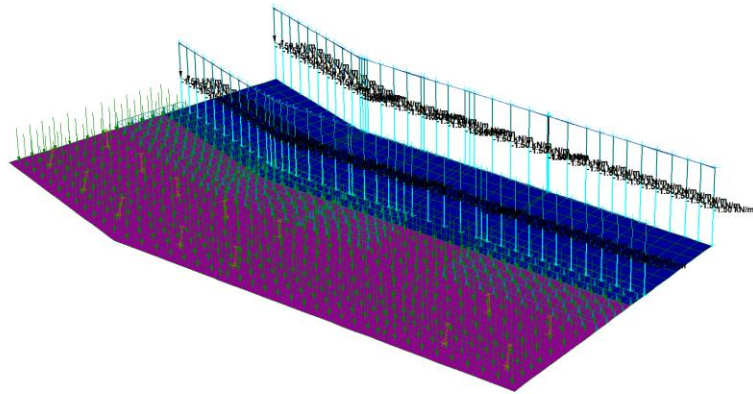
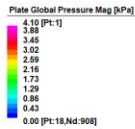


Figura 35 – Carichi permanenti – Modello FEM passerella a terno ponte ad arco

### 11.3 Azioni da traffico

Le azioni accidentali considerate nei calcoli sono quelle previste dalle attuali NTC2018.

Si riporta lo schema di carico 1:

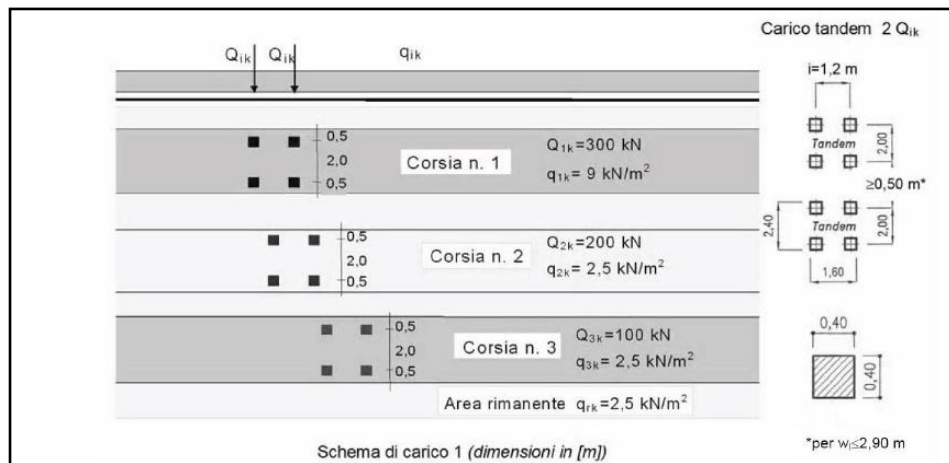


Tabella 2 – Schema di carico 1 NTC2018

Le azioni accidentali da traffico sono state diffuse dal piano di applicazione del carico all'estradosso degli elementi strutturali mediante una diffusione del carico con angolo pari a 45°.

|                     |                                                                                                                                             |                                      |
|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|
| Provincia di Arezzo | LAVORI DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA DI RIPRISTINO DEL PONTE SULLA S.P.15 DI MONTÉGONZI, KM. 0+750, LOCALITÀ CAMMENATA, COMUNE DI CAVRIGLIA | Relazione di calcolo delle strutture |
|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|

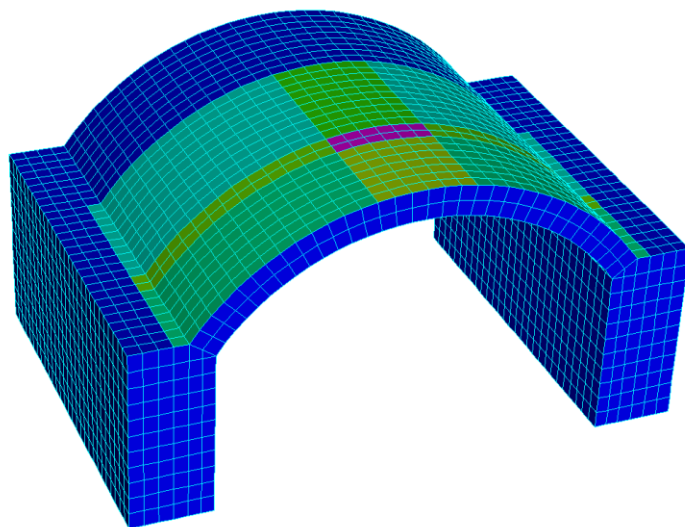
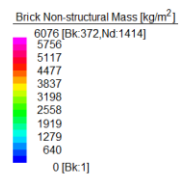


Figura 36 – Carichi da traffico tandem – Modello FEM – Carichi su tutta la luce

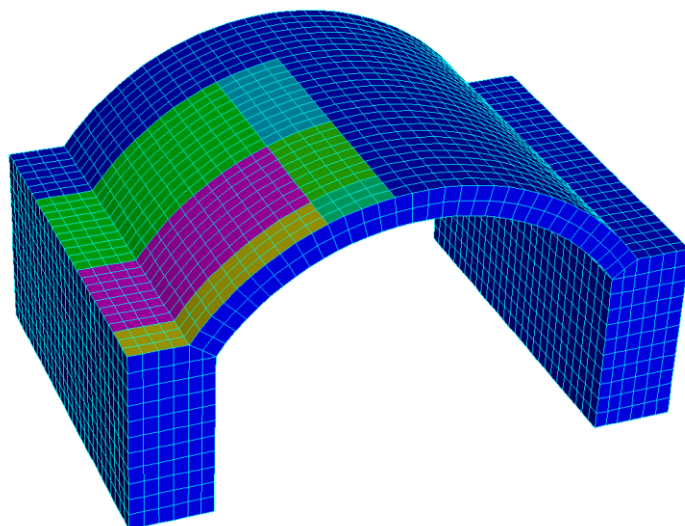
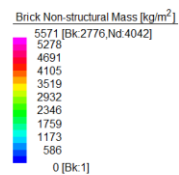


Figura 37 – Carichi da traffico tandem – Modello FEM – Carichi su metà luce

|                     |                                                                                                                                             |                                      |
|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|
| Provincia di Arezzo | LAVORI DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA DI RIPRISTINO DEL PONTE SULLA S.P.15 DI MONTAGONZI, KM. 0+750, LOCALITÀ CAMMENATA, COMUNE DI CAVRIGLIA | Relazione di calcolo delle strutture |
|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|

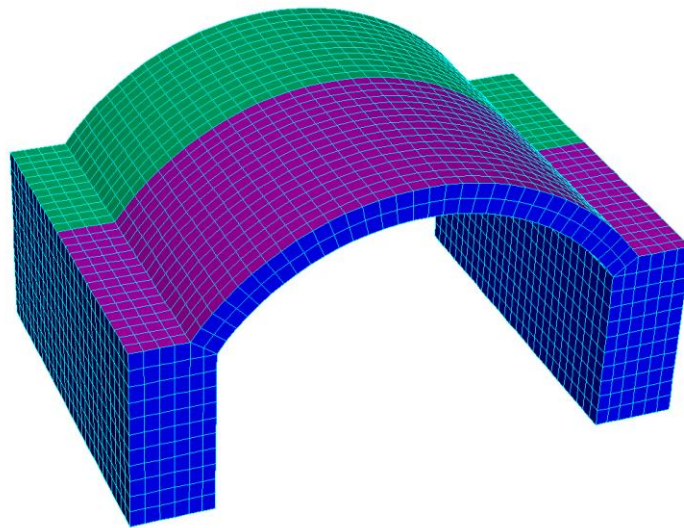
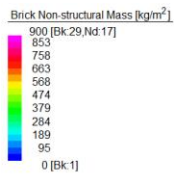


Figura 38 – Carichi da traffico distribuito – Modello FEM – Carichi su tutta la luce

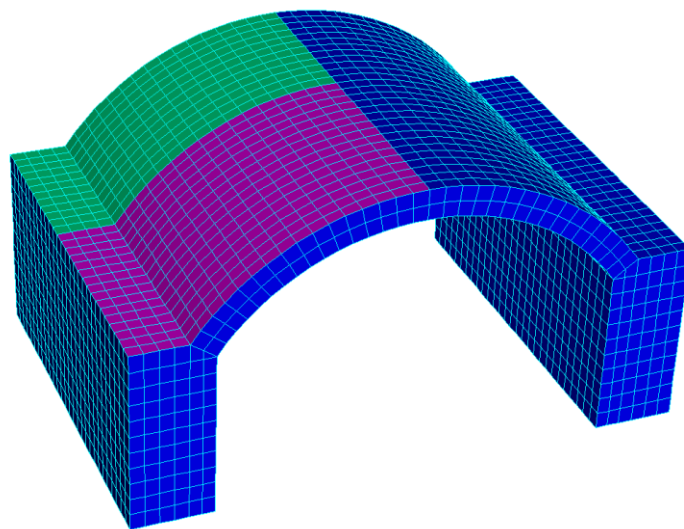
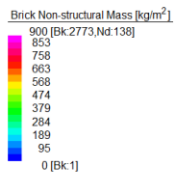
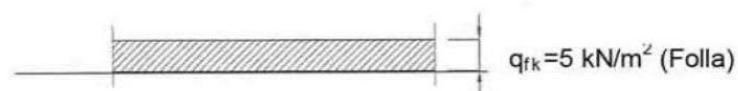


Figura 39 – Carichi da traffico distribuito – Modello FEM – Carichi su metà luce

Si riporta lo schema di carico 5 (Folla), considerato a favore di sicurezza anche sulla scala metallica:



Schema di carico 5

Tabella 3 – Schema di carico 5 NTC2018

|                     |                                                                                                                                             |                                      |
|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|
| Provincia di Arezzo | LAVORI DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA DI RIPRISTINO DEL PONTE SULLA S.P.15 DI MONTÉGONZI, KM. 0+750, LOCALITÀ CAMMENATA, COMUNE DI CAVRIGLIA | Relazione di calcolo delle strutture |
|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|

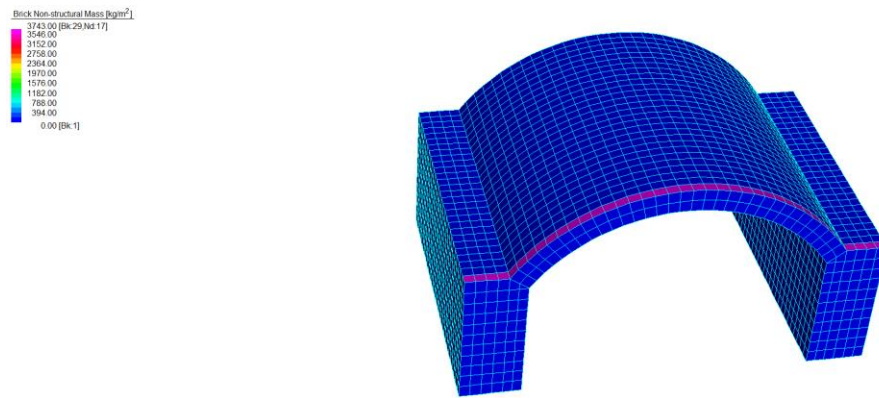


Figura 40 – Carichi da folla – Modello FEM

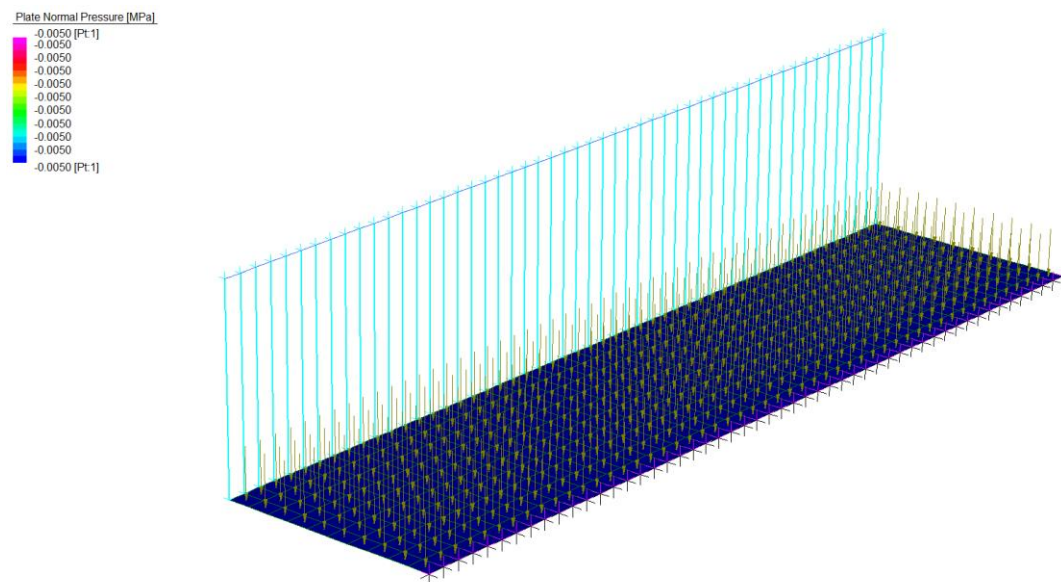


Figura 41 – Carichi da traffico Folla – Modello FEM passerella in corrispondenza ponte ad arco

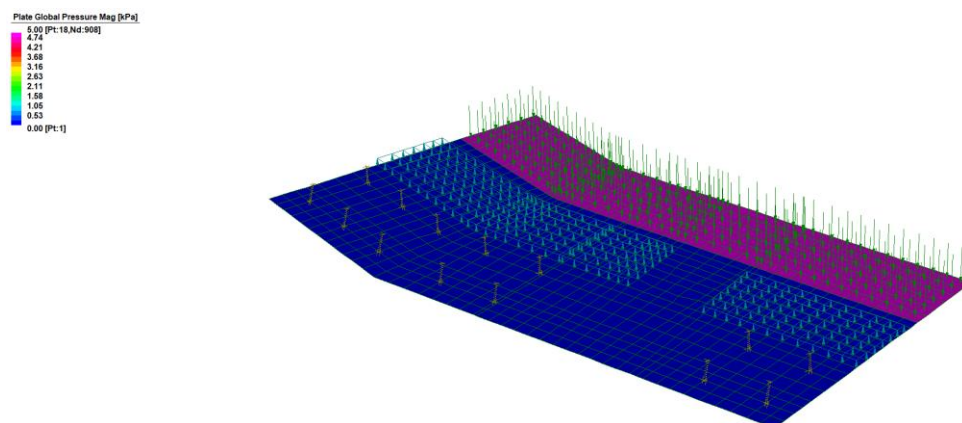


Figura 42 – Carichi da traffico Folla – Modello FEM passerella a tergo ponte ad arco

|                     |                                                                                                                                             |                                      |
|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|
| Provincia di Arezzo | LAVORI DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA DI RIPRISTINO DEL PONTE SULLA S.P.15 DI MONTÉGONZI, KM. 0+750, LOCALITÀ CAMMENATA, COMUNE DI CAVRIGLIA | Relazione di calcolo delle strutture |
|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|

Si riporta lo schema di carico 2:

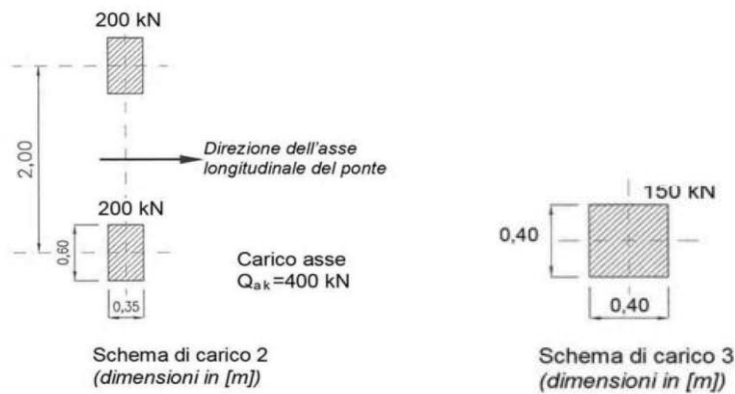


Tabella 4 – Schema di carico 2 e 3 NTC2018

Le azioni accidentali da traffico sono state diffuse dal piano di applicazione del carico al piano medio della soletta mediante una diffusione del carico con angolo pari a 45°.

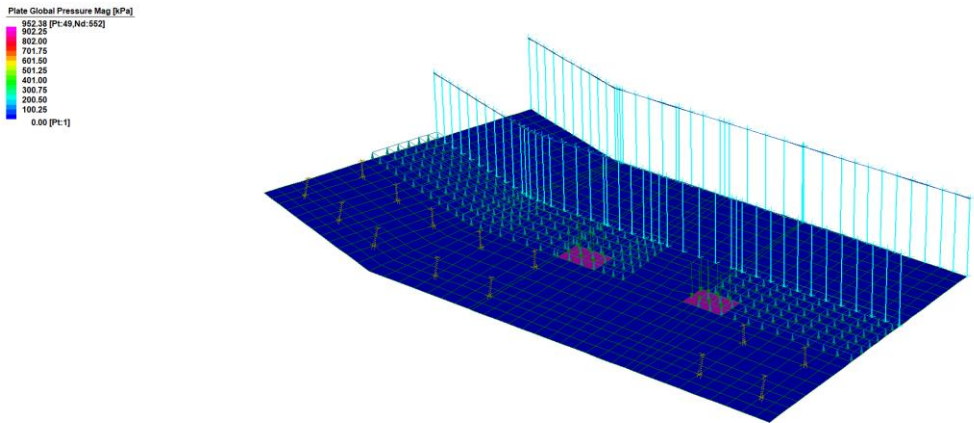


Figura 43 – Carichi da traffico Schema 2 – Modello FEM passerella a tergo ponte ad arco

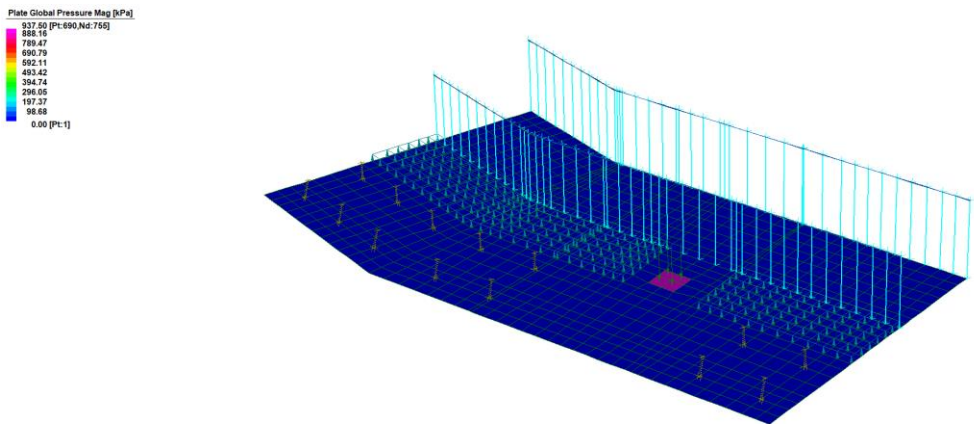


Figura 44 – Carichi da traffico Schema 3 – Modello FEM passerella a tergo ponte ad arco

|                     |                                                                                                                                             |                                      |
|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|
| Provincia di Arezzo | LAVORI DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA DI RIPRISTINO DEL PONTE SULLA S.P.15 DI MONTÉGONZI, KM. 0+750, LOCALITÀ CAMMENATA, COMUNE DI CAVRIGLIA | Relazione di calcolo delle strutture |
|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|

## 11.4 Urto

### Barriera bordo ponte

Le azioni accidentali considerate nei calcoli sono quelle relative alla tipologia di barriera installata, ovvero una barriera ANAS bordo ponte H2. Si è considerata quindi una forza orizzontale di 56kN applicata ad un singolo montante, agente ad un'altezza di 0.95m dal piano stradale, corrispondente al momento plastico del montante di 53kNm.

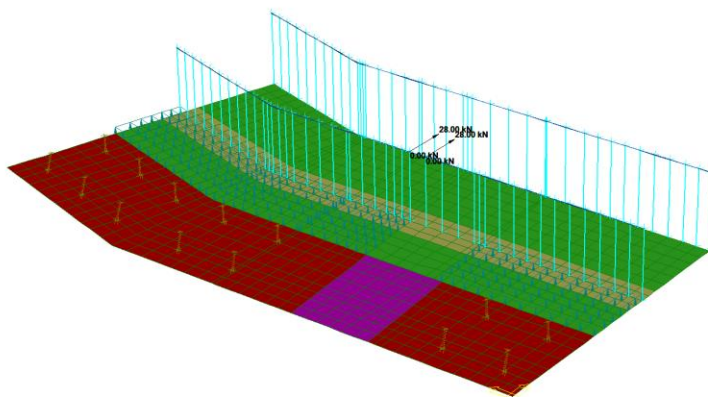


Figura 45 – Urto da Traffico – Modello FEM passerella a tergo ponte ad arco

### Parapetto passerella e scala

Le azioni accidentali considerate nei calcoli sono quelle stabilite dalle normative vigenti. Si è considerata quindi una forza orizzontale di 1.5kN/m applicata lungo l'intero parapetto, agente ad un'altezza di 1.10m dal piano stradale.

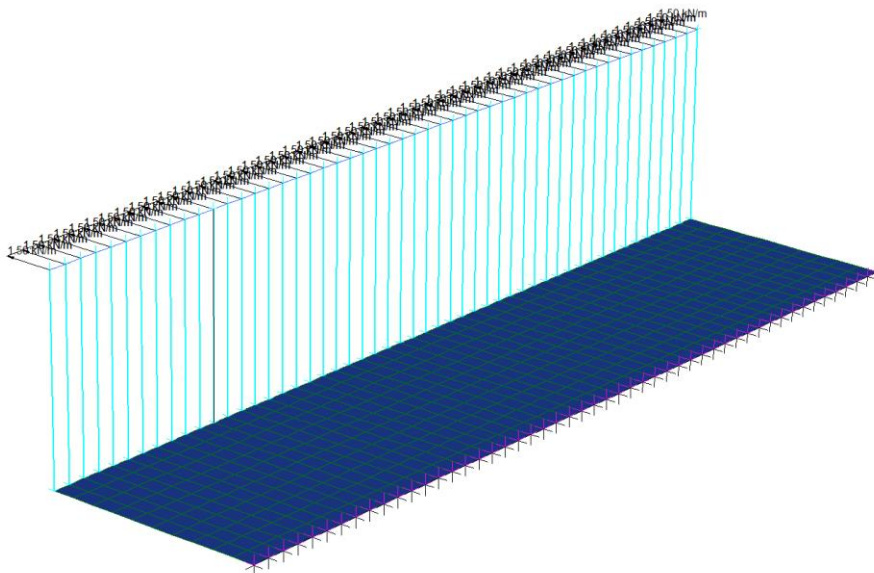


Figura 46 – Urto da Folla – Modello FEM passerella in corrispondenza ponte ad arco

|                     |                                                                                                                                             |                                      |
|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|
| Provincia di Arezzo | LAVORI DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA DI RIPRISTINO DEL PONTE SULLA S.P.15 DI MONTAGONZI, KM. 0+750, LOCALITÀ CAMMENATA, COMUNE DI CAVRIGLIA | Relazione di calcolo delle strutture |
|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|

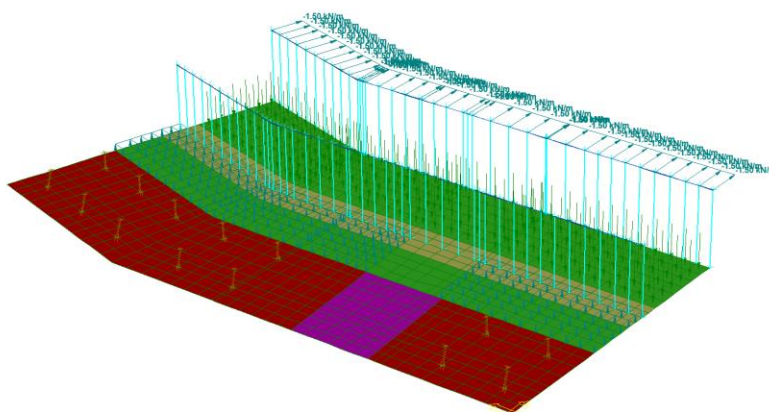


Figura 47 – Urto da Folla – Modello FEM passerella a tergo ponte ad arco



### 11.5 Spinte del terreno in condizioni statiche

Le spinte del terreno in condizioni statiche sono state determinate secondo la teoria di Coulomb. In condizioni statiche, a favore di sicurezza, è stato considerato il parametro di spinta a riposo  $k_0$ .

I parametri relativi al terreno sono i seguenti:

- angolo di attrito  $\phi=35^\circ$  ( $36.6^\circ$  da piano indagini)
- coefficiente di spinta a riposo  $k_0=0.426$

Le spinte sono state applicate con distribuzione triangolare secondo lo schema individuato nell'immagine seguente, con valore calcolato secondo la relazione, per unità di larghezza dell'elemento:

$$S_t = 0.5 \cdot \gamma \cdot k_0 \cdot H^2$$

in cui H rappresenta l'altezza dell'elemento.

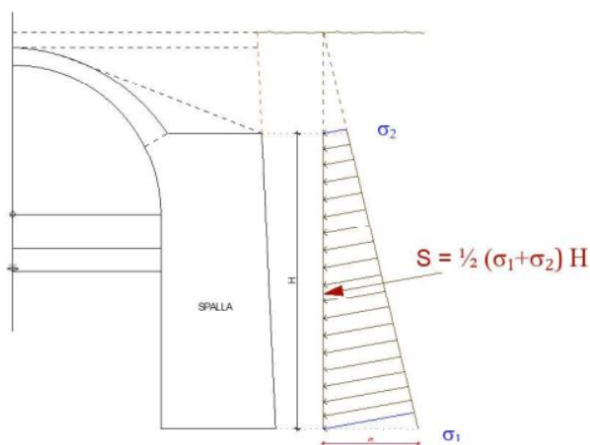


Figura 48 – Schema spinta statica del terreno.

La resistenza passiva del terreno è stata valutata attraverso molle superficiali di sola compressione applicate al modello di calcolo FEM.

La tabella seguente riporta i valori di pressione associate alle spinte alle diverse altezze caratteristiche.

|                     |                                                                                                                                             |                                      |
|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|
| Provincia di Arezzo | LAVORI DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA DI RIPRISTINO DEL PONTE SULLA S.P.15 DI MONTÉGONZI, KM. 0+750, LOCALITÀ CAMMENATA, COMUNE DI CAVRIGLIA | Relazione di calcolo delle strutture |
|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|

| SPINTA STATICA DEL TERRENO |       |       |
|----------------------------|-------|-------|
| Peso unità di vol. terreno | 20    | kN/mc |
| H0                         | 0.8   | m     |
| H1                         | 1.44  | m     |
| H2                         | 2.76  | m     |
| K0                         | 0.426 | -     |
| Spinta statica sup.        | 6.82  | kN/mq |
| Spinta statica inf.        | 42.60 | kN/mq |
| Pendenza                   | 12.97 |       |

Tabella 5 – Spinta statica a riposo del terreno

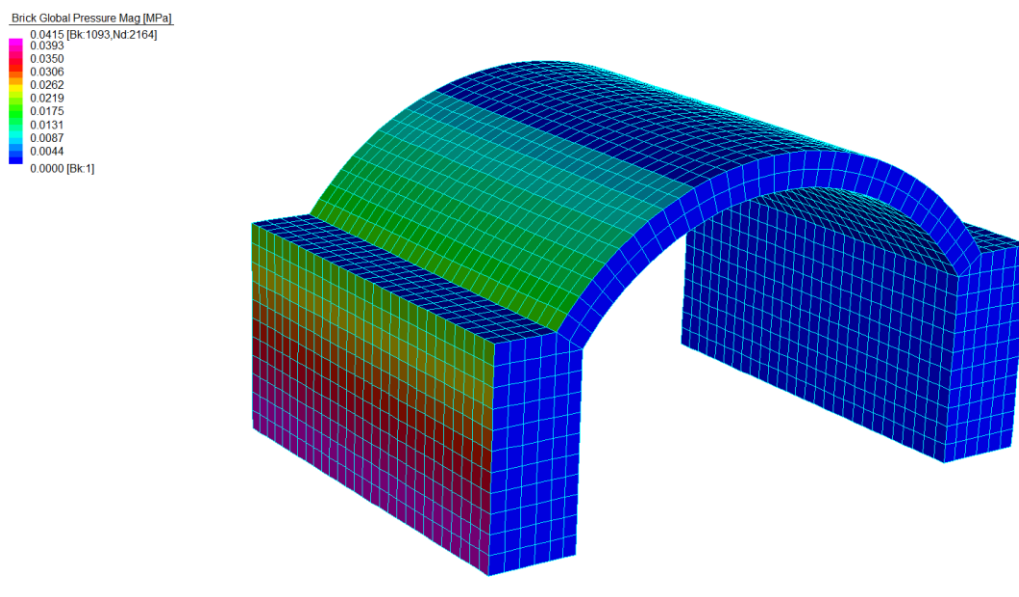


Figura 49 – Spinta statica a riposo del terreno – Modello FEM

## 11.6 Combinazione delle azioni

La combinazione fondamentale SLU è la seguente:

$$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_p \cdot P + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \gamma_{Q2} \cdot \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \gamma_{Q3} \cdot \psi_{03} \cdot Q_{k3} \dots$$

La combinazione per carichi eccezionali (Urto) è la seguente:

$$G_1 + G_2 + P + A_d + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} \dots$$

I coefficienti parziali e di combinazione dei carichi sono assunti secondo le Tabelle 5.1.V e 5.1.VI delle NTC18.

|                     |                                                                                                                                             |                                      |
|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|
| Provincia di Arezzo | LAVORI DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA DI RIPRISTINO DEL PONTE SULLA S.P.15 DI MONTÉGONZI, KM. 0+750, LOCALITÀ CAMMENATA, COMUNE DI CAVRIGLIA | Relazione di calcolo delle strutture |
|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|

## 12 VERIFICHE GLOBALI

In questo capitolo sono riportati i risultati delle analisi non lineari per la verifica dei meccanismi globali del ponte per l'azione statica allo SLU.

Si riportano di seguito gli output del programma relativi alle analisi effettuate.

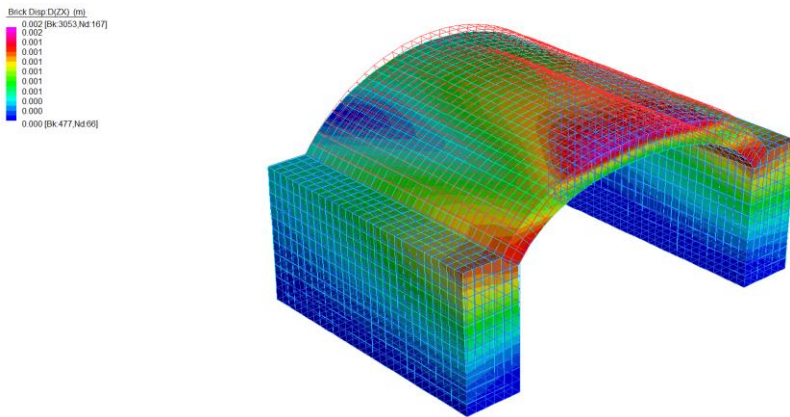


Figura 50 – Spostamenti nel piano - SLE

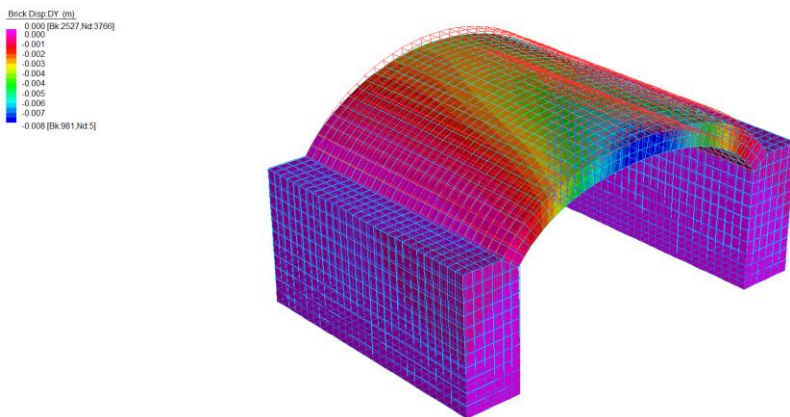


Figura 51 – Spostamenti verticali - SLE

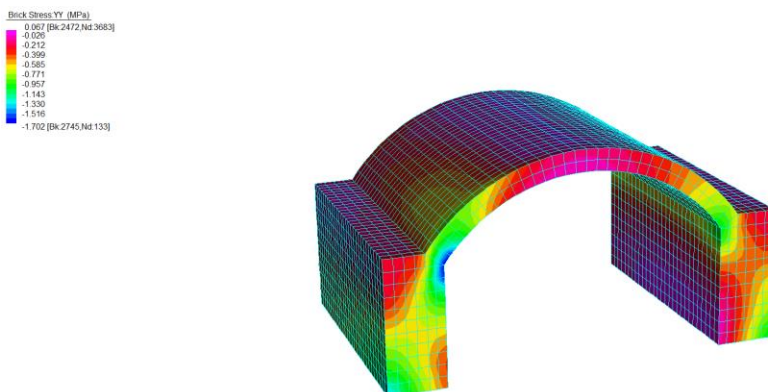


Figura 52 – Tensioni – SLU – massima compressione verticale

|                     |                                                                                                                                            |                                      |
|---------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|
| Provincia di Arezzo | LAVORI DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA DI RIPRISTINO DEL PONTE SULLA S.P.15 DI MONTGONZI, KM. 0+750, LOCALITÀ CAMMENATA, COMUNE DI CAVRIGLIA | Relazione di calcolo delle strutture |
|---------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|

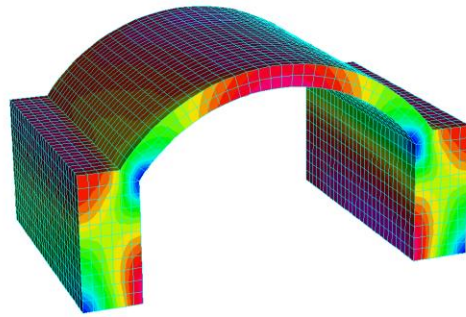
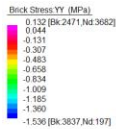


Figura 53 – Tensioni – SLU – massima trazione verticale

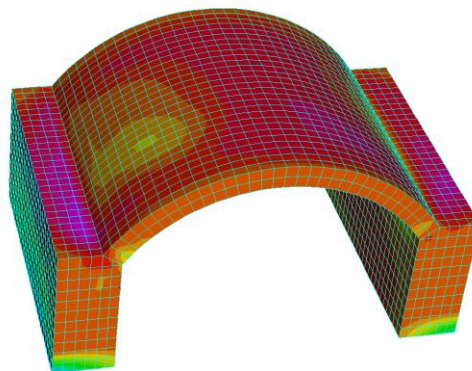
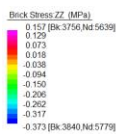


Figura 54 – Tensioni – SLU nel piano

Le tensioni allo SLU risultano inferiori ai limiti di trazione e compressione della muratura, pari a  $\sigma_t=0.215\text{MPa}$  e  $\sigma_c=-4.296\text{MPa}$  per le spalle (muratura in blocchi di pietra squadrata) e  $\sigma_t=0.096\text{MPa}$  e  $\sigma_c=-1.926\text{MPa}$  per l'arco (muratura in mattoni pieni).

In condizioni statiche (SLU), tenendo conto degli interventi di consolidamento, l'opera risulta adeguata.

13 VERIFICHE PASSERELLA IN CORRISPONDENZA PONTE AD ARCO

Si riportano di seguito gli output del programma relativi alle analisi effettuate.

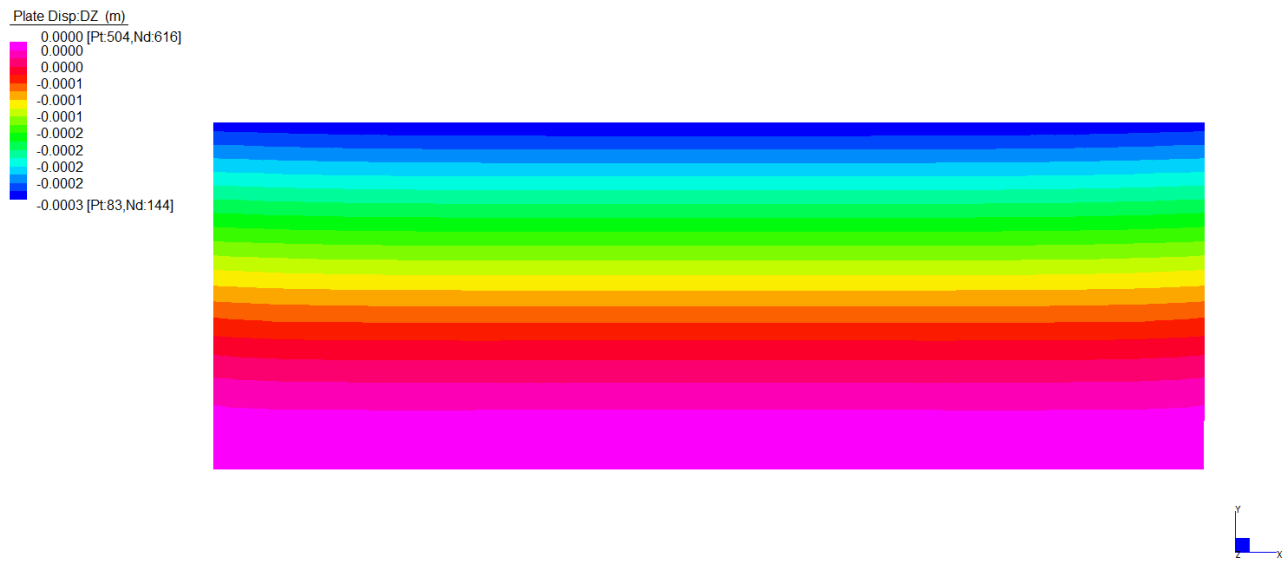


Figura 55 – Spostamenti DZ - SLE

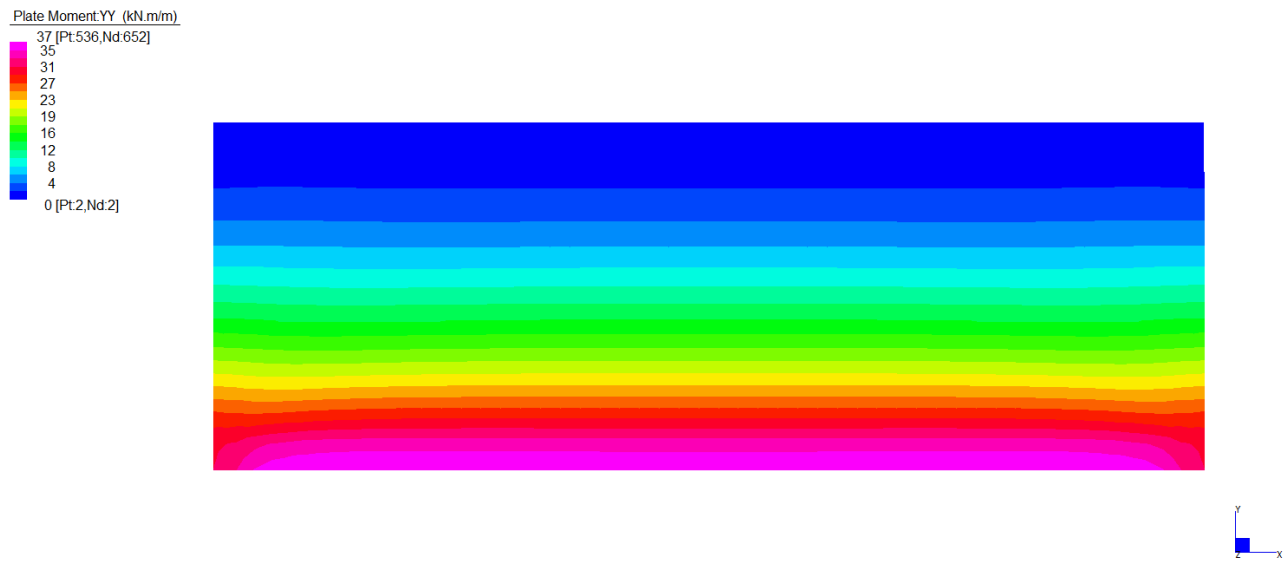


Figura 56 – Momenti YY - SLU

|                     |                                                                                                                                             |                                      |
|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|
| Provincia di Arezzo | LAVORI DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA DI RIPRISTINO DEL PONTE SULLA S.P.15 DI MONTAGONZI, KM. 0+750, LOCALITÀ CAMMENATA, COMUNE DI CAVRIGLIA | Relazione di calcolo delle strutture |
|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|

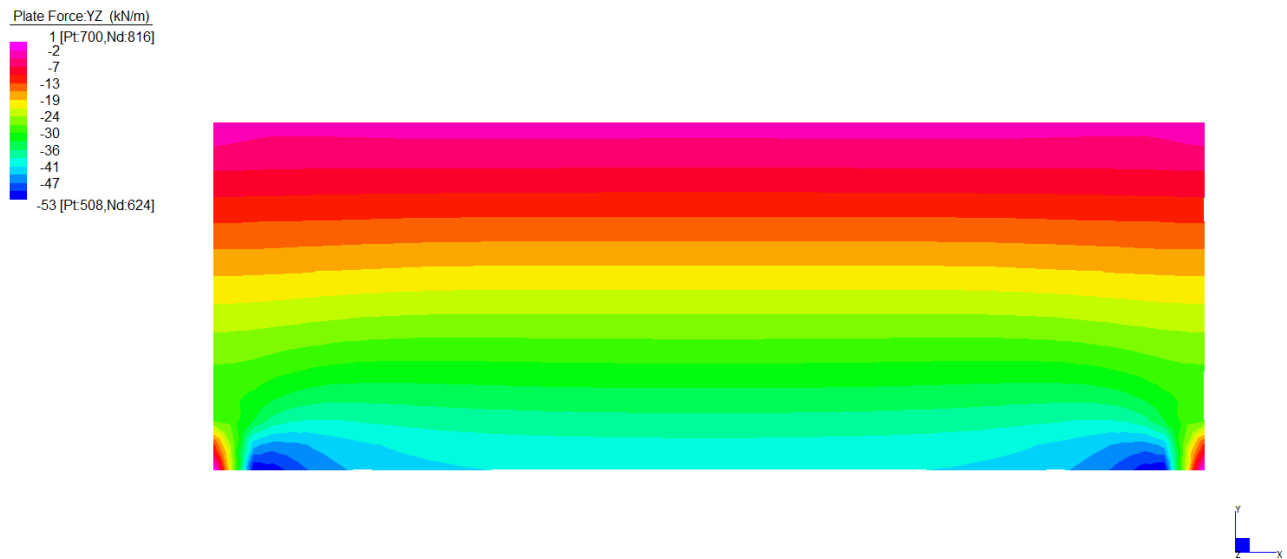


Figura 57 – Taglio ZY – SLU

Le verifiche sono svolte su un metro lineare. Per le verifiche si adottano i seguenti parametri:

$$A_{s\_inf} = A_{s\_sup} = \phi 12/20\text{cm} = 5\phi 12/\text{m}$$

Sezione:  $b = 100 \text{ cm}$ ,  $h = 30 \text{ cm}$

$$f_{cd} = 19.83 \text{ MPa}, f_{yd} = 391 \text{ MPa}$$

Le verifiche a flessione della soletta allo SLU e la verifica di fessurazione del calcestruzzo allo SLE sono eseguite attraverso il software RC-SEC di GeoStru. Si riporta la verifica per le sollecitazioni più gravose.

#### DATI GENERALI SEZIONE GENERICA IN C.A.

##### NOME SEZIONE: SolettaPasserella\_R00

|                               |                                                                   |
|-------------------------------|-------------------------------------------------------------------|
| Descrizione Sezione:          | Soletta sp.30 cm - Corpo 1 - dir. trasversale                     |
| Metodo di calcolo resistenza: | Resistenze agli Stati Limite Ultimi                               |
| Tipologia sezione:            | Sezione generica di Trave (solette, nervature solai) senza staffe |
| Normativa di riferimento:     | N.T.C.                                                            |
| Percorso sollecitazione:      | A Sforzo Norm. costante                                           |
| Condizioni Ambientali:        | Poco aggressive                                                   |
| Riferimento Sforzi assegnati: | Assi x,y principali d'inerzia                                     |
| Riferimento alla sismicità:   | Zona non sismica                                                  |

#### CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

|                |                                           |                     |                     |
|----------------|-------------------------------------------|---------------------|---------------------|
| CALCESTRUZZO - | Classe:                                   | C35/45              |                     |
|                | Resis. compr. di progetto $f_{cd}$ :      | 19.830              | MPa                 |
|                | Def.unit. max resistenza $ec2$ :          | 0.0020              |                     |
|                | Def.unit. ultima $ecu$ :                  | 0.0035              |                     |
|                | Diagramma tensione-deformaz.:             | Parabola-Rettangolo |                     |
|                | Modulo Elastico Normale $E_c$ :           | 34077.0             | MPa                 |
|                | Resis. media a trazione $f_{ctm}$ :       | 3.210               | MPa                 |
|                | Coeff. Omogen. S.L.E.:                    | 15.00               |                     |
|                | Coeff. Omogen. S.L.E.:                    | 15.00               |                     |
|                | Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:         | 210.00              | daN/cm <sup>2</sup> |
|                | Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti: | 0.400               | mm                  |
|                | Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:      | 0.00                | Mpa                 |
|                | Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:      | 0.300               | mm                  |
|                |                                           |                     |                     |
| ACCIAIO -      | Tipo:                                     | B450C               |                     |
|                | Resist. caratt. snervam. $f_{yk}$ :       | 450.00              | MPa                 |
|                | Resist. caratt. rottura $f_{tk}$ :        | 450.00              | MPa                 |

|                     |                                                                                                                                            |                                      |
|---------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|
| Provincia di Arezzo | LAVORI DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA DI RIPRISTINO DEL PONTE SULLA S.P.15 DI MONTGONZI, KM. 0+750, LOCALITÀ CAMMENATA, COMUNE DI CAVRIGLIA | Relazione di calcolo delle strutture |
|---------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|

|                                                      |                  |         |
|------------------------------------------------------|------------------|---------|
| Resist. snerv. di progetto fyd:                      | 391.30           | MPa     |
| Resist. ultima di progetto ftd:                      | 391.30           | MPa     |
| Deform. ultima di progetto Epu:                      | 0.068            |         |
| Modulo Elastico Ef                                   | 2000000          | daN/cm² |
| Diagramma tensione-deformaz.:                        | Bilineare finito |         |
| Coeff. Aderenza istantaneo $\beta_1 \cdot \beta_2$ : | 1.00             |         |
| Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$ :  | 0.50             |         |
| Sf limite S.L.E. Comb. Rare:                         | 360.00           | MPa     |

#### CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

|                      |            |
|----------------------|------------|
| Forma del Dominio:   | Poligonale |
| Classe Conglomerato: | C35/45     |

| N°vertice: | X [cm] | Y [cm] |
|------------|--------|--------|
| 1          | -50.0  | 0.0    |
| 2          | -50.0  | 30.0   |
| 3          | 50.0   | 30.0   |
| 4          | 50.0   | 0.0    |

#### DATI BARRE ISOLATE

| N°Barra | X [cm] | Y [cm] | DiamØ[mm] |
|---------|--------|--------|-----------|
| 1       | -43.2  | 6.8    | 12        |
| 2       | -43.2  | 23.2   | 12        |
| 3       | 43.2   | 23.2   | 12        |
| 4       | 43.2   | 6.8    | 12        |

#### DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

|              |                                                                       |
|--------------|-----------------------------------------------------------------------|
| N°Gen.       | Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre            |
| N°Barra Ini. | Numero della barra iniziale cui si riferisce la generazione           |
| N°Barra Fin. | Numero della barra finale cui si riferisce la generazione             |
| N°Barre      | Numero di barre generate equidistanti cui si riferisce la generazione |
| Ø            | Diametro in mm delle barre della generazione                          |

| N°Gen. | N°Barra Ini. | N°Barra Fin. | N°Barre | Ø  |
|--------|--------------|--------------|---------|----|
| 1      | 2            | 3            | 3       | 12 |
| 2      | 1            | 4            | 3       | 12 |

#### CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

|    |                                                                                                                                 |
|----|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| N  | Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)                                                                 |
| Mx | Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.   |
| My | Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez. |
| Vy | Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia y                                                                 |
| Vx | Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia x                                                                 |

| N°Comb. | N    | Mx    | My   | Vy    | Vx   |
|---------|------|-------|------|-------|------|
| 1       | 0.00 | 37.00 | 0.00 | 0.00  | 0.00 |
| 2       | 0.00 | 0.10  | 0.00 | 53.00 | 0.00 |

#### COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

|    |                                                                                                                                                                        |
|----|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| N  | Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)                                                                                                    |
| Mx | Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione |
| My | Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione    |

|                     |                                                                                                                                             |                                      |
|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|
| Provincia di Arezzo | LAVORI DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA DI RIPRISTINO DEL PONTE SULLA S.P.15 DI MONTAGONZI, KM. 0+750, LOCALITÀ CAMMENATA, COMUNE DI CAVRIGLIA | Relazione di calcolo delle strutture |
|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|

| N°Comb. | N    | Mx    | My   |
|---------|------|-------|------|
| 1       | 0.00 | 26.00 | 0.00 |

#### COMB. FREQUENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

|    |                                                                                                                                                                        |
|----|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| N  | Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)                                                                                                    |
| Mx | Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione |
| My | Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione    |

| N°Comb. | N    | Mx            | My          |
|---------|------|---------------|-------------|
| 1       | 0.00 | 26.00 (50.59) | 0.00 (0.00) |

#### COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

|    |                                                                                                                                                                        |
|----|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| N  | Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)                                                                                                    |
| Mx | Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione |
| My | Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione    |

| N°Comb. | N    | Mx            | My          |
|---------|------|---------------|-------------|
| 1       | 0.00 | 19.00 (50.59) | 0.00 (0.00) |

#### RISULTATI DEL CALCOLO

##### Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

|                                              |         |
|----------------------------------------------|---------|
| Copriferro netto minimo barre longitudinali: | 6.2 cm  |
| Interferro netto minimo barre longitudinali: | 15.2 cm |

#### VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

|          |                                                                                          |
|----------|------------------------------------------------------------------------------------------|
| Ver      | S = combinazione verificata / N = combin. non verificata                                 |
| N        | Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione) |
| Mx       | Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia              |
| My       | Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia              |
| N Res    | Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)   |
| Mx Res   | Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia                  |
| My Res   | Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia                  |
| Mis.Sic. | Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My)               |
|          | Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000                                       |
| As Tesa  | Area armature trave [cm²] in zona tesa. [Tra parentesi l'area minima ex (4.1.15)NTC]     |

| N°Comb | Ver | N    | Mx    | My   | N Res | Mx Res | My Res | Mis.Sic. | As Tesa   |
|--------|-----|------|-------|------|-------|--------|--------|----------|-----------|
| 1      | S   | 0.00 | 37.00 | 0.00 | 0.00  | 61.30  | 0.00   | 1.66     | 11.3(4.3) |
| 2      | S   | 0.00 | 0.10  | 0.00 | 0.00  | 61.30  | 0.00   | 612.98   | 11.3(4.3) |

#### METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

|        |                                                                        |
|--------|------------------------------------------------------------------------|
| ec max | Deform. unit. massima del conglomerato a compressione                  |
| x/d    | Rapporto di duttilità [§ 4.1.2.1.2.1 NTC] deve essere < 0.45           |
| Xc max | Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)  |
| Yc max | Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.) |
| es min | Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)            |
| Xs min | Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)  |
| Ys min | Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.) |
| es max | Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)          |
| Xs max | Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)  |
| Ys max | Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.) |

| N°Comb | ec max | x/d | Xc max | Yc max | es min | Xs min | Ys min | es max | Xs max | Ys max |
|--------|--------|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
|--------|--------|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|

|                     |                                                                                                                                             |                                      |
|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|
| Provincia di Arezzo | LAVORI DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA DI RIPRISTINO DEL PONTE SULLA S.P.15 DI MONTÉGONZI, KM. 0+750, LOCALITÀ CAMMENATA, COMUNE DI CAVRIGLIA | Relazione di calcolo delle strutture |
|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|

|   |         |       |       |      |          |      |      |          |       |     |
|---|---------|-------|-------|------|----------|------|------|----------|-------|-----|
| 1 | 0.00350 | 0.120 | -50.0 | 30.0 | -0.00507 | 43.2 | 23.2 | -0.02573 | -43.2 | 6.8 |
| 2 | 0.00350 | 0.120 | -50.0 | 30.0 | -0.00507 | 43.2 | 23.2 | -0.02573 | -43.2 | 6.8 |

#### POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

|         |                                                                              |
|---------|------------------------------------------------------------------------------|
| a, b, c | Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro $aX+bY+c=0$ nel rif. X,Y,O gen.     |
| x/d     | Rapp. di duttilità (travi e solette) [§ 4.1.2.1.2.1 NTC]: deve essere < 0.45 |
| C.Rid.  | Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue                |

| N°Comb | a           | b           | c            | x/d   | C.Rid. |
|--------|-------------|-------------|--------------|-------|--------|
| 1      | 0.000000000 | 0.001260073 | -0.034302187 | 0.120 | 0.700  |
| 2      | 0.000000000 | 0.001260073 | -0.034302187 | 0.120 | 0.700  |

#### METODO SLU - VERIFICHE A TAGLIO SENZA ARMATURE TRASVERSALI (§ 4.1.2.1.3.1 NTC)

|      |                                                                            |
|------|----------------------------------------------------------------------------|
| Ver  | S = comb.verificata a taglio/ N = comb. non verificata                     |
| Ved  | Taglio agente [daN] uguale al taglio Vy di comb. (sollecit. retta)         |
| Vwct | Taglio trazione resistente [kN] in assenza di staffe [formula (4.1.23)NTC] |
| d    | Altezza utile sezione [cm]                                                 |
| bw   | Larghezza minima sezione [cm]                                              |
| Ro   | Rapporto geometrico di armatura longitudinale [ $<0.02$ ]                  |
| Scp  | Tensione media di compressione nella sezione [Mpa]                         |

| N°Comb | Ver | Ved   | Vwct   | d    | bw    | Ro     | Scp  |
|--------|-----|-------|--------|------|-------|--------|------|
| 1      | S   | 0.00  | 138.22 | 23.2 | 100.0 | 0.0049 | 0.00 |
| 2      | S   | 53.00 | 138.22 | 23.2 | 100.0 | 0.0049 | 0.00 |

#### COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

|                |                                                                                 |
|----------------|---------------------------------------------------------------------------------|
| Ver            | S = comb. verificata/ N = comb. non verificata                                  |
| Sc max         | Massima tensione (positiva se di compressione) nel conglomerato [Mpa]           |
| Xc max, Yc max | Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)         |
| Sf min         | Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [Mpa]                    |
| Xs min, Ys min | Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)       |
| Ac eff.        | Area di calcestruzzo [cm²] in zona tesa considerata aderente alle barre         |
| As eff.        | Area barre [cm²] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure |

| N°Comb | Ver | Sc max | Xc max | Yc max | Sf min | Xs min | Ys min | Ac eff. | As eff. |
|--------|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|
| 1      | S   | 4.54   | -50.0  | 30.0   | -212.4 | -43.2  | 6.8    | 587     | 5.7     |

#### COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

| N°Comb | Ver | Sc max | Xc max | Yc max | Sf min | Xs min | Ys min | Ac eff. | As eff. |
|--------|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|
| 1      | S   | 4.54   | -50.0  | 30.0   | -212.4 | -43.2  | 6.8    | 587     | 5.7     |

#### COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

|             |                                                                                                                                 |
|-------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Ver.        | La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a $f_{ctm}$   |
| e1          | Esito della verifica                                                                                                            |
| e2          | Massima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata                           |
| k1          | Minima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata                            |
| kt          | = 0.8 per barre ad aderenza migliorata [eq.(7.11)EC2]                                                                           |
| k2          | = 0.4 per comb. quasi permanenti / = 0.6 per comb. frequenti [cfr. eq.(7.9)EC2]                                                 |
| k3          | = 0.5 per flessione; $=(e1 + e2)/(2 \cdot e1)$ per trazione eccentrica [eq.(7.13)EC2]                                           |
| k4          | = 3.400 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali                                                                           |
| Ø           | = 0.425 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali                                                                           |
| Cf          | Diametro [mm] equivalente delle barre tese comprese nell'area efficace Ac eff [eq.(7.11)EC2]                                    |
| e sm - e cm | Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa                                                             |
| sr max      | Differenza tra le deformazioni medie di acciaio e calcestruzzo [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]                                         |
| wk          | Tra parentesi: valore minimo = $0.6 S_{max} / E_s$ [(7.9)EC2 e (C4.1.8)NTC]                                                     |
| Mx fess.    | Massima distanza tra le fessure [mm]                                                                                            |
| My fess.    | Apertura fessure in mm calcolata = $sr \cdot max \cdot (e_{sm} - e_{cm})$ [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]. Valore limite tra parentesi |
|             | Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]                                                               |
|             | Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]                                                               |

| Comb. | Ver | e1 | e2 | k2 | Ø | Cf | e sm - e cm | sr max | wk | Mx fess | My fess |
|-------|-----|----|----|----|---|----|-------------|--------|----|---------|---------|
|-------|-----|----|----|----|---|----|-------------|--------|----|---------|---------|

|                     |                                                                                                                                            |                                      |
|---------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|
| Provincia di Arezzo | LAVORI DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA DI RIPRISTINO DEL PONTE SULLA S.P.15 DI MONTGONZI, KM. 0+750, LOCALITÀ CAMMENATA, COMUNE DI CAVRIGLIA | Relazione di calcolo delle strutture |
|---------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|

|      |   |          |   |       |      |    |                   |     |              |       |
|------|---|----------|---|-------|------|----|-------------------|-----|--------------|-------|
| 1    | S | -0.00147 | 0 | 0.500 | 12.0 | 62 | 0.00064 (0.00064) | 422 | 0.269 (0.40) | 50.59 |
| 0.00 |   |          |   |       |      |    |                   |     |              |       |

**COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)**

| N°Comb | Ver | Sc max | Xc max | Yc max | Sf min | Xs min | Ys min | Ac eff. | As eff. |
|--------|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|
| 1      | S   | 3.32   | -50.0  | 30.0   | -155.2 | -43.2  | 6.8    | 587     | 5.7     |

**COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]**

| Comb. | Ver | e1       | e2 | k2    | Ø    | Cf | e sm - e cm sr max | wk  | Mx fess      | My fess |
|-------|-----|----------|----|-------|------|----|--------------------|-----|--------------|---------|
| 1     | S   | -0.00108 | 0  | 0.500 | 12.0 | 62 | 0.00047 (0.00047)  | 422 | 0.197 (0.30) | 50.59   |
| 0.00  |     |          |    |       |      |    |                    |     |              |         |

Le verifiche risultano soddisfatte.

|                     |                                                                                                                                             |                                      |
|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|
| Provincia di Arezzo | LAVORI DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA DI RIPRISTINO DEL PONTE SULLA S.P.15 DI MONTAGONZI, KM. 0+750, LOCALITÀ CAMMENATA, COMUNE DI CAVRIGLIA | Relazione di calcolo delle strutture |
|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|

## 14 VERIFICHE PASSERELLA A TERGO PONTE AD ARCO

Si riportano di seguito gli output del programma relativi alle analisi effettuate.

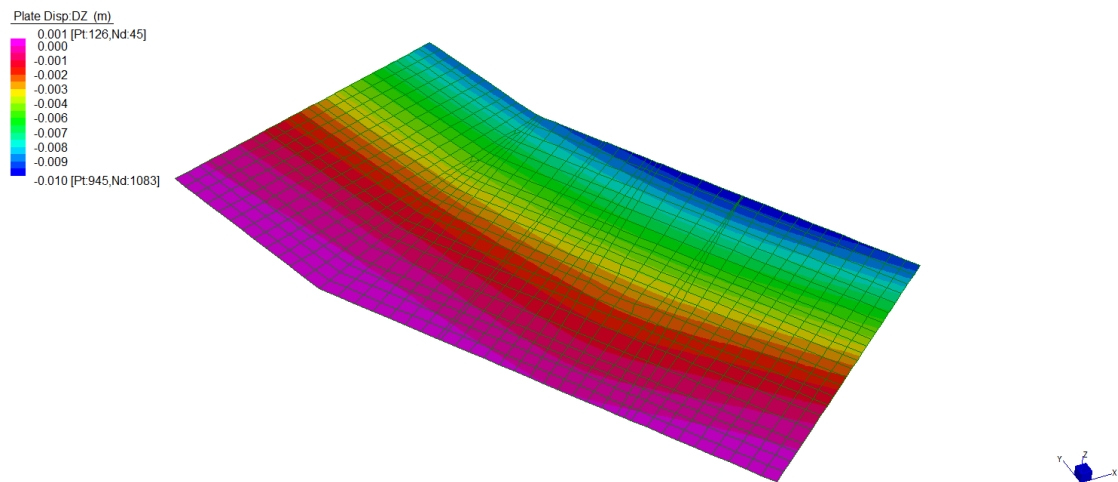


Figura 58 – Spostamenti DZ – SLE – Involuppo minimo

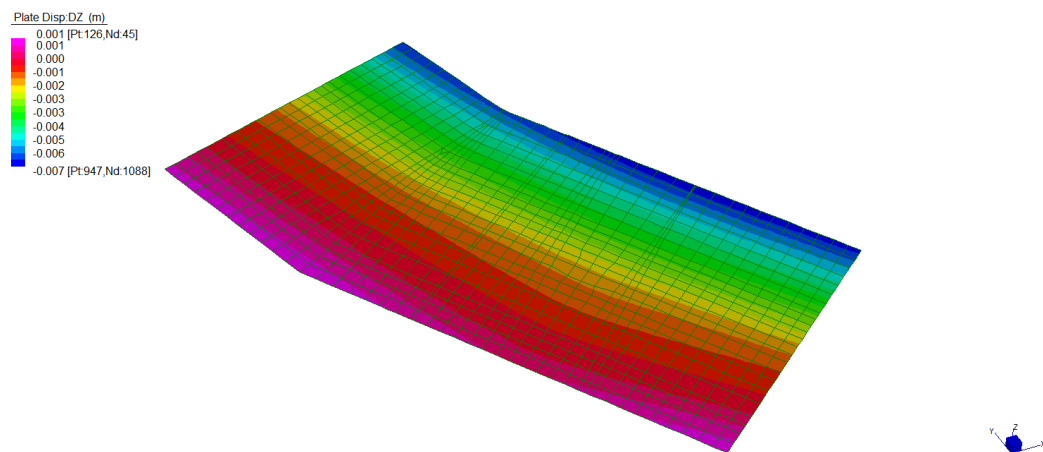


Figura 59 – Spostamenti DZ – SLE – Involuppo massimo

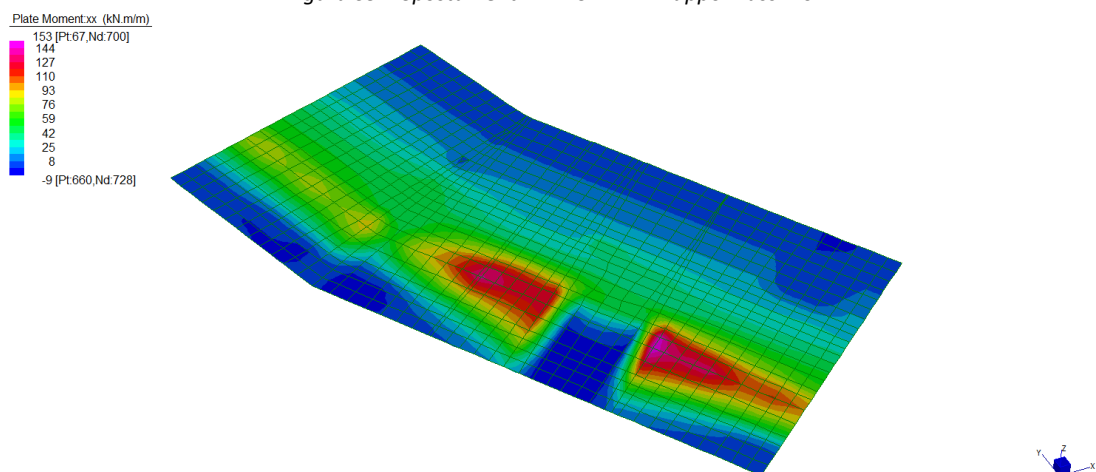


Figura 60 – Sollecitazioni flettenti SLU – Massimo momento direzione trasversale

|                     |                                                                                                                                             |                                      |
|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|
| Provincia di Arezzo | LAVORI DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA DI RIPRISTINO DEL PONTE SULLA S.P.15 DI MONTAGONZI, KM. 0+750, LOCALITÀ CAMMENATA, COMUNE DI CAVRIGLIA | Relazione di calcolo delle strutture |
|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|

Plate Moment:xx (kN.m/m)  
78 [Pt:67,Nd:700]  
72  
62  
51  
40  
30  
19  
9  
-2  
-13  
-23 [Pt:660,Nd:728]

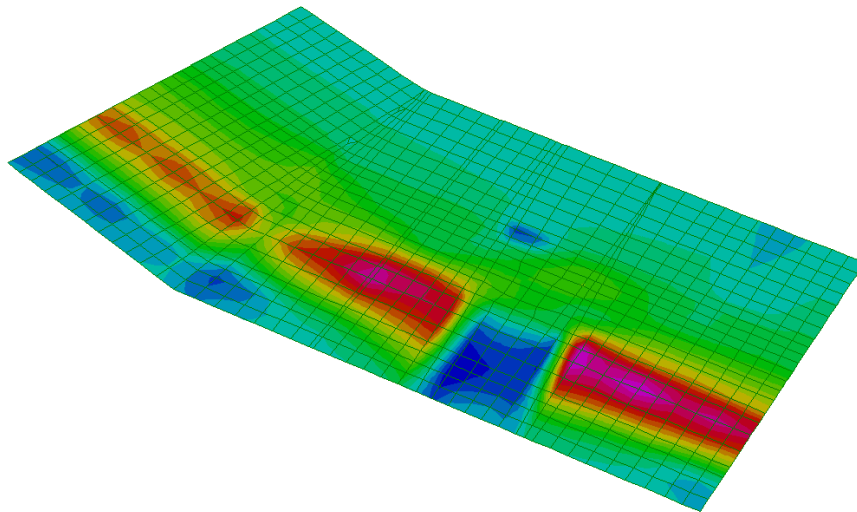


Figura 61 – Sollecitazioni flettenti SLU – Minimo momento direzione trasversale

Plate Moment:yy (kN.m/m)  
41 [Pt:518,Nd:589]  
34  
20  
6  
-8  
-21  
-35  
-49  
-63  
-77  
-90 [Pt:109,Nd:4]

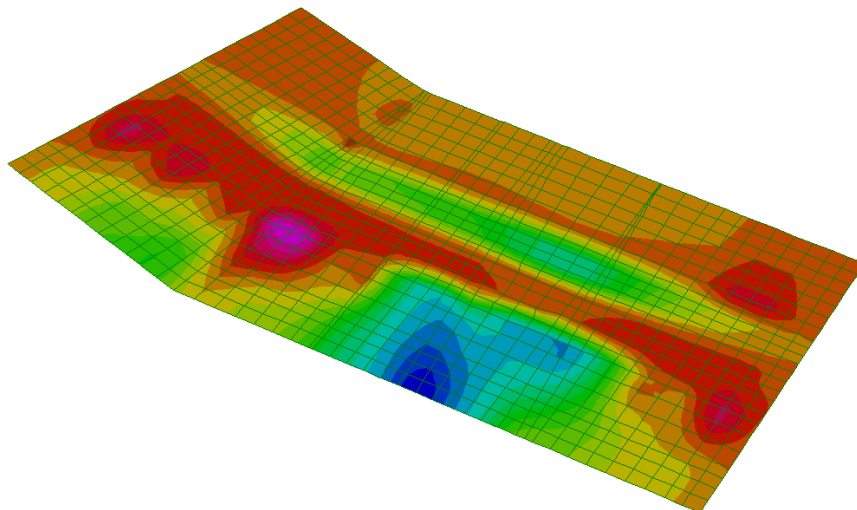


Figura 62 – Sollecitazioni flettenti SLU – Massimo momento direzione longitudinale

Plate Moment:yy (kN.m/m)  
11 [Pt:59,Nd:122]  
-1  
-26  
-50  
-74  
-99  
-123  
-147  
-172  
-196  
-220 [Pt:604,Nd:672]

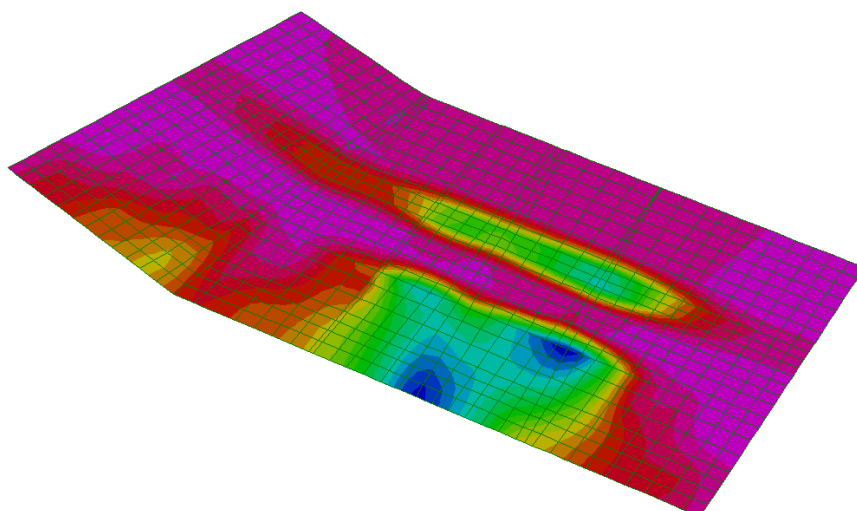


Figura 14.63 Sollecitazioni flettenti SLU – Minimo momento direzione longitudinale

|                     |                                                                                                                                             |                                      |
|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|
| Provincia di Arezzo | LAVORI DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA DI RIPRISTINO DEL PONTE SULLA S.P.15 DI MONTAGONZI, KM. 0+750, LOCALITÀ CAMMENATA, COMUNE DI CAVRIGLIA | Relazione di calcolo delle strutture |
|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|

Plate Force: xz (kN/m)  
 334 [Pt:39,Nd:107]  
 316  
 282  
 247  
 212  
 177  
 142  
 107  
 72  
 37  
 2 [Pt:927,Nd:996]

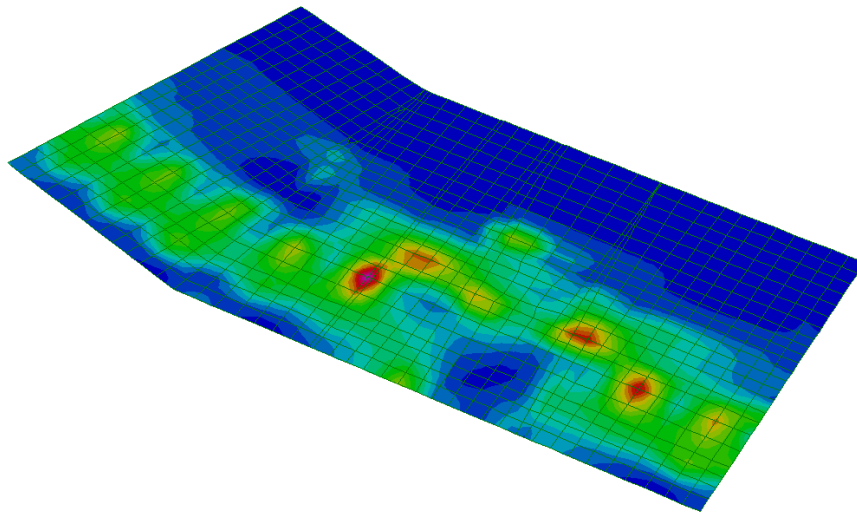


Figura 64 – Sollecitazioni di taglio SLU – Taglio in direzione trasversale

Plate Force: yz (kN/m)  
 394 [Pt:45,Nd:114]  
 373  
 332  
 290  
 249  
 208  
 166  
 125  
 83  
 42  
 1 [Pt:862,Nd:941]

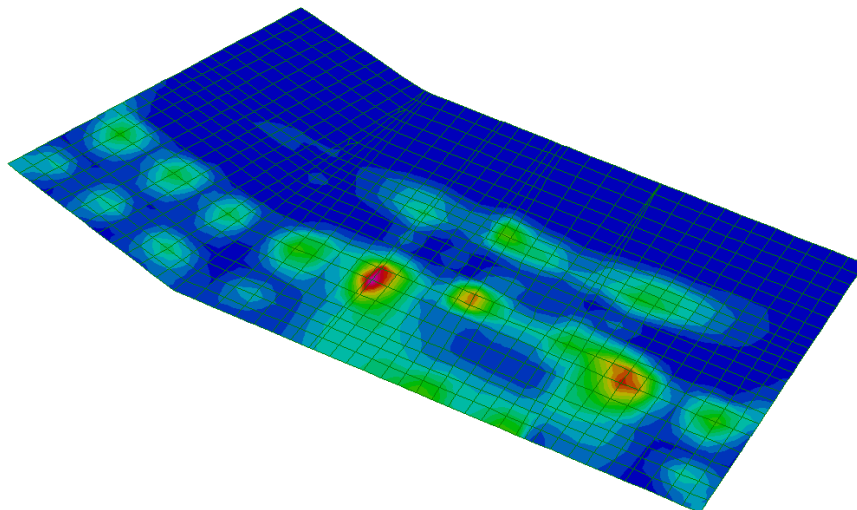


Figura 65 – Sollecitazioni di taglio SLU – Taglio in direzione longitudinale

#### 14.1 VERIFICHE DELLA SOLETTA SPESSORE 30CM

Le verifiche sono svolte su un metro lineare. Per il calcolo delle verifiche si adottano i seguenti parametri:

Armatura trasversale:  $A_{s\_sup} = \phi 16/10\text{cm} = 10\phi 16/\text{m} = 2010 \text{ mm}^2/\text{m}$

$A_{s\_inf} = \phi 16/20\text{cm} = 5\phi 16/\text{m} = 1005 \text{ mm}^2/\text{m}$

Armatura longitudinale:  $A_{s\_inf} = A_{s\_sup} = \phi 16/20\text{cm} = 5\phi 16/\text{m} = 1005 \text{ mm}^2/\text{m}$  (+ $\phi 16/20\text{cm}$  inferiori in corrispondenza dell'apertura)

Ganci a taglio:  $9\phi 12/\text{mq}$

Sezione:  $b = 100 \text{ cm}$ ,  $h = 30\text{cm}$

$f_{cd} = 15.86 \text{ MPa}$ ,  $f_{yd} = 391 \text{ MPa}$

|                     |                                                                                                                                                  |                                         |
|---------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|
| Provincia di Arezzo | LAVORI DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA DI RIPRISTINO DEL<br>PONTE SULLA S.P.15 DI MONTGONZI, KM. 0+750, LOCALITÀ<br>CAMMENATA, COMUNE DI CAVRIGLIA | Relazione di calcolo delle<br>strutture |
|---------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|

Le verifiche a flessione e a taglio della soletta allo SLU e la verifica di fessurazione del calcestruzzo allo SLE sono eseguite attraverso il software RC-SEC di GeoStru. Si riportano le verifiche per le sollecitazioni più gravose.

#### 14.1.1 Direzione trasversale

Si riporta la verifica a flessione in direzione trasversale per la soletta di spessore 30 cm.

|                               |                                                                   |
|-------------------------------|-------------------------------------------------------------------|
| Descrizione Sezione:          |                                                                   |
| Metodo di calcolo resistenza: | Resistenze agli Stati Limite Ultimi                               |
| Tipologia sezione:            | Sezione generica di Trave (solette, nervature solai) senza staffe |
| Normativa di riferimento:     | N.T.C.                                                            |
| Percorso sollecitazione:      | A Sforzo Norm. costante                                           |
| Condizioni Ambientali:        | Moderat. aggressive                                               |
| Riferimento Sforzi assegnati: | Assi x,y principali d'inerzia                                     |
| Riferimento alla sismicità:   | Comb. non sismiche                                                |

#### CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

|                |                                                      |                     |         |
|----------------|------------------------------------------------------|---------------------|---------|
| CALCESTRUZZO - | Classe:                                              | C28/35              |         |
|                | Resis. compr. di progetto fcd:                       | 15.9                | MPa     |
|                | Def.unit. max resistenza ec2:                        | 0.0020              |         |
|                | Def.unit. ultima ecu:                                | 0.0035              |         |
|                | Diagramma tensione-deformaz.:                        | Parabola-Rettangolo |         |
|                | Modulo Elastico Normale Ec:                          | 32308.0             | MPa     |
|                | Resis. media a trazione fctm:                        | 2.76                | MPa     |
|                | Coeff. Omogen. S.L.E.:                               | 15.00               |         |
|                | Sc limite S.L.E. comb. Rare:                         | 16.8                | MPa     |
|                | Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:                    | 16.8                | MPa     |
|                | Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:            | 0.300               | mm      |
|                | Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:                 | 12.6                | MPa     |
|                | Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:                 | 0.200               | mm      |
| ACCIAIO -      | Tipo:                                                | B450C               |         |
|                | Resist. caratt. snervam. fyk:                        | 450.0               | MPa     |
|                | Resist. caratt. rottura ftk:                         | 450.0               | MPa     |
|                | Resist. snerv. di progetto fyd:                      | 391.3               | MPa     |
|                | Resist. ultima di progetto ftd:                      | 391.3               | MPa     |
|                | Deform. ultima di progetto Epu:                      | 0.068               |         |
|                | Modulo Elastico Ef                                   | 2000000             | daN/cm² |
|                | Diagramma tensione-deformaz.:                        | Bilineare finito    |         |
|                | Coeff. Aderenza istantaneo $\beta_1 \cdot \beta_2$ : | 1.00                |         |
|                | Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$ :  | 0.50                |         |
|                | Sf limite S.L.E. Comb. Rare:                         | 360.00              | MPa     |

#### CARATTERISTICHE DOMINIO CALCESTRUZZO

|                      |            |
|----------------------|------------|
| Forma del Dominio:   | Poligonale |
| Classe Calcestruzzo: | C28/35     |

| N°vertice: | X [cm] | Y [cm] |
|------------|--------|--------|
| 1          | -50.0  | 0.0    |
| 2          | -50.0  | 30.0   |
| 3          | 50.0   | 30.0   |
| 4          | 50.0   | 0.0    |

#### DATI BARRE ISOLATE

| N°Barra | X [cm] | Y [cm] | DiamØ[mm] |
|---------|--------|--------|-----------|
| 1       | -44.9  | 5.1    | 16        |
| 2       | -44.9  | 24.9   | 16        |
| 3       | 44.9   | 24.9   | 16        |
| 4       | 44.9   | 5.1    | 16        |

|                     |                                                                                                                                             |                                      |
|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|
| Provincia di Arezzo | LAVORI DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA DI RIPRISTINO DEL PONTE SULLA S.P.15 DI MONTÉGONZI, KM. 0+750, LOCALITÀ CAMMENATA, COMUNE DI CAVRIGLIA | Relazione di calcolo delle strutture |
|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|

#### DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

N°Gen. Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre  
 N°Barra Ini. Numero della barra iniziale cui si riferisce la generazione  
 N°Barra Fin. Numero della barra finale cui si riferisce la generazione  
 N°Barre Numero di barre generate equidistanti cui si riferisce la generazione  
 Ø Diametro in mm delle barre della generazione

| N°Gen. | N°Barra Ini. | N°Barra Fin. | N°Barre | Ø  |
|--------|--------------|--------------|---------|----|
| 1      | 2            | 3            | 8       | 16 |
| 2      | 1            | 4            | 3       | 16 |

#### CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)  
 Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia  
 con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.  
 My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia  
 con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.  
 Vy Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia y  
 Vx Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia x

| N°Comb. | N    | Mx      | My   | Vy   | Vx   |
|---------|------|---------|------|------|------|
| 1       | 0.00 | -108.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |

#### COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)  
 Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)  
 con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione  
 My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)  
 con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

| N°Comb. | N    | Mx     | My   |
|---------|------|--------|------|
| 1       | 0.00 | -79.00 | 0.00 |

#### COMB. FREQUENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)  
 Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)  
 con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione  
 My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)  
 con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

| N°Comb. | N    | Mx              | My          |
|---------|------|-----------------|-------------|
| 1       | 0.00 | -79.00 (-50.91) | 0.00 (0.00) |

#### COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)  
 Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)  
 con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione  
 My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)  
 con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

| N°Comb. | N    | Mx              | My          |
|---------|------|-----------------|-------------|
| 1       | 0.00 | -79.00 (-50.91) | 0.00 (0.00) |

#### RISULTATI DEL CALCOLO

|                     |                                                                                                                                             |                                      |
|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|
| Provincia di Arezzo | LAVORI DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA DI RIPRISTINO DEL PONTE SULLA S.P.15 DI MONTAGONZI, KM. 0+750, LOCALITÀ CAMMENATA, COMUNE DI CAVRIGLIA | Relazione di calcolo delle strutture |
|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|

#### Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 4.3 cm  
Interferro netto minimo barre longitudinali: 8.4 cm

#### VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata  
N Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)  
Mx Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
My Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia  
N Res Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)  
Mx Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
My Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia  
Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My)  
Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000  
As Tesa Area armature trave [cm²] in zona tesa. [Tra parentesi l'area minima ex (4.1.45)NTC]

| N°Comb | Ver | N    | Mx      | My   | N Res | Mx Res  | My Res | Mis.Sic. | As Tesa   |
|--------|-----|------|---------|------|-------|---------|--------|----------|-----------|
| 1      | S   | 0.00 | -108.00 | 0.00 | 0.00  | -175.71 | 0.00   | 1.63     | 20.1(4.0) |

#### METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

ec max Deform. unit. massima del calcestruzzo a compressione  
x/d Rapporto di duttilità [§ 4.1.2.1.2.1 NTC] deve essere < 0.45  
Xc max Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)  
Yc max Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)  
es min Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)  
Xs min Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)  
Ys min Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)  
es max Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)  
Xs max Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)  
Ys max Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

| N°Comb | ec max  | x/d   | Xc max | Yc max | es min  | Xs min | Ys min | es max   | Xs max | Ys max |
|--------|---------|-------|--------|--------|---------|--------|--------|----------|--------|--------|
| 1      | 0.00350 | 0.226 | -50.0  | 0.0    | 0.00032 | -44.9  | 5.1    | -0.01201 | 44.9   | 24.9   |

#### POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

a, b, c Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro  $aX+bY+c=0$  nel rif. X,Y,O gen.  
x/d Rapp. di duttilità (travi e solette)[§ 4.1.2.1.2.1 NTC]: deve essere < 0.45  
C.Rid. Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

| N°Comb | a           | b            | c           | x/d   | C.Rid. |
|--------|-------------|--------------|-------------|-------|--------|
| 1      | 0.000000000 | -0.000622754 | 0.003500000 | 0.226 | 0.722  |

#### COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

Ver S = comb. verificata/ N = comb. non verificata  
Sc max Massima tensione (positiva se di compressione) nel calcestruzzo [MPa]  
Xc max, Yc max Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)  
Ss min Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [MPa]  
Xs min, Ys min Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Ss min (sistema rif. X,Y,O)  
Ac eff. Area di calcestruzzo [cm²] in zona tesa considerata aderente alle barre  
As eff. Area barre [cm²] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure

| N°Comb | Ver | Sc max | Xc max | Yc max | Ss min | Xs min | Ys min | Ac eff. | As eff. |
|--------|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|
| 1      | S   | 7.00   | 50.0   | 0.0    | -181.9 | 24.9   | 24.9   | 700     | 20.1    |

#### COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

Ver. La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a  $f_{ctm}$   
e1 Esito della verifica  
Massima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata

|                     |                                                                                                                                             |                                      |
|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|
| Provincia di Arezzo | LAVORI DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA DI RIPRISTINO DEL PONTE SULLA S.P.15 DI MONTAGONZI, KM. 0+750, LOCALITÀ CAMMENATA, COMUNE DI CAVRIGLIA | Relazione di calcolo delle strutture |
|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|

|             |                                                                                                                                                                  |
|-------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| e2          | Minima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata                                                             |
| k1          | = 0.8 per barre ad aderenza migliorata [eq.(7.11)EC2]                                                                                                            |
| kt          | = 0.4 per comb. quasi permanenti / = 0.6 per comb.frequenti [cfr. eq.(7.9)EC2]                                                                                   |
| k2          | = 0.5 per flessione; $= (e1 + e2) / (2 * e1)$ per trazione eccentrica [eq.(7.13)EC2]                                                                             |
| k3          | = 3.400 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali                                                                                                            |
| k4          | = 0.425 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali                                                                                                            |
| Ø           | Diametro [mm] equivalente delle barre tese comprese nell'area efficace Ac eff [eq.(7.11)EC2]                                                                     |
| Cf          | Copri ferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa                                                                                             |
| e sm - e cm | Differenza tra le deformazioni medie di acciaio e calcestruzzo [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]<br>Tra parentesi: valore minimo = 0.6 Smax / Es [(7.9)EC2 e (C4.1.8)NTC] |
| sr max      | Massima distanza tra le fessure [mm]                                                                                                                             |
| wk          | Apertura fessure in mm calcolata = sr max * (e_sm - e_cm) [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]. Valore limite tra parentesi                                                  |
| Mx fess.    | Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]                                                                                                |
| My fess.    | Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]                                                                                                |

| Comb. | Ver | e1       | e2      | k2    | Ø    | Cf | e sm - e cm       | sr max | wk             | Mx fess | My fess |
|-------|-----|----------|---------|-------|------|----|-------------------|--------|----------------|---------|---------|
| 1     | S   | -0.00120 | 0.00000 | 0.500 | 16.0 | 43 | 0.00057 (0.00055) | 241    | 0.137 (990.00) | -50.91  | 0.00    |

#### COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

| N°Comb | Ver | Sc max | Xc max | Yc max | Ss min | Xs min | Ys min | Ac eff. | As eff. |
|--------|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|
| 1      | S   | 7.00   | 50.0   | 0.0    | -181.9 | 24.9   | 24.9   | 700     | 20.1    |

#### COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

| Comb. | Ver | e1       | e2      | k2    | Ø    | Cf | e sm - e cm       | sr max | wk           | Mx fess | My fess |
|-------|-----|----------|---------|-------|------|----|-------------------|--------|--------------|---------|---------|
| 1     | S   | -0.00120 | 0.00000 | 0.500 | 16.0 | 43 | 0.00057 (0.00055) | 241    | 0.137 (0.30) | -50.91  | 0.00    |

#### COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

| N°Comb | Ver | Sc max | Xc max | Yc max | Ss min | Xs min | Ys min | Ac eff. | As eff. |
|--------|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|
| 1      | S   | 7.00   | 50.0   | 0.0    | -181.9 | 24.9   | 24.9   | 700     | 20.1    |

#### COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

| Comb. | Ver | e1       | e2      | k2    | Ø    | Cf | e sm - e cm       | sr max | wk           | Mx fess | My fess |
|-------|-----|----------|---------|-------|------|----|-------------------|--------|--------------|---------|---------|
| 1     | S   | -0.00120 | 0.00000 | 0.500 | 16.0 | 43 | 0.00068 (0.00055) | 241    | 0.165 (0.20) | -50.91  | 0.00    |

### 14.1.2 Direzione longitudinale

Si riporta la verifica a flessione in direzione longitudinale per la soletta di spessore 30 cm, per la zona in corrispondenza dell'apertura si predispone un'armatura inferiore aggiuntiva pari a  $\phi 16/20$ cm.

|                               |                                                                   |
|-------------------------------|-------------------------------------------------------------------|
| Descrizione Sezione:          |                                                                   |
| Metodo di calcolo resistenza: | Resistenze agli Stati Limite Ultimi                               |
| Tipologia sezione:            | Sezione generica di Trave (solette, nervature solai) senza staffe |
| Normativa di riferimento:     | N.T.C.                                                            |
| Percorso sollecitazione:      | A Sforzo Norm. costante                                           |
| Condizioni Ambientali:        | Moderat. aggressive                                               |
| Riferimento Sforzi assegnati: | Assi x,y principali d'inerzia                                     |
| Riferimento alla sismicità:   | Zona non sismica                                                  |

#### CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

|                |                                |                     |
|----------------|--------------------------------|---------------------|
| CALCESTRUZZO - | Classe:                        | C28/35              |
|                | Resis. compr. di progetto fcd: | 15.860 MPa          |
|                | Def.unit. max resistenza ec2:  | 0.0020              |
|                | Def.unit. ultima ecu:          | 0.0035              |
|                | Diagramma tensione-deformaz.:  | Parabola-Rettangolo |
|                | Modulo Elastico Normale Ec:    | 32308.0 MPa         |
|                | Resis. media a trazione fctm:  | 2.760 MPa           |
|                | Coeff. Omogen. S.L.E.:         | 15.00               |

|                     |                                                                                                                                             |                                      |
|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|
| Provincia di Arezzo | LAVORI DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA DI RIPRISTINO DEL PONTE SULLA S.P.15 DI MONTAGONZI, KM. 0+750, LOCALITÀ CAMMENATA, COMUNE DI CAVRIGLIA | Relazione di calcolo delle strutture |
|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|

|                                           |        |         |
|-------------------------------------------|--------|---------|
| Coeff. Omogen. S.L.E.:                    | 15.00  |         |
| Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:         | 168.00 | daN/cm² |
| Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti: | 0.300  | mm      |
| Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:      | 0.00   | Mpa     |
| Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:      | 0.200  | mm      |

|           |                                                      |                  |         |
|-----------|------------------------------------------------------|------------------|---------|
| ACCIAIO - | Tipo:                                                | B450C            |         |
|           | Resist. caratt. snervam. fyk:                        | 450.00           | MPa     |
|           | Resist. caratt. rottura ftk:                         | 450.00           | MPa     |
|           | Resist. snerv. di progetto fyd:                      | 391.30           | MPa     |
|           | Resist. ultima di progetto ftd:                      | 391.30           | MPa     |
|           | Deform. ultima di progetto Epu:                      | 0.068            |         |
|           | Modulo Elastico Ef                                   | 2000000          | daN/cm² |
|           | Diagramma tensione-deformaz.:                        | Bilineare finito |         |
|           | Coeff. Aderenza istantaneo $\beta_1 \cdot \beta_2$ : | 1.00             |         |
|           | Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$ :  | 0.50             |         |
|           | Sf limite S.L.E. Comb. Rare:                         | 360.00           | MPa     |

#### CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

|                      |            |
|----------------------|------------|
| Forma del Dominio:   | Poligonale |
| Classe Conglomerato: | C28/35     |

| N°vertice: | X [cm] | Y [cm] |
|------------|--------|--------|
| 1          | -50.0  | 0.0    |
| 2          | -50.0  | 30.0   |
| 3          | 50.0   | 30.0   |
| 4          | 50.0   | 0.0    |

#### DATI BARRE ISOLATE

| N°Barra | X [cm] | Y [cm] | DiamØ[mm] |
|---------|--------|--------|-----------|
| 1       | -44.9  | 5.1    | 16        |
| 2       | -44.9  | 24.9   | 16        |
| 3       | 44.9   | 24.9   | 16        |
| 4       | 44.9   | 5.1    | 16        |

#### DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

|              |                                                                       |
|--------------|-----------------------------------------------------------------------|
| N°Gen.       | Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre            |
| N°Barra Ini. | Numero della barra iniziale cui si riferisce la generazione           |
| N°Barra Fin. | Numero della barra finale cui si riferisce la generazione             |
| N°Barre      | Numero di barre generate equidistanti cui si riferisce la generazione |
| Ø            | Diametro in mm delle barre della generazione                          |

| N°Gen. | N°Barra Ini. | N°Barra Fin. | N°Barre | Ø  |
|--------|--------------|--------------|---------|----|
| 1      | 2            | 3            | 3       | 16 |
| 2      | 1            | 4            | 8       | 16 |

#### CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

|    |                                                                                                                                 |
|----|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| N  | Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)                                                                 |
| Mx | Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.   |
| My | Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez. |
| Vy | Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia y                                                                 |
| Vx | Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia x                                                                 |

| N°Comb. | N    | Mx     | My   | Vy   | Vx   |
|---------|------|--------|------|------|------|
| 1       | 0.00 | 121.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 2       | 0.00 | -25.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |

|                     |                                                                                                                                             |                                      |
|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|
| Provincia di Arezzo | LAVORI DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA DI RIPRISTINO DEL PONTE SULLA S.P.15 DI MONTAGONZI, KM. 0+750, LOCALITÀ CAMMENATA, COMUNE DI CAVRIGLIA | Relazione di calcolo delle strutture |
|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|

#### COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

|    |                                                                                                                                                                        |
|----|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| N  | Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)                                                                                                    |
| Mx | Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione |
| My | Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione    |

| N°Comb. | N    | Mx    | My   |
|---------|------|-------|------|
| 1       | 0.00 | 89.00 | 0.00 |

#### COMB. FREQUENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

|    |                                                                                                                                                                        |
|----|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| N  | Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)                                                                                                    |
| Mx | Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione |
| My | Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione    |

| N°Comb. | N    | Mx            | My          |
|---------|------|---------------|-------------|
| 1       | 0.00 | 89.00 (50.91) | 0.00 (0.00) |

#### COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

|    |                                                                                                                                                                        |
|----|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| N  | Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)                                                                                                    |
| Mx | Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione |
| My | Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione    |

| N°Comb. | N    | Mx            | My          |
|---------|------|---------------|-------------|
| 1       | 0.00 | 89.00 (50.91) | 0.00 (0.00) |

#### RISULTATI DEL CALCOLO

##### Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

|                                              |        |
|----------------------------------------------|--------|
| Copriferro netto minimo barre longitudinali: | 4.3 cm |
| Interferro netto minimo barre longitudinali: | 8.4 cm |

#### VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

|          |                                                                                          |
|----------|------------------------------------------------------------------------------------------|
| Ver      | S = combinazione verificata / N = combin. non verificata                                 |
| N        | Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione) |
| Mx       | Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia              |
| My       | Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia              |
| N Res    | Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)   |
| Mx Res   | Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia                  |
| My Res   | Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia                  |
| Mis.Sic. | Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My)               |
|          | Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000                                       |
| As Tesa  | Area armature trave [cm²] in zona tesa. [Tra parentesi l'area minima ex (4.1.15)NTC]     |

| N°Comb | Ver | N    | Mx     | My   | N Res | Mx Res | My Res | Mis.Sic. | As Tesa   |
|--------|-----|------|--------|------|-------|--------|--------|----------|-----------|
| 1      | S   | 0.00 | 121.00 | 0.00 | 0.00  | 175.71 | 0.00   | 1.45     | 20.1(4.0) |
| 2      | S   | 0.00 | -25.00 | 0.00 | 0.00  | -96.56 | 0.00   | 3.86     | 10.1(4.0) |

#### METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

|        |                                                                        |
|--------|------------------------------------------------------------------------|
| ec max | Deform. unit. massima del conglomerato a compressione                  |
| x/d    | Rapporto di duttilità [§ 4.1.2.1.2.1 NTC] deve essere < 0.45           |
| Xc max | Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)  |
| Yc max | Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.) |

|                     |                                                                                                                                             |                                      |
|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|
| Provincia di Arezzo | LAVORI DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA DI RIPRISTINO DEL PONTE SULLA S.P.15 DI MONTAGONZI, KM. 0+750, LOCALITÀ CAMMENATA, COMUNE DI CAVRIGLIA | Relazione di calcolo delle strutture |
|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|

|        |                                                                        |
|--------|------------------------------------------------------------------------|
| es min | Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)            |
| Xs min | Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)  |
| Ys min | Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.) |
| es max | Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)          |
| Xs max | Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)  |
| Ys max | Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.) |

| N°Comb | ec max  | x/d   | Xc max | Yc max | es min   | Xs min | Ys min | es max   | Xs max | Ys max |
|--------|---------|-------|--------|--------|----------|--------|--------|----------|--------|--------|
| 1      | 0.00350 | 0.226 | -50.0  | 30.0   | 0.00032  | 44.9   | 24.9   | -0.01201 | -44.9  | 5.1    |
| 2      | 0.00350 | 0.181 | -50.0  | 0.0    | -0.00046 | -44.9  | 5.1    | -0.01585 | 44.9   | 24.9   |

#### POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

|         |                                                                              |
|---------|------------------------------------------------------------------------------|
| a, b, c | Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro $aX+bY+c=0$ nel rif. X,Y,O gen.     |
| x/d     | Rapp. di duttilità (travi e solette) [§ 4.1.2.1.2.1 NTC]: deve essere < 0.45 |
| C.Rid.  | Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue                |

| N°Comb | a           | b            | c            | x/d   | C.Rid. |
|--------|-------------|--------------|--------------|-------|--------|
| 1      | 0.000000000 | 0.000622754  | -0.015182608 | 0.226 | 0.722  |
| 2      | 0.000000000 | -0.000776983 | 0.003500000  | 0.181 | 0.700  |

#### COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

|                |                                                                                 |
|----------------|---------------------------------------------------------------------------------|
| Ver            | S = comb. verificata/ N = comb. non verificata                                  |
| Sc max         | Massima tensione (positiva se di compressione) nel conglomerato [Mpa]           |
| Xc max, Yc max | Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)         |
| Sf min         | Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [Mpa]                    |
| Xs min, Ys min | Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)       |
| Ac eff.        | Area di calcestruzzo [cm²] in zona tesa considerata aderente alle barre         |
| As eff.        | Area barre [cm²] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure |

| N°Comb | Ver | Sc max | Xc max | Yc max | Sf min | Xs min | Ys min | Ac eff. | As eff. |
|--------|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|
| 1      | S   | 7.89   | -50.0  | 30.0   | -204.9 | -44.9  | 5.1    | 700     | 20.1    |

#### COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

| N°Comb | Ver | Sc max | Xc max | Yc max | Sf min | Xs min | Ys min | Ac eff. | As eff. |
|--------|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|
| 1      | S   | 7.89   | -50.0  | 30.0   | -204.9 | -44.9  | 5.1    | 700     | 20.1    |

#### COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

|             |                                                                                                                                 |
|-------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Ver.        | La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a $f_{ctm}$   |
| e1          | Esito della verifica                                                                                                            |
| e2          | Massima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata                           |
| k1          | Minima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata                            |
| kt          | = 0.8 per barre ad aderenza migliorata [eq.(7.11)EC2]                                                                           |
| k2          | = 0.4 per comb. quasi permanenti / = 0.6 per comb. frequenti [cfr. eq.(7.9)EC2]                                                 |
| k3          | = 0.5 per flessione; $=(e1 + e2)/(2 \cdot e1)$ per trazione eccentrica [eq.(7.13)EC2]                                           |
| k4          | = 3.400 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali                                                                           |
| Ø           | = 0.425 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali                                                                           |
| Cf          | Diametro [mm] equivalente delle barre tese comprese nell'area efficace Ac eff [eq.(7.11)EC2]                                    |
| e sm - e cm | Copri ferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa                                                            |
| sr max      | Differenza tra le deformazioni medie di acciaio e calcestruzzo [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]                                         |
| wk          | Tra parentesi: valore minimo = $0.6 S_{max} / E_s$ [(7.9)EC2 e (C4.1.8)NTC]                                                     |
| Mx fess.    | Massima distanza tra le fessure [mm]                                                                                            |
| My fess.    | Apertura fessure in mm calcolata = $sr \cdot max \cdot (e_{sm} - e_{cm})$ [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]. Valore limite tra parentesi |
|             | Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]                                                               |
|             | Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]                                                               |

| Comb. | Ver | e1       | e2 | k2    | Ø    | Cf | e sm - e cm       | sr max | wk           | Mx fess | My fess |
|-------|-----|----------|----|-------|------|----|-------------------|--------|--------------|---------|---------|
| 1     | S   | -0.00136 | 0  | 0.500 | 16.0 | 43 | 0.00069 (0.00061) | 241    | 0.165 (0.30) | 50.91   |         |
| 0.00  |     |          |    |       |      |    |                   |        |              |         |         |

#### COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

|                     |                                                                                                                                             |                                      |
|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|
| Provincia di Arezzo | LAVORI DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA DI RIPRISTINO DEL PONTE SULLA S.P.15 DI MONTAGONZI, KM. 0+750, LOCALITÀ CAMMENATA, COMUNE DI CAVRIGLIA | Relazione di calcolo delle strutture |
|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|

N°Comb Ver Sc max Xc max Yc max Sf min Xs min Ys min Ac eff. As eff.

1 S 7.89 -50.0 30.0 -204.9 -44.9 5.1 700 20.1

#### COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

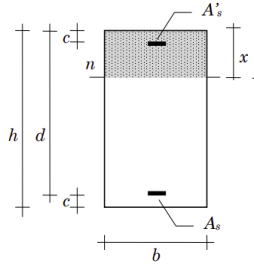
Comb. Ver e1 e2 k2 Ø Cf e sm - e cm sr max wk Mx fess My fess

1 S -0.00136 0 0.500 16.0 43 0.00080 (0.00061) 241 0.192 (0.20) 50.91  
0.00

#### 14.1.3 Verifiche a taglio

Si riporta di seguito la verifica a taglio della sezione di spessore 30cm.

| VERIFICA A TAGLIO SEZIONE RETTANGOLARE NTC 2018 [Verifica elemento senza armature resistenti a taglio] |                                    |         |  |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|---------|--|
| DATI DI INPUT                                                                                          |                                    |         |  |
| Solicitazioni                                                                                          |                                    |         |  |
| Taglio massimo sollecitante                                                                            | V <sub>ed</sub> [kN]               | 268.50  |  |
| Forza assiale dovuta ai carichi o alla precompressione                                                 | N <sub>ed</sub> [kN]               | 0.00    |  |
| Parametri sezione cls                                                                                  |                                    |         |  |
| Larghezza sezione cls                                                                                  | b [mm]                             | 1000.00 |  |
| Altezza sezione cls                                                                                    | h [mm]                             | 300.00  |  |
| Copriferro                                                                                             | c [mm]                             | 30.00   |  |
| Area di calcestruzzo                                                                                   | A <sub>c</sub> [mm <sup>2</sup> ]  | 300000  |  |
| Larghezza minima della sezione in zona tesa                                                            | b <sub>w</sub> [mm]                | 3000000 |  |
| Altezza utile della sezione                                                                            | d [mm]                             | 270     |  |
| Armature longitudinali                                                                                 |                                    |         |  |
| Numero barre                                                                                           | n°                                 | 5       |  |
| Diametro barre                                                                                         | Φ [mm]                             | 16      |  |
| Numero barre aggiuntive                                                                                | n°agg                              | 0       |  |
| Diametro barre aggiuntive                                                                              | Φagg [mm]                          | 0       |  |
| Area armatura longitudinale tesa                                                                       | A <sub>sl</sub> [mm <sup>2</sup> ] | 1005.31 |  |
| Rapporto di armatura                                                                                   | ρ [%]                              | 0.34%   |  |
| Caratteristiche cls                                                                                    |                                    |         |  |
| Classe di Resistenza                                                                                   | C28/35                             |         |  |
| Resistenza caratteristica cubica a compressione a 28gg                                                 | R <sub>ck</sub> [MPa]              | 35      |  |
| Resistenza caratteristica cilindrica a compressione a 28gg                                             | f <sub>ck</sub> [MPa]              | 29.05   |  |
| Resistenza cilindrica media a compressione a 28gg                                                      | f <sub>cm</sub> [MPa]              | 37.05   |  |
| Coefficiente correttivo per la resistenza a compressione                                               | α <sub>cc</sub>                    | 0.85    |  |
| Coefficiente parziale di sicurezza per il calcestruzzo                                                 | γ <sub>c</sub>                     | 1.5     |  |
| Resistenza a compressione di progetto                                                                  | f <sub>cd</sub> [MPa]              | 16.46   |  |
| Caratteristiche acciaio                                                                                |                                    |         |  |
| Tensione caratteristica di snervamento acciaio f <sub>yk</sub> ≥ f <sub>y,nom</sub>                    | f <sub>yk</sub> [MPa]              | 450     |  |
| Coefficiente parziale di sicurezza per l'acciaio                                                       | γ <sub>s</sub>                     | 1.15    |  |
| Resistenza di calcolo dell'acciaio a snervamento                                                       | f <sub>yd</sub> [MPa]              | 391     |  |



$$V_{Rd1} = \max \left\{ \left[ 0.18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0.15 \cdot \sigma_{cp} \right] b_w \cdot d; (v_{min} + 0.15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d \right\} \quad [4.1.23]$$

| VERIFICA ELEMENTI SENZA ARMATURE TRASVERSALI RESISTENTI AL TAGLIO - §4.1.2.3.5.1 |                            |        |                       |
|----------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|--------|-----------------------|
| Parametri                                                                        |                            |        |                       |
|                                                                                  | k                          | 1.86   | < 2                   |
|                                                                                  | v <sub>min</sub> [MPa]     | 0.48   |                       |
| Rapporto geometrico di armatura longitudinale                                    | ρ <sub>l</sub>             | 0.0037 | ≤ 0,02                |
| Tensione di (pre)compressione                                                    | σ <sub>cp</sub> [MPa]      | 0.00   | ≤ 0,2 f <sub>cd</sub> |
| Valutazione resistenza al taglio                                                 |                            |        |                       |
|                                                                                  | V <sub>Rd1,min</sub> [kN]  | 129.27 |                       |
| Resistenza a taglio del tirante d'acciaio                                        | V <sub>Rd1,calc</sub> [kN] | 133.32 |                       |

|                                                 |                      |             |
|-------------------------------------------------|----------------------|-------------|
| Taglio massimo sollecitante                     | V <sub>ed</sub> [kN] | 268.50      |
| Resistenza a taglio di progetto                 | V <sub>Rd</sub> [kN] | 133.32      |
| <b>Coefficiente di sicurezza della verifica</b> | <b>FS</b>            | <b>0.50</b> |

Verifica non soddisfatta, inserire armatura specifica

|                     |                                                                                                                                             |                                      |
|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|
| Provincia di Arezzo | LAVORI DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA DI RIPRISTINO DEL PONTE SULLA S.P.15 DI MONTAGONZI, KM. 0+750, LOCALITÀ CAMMENATA, COMUNE DI CAVRIGLIA | Relazione di calcolo delle strutture |
|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|

| VERIFICA A TAGLIO SEZIONE RETTANGOLARE NTC 2018 [Verifica elemento con armature resistenti a taglio]                                 |                |        |                                                                                                                                                                                                       |                                      |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|--------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|
| DATI DI INPUT                                                                                                                        |                |        | VERIFICA ELEMENTI CON ARMATURE TRASVERSALI RESISTENTI AL TAGLIO - §4.1.2.1.3.2                                                                                                                        |                                      |
| Taglio massimo sollecitante                                                                                                          | $V_{ed}$ [kN]  | 268.50 | <i>Staffatura primaria</i>                                                                                                                                                                            |                                      |
| Larghezza minima della sezione in zona tesa                                                                                          | $b_w$ [mm]     | 1000   | Diametro delle staffe                                                                                                                                                                                 | $\Phi_{sw}$ [mm] 12                  |
| Altezza utile della sezione                                                                                                          | $d$ [mm]       | 270    | Numero di bracci staffe                                                                                                                                                                               | $n \cdot b$ 3                        |
| Resistenza caratteristica cubica a compressione a 28gg                                                                               | $R_{ck}$ [MPa] | 35     | Passo delle staffe                                                                                                                                                                                    | $s$ [cm] 30                          |
| Resistenza caratteristica cilindrica a compressione a 28gg                                                                           | $f_{ck}$ [MPa] | 29.05  | Area singola staffa                                                                                                                                                                                   | $A_{st}$ [mm <sup>2</sup> ] 113.10   |
| Resistenza cilindrica media a compressione a 28gg                                                                                    | $f_{cm}$ [MPa] | 37.05  | Quantitativo di staffe al metro                                                                                                                                                                       | $A_{sw}/s$ [mm <sup>2</sup> /m] 1131 |
| Coefficiente correttivo per la resistenza a compressione                                                                             | $\alpha_{cc}$  | 0.85   | Angolo di inclinazione dell'armatura trasversale rispetto all'asse della trave                                                                                                                        | $\alpha$ [°] 90                      |
| Coefficiente parziale di sicurezza per il calcestruzzo                                                                               | $\gamma_c$     | 1.5    | Cotangente dell'angolo di inclinazione dell'armatura trasversale                                                                                                                                      | $\cotg \alpha$ 0.00                  |
| Resistenza a compressione di progetto                                                                                                | $f_{cd}$ [MPa] | 16.46  | Inclinazione $\theta$ dei puntoni di calcestruzzo rispetto all'asse della trave, che deve rispettare i seguenti limiti: $1 \leq \cotg \theta \leq 2.5$ (cioè $21.8^\circ \leq \theta \leq 45^\circ$ ) | $\cotg \theta_1$ 2.50                |
| Tensione caratteristica di snervamento acciaio $f_{yk} \geq f_{y,nom}$                                                               | $f_{yk}$ [MPa] | 450    |                                                                                                                                                                                                       | $\theta_1$ [°] 21.8                  |
| Resistenza di calcolo dell'acciaio a snervamento                                                                                     | $f_{yd}$ [MPa] | 391    | <i>Staffatura aggiuntive</i> NO                                                                                                                                                                       |                                      |
| Resistenza a compressione ridotta del calcestruzzo                                                                                   | $f'_{cd}$      | 8.23   | Diametro delle staffe aggiuntive                                                                                                                                                                      | $\Phi_{sw}$ [mm] -                   |
| Coefficiente maggiorativo per (pre)compressione                                                                                      | $\alpha_{cw}$  | 1.00   | Numero di bracci staffe aggiuntive                                                                                                                                                                    | $n \cdot b$ -                        |
| Coeff. Poisson                                                                                                                       | $\nu$          | 0.5    | Passo delle staffe aggiuntive                                                                                                                                                                         | $s$ [cm] -                           |
|                                                                                                                                      | $\alpha_c$     | 1.000  | Area singola staffa                                                                                                                                                                                   | $A_{st}$ [mm <sup>2</sup> ] -        |
| Con riferimento all'armatura trasversale, la resistenza di progetto a "taglio trazione" si calcola con:                              |                |        | Quantitativo di staffe aggiuntive al metro                                                                                                                                                            | $A_{sw}/s$ [mm <sup>2</sup> /m] -    |
| $V_{Rd} = 0,9 \cdot d \cdot \frac{A_{sw}}{s} \cdot f_{yd} \cdot (\cotg \alpha + \cotg \theta) \cdot \sin \alpha$ [4.1.27]            |                |        | Angolo di inclinazione dell'armatura trasversale rispetto all'asse della trave                                                                                                                        | $\alpha$ [°] -                       |
| Con riferimento al calcestruzzo d'anima, la resistenza di progetto a "taglio compressione" si calcola con:                           |                |        | Cotangente dell'angolo di inclinazione dell'armatura trasversale                                                                                                                                      | $\cotg \alpha$ -                     |
| $V_{Rd} = 0,9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_c \cdot \nu \cdot f_{cd} (\cotg \alpha + \cotg \theta) / (1 + \cotg^2 \theta)$ [4.1.28] |                |        | Inclinazione $\theta$ dei puntoni di calcestruzzo rispetto all'asse della trave, che deve rispettare i seguenti limiti: $1 \leq \cotg \theta \leq 2.5$ (cioè $21.8^\circ \leq \theta \leq 45^\circ$ ) | $\cotg \theta_2$ -                   |
| La resistenza di progetto a taglio della trave è la minore delle due sopra definite:                                                 |                |        |                                                                                                                                                                                                       | $\theta_2$ [°] -                     |
| $V_{Rd} = \min(V_{Rd1}, V_{Rd2})$ [4.1.29]                                                                                           |                |        | Resistenza a taglio del puntone di cls - "Taglio compressione"                                                                                                                                        | $V_{Rd1}$ [kN] 689.69                |
|                                                                                                                                      |                |        | Resistenza a taglio del tirante d'acciaio - "Taglio trazione"                                                                                                                                         | $V_{Rd2}$ [kN] 268.85                |
|                                                                                                                                      |                |        |                                                                                                                                                                                                       |                                      |
|                                                                                                                                      |                |        | Taglio massimo sollecitante                                                                                                                                                                           | $V_{ed}$ [kN] 268.50                 |
|                                                                                                                                      |                |        | Resistenza a taglio di progetto                                                                                                                                                                       | $V_{Rd}$ [kN] 268.85                 |
|                                                                                                                                      |                |        | <b>Coefficiente di sicurezza della verifica</b>                                                                                                                                                       | <b><math>\gamma_s</math> 1.00</b>    |
|                                                                                                                                      |                |        | Verifica soddisfatta                                                                                                                                                                                  |                                      |

|                     |                                                                                                                                            |                                      |
|---------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|
| Provincia di Arezzo | LAVORI DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA DI RIPRISTINO DEL PONTE SULLA S.P.15 DI MONTGONZI, KM. 0+750, LOCALITÀ CAMMENATA, COMUNE DI CAVRIGLIA | Relazione di calcolo delle strutture |
|---------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|

## 14.2 VERIFICHE DELLA SOLETTA SPESSORE 80CM

Le verifiche sono svolte su un metro lineare. Per il calcolo delle verifiche si adottano i seguenti parametri:

Armatura trasversale:  $A_{s\_inf} = A_{s\_sup} = \phi 16/20\text{cm} = 5\phi 16/\text{m} = 1005 \text{ mm}^2/\text{m}$

Armatura longitudinale:  $A_{s\_inf} = A_{s\_sup} = \phi 16/20\text{cm} = 5\phi 16/\text{m} = 1005 \text{ mm}^2/\text{m}$  (+ $\phi 16/20\text{cm}$  inferiori in corrispondenza dell'apertura)

Ganci a taglio:  $9\phi 12/\text{mq}$

Sezione:  $b = 100 \text{ cm}$ ,  $h = 80\text{cm}$

$f_{cd} = 15.86 \text{ MPa}$ ,  $f_{yd} = 391 \text{ MPa}$

Le verifiche a flessione e a taglio della soletta allo SLU e la verifica di fessurazione del calcestruzzo allo SLE sono eseguite attraverso il software RC-SEC di GeoStru. Si riportano le verifiche per le sollecitazioni più gravose.

### 14.2.1 Direzione trasversale

Si riporta la verifica a flessione in direzione trasversale per la soletta di spessore 80 cm.

|                               |                                                                   |
|-------------------------------|-------------------------------------------------------------------|
| Descrizione Sezione:          |                                                                   |
| Metodo di calcolo resistenza: | Resistenze agli Stati Limite Ultimi                               |
| Tipologia sezione:            | Sezione generica di Trave (solette, nervature solai) senza staffe |
| Normativa di riferimento:     | N.T.C.                                                            |
| Percorso sollecitazione:      | A Sforzo Norm. costante                                           |
| Condizioni Ambientali:        | Moderat. aggressive                                               |
| Riferimento Sforzi assegnati: | Assi x,y principali d'inerzia                                     |
| Riferimento alla sismicità:   | Comb. non sismiche                                                |

### CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

|                |                                                 |                     |                     |
|----------------|-------------------------------------------------|---------------------|---------------------|
| CALCESTRUZZO - | Classe:                                         | C28/35              |                     |
|                | Resis. compr. di progetto $f_{cd}$ :            | 15.9                | MPa                 |
|                | Def.unit. max resistenza $ec2$ :                | 0.0020              |                     |
|                | Def.unit. ultima $ecu$ :                        | 0.0035              |                     |
|                | Diagramma tensione-deformaz.:                   | Parabola-Rettangolo |                     |
|                | Modulo Elastico Normale $E_c$ :                 | 32308.0             | MPa                 |
|                | Resis. media a trazione $f_{ctm}$ :             | 2.76                | MPa                 |
|                | Coeff. Omogen. S.L.E.:                          | 15.00               |                     |
|                | Sc limite S.L.E. comb. Rare:                    | 16.8                | MPa                 |
|                | Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:               | 16.8                | MPa                 |
|                | Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:       | 0.300               | mm                  |
|                | Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:            | 12.6                | MPa                 |
|                | Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:            | 0.200               | mm                  |
| ACCIAIO -      | Tipo:                                           | B450C               |                     |
|                | Resist. caratt. snervam. $f_{yk}$ :             | 450.0               | MPa                 |
|                | Resist. caratt. rottura $f_{tk}$ :              | 450.0               | MPa                 |
|                | Resist. snerv. di progetto $f_{yd}$ :           | 391.3               | MPa                 |
|                | Resist. ultima di progetto $f_{td}$ :           | 391.3               | MPa                 |
|                | Deform. ultima di progetto $E_{pu}$ :           | 0.068               |                     |
|                | Modulo Elastico $E_f$                           | 2000000             | daN/cm <sup>2</sup> |
|                | Diagramma tensione-deformaz.:                   | Bilineare finito    |                     |
|                | Coeff. Aderenza istantaneo $\beta_1^*\beta_2$ : | 1.00                |                     |
|                | Coeff. Aderenza differito $\beta_1^*\beta_2$ :  | 0.50                |                     |
|                | Sf limite S.L.E. Comb. Rare:                    | 360.00              | MPa                 |

### CARATTERISTICHE DOMINIO CALCESTRUZZO

|                    |            |
|--------------------|------------|
| Forma del Dominio: | Poligonale |
|--------------------|------------|

|                     |                                                                                                                                             |                                      |
|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|
| Provincia di Arezzo | LAVORI DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA DI RIPRISTINO DEL PONTE SULLA S.P.15 DI MONTÉGONZI, KM. 0+750, LOCALITÀ CAMMENATA, COMUNE DI CAVRIGLIA | Relazione di calcolo delle strutture |
|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|

Classe Calcestruzzo: C28/35

| N°vertice: | X [cm] | Y [cm] |
|------------|--------|--------|
| 1          | -50.0  | 0.0    |
| 2          | -50.0  | 80.0   |
| 3          | 50.0   | 80.0   |
| 4          | 50.0   | 0.0    |

#### DATI BARRE ISOLATE

| N°Barra | X [cm] | Y [cm] | DiamØ[mm] |
|---------|--------|--------|-----------|
| 1       | -44.9  | 5.1    | 16        |
| 2       | -44.9  | 74.9   | 16        |
| 3       | 44.9   | 74.9   | 16        |
| 4       | 44.9   | 5.1    | 16        |

#### DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

N°Gen. Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre  
N°Barra Ini. Numero della barra iniziale cui si riferisce la generazione  
N°Barra Fin. Numero della barra finale cui si riferisce la generazione  
N°Barre Numero di barre generate equidistanti cui si riferisce la generazione  
Ø Diametro in mm delle barre della generazione

| N°Gen. | N°Barra Ini. | N°Barra Fin. | N°Barre | Ø  |
|--------|--------------|--------------|---------|----|
| 1      | 2            | 3            | 3       | 16 |
| 2      | 1            | 4            | 3       | 16 |

#### CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)  
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.  
My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.  
Vy Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia y  
Vx Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia x

| N°Comb. | N    | Mx     | My   | Vy   | Vx   |
|---------|------|--------|------|------|------|
| 1       | 0.00 | 153.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |

#### COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)  
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione  
My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

| N°Comb. | N    | Mx     | My   |
|---------|------|--------|------|
| 1       | 0.00 | 112.00 | 0.00 |

#### COMB. FREQUENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)  
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione  
My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

|                     |                                                                                                                                             |                                      |
|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|
| Provincia di Arezzo | LAVORI DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA DI RIPRISTINO DEL PONTE SULLA S.P.15 DI MONTAGONZI, KM. 0+750, LOCALITÀ CAMMENATA, COMUNE DI CAVRIGLIA | Relazione di calcolo delle strutture |
|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|

| N°Comb. | N    | Mx              | My          |
|---------|------|-----------------|-------------|
| 1       | 0.00 | 112.00 (319.75) | 0.00 (0.00) |

#### COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

|    |                                                                                                                                                                        |
|----|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| N  | Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)                                                                                                    |
| Mx | Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione |
| My | Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione    |

| N°Comb. | N    | Mx             | My          |
|---------|------|----------------|-------------|
| 1       | 0.00 | 86.00 (319.75) | 0.00 (0.00) |

#### RISULTATI DEL CALCOLO

##### Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

|                                               |         |
|-----------------------------------------------|---------|
| Copri ferro netto minimo barre longitudinali: | 4.3 cm  |
| Interferro netto minimo barre longitudinali:  | 20.9 cm |

#### VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

|          |                                                                                          |
|----------|------------------------------------------------------------------------------------------|
| Ver      | S = combinazione verificata / N = combin. non verificata                                 |
| N        | Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione) |
| Mx       | Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia              |
| My       | Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia              |
| N Res    | Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)   |
| Mx Res   | Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia                  |
| My Res   | Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia                  |
| Mis.Sic. | Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My)               |
|          | Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000                                       |
| As Tesa  | Area armature trave [cm²] in zona tesa. [Tra parentesi l'area minima ex (4.1.45)NTC]     |

| N°Comb | Ver | N    | Mx     | My   | N Res | Mx Res | My Res | Mis.Sic. | As Tesa    |
|--------|-----|------|--------|------|-------|--------|--------|----------|------------|
| 1      | S   | 0.00 | 153.00 | 0.00 | 0.00  | 292.71 | 0.00   | 1.91     | 20.1(11.9) |

#### METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

|        |                                                                        |
|--------|------------------------------------------------------------------------|
| ec max | Deform. unit. massima del calcestruzzo a compressione                  |
| x/d    | Rapporto di duttilità [§ 4.1.2.1.2.1 NTC] deve essere < 0.45           |
| Xc max | Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)  |
| Yc max | Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.) |
| es min | Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)            |
| Xs min | Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)  |
| Ys min | Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.) |
| es max | Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)          |
| Xs max | Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)  |
| Ys max | Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.) |

| N°Comb | ec max  | x/d   | Xc max | Yc max | es min   | Xs min | Ys min | es max   | Xs max | Ys max |
|--------|---------|-------|--------|--------|----------|--------|--------|----------|--------|--------|
| 1      | 0.00350 | 0.056 | -50.0  | 80.0   | -0.00073 | -44.9  | 74.9   | -0.05860 | -44.9  | 5.1    |

#### POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

|         |                                                                             |
|---------|-----------------------------------------------------------------------------|
| a, b, c | Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro $aX+bY+c=0$ nel rif. X,Y,O gen.    |
| x/d     | Rapp. di duttilità (travi e solette)[§ 4.1.2.1.2.1 NTC]: deve essere < 0.45 |
| C.Rid.  | Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue               |

| N°Comb | a           | b           | c            | x/d   | C.Rid. |
|--------|-------------|-------------|--------------|-------|--------|
| 1      | 0.000000000 | 0.000829169 | -0.062833486 | 0.056 | 0.700  |

#### COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

|                     |                                                                                                                                             |                                      |
|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|
| Provincia di Arezzo | LAVORI DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA DI RIPRISTINO DEL PONTE SULLA S.P.15 DI MONTAGONZI, KM. 0+750, LOCALITÀ CAMMENATA, COMUNE DI CAVRIGLIA | Relazione di calcolo delle strutture |
|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|

|                |                                                                                 |
|----------------|---------------------------------------------------------------------------------|
| Ver            | S = comb. verificata/ N = comb. non verificata                                  |
| Sc max         | Massima tensione (positiva se di compressione) nel calcestruzzo [MPa]           |
| Xc max, Yc max | Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)         |
| Ss min         | Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [MPa]                    |
| Xs min, Ys min | Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Ss min (sistema rif. X,Y,O)       |
| Ac eff.        | Area di calcestruzzo [cm²] in zona tesa considerata aderente alle barre         |
| As eff.        | Area barre [cm²] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure |

| N°Comb | Ver | Sc max | Xc max | Yc max | Ss min | Xs min | Ys min | Ac eff. | As eff. |
|--------|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|
| 1      | S   | 2.17   | 50.0   | 80.0   | -158.0 | -44.9  | 5.1    | 1176    | 10.1    |

#### COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

|             |                                                                                                                                 |
|-------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Ver.        | La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a $f_{ctm}$   |
| e1          | Esito della verifica                                                                                                            |
| e2          | Massima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata                           |
| k1          | Minima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata                            |
| kt          | = 0.8 per barre ad aderenza migliorata [eq.(7.11)EC2]                                                                           |
| k2          | = 0.4 per comb. quasi permanenti / = 0.6 per comb. frequenti [cfr. eq.(7.9)EC2]                                                 |
| k3          | = 0.5 per flessione; $= (e1 + e2)/(2 \cdot e1)$ per trazione eccentrica [eq.(7.13)EC2]                                          |
| k4          | = 3.400 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali                                                                           |
| Ø           | = 0.425 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali                                                                           |
| Cf          | Diametro [mm] equivalente delle barre tese comprese nell'area efficace Ac eff [eq.(7.11)EC2]                                    |
| e sm - e cm | Copri ferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa                                                            |
| sr max      | Differenza tra le deformazioni medie di acciaio e calcestruzzo [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]                                         |
| wk          | Tra parentesi: valore minimo = $0.6 S_{max} / E_s$ [(7.9)EC2 e (C4.1.8)NTC]                                                     |
| Mx fess.    | Massima distanza tra le fessure [mm]                                                                                            |
| My fess.    | Apertura fessure in mm calcolata = $sr \cdot max \cdot (e_{sm} - e_{cm})$ [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]. Valore limite tra parentesi |
|             | Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]                                                               |
|             | Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]                                                               |

| Comb. | Ver | e1       | e2      | k2    | Ø    | Cf | e sm - e cm       | sr max | wk             | Mx fess | My fess |
|-------|-----|----------|---------|-------|------|----|-------------------|--------|----------------|---------|---------|
| 1     | S   | -0.00085 | 0.00000 | 0.500 | 16.0 | 43 | 0.00047 (0.00047) | 464    | 0.220 (990.00) | 319.75  | 0.00    |

#### COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

| N°Comb | Ver | Sc max | Xc max | Yc max | Ss min | Xs min | Ys min | Ac eff. | As eff. |
|--------|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|
| 1      | S   | 2.17   | 50.0   | 80.0   | -158.0 | -44.9  | 5.1    | 1176    | 10.1    |

#### COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

| Comb. | Ver | e1       | e2      | k2    | Ø    | Cf | e sm - e cm       | sr max | wk           | Mx fess | My fess |
|-------|-----|----------|---------|-------|------|----|-------------------|--------|--------------|---------|---------|
| 1     | S   | -0.00085 | 0.00000 | 0.500 | 16.0 | 43 | 0.00047 (0.00047) | 464    | 0.220 (0.30) | 319.75  | 0.00    |

#### COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

| N°Comb | Ver | Sc max | Xc max | Yc max | Ss min | Xs min | Ys min | Ac eff. | As eff. |
|--------|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|
| 1      | S   | 1.67   | 50.0   | 80.0   | -121.3 | -44.9  | 5.1    | 1186    | 10.1    |

#### COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

| Comb. | Ver | e1       | e2      | k2    | Ø    | Cf | e sm - e cm       | sr max | wk           | Mx fess | My fess |
|-------|-----|----------|---------|-------|------|----|-------------------|--------|--------------|---------|---------|
| 1     | S   | -0.00066 | 0.00000 | 0.500 | 16.0 | 43 | 0.00036 (0.00036) | 467    | 0.170 (0.20) | 319.75  | 0.00    |

### 14.2.2 Direzione longitudinale

Si riporta la verifica a flessione in direzione longitudinale per la soletta di spessore 80 cm.

|                               |                                                                   |
|-------------------------------|-------------------------------------------------------------------|
| Descrizione Sezione:          |                                                                   |
| Metodo di calcolo resistenza: | Resistenze agli Stati Limite Ultimi                               |
| Tipologia sezione:            | Sezione generica di Trave (solette, nervature solai) senza staffe |
| Normativa di riferimento:     | N.T.C.                                                            |

|                     |                                                                                                                                                  |                                         |
|---------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|
| Provincia di Arezzo | LAVORI DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA DI RIPRISTINO DEL<br>PONTE SULLA S.P.15 DI MONTGONZI, KM. 0+750, LOCALITÀ<br>CAMMENATA, COMUNE DI CAVRIGLIA | Relazione di calcolo delle<br>strutture |
|---------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|

Percorso sollecitazione: A Sforzo Norm. costante  
 Condizioni Ambientali: Moderat. aggressive  
 Riferimento Sforzi assegnati: Assi x,y principali d'inerzia  
 Riferimento alla sismicità: Zona non sismica

#### CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

|                |                                                |                     |         |
|----------------|------------------------------------------------|---------------------|---------|
| CALCESTRUZZO - | Classe:                                        | C28/35              |         |
|                | Resis. compr. di progetto fcd:                 | 15.860              | MPa     |
|                | Def.unit. max resistenza ec2:                  | 0.0020              |         |
|                | Def.unit. ultima ecu:                          | 0.0035              |         |
|                | Diagramma tensione-deformaz.:                  | Parabola-Rettangolo |         |
|                | Modulo Elastico Normale Ec:                    | 32308.0             | MPa     |
|                | Resis. media a trazione fctm:                  | 2.760               | MPa     |
|                | Coeff. Omogen. S.L.E.:                         | 15.00               |         |
|                | Coeff. Omogen. S.L.E.:                         | 15.00               |         |
|                | Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:              | 168.00              | daN/cm² |
|                | Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:      | 0.300               | mm      |
|                | Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:           | 0.00                | Mpa     |
|                | Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:           | 0.200               | mm      |
|                |                                                |                     |         |
| ACCIAIO -      | Tipo:                                          | B450C               |         |
|                | Resist. caratt. snervam. fyk:                  | 450.00              | MPa     |
|                | Resist. caratt. rottura ftk:                   | 450.00              | MPa     |
|                | Resist. snerv. di progetto fyd:                | 391.30              | MPa     |
|                | Resist. ultima di progetto ftd:                | 391.30              | MPa     |
|                | Deform. ultima di progetto Epu:                | 0.068               |         |
|                | Modulo Elastico Ef                             | 2000000             | daN/cm² |
|                | Diagramma tensione-deformaz.:                  | Bilineare finito    |         |
|                | Coeff. Aderenza istantaneo $\beta_1 \beta_2$ : | 1.00                |         |
|                | Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \beta_2$ :  | 0.50                |         |
|                | Sf limite S.L.E. Comb. Rare:                   | 360.00              | MPa     |

#### CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio: Poligonale  
 Classe Conglomerato: C28/35

| N°vertice: | X [cm] | Y [cm] |
|------------|--------|--------|
| 1          | -50.0  | 0.0    |
| 2          | -50.0  | 80.0   |
| 3          | 50.0   | 80.0   |
| 4          | 50.0   | 0.0    |

#### DATI BARRE ISOLATE

| N°Barra | X [cm] | Y [cm] | DiamØ[mm] |
|---------|--------|--------|-----------|
| 1       | -44.9  | 5.1    | 16        |
| 2       | -44.9  | 74.9   | 16        |
| 3       | 44.9   | 74.9   | 16        |
| 4       | 44.9   | 5.1    | 16        |

#### DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

N°Gen. Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre  
 N°Barra Ini. Numero della barra iniziale cui si riferisce la generazione  
 N°Barra Fin. Numero della barra finale cui si riferisce la generazione  
 N°Barre Numero di barre generate equidistanti cui si riferisce la generazione  
 Ø Diametro in mm delle barre della generazione

| N°Gen. | N°Barra Ini. | N°Barra Fin. | N°Barre | Ø  |
|--------|--------------|--------------|---------|----|
| 1      | 2            | 3            | 3       | 16 |
| 2      | 1            | 4            | 8       | 16 |

|                     |                                                                                                                                             |                                      |
|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|
| Provincia di Arezzo | LAVORI DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA DI RIPRISTINO DEL PONTE SULLA S.P.15 DI MONTAGONZI, KM. 0+750, LOCALITÀ CAMMENATA, COMUNE DI CAVRIGLIA | Relazione di calcolo delle strutture |
|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|

### CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

|    |                                                                                                                                 |
|----|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| N  | Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)                                                                 |
| Mx | Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.   |
| My | Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez. |
| Vy | Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia y                                                                 |
| Vx | Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia x                                                                 |

| N° Comb. | N    | Mx     | My   | Vy   | Vx   |
|----------|------|--------|------|------|------|
| 1        | 0.00 | 223.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |

### COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

|    |                                                                                                                                                                        |
|----|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| N  | Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)                                                                                                    |
| Mx | Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione |
| My | Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione    |

| N° Comb. | N    | Mx     | My   |
|----------|------|--------|------|
| 1        | 0.00 | 164.00 | 0.00 |

### COMB. FREQUENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

|    |                                                                                                                                                                        |
|----|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| N  | Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)                                                                                                    |
| Mx | Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione |
| My | Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione    |

| N° Comb. | N    | Mx              | My          |
|----------|------|-----------------|-------------|
| 1        | 0.00 | 164.00 (337.45) | 0.00 (0.00) |

### COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

|    |                                                                                                                                                                        |
|----|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| N  | Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)                                                                                                    |
| Mx | Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione |
| My | Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione    |

| N° Comb. | N    | Mx              | My          |
|----------|------|-----------------|-------------|
| 1        | 0.00 | 164.00 (337.45) | 0.00 (0.00) |

### RISULTATI DEL CALCOLO

#### Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

|                                               |        |
|-----------------------------------------------|--------|
| Copri ferro netto minimo barre longitudinali: | 4.3 cm |
| Interferro netto minimo barre longitudinali:  | 8.4 cm |

### VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

|        |                                                                                          |
|--------|------------------------------------------------------------------------------------------|
| Ver    | S = combinazione verificata / N = combin. non verificata                                 |
| N      | Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione) |
| Mx     | Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia              |
| My     | Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia              |
| N Res  | Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)   |
| Mx Res | Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia                  |
| My Res | Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia                  |

|                     |                                                                                                                                             |                                      |
|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|
| Provincia di Arezzo | LAVORI DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA DI RIPRISTINO DEL PONTE SULLA S.P.15 DI MONTAGONZI, KM. 0+750, LOCALITÀ CAMMENATA, COMUNE DI CAVRIGLIA | Relazione di calcolo delle strutture |
|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|

Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My)  
Verifica positiva se tale rapporto risulta  $\geq 1.000$   
As Tesa Area armature trave [cm<sup>2</sup>] in zona tesa. [Tra parentesi l'area minima ex (4.1.15)NTC]

| N°Comb | Ver | N    | Mx     | My   | N Res | Mx Res | My Res | Mis.Sic. | As Tesa    |
|--------|-----|------|--------|------|-------|--------|--------|----------|------------|
| 1      | S   | 0.00 | 223.00 | 0.00 | 0.00  | 568.97 | 0.00   | 2.55     | 20.1(11.9) |

#### METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

ec max Deform. unit. massima del conglomerato a compressione  
x/d Rapporto di duttilità [§ 4.1.2.1.2.1 NTC] deve essere  $< 0.45$   
Xc max Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)  
Yc max Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)  
es min Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)  
Xs min Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)  
Ys min Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)  
es max Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)  
Xs max Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)  
Ys max Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

| N°Comb | ec max  | x/d   | Xc max | Yc max | es min  | Xs min | Ys min | es max   | Xs max | Ys max |
|--------|---------|-------|--------|--------|---------|--------|--------|----------|--------|--------|
| 1      | 0.00350 | 0.075 | -50.0  | 80.0   | 0.00032 | -44.9  | 74.9   | -0.04316 | -44.9  | 5.1    |

#### POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

a, b, c Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro  $aX+bY+c=0$  nel rif. X,Y,O gen.  
x/d Rapp. di duttilità (travi e solette)[§ 4.1.2.1.2.1 NTC]: deve essere  $< 0.45$   
C.Rid. Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

| N°Comb | a           | b           | c            | x/d   | C.Rid. |
|--------|-------------|-------------|--------------|-------|--------|
| 1      | 0.000000000 | 0.000622991 | -0.046339254 | 0.075 | 0.700  |

#### COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

Ver S = comb. verificata/ N = comb. non verificata  
Sc max Massima tensione (positiva se di compressione) nel conglomerato [Mpa]  
Xc max, Yc max Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)  
Sf min Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [Mpa]  
Xs min, Ys min Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)  
Ac eff. Area di calcestruzzo [cm<sup>2</sup>] in zona tesa considerata aderente alle barre  
As eff. Area barre [cm<sup>2</sup>] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure

| N°Comb | Ver | Sc max | Xc max | Yc max | Sf min | Xs min | Ys min | Ac eff. | As eff. |
|--------|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|
| 1      | S   | 2.41   | 50.0   | 80.0   | -118.0 | -24.9  | 5.1    | 1250    | 20.1    |

#### COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

| N°Comb | Ver | Sc max | Xc max | Yc max | Sf min | Xs min | Ys min | Ac eff. | As eff. |
|--------|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|
| 1      | S   | 2.41   | 50.0   | 80.0   | -118.0 | -24.9  | 5.1    | 1250    | 20.1    |

#### COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

Ver. La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a  $f_{ctm}$   
e1 Esito della verifica  
e2 Massima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata  
k1 Minima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata  
kt = 0.8 per barre ad aderenza migliorata [eq.(7.11)EC2]  
k2 = 0.4 per comb. quasi permanenti / = 0.6 per comb.frequenti [cfr. eq.(7.9)EC2]  
k3 = 0.5 per flessione;  $= (e1 + e2)/(2 \cdot e1)$  per trazione eccentrica [eq.(7.13)EC2]  
k4 = 3.400 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali  
Ø = 0.425 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali  
Ø Diametro [mm] equivalente delle barre tese comprese nell'area efficace Ac eff [eq.(7.11)EC2]  
Cf Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa  
e sm - e cm Differenza tra le deformazioni medie di acciaio e calcestruzzo [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]  
Tra parentesi: valore minimo = 0.6 Smax / Es [(7.9)EC2 e (C4.1.8)NTC]

|                     |                                                                                                                                             |                                      |
|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|
| Provincia di Arezzo | LAVORI DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA DI RIPRISTINO DEL PONTE SULLA S.P.15 DI MONTAGONZI, KM. 0+750, LOCALITÀ CAMMENATA, COMUNE DI CAVRIGLIA | Relazione di calcolo delle strutture |
|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|

sr max      Massima distanza tra le fessure [mm]  
 wk          Apertura fessure in mm calcolata = sr max\*(e\_sm - e\_cm) [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]. Valore limite tra parentesi  
 Mx fess.    Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]  
 My fess.    Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]

| Comb. | Ver | e1       | e2 | k2    | Ø    | Cf | e sm - e cm       | sr max | wk           | Mx fess | My fess |
|-------|-----|----------|----|-------|------|----|-------------------|--------|--------------|---------|---------|
| 1     | S   | -0.00064 | 0  | 0.500 | 16.0 | 43 | 0.00035 (0.00035) | 315    | 0.112 (0.30) | 337.45  |         |
| 0.00  |     |          |    |       |      |    |                   |        |              |         |         |

#### COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

| N°Comb | Ver | Sc max | Xc max | Yc max | Sf min | Xs min | Ys min | Ac eff. | As eff. |
|--------|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|
| 1      | S   | 2.41   | 50.0   | 80.0   | -118.0 | -24.9  | 5.1    | 1250    | 20.1    |

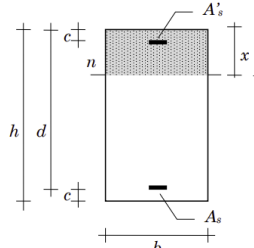
#### COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

| Comb. | Ver | e1       | e2 | k2    | Ø    | Cf | e sm - e cm       | sr max | wk           | Mx fess | My fess |
|-------|-----|----------|----|-------|------|----|-------------------|--------|--------------|---------|---------|
| 1     | S   | -0.00064 | 0  | 0.500 | 16.0 | 43 | 0.00035 (0.00035) | 315    | 0.112 (0.20) | 337.45  |         |
| 0.00  |     |          |    |       |      |    |                   |        |              |         |         |

### 14.2.3 Verifiche a taglio

Si riporta di seguito la verifica a taglio della sezione di spessore 30cm.

| VERIFICA A TAGLIO SEZIONE RETTANGOLARE NTC 2018 [Verifica elemento senza armature resistenti a taglio] |                                     |         |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|---------|
| <b>DATI DI INPUT</b>                                                                                   |                                     |         |
| <i>Sollecitazioni</i>                                                                                  |                                     |         |
| Taglio massimo sollecitante                                                                            | V <sub>ed</sub> [kN]                | 394.00  |
| Forza assiale dovuta ai carichi o alla precompressione                                                 | N <sub>ed</sub> [kN]                | 0.00    |
| <i>Parametri sezione cls</i>                                                                           |                                     |         |
| Larghezza sezione cls                                                                                  | b [mm]                              | 1000.00 |
| Altezza sezione cls                                                                                    | h [mm]                              | 800.00  |
| Copriferro                                                                                             | c [mm]                              | 30.00   |
| Area di calcestruzzo                                                                                   | A <sub>c</sub> [mm <sup>2</sup> ]   | 800000  |
| Larghezza minima della sezione in zona tesa                                                            | b <sub>w</sub> [mm]                 | 800000  |
| Altezza utile della sezione                                                                            | d [mm]                              | 770     |
| <i>Armature longitudinali</i>                                                                          |                                     |         |
| Numero barre                                                                                           | n°                                  | 5       |
| Diametro barre                                                                                         | Φ [mm]                              | 16      |
| Numero barre aggiuntive                                                                                | n°agg                               | 0       |
| Diametro barre aggiuntive                                                                              | Φagg [mm]                           | 20      |
| Area armatura longitudinale tesa                                                                       | A <sub>stl</sub> [mm <sup>2</sup> ] | 1005.31 |
| Rapporto di armatura                                                                                   | ρ [%]                               | 0.13%   |
| <i>Caratteristiche cls</i>                                                                             |                                     |         |
| <b>Classe di Resistenza</b>                                                                            |                                     |         |
| <b>C28/35</b>                                                                                          |                                     |         |
| Resistenza caratteristica cubica a compressione a 28gg                                                 | R <sub>ck</sub> [MPa]               | 35      |
| Resistenza caratteristica cilindrica a compressione a 28gg                                             | f <sub>ck</sub> [MPa]               | 29.05   |
| Resistenza cilindrica media a compressione a 28gg                                                      | f <sub>cm</sub> [MPa]               | 37.05   |
| Coefficiente correttivo per la resistenza a compressione                                               | α <sub>cc</sub>                     | 0.85    |
| Coefficiente parziale di sicurezza per il calcestruzzo                                                 | γ <sub>c</sub>                      | 1.5     |
| Resistenza a compressione di progetto                                                                  | f <sub>cd</sub> [MPa]               | 16.46   |
| <i>Caratteristiche acciaio</i>                                                                         |                                     |         |
| Tensione caratteristica di snervamento acciaio f <sub>yk</sub> ≥ f <sub>y,nom</sub>                    | f <sub>yk</sub> [MPa]               | 450     |
| Coefficiente parziale di sicurezza per l'acciaio                                                       | γ <sub>s</sub>                      | 1.15    |
| Resistenza di calcolo dell'acciaio a snervamento                                                       | f <sub>yd</sub> [MPa]               | 391     |



$$V_{Rd} = \max \left\{ 0,18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0,15 \cdot \sigma_{cp} \right\} b_w \cdot d; (v_{min} + 0,15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d \quad [4.1.23]$$

| VERIFICA ELEMENTI SENZA ARMATURE TRASVERSALI RESISTENTI AL TAGLIO - §4.1.2.3.5.1 |                           |        |                       |
|----------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|--------|-----------------------|
| Parametri                                                                        |                           |        |                       |
|                                                                                  | k                         | 1.51   | < 2                   |
|                                                                                  | v <sub>min</sub> [MPa]    | 0.35   |                       |
| Rapporto geometrico di armatura longitudinale                                    | ρ <sub>l</sub>            | 0.0013 | ≤ 0,02                |
| Tensione di (pre)compressione                                                    | σ <sub>cp</sub> [MPa]     | 0.00   | ≤ 0,2 f <sub>cd</sub> |
| Valutazione resistenza al taglio                                                 |                           |        |                       |
|                                                                                  | V <sub>Rd,min</sub> [kN]  | 269.43 |                       |
| Resistenza a taglio del tirante d'acciaio                                        | V <sub>Rd,calc</sub> [kN] | 217.54 |                       |

|                                                 |                      |             |
|-------------------------------------------------|----------------------|-------------|
| Taglio massimo sollecitante                     | V <sub>Ed</sub> [kN] | 394.00      |
| Resistenza a taglio di progetto                 | V <sub>Rd</sub> [kN] | 269.43      |
| <b>Coefficiente di sicurezza della verifica</b> | <b>FS</b>            | <b>0.68</b> |

Verifica non soddisfatta, inserire armatura specifica

|                     |                                                                                                                                             |                                      |
|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|
| Provincia di Arezzo | LAVORI DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA DI RIPRISTINO DEL PONTE SULLA S.P.15 DI MONTAGONZI, KM. 0+750, LOCALITÀ CAMMENATA, COMUNE DI CAVRIGLIA | Relazione di calcolo delle strutture |
|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|

| VERIFICA A TAGLIO SEZIONE RETTANGOLARE NTC 2018 [Verifica elemento con armature resistenti a taglio]                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                 |             |  |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|-------------|--|
| DATI DI INPUT                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                 |             |  |
| Taglio massimo sollecitante                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | $V_{ed}$ [kN]                   | 394.00      |  |
| Larghezza minima della sezione in zona tesa                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | $b_w$ [mm]                      | 1000        |  |
| Altezza utile della sezione                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | $d$ [mm]                        | 770         |  |
| Resistenza caratteristica cubica a compressione a 28gg                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | $R_{ck}$ [MPa]                  | 35          |  |
| Resistenza caratteristica cilindrica a compressione a 28gg                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | $f_{ck}$ [MPa]                  | 29.05       |  |
| Resistenza cilindrica media a compressione a 28gg                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | $f_{cm}$ [MPa]                  | 37.05       |  |
| Coefficiente correttivo per la resistenza a compressione                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | $\alpha_{cc}$                   | 0.85        |  |
| Coefficiente parziale di sicurezza per il calcestruzzo                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | $\gamma_c$                      | 1.5         |  |
| Resistenza a compressione di progetto                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | $f_{cd}$ [MPa]                  | 16.46       |  |
| di snervamento acciaio $f_{yk} \geq f_{yk,lim}$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | $f_{yk}$ [MPa]                  | 450         |  |
| Resistenza di calcolo dell'acciaio a snervamento                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | $f_{yd}$ [MPa]                  | 391         |  |
| Resistenza a compressione ridotta del calcestruzzo                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | $f'_{cd}$                       | 8.23        |  |
| vo per (pre)compressione                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | $\alpha_{cw}$                   | 1.00        |  |
| Coeff. Poisson                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | $\nu$                           | 0.5         |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | $\alpha_c$                      | 1.000       |  |
| <p>ura trasversale, la resistenza di progetto a "taglio trazione" si calcola con:</p> $V_{Rd1} = 0,9 \cdot d \cdot \frac{A_{sw}}{s} \cdot f_{yd} \cdot (\cot \alpha + \cot \theta) \cdot \sin \alpha \quad [4.1.27]$ <p>ruzio d'anima, la resistenza di progetto a "taglio compressione" si calcola con:</p> $V_{Rd2} = 0,9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_c \cdot \nu \cdot f_{cd} \cdot (\cot \alpha + \cot \theta) / (1 + \cot^2 \theta) \quad [4.1.28]$ <p>a taglio della trave è la minore delle due sopra definite:</p> $V_{Rd} = \min(V_{Rd1}, V_{Rd2}) \quad [4.1.29]$ |                                 |             |  |
| VERIFICA ELEMENTI CON ARMATURE TRASVERSALI RESISTENTI AL TAGLIO - §4.1.2.1.3.2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                 |             |  |
| Staffatura primaria                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                 |             |  |
| Diametro delle staffe                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | $\Phi_{sw}$ [mm]                | 12          |  |
| Numero di bracci staffe                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | $n \cdot b$                     | 3           |  |
| Passo delle staffe                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | $s$ [cm]                        | 30          |  |
| Area singola staffa                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | $A_{st}$ [mm <sup>2</sup> ]     | 113.10      |  |
| Quantitativo di staffe al metro                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | $A_{sw}/s$ [mm <sup>2</sup> /m] | 1131        |  |
| Angolo di inclinazione dell'armatura trasversale rispetto all'asse della trave                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | $\alpha$ [°]                    | 90          |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | $\alpha$ [rad]                  | 1.57        |  |
| Cotangente dell'angolo di inclinazione dell'armatura trasversale                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | $\cot \alpha$                   | 0.00        |  |
| Inclinazione $\theta$ dei puntoni di calcestruzzo rispetto all'asse della trave, che deve rispettare i seguenti limiti: $1 \leq \cot \theta \leq 2.5$ (cioè $21.8^\circ \leq \theta \leq 45^\circ$ )                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | $\cot \theta_1$                 | 2.50        |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | $\theta_1$ [°]                  | 21.8        |  |
| Staffatura aggiuntive                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                 |             |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                 | NO          |  |
| Diametro delle staffe aggiuntive                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | $\Phi_{sw}$ [mm]                | -           |  |
| Numero di bracci staffe aggiuntive                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | $n \cdot b$                     | -           |  |
| Passo delle staffe aggiuntive                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | $s$ [cm]                        | -           |  |
| Area singola staffa                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | $A_{st}$ [mm <sup>2</sup> ]     | -           |  |
| Quantitativo di staffe aggiuntive al metro                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | $A_{sw}/s$ [mm <sup>2</sup> /m] | -           |  |
| Angolo di inclinazione dell'armatura trasversale rispetto all'asse della trave                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | $\alpha$ [°]                    | -           |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | $\alpha$ [rad]                  | -           |  |
| Cotangente dell'angolo di inclinazione dell'armatura trasversale                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | $\cot \alpha$                   | -           |  |
| Inclinazione $\theta$ dei puntoni di calcestruzzo rispetto all'asse della trave, che deve rispettare i seguenti limiti: $1 \leq \cot \theta \leq 2.5$ (cioè $21.8^\circ \leq \theta \leq 45^\circ$ )                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | $\cot \theta_2$                 | -           |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | $\theta_2$ [°]                  | -           |  |
| Resistenza a taglio del puntone di cis - "Taglio compressione"                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | $V_{Rd1}$ [kN]                  | 1966.89     |  |
| Resistenza a taglio del tirante d'acciaio - "Taglio trazione"                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | $V_{Rd2}$ [kN]                  | 766.73      |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                 |             |  |
| Taglio massimo sollecitante                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | $V_{ed}$ [kN]                   | 394.00      |  |
| Resistenza a taglio di progetto                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | $V_{Rd}$ [kN]                   | 766.73      |  |
| <b>Coefficiente di sicurezza della verifica</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | <b>FS</b>                       | <b>1.95</b> |  |
| Verifica soddisfatta                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                 |             |  |

|                     |                                                                                                                                             |                                      |
|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|
| Provincia di Arezzo | LAVORI DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA DI RIPRISTINO DEL PONTE SULLA S.P.15 DI MONTAGONZI, KM. 0+750, LOCALITÀ CAMMENATA, COMUNE DI CAVRIGLIA | Relazione di calcolo delle strutture |
|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|

## 15 VERIFICA DEI CORDOLI

### 15.1 Verifica a torsione cordolo

Si riporta di seguito la verifica a torsione del cordolo, eseguita considerando una barriera ANAS bordo ponte di classe H2, la quale è costituita da montanti di profilo C160x120x40x5 posti ad interasse 2.25m. Le sollecitazioni agenti sono calcolate considerando la massima azione d'urto trasmissibile dalla barriera, la quale dipende dal momento plastico del singolo montante.

| Nome prodotto                | Profilo montante | Dimensioni montante                     | Materiale | $W_{pl}$<br>[cm <sup>3</sup> ] | $M_{pl}$<br>[kNm] | $M_{pl,amp}$<br>[kNm] |
|------------------------------|------------------|-----------------------------------------|-----------|--------------------------------|-------------------|-----------------------|
| Barriera ANAS bordo ponte H2 | Sezione a C      | B= 160mm<br>H=120mm<br>C=40mm<br>s=5 mm | S275JR    | 128                            | 35                | 53                    |

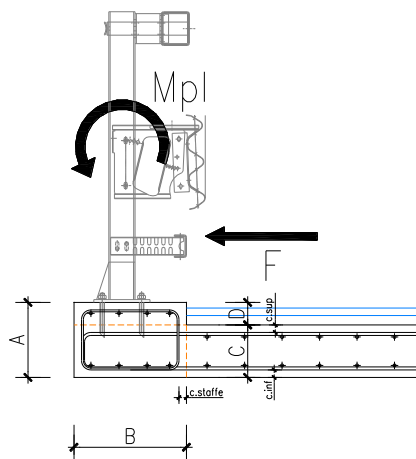


Figura 66 – Schema sezione trasversale cordolo con barriera

|                     |                                                                                                                                             |                                      |
|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|
| Provincia di Arezzo | LAVORI DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA DI RIPRISTINO DEL PONTE SULLA S.P.15 DI MONTAGONZI, KM. 0+750, LOCALITÀ CAMMENATA, COMUNE DI CAVRIGLIA | Relazione di calcolo delle strutture |
|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|

#### VERIFICA DELLE ARMATURE DEL CORDOLO -RESISTENZA NEI CONFRONTI DI SOLLECITAZIONI TORCENTI [NTC18 §4.1.2.3.6]

##### Geometria del cordolo

|                                                       |              |      |                    |
|-------------------------------------------------------|--------------|------|--------------------|
| Spessore cordolo                                      | A            | 40   | [cm]               |
| Larghezza cordolo                                     | B            | 60   | [cm]               |
| Distanza tra estradosso cordolo ed estradosso soletta | C            | 10   | [cm]               |
| Altezza della soletta                                 | D            | 30   | [cm]               |
| Copriferro di calcolo staffa                          | $C_{staffa}$ | 50   | [mm]               |
|                                                       | $t=2C_{min}$ | 100  | [mm]               |
|                                                       | $A_{cls}$    | 1500 | [cm <sup>2</sup> ] |
| Perimetro medio del nucleo resistente                 | $u_m$        | 160  | [cm]               |

##### Caratteristiche materiali

|                                                                        |            |        |       |
|------------------------------------------------------------------------|------------|--------|-------|
| Resistenza Caratteristica cubica del cordolo                           | $R_{ck}$   | 45     | [MPa] |
| Resistenza Caratteristica cilindrica del cordolo                       | $f_{ck}$   | 37.35  | [MPa] |
| Resistenza a compressione di progetto                                  | $f_{cd}$   | 21.17  | [MPa] |
| Tensione caratteristica di snervamento acciaio $f_{yk} \geq f_{y,nom}$ | $f_{yk}$   | 450    | [MPa] |
| Coefficiente parziale di sicurezza per l'acciaio                       | $\gamma_c$ | 1.15   |       |
| Resistenza di calcolo dell'acciaio a snervamento                       | $f_{yd}$   | 391.30 | [MPa] |
| Momento plastico del montante                                          | $M_{pl}$   | 22.83  | [kNm] |

##### Sollecitazioni torcenti

|                                                         |                 |       |         |
|---------------------------------------------------------|-----------------|-------|---------|
| Interasse di posizionamento dei montanti della barriera | i               | 2.25  | [m]     |
| Altezza di calcolo di applicazione dell'urto            | $h_B$           | 90.00 | [cm]    |
| Momento plastico amplificato del montante               | $M_{pl,ampl}$   | 52.83 | [kNm]   |
| Azione dell'urto del veicolo in svio sul montante       | $F_{urto}$      | 58.70 | [kN]    |
| Azione dell'urto del veicolo in svio al metro           | $F_{urto,Ed}/m$ | 26.09 | [kN/m]  |
| Momento torcente sollecitante al metro                  | $T_{ed}/m$      | 28.70 | [kNm/m] |

##### Barre longitudinali nel cordolo

|                                                     |             |       |                    |
|-----------------------------------------------------|-------------|-------|--------------------|
| Numero di barre predisposte superiormente           | $n^\circ$   | 5     |                    |
| Numero di barre intermedie                          | $n^\circ$   | 3     |                    |
| Numero di barre predisposte inferiormente           | $n^\circ$   | 5     |                    |
| Diametro delle barre correnti                       | $\phi_b$    | 14    | [mm]               |
| Area singola barra corrente                         | $A_{barra}$ | 154   | [mm <sup>2</sup> ] |
| Area totale dell'armatura longitudinale predisposta | $A_{tot}$   | 2001  | [mm <sup>2</sup> ] |
|                                                     | $a_l$       | 1.251 |                    |

##### Staffe nel cordolo

|                                         |             |        |                    |
|-----------------------------------------|-------------|--------|--------------------|
| Passo delle staffe                      | s           | 20     | [cm]               |
| Diametro delle staffe                   | $\phi_{st}$ | 12     | [mm]               |
| Area delle staffe                       | $A_s$       | 113.10 | [mm <sup>2</sup> ] |
| Numero di bracci staffe                 | $n^\circ b$ | 2      |                    |
|                                         | $a_s$       | 1.131  |                    |
| Controllo ctg $\Theta$ [NTC18 - 4.1.38] | 1 <         | 1.05   | < 2.5              |

OK!

##### Verifica torsionale

##### Resistenza del cls [NTC18 - 4.1.35]

|                                                         |           |        |         |
|---------------------------------------------------------|-----------|--------|---------|
| Coefficiente di riduzione della resistenza [EC2 - 6.6N] | $\nu$     | 0.51   |         |
| Resistenza a compressione ridotta del calcestruzzo      | $f'_{cd}$ | 10.80  |         |
| Resistenza di progetto del calcestruzzo                 | $T_{Rcd}$ | 161.82 | [kNm/m] |

##### Resistenza delle staffe trasversali [NTC18 - 4.1.36]

|  |           |        |         |
|--|-----------|--------|---------|
|  | $T_{Rsd}$ | 139.62 | [kNm/m] |
|--|-----------|--------|---------|

##### Resistenza delle barre longitudinali [NTC18 - 4.1.37]

|                                            |            |        |         |
|--------------------------------------------|------------|--------|---------|
|                                            | $T_{Rld}$  | 139.62 | [kNm/m] |
| $T_{Rd} = \min(T_{Rcd}, T_{Rsd}, T_{Rld})$ |            | 139.62 | [kNm/m] |
| Momento torcente sollecitante al metro     | $T_{ed}/m$ | 28.70  | [kNm/m] |
| Coefficiente di utilizzo                   | FS         | 0.206  | < 1     |

Verificato

La verifica risulta soddisfatta.

|                     |                                                                                                                                            |                                      |
|---------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|
| Provincia di Arezzo | LAVORI DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA DI RIPRISTINO DEL PONTE SULLA S.P.15 DI MONTGONZI, KM. 0+750, LOCALITÀ CAMMENATA, COMUNE DI CAVRIGLIA | Relazione di calcolo delle strutture |
|---------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|

## 15.2 Verifiche micro-locali per installazione barriere

I montanti delle barriere poggiano sul cordolo tramite piastre di ancoraggio di spessore 15 mm e dimensione 480x300 mm. Ogni piastra presenta quattro fori per l'alloggio di tasselli chimici M20 classe 8.8. Di seguito si riporta la verifica degli ancoranti eseguita tramite il software Fixperience della Fischer Italia s.r.l.



C-FIX 1.96.0.0  
Versione database  
2021.2.17.7.9  
Data  
29/09/2022

**fischer** 

**fischer italia S.R.L. Unipersonale**  
  
 Corso Stati Uniti, 25  
 35127 Padova  
 Telefono: +39 049 8 06 31 11  
 Fax: +39 049 8 06 34 01  
[progettazione@fischeritalia.it](mailto:progettazione@fischeritalia.it)  
[www.fischeritalia.it](http://www.fischeritalia.it)

### **Basi della progettazione**

#### Ancorante.

|                                |                                                     |
|--------------------------------|-----------------------------------------------------|
| Sistema                        | fischer Sistema a iniezione FIS EM plus             |
| Ancorante chimico ad iniezione | FIS EM Plus 390 S                                   |
| Elemento di fissaggio          | Barra filettata FIS A M 20 x 400 8.8,               |
| Profondità di ancoraggio       | Acciaio zincato, Classe di resistenza 8.8<br>349 mm |

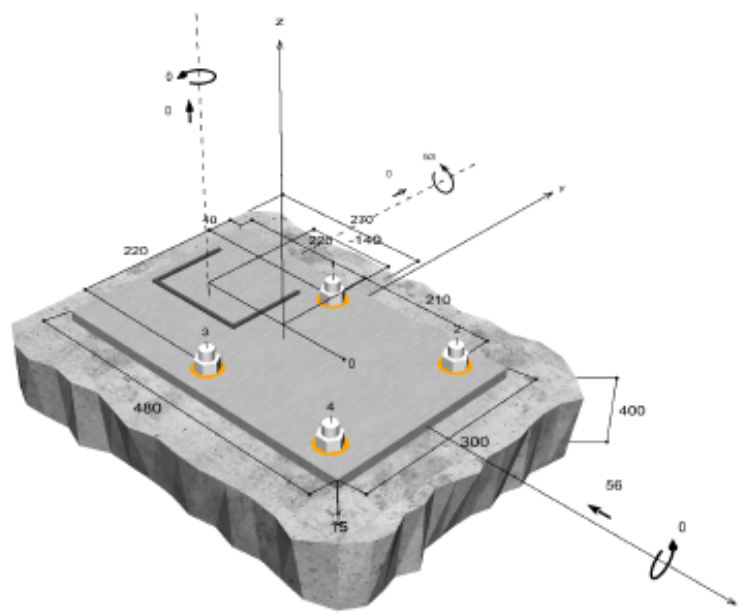
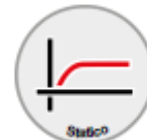


|                  |                           |
|------------------|---------------------------|
| Dati di progetto | Specifiche del produttore |
|------------------|---------------------------|

#### Geometria / Carichi

mm, kN, kNm

Valore di progetto delle azioni (sono inclusi i coefficienti parziali di sicurezza delle azioni)



|                     |                                                                                                                                            |                                      |
|---------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|
| Provincia di Arezzo | LAVORI DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA DI RIPRISTINO DEL PONTE SULLA S.P.15 DI MONTGONZI, KM. 0+750, LOCALITÀ CAMMENATA, COMUNE DI CAVRIGLIA | Relazione di calcolo delle strutture |
|---------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|

**Dati di input**

|                                               |                                                                                                              |
|-----------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Metodo di progettazione                       | Metodo di calcolo ENSO per ancoranti chimici                                                                 |
| Materiale di base                             | C35/45, EN 206                                                                                               |
| Condizioni calcestruzzo                       | Fessurato, Foro asciutto                                                                                     |
| Range di temperatura                          | 24 °C Temperatura nel lungo periodo, 40 °C Temperatura nel breve periodo                                     |
| Armatura                                      | Armatura densa. Armatura di bordo ( $\varnothing \geq 12$ mm). Con armatura per controllo della fessurazione |
| Metodo di foratura                            | Rotopercussione                                                                                              |
| Tipo di installazione                         | Installazione passante                                                                                       |
| Spazio anulare tra foro della piastra e barra | Spazio anulare tra foro della piastra e barra riempito                                                       |
| Tipo di carico                                | Statico                                                                                                      |
| Distanziato                                   | Nessuna flessione                                                                                            |
| Dimensioni piastra di ancoraggio              | Ancorante fissato sul materiale di base<br>480 mm x 300 mm x 15 mm                                           |
| Tipo di profilo                               | Profilo personalizzato                                                                                       |

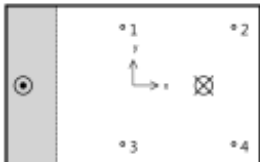
**Carichi di progetto \***

| # | $N_{sd}$<br>kN | $V_{sd,x}$<br>kN | $V_{sd,y}$<br>kN | $M_{sd,x}$<br>kNm | $M_{sd,y}$<br>kNm | $M_{T,sd}$<br>kNm | Tipo di carico |
|---|----------------|------------------|------------------|-------------------|-------------------|-------------------|----------------|
| 1 | 0.00           | -56.00           | 0.00             | 0.00              | -53.00            | 0.00              | Statico        |

\* I coefficienti parziali di sicurezza per le azioni sono inclusi.

**Forze risultanti sull'ancoraggio**

| Ancorante<br>n° | Forza di<br>trazione<br>kN | Forza di taglio<br>kN | Forza di taglio x<br>kN | Forza di taglio y<br>kN |
|-----------------|----------------------------|-----------------------|-------------------------|-------------------------|
| 1               | 21.03                      | 14.00                 | -14.00                  | 0.00                    |
| 2               | 56.65                      | 14.00                 | -14.00                  | 0.00                    |
| 3               | 21.03                      | 14.00                 | -14.00                  | 0.00                    |
| 4               | 56.65                      | 14.00                 | -14.00                  | 0.00                    |



max. deformazione a compressione del calcestruzzo : 0.32 ‰  
max. tensione di compressione del calcestruzzo : 10.8 N/mm<sup>2</sup>  
Forza risultante di trazione : 155.36 kN , Coordinate x/y ( 133 / 0 )  
Forza risultante di compressione : 155.36 kN , Coordinate x/y ( -208 / 0 )

**Resistenza di progetto a trazione**

| Verifica                                            | Carico<br>kN | Portata<br>kN | Utilizzo $\beta_N$<br>% |
|-----------------------------------------------------|--------------|---------------|-------------------------|
| Rottura dell'acciaio *                              | 56.65        | 130.67        | 43.4                    |
| Rottura combinata sfilamento e cono di calcestruzzo | 155.36       | 241.12        | 64.4                    |
| Rottura per formazione del cono di calcestruzzo     | 155.36       | 190.59        | 81.5                    |

\* Ancorante più sfavorevole

|                     |                                                                                                                                             |                                      |
|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|
| Provincia di Arezzo | LAVORI DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA DI RIPRISTINO DEL PONTE SULLA S.P.15 DI MONTAGONZI, KM. 0+750, LOCALITÀ CAMMENATA, COMUNE DI CAVRIGLIA | Relazione di calcolo delle strutture |
|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|

### Rottura dell'acciaio

$$N_{Sd} \leq \frac{N_{Rk,s}}{\gamma_{Ms}} \quad (N_{Rd,s})$$



| $N_{Rk,s}$<br>kN | $\gamma_{Ms}$ | $N_{Rd,s}$<br>kN | $N_{Sd}$<br>kN | $\beta_{N,s}$<br>% |
|------------------|---------------|------------------|----------------|--------------------|
| 196.00           | 1.50          | 130.67           | 56.65          | 43.4               |

| Ancorante n° | $\beta_{N,s}$<br>% | Gruppo n° | Beta decisivo   |
|--------------|--------------------|-----------|-----------------|
| 1            | 16.1               | 1         | $\beta_{N,s,1}$ |
| 2            | 43.4               | 2         | $\beta_{N,s,2}$ |
| 3            | 16.1               | 3         | $\beta_{N,s,3}$ |
| 4            | 43.4               | 4         | $\beta_{N,s,4}$ |

### Rottura combinata sfilamento e cono di calcestruzzo

$$N_{Sd} \leq \frac{N_{Rk,p}}{\gamma_{Mp}} \quad (N_{Rd,p})$$



$$N_{Rk,p} = N_{Rk,p}^0 \cdot \frac{A_{p,N}}{A_{p,N}^0} \cdot \Psi_{s,Np} \cdot \Psi_{g,Np} \cdot \Psi_{cc,Np} \cdot \Psi_{re,Np}$$

Equazione  
(5.2)

$$N_{Rk,p} = 197.57kN \cdot \frac{620'688mm^2}{341'056mm^2} \cdot 0.977 \cdot 1.199 \cdot 0.858 \cdot 1.000 = 361.69kN$$

$$N_{Rk,p}^0 = \pi \cdot d \cdot h_{ef} \cdot \tau_{Rk} = \pi \cdot 20mm \cdot 349mm \cdot 9.0N/mm^2 = 197.57kN$$

Equazione  
(5.2a)

$$\Psi_{sus} = 1.00$$

Equazione  
(7.14a)

$$\alpha_{sus} = 0.00 \leq \Psi_{sus}^0 = 0.60$$

$$s_{cr,Np} = \min \left( 7.3 \cdot d \cdot \left( \Psi_{sus} \cdot \tau_{Rk,ucr} \right)^{0.5} ; 3 \cdot h_{ef} \right)$$

Equazione  
(7.15)

$$s_{cr,Np} = \min \left( 7.3 \cdot 20mm \cdot \left( 1.00 \cdot 16.0N/mm^2 \right)^{0.5} ; 3 \cdot 349mm \right) = 584mm$$

$$c_{cr,Np} = \frac{s_{cr,Np}}{2} = \frac{584mm}{2} = 292mm$$

Equazione  
(7.16)

$$\Psi_{s,Np} = 0.7 + 0.3 \cdot \frac{c}{c_{cr,Np}} = 0.7 + 0.3 \cdot \frac{270mm}{292mm} = 0.977 \leq 1$$

Equazione  
(5.2e)

$$\Psi_{g,Np} = \Psi_{g,Np}^0 - \sqrt{\frac{s}{s_{cr,Np}}} \cdot \left( \Psi_{g,Np}^0 - 1 \right) = 1.506 - \sqrt{\frac{215mm}{584mm}} \cdot (1.506 - 1) = 1.199 \geq 1$$

Equazione  
(5.2f)

$$\Psi_{g,Np}^0 = \sqrt{n} - \left( \sqrt{n} - 1 \right) \cdot \left( \frac{d \cdot \tau_{Rk}}{k \cdot \sqrt{h_{ef} \cdot f_{ek,cube}}} \right)^{1.5}$$

Equazione  
(5.2g)

$$\Psi_{g,Np}^0 = \sqrt{4} - \left( \sqrt{4} - 1 \right) \cdot \left( \frac{20mm \cdot 9.0N/mm^2}{2.3 \cdot \sqrt{349mm \cdot 45.0N/mm^2}} \right)^{1.5} = 1.506 \geq 1$$

|                     |                                                                                                                                             |                                      |
|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|
| Provincia di Arezzo | LAVORI DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA DI RIPRISTINO DEL PONTE SULLA S.P.15 DI MONTAGONZI, KM. 0+750, LOCALITÀ CAMMENATA, COMUNE DI CAVRIGLIA | Relazione di calcolo delle strutture |
|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|

$$\Psi_{ec,Np} = \frac{1}{1 + \frac{2e_a}{s_{cr,Np}}} = \Psi_{ec,Npx} \cdot \Psi_{ec,Npy} = 0.858 \cdot 1.000 = 0.858 \leq 1 \quad \text{Equazione (5.2h)}$$

$$\Psi_{ec,Npx} = \frac{1}{1 + \frac{2 \cdot 48mm}{584mm}} = 0.858 \leq 1 \quad \Psi_{ec,Npy} = \frac{1}{1 + \frac{2 \cdot 0mm}{584mm}} = 1.000 \leq 1$$

$$\Psi_{re,Np} = \min\left(1; 0.5 + \frac{h_{ef}}{200mm}\right) = \min\left(1; 0.5 + \frac{349mm}{200mm}\right) = 1.000 \leq 1 \quad \text{Equazione (5.2i)}$$

| $N_{Rk,p}$<br>kN | $\gamma_{Mp}$ | $N_{Rd,p}$<br>kN | $N_{sd}$<br>kN | $\beta_{N,p}$<br>% |
|------------------|---------------|------------------|----------------|--------------------|
| 361.69           | 1.50          | 241.12           | 155.36         | 64.4               |

| Ancorante n° | $\beta_{N,p}$<br>% | Gruppo n° | Beta decisivo   |
|--------------|--------------------|-----------|-----------------|
| 1, 2, 3, 4   | 64.4               | 1         | $\beta_{N,p,1}$ |

#### Rottura per formazione del cono di calcestruzzo



$$N_{sd} \leq \frac{N_{Rk,c}}{\gamma_{Mc}} \quad (N_{Rd,c})$$

$$N_{Rk,c} = N_{Rk,c}^0 \cdot \frac{A_{c,N}}{A_{c,N}^0} \cdot \Psi_{s,N} \cdot \Psi_{re,N} \cdot \Psi_{ec,N} \quad \text{Equazione (5.3)}$$

$$N_{Rk,c} = 314.90kN \cdot \frac{1'271'435mm^2}{1'096'209mm^2} \cdot 0.855 \cdot 1.000 \cdot 0.916 = 285.89kN$$

$$N_{Rk,c}^0 = k_1 \cdot \sqrt{f_{ck,cube}} \cdot h_{ef}^{1.5} = 7.2 \cdot \sqrt{45.0N/mm^2} \cdot (349mm)^{1.5} = 314.90kN \quad \text{Equazione (5.3a)}$$

$$\Psi_{s,N} = 0.7 + 0.3 \cdot \frac{e}{c_{cr,N}} = 0.7 + 0.3 \cdot \frac{270mm}{524mm} = 0.855 \leq 1 \quad \text{Equazione (5.3c)}$$

$$\Psi_{re,N} = \min\left(1; 0.5 + \frac{h_{ef}}{200mm}\right) = 0.5 + \frac{349mm}{200mm} = 1.000 \leq 1 \quad \text{Equazione (5.3d)}$$

$$\Psi_{ec,N} = \frac{1}{1 + \frac{2e_a}{s_{cr,N}}} \Rightarrow \Psi_{ec,Nx} \cdot \Psi_{ec,Ny} = 0.916 \cdot 1.000 = 0.916 \leq 1 \quad \text{Equazione (5.3e)}$$

$$\Psi_{ec,Nx} = \frac{1}{1 + \frac{2 \cdot 48mm}{1'047mm}} = 0.916 \leq 1 \quad \Psi_{ec,Ny} = \frac{1}{1 + \frac{2 \cdot 0mm}{1'047mm}} = 1.000 \leq 1$$

| $N_{Rk,c}$<br>kN | $\gamma_{Mc}$ | $N_{Rd,c}$<br>kN | $N_{sd}$<br>kN | $\beta_{N,c}$<br>% |
|------------------|---------------|------------------|----------------|--------------------|
| 285.89           | 1.50          | 190.59           | 155.36         | 81.5               |

| Ancorante n° | $\beta_{N,c}$<br>% | Gruppo n° | Beta decisivo   |
|--------------|--------------------|-----------|-----------------|
| 1, 2, 3, 4   | 81.5               | 1         | $\beta_{N,c,1}$ |

|                     |                                                                                                                                             |                                      |
|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|
| Provincia di Arezzo | LAVORI DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA DI RIPRISTINO DEL PONTE SULLA S.P.15 DI MONTAGONZI, KM. 0+750, LOCALITÀ CAMMENATA, COMUNE DI CAVRIGLIA | Relazione di calcolo delle strutture |
|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|

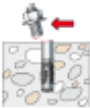
### Resistenza a taglio

| Verifica                                        | Carico<br>kN | Portata<br>kN | Utilizzo $\beta_V$<br>% |
|-------------------------------------------------|--------------|---------------|-------------------------|
| Rottura dell'acciaio senza braccio di leva *    | 14.00        | 78.40         | 17.9                    |
| Rottura calcestruzzo sul lato opposto al carico | 56.00        | 416.24        | 13.5                    |
| Rottura del bordo di calcestruzzo               | 56.00        | 136.20        | 41.1                    |

\* Ancorante più sfavorevole

#### Rottura dell'acciaio senza braccio di leva

$$V_{Sd} \leq \frac{V_{Rk,s}}{\gamma_{Ms}} \quad (V_{Rd,s})$$



| $V_{Rk,s}$<br>kN | $\gamma_{Ms}$ | $V_{Rd,s}$<br>kN | $V_{Sd}$<br>kN | $\beta_{Vs}$<br>% |
|------------------|---------------|------------------|----------------|-------------------|
| 98.00            | 1.25          | 78.40            | 14.00          | 17.9              |

| Ancorante n° | $\beta_{Vs}$<br>% | Gruppo n° | Beta decisivo  |
|--------------|-------------------|-----------|----------------|
| 1            | 17.9              | 1         | $\beta_{Vs,1}$ |
| 2            | 17.9              | 2         | $\beta_{Vs,2}$ |
| 3            | 17.9              | 3         | $\beta_{Vs,3}$ |
| 4            | 17.9              | 4         | $\beta_{Vs,4}$ |

#### Rottura calcestruzzo sul lato opposto al carico

$$V_{Sd} \leq \frac{V_{Rk,cp}}{\gamma_{Mcp}} \quad (V_{Rd,cp})$$



$$V_{Rk,cp} = k \cdot N_{Rk,c} = 2 \cdot 312.18 \text{ kN} = 624.36 \text{ kN}$$

Equazione  
(5.7a)

$$N_{Rk,c} = N_{Rk,c}^0 \cdot \frac{A_{c,N}}{A_{c,N}^0} \cdot \Psi_{s,N} \cdot \Psi_{re,N} \cdot \Psi_{ec,N}$$

Equazione  
(5.3)

$$N_{Rk,c} = 314.90 \text{ kN} \cdot \frac{1'271'435 \text{ mm}^2}{1'096'209 \text{ mm}^2} \cdot 0.855 \cdot 1.000 \cdot 1.000 = 312.18 \text{ kN}$$

$$N_{Rk,c}^0 = k_1 \cdot \sqrt{f_{ck,cube}} \cdot h_{ef}^{1.5} = 7.2 \cdot \sqrt{45.0 \text{ N/mm}^2} \cdot (349 \text{ mm})^{1.5} = 314.90 \text{ kN}$$

Equazione  
(5.3a)

$$\Psi_{s,N} = 0.7 + 0.3 \cdot \frac{c}{c_{cr,N}} = 0.7 + 0.3 \cdot \frac{270 \text{ mm}}{524 \text{ mm}} = 0.855 \leq 1$$

Equazione  
(5.3c)

$$\Psi_{re,N} = \min\left(1; 0.5 + \frac{h_{ef}}{200 \text{ mm}}\right) = 0.5 + \frac{349 \text{ mm}}{200 \text{ mm}} = 1.000 \leq 1$$

Equazione  
(5.3d)

$$\Psi_{ec,N} = \frac{1}{1 + \frac{2c_s}{s_{cr,N}}} \Rightarrow \Psi_{ec,Nx} \cdot \Psi_{ec,Ny} = 1.000 \cdot 1.000 = 1.000 \leq 1$$

Equazione  
(5.3e)

|                     |                                                                                                                                             |                                      |
|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|
| Provincia di Arezzo | LAVORI DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA DI RIPRISTINO DEL PONTE SULLA S.P.15 DI MONTAGONZI, KM. 0+750, LOCALITÀ CAMMENATA, COMUNE DI CAVRIGLIA | Relazione di calcolo delle strutture |
|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|

| $V_{Rk,cp}$<br>kN | $\gamma_{Mc}$ | $V_{Rd,cp}$<br>kN | $V_{Sd}$<br>kN | $\beta_{V,cp}$<br>% |
|-------------------|---------------|-------------------|----------------|---------------------|
| 624.36            | 1.50          | 416.24            | 56.00          | 13.5                |

| Ancorante n° | $\beta_{V,cp}$<br>% | Gruppo n° | Beta decisivo    |
|--------------|---------------------|-----------|------------------|
| 1, 2, 3, 4   | 13.5                | 1         | $\beta_{V,cp,1}$ |

#### Rottura del bordo di calcestruzzo

$$V_{Sd} \leq \frac{V_{Rk,c}}{\gamma_{Mc}} \quad (V_{Rd,c})$$



$$V_{Rk,c} = V_{Rk,c}^0 \cdot \frac{A_{c,V}}{A_{c,V}^0} \cdot \Psi_{s,V} \cdot \Psi_{h,V} \cdot \Psi_{\alpha,V} \cdot \Psi_{ec,V} \cdot \Psi_{re,V} \quad \text{Equazione (5.8)}$$

$$V_{Rk,c} = 198.14 \text{ kN} \cdot \frac{664'000 \text{ mm}^2}{1'036'800 \text{ mm}^2} \cdot 1.000 \cdot 1.342 \cdot 1.000 \cdot 1.000 \cdot 1.200 = 204.30 \text{ kN}$$

$$V_{Rk,c}^0 = k_1 \cdot d^\alpha \cdot h_{ef}^\beta \cdot \sqrt{f_{ct,cube}} \cdot c_1^{1.5} \quad \text{Equazione (5.8a)}$$

$$V_{Rk,c}^0 = 1.7 \cdot (20 \text{ mm})^{0.071} \cdot (240 \text{ mm})^{0.053} \cdot \sqrt{45.0 \text{ N/mm}^2} \cdot (480 \text{ mm})^{1.5} = 198.14 \text{ kN}$$

$$\alpha = 0.1 \cdot \sqrt{\frac{h_{ef}}{c_1}} = 0.1 \cdot \sqrt{\frac{240 \text{ mm}}{480 \text{ mm}}} = 0.071 \quad \beta = 0.1 \cdot \left(\frac{d}{c_1}\right)^{0.2} = 0.1 \cdot \left(\frac{20 \text{ mm}}{480 \text{ mm}}\right)^{0.2} = 0.053 \quad \text{Equazione (5.8b/c)}$$

$$h_{ef} = \min(h_{ef}, 12 \cdot d) = \min(349 \text{ mm}; 12 \cdot 20 \text{ mm}) = 240 \text{ mm}$$

$$\Psi_{s,V} = 0.7 + 0.3 \cdot \frac{c_2}{1.5 c_1} = 0.7 + 0.3 \cdot \frac{720 \text{ mm}}{1.5 \cdot 480 \text{ mm}} = 1.000 \leq 1 \quad \text{Equazione (5.8e)}$$

$$\Psi_{h,V} = \sqrt{\frac{1.5 c_1}{h}} = \sqrt{\frac{1.5 \cdot 480 \text{ mm}}{400 \text{ mm}}} = 1.342 \geq 1 \quad \text{Equazione (5.8f)}$$

$$\Psi_{\alpha,V} = \sqrt{\frac{1}{(\cos \alpha_V)^2 + \left(\frac{\sin \alpha_V}{\Psi_{90,V}}\right)^2}} = \sqrt{\frac{1}{(\cos 0.0)^2 + \left(\frac{\sin 0.0}{2}\right)^2}} = 1.000 \geq 1 \quad \text{Equazione (10.2-5f)}$$

$$\Psi_{ec,V} = \frac{1}{1 + \frac{2 \cdot c_2}{3 \cdot c_1}} = \frac{1}{1 + \frac{2 \cdot 0 \text{ mm}}{3 \cdot 480 \text{ mm}}} = 1.000 \leq 1 \quad \text{Equazione (5.8h)}$$

$$\Psi_{re,V} = 1.200$$

| $V_{Rk,c}$<br>kN | $\gamma_{Mc}$ | $V_{Rd,c}$<br>kN | $V_{Sd}$<br>kN | $\beta_{V,c}$<br>% |
|------------------|---------------|------------------|----------------|--------------------|
| 204.30           | 1.50          | 136.20           | 56.00          | 41.1               |

| Ancorante n° | $\beta_{V,c}$<br>% | Gruppo n° | Beta decisivo   |
|--------------|--------------------|-----------|-----------------|
| 1, 3         | 29.8               | 1         | $\beta_{V,c,1}$ |
| 2, 4         | 41.1               | 2         | $\beta_{V,c,2}$ |

|                     |                                                                                                                                            |                                      |
|---------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|
| Provincia di Arezzo | LAVORI DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA DI RIPRISTINO DEL PONTE SULLA S.P.15 DI MONTGONZI, KM. 0+750, LOCALITÀ CAMMENATA, COMUNE DI CAVRIGLIA | Relazione di calcolo delle strutture |
|---------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|

### Risultato dei carichi di trazione e taglio

| Carichi di trazione                                 | Utilizzo $\beta_N$<br>% | Carichi di taglio                               | Utilizzo $\beta_V$<br>% |
|-----------------------------------------------------|-------------------------|-------------------------------------------------|-------------------------|
| Rottura dell'acciaio *                              | 43.4                    | Rottura dell'acciaio senza braccio di leva *    | 17.9                    |
| Rottura combinata sfilamento e cono di calcestruzzo | 64.4                    | Rottura calcestruzzo sul lato opposto al carico | 13.5                    |
| Rottura per formazione del cono di calcestruzzo     | 81.5                    | Rottura del bordo di calcestruzzo               | 41.1                    |

\* Ancorante più sfavorevole

### Resistenza alla combinazione di trazione e taglio

|                                                                                           |  |                      |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|--|----------------------|
| <b>Utilizzo dell'acciaio</b>                                                              |  |                      |
| $\beta_{N,s} = \beta_{N,s;4} = 0.43 \leq 1$                                               |  | Equazione (5.9a)     |
| $\beta_{V,s} = \beta_{V,s;1} = 0.18 \leq 1$                                               |  | Equazione (5.9b)     |
| $\beta_N^2 + \beta_V^2 = \beta_{N,s;4}^2 + \beta_{V,s;1}^2 = 0.22 \leq 1$                 |  | Equazione (5.10)     |
|          |  | Verifica soddisfatta |
| <b>Utilizzo del calcestruzzo</b>                                                          |  |                      |
| $\beta_{N,c} = \beta_{N,c;1} = 0.82 \leq 1$                                               |  | Equazione (5.9a)     |
| $\beta_{V,c} = \beta_{V,c;2} = 0.41 \leq 1$                                               |  | Equazione (5.9b)     |
| $\beta_N^{1.5} + \beta_V^{1.5} = \beta_{N,c;1}^{1.5} + \beta_{V,c;2}^{1.5} = 1.00 \leq 1$ |  | Equazione (5.10)     |

### Informazioni sulla piastra

#### Dettagli piastra di base

Spessore della piastra definito dall'utente senza verifiche

t = 15 mm

Tipo di profilo

Profilo personalizzato

### Osservazioni tecniche

Se la distanza dal bordo di un ancoraggio è minore della distanza dal bordo critica  $c_{cr}$ , N (metodo di progettazione A) è necessario prevedere un'armatura longitudinale con almeno  $d = 6\text{mm}$  nel bordo dell'elemento nella zona di ancoraggio. Il calcolo viene fatto assumendo che sia presente una armatura sufficiente a limitare la fessurazione. In tal caso si può omettere il calcolo della rottura per fessurazione.

La trasmissione dei carichi dell'ancoraggio al supporto in calcestruzzo deve essere indicata per lo stato limite ultimo e lo stato limite di esercizio; a tal fine, le normali verifiche devono essere effettuate considerando le azioni introdotte dagli ancoraggi. Per tali verifiche saranno considerate le disposizioni aggiuntive del metodo di progettazione.

|                     |                                                                                                                                             |                                      |
|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|
| Provincia di Arezzo | LAVORI DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA DI RIPRISTINO DEL PONTE SULLA S.P.15 DI MONTAGONZI, KM. 0+750, LOCALITÀ CAMMENATA, COMUNE DI CAVRIGLIA | Relazione di calcolo delle strutture |
|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|

## Dati di installazione

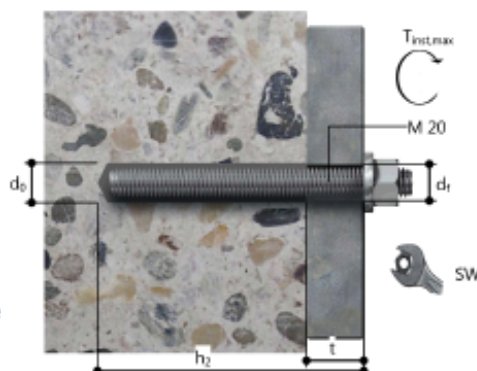
### Ancorante

|                                |                                                                                                            |                     |
|--------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|
| <b>Sistema</b>                 | <b>fischer Sistema a iniezione FIS EM plus</b>                                                             |                     |
| Ancorante chimico ad iniezione | FIS EM Plus 390 S (sono disponibili altri formati della cartuccia)                                         | Articolo 544163     |
| Elemento di fissaggio          | Barra filettata FIS A M 20 x 400 8.8, Acciaio zincato, Classe di resistenza 8.8                            | Articolo 558886     |
| Accessorio                     | FIS MR Plus                                                                                                | Articolo 545853     |
|                                | Tubo flessibile da 9mm                                                                                     | Articolo 48983      |
|                                | Dispenser FIS DM S                                                                                         | Articolo 511118     |
|                                | Pistola ad aria compressa ABS                                                                              | Articolo 93286      |
|                                | Pistola ad aria compressa (p >= 6 bar)                                                                     | Fornito dal cliente |
|                                | Tubo flessibile da 9mm                                                                                     | Articolo 19705      |
|                                | Ugello ad aria compressa D12-D15                                                                           | Articolo 511958     |
|                                | BSD 25                                                                                                     | Articolo 1495       |
|                                | Mandrino SDS con filettatura interna M8                                                                    | Articolo 530332     |
|                                | Estensione per scovolino                                                                                   | Articolo 508791     |
|                                | SDS Plus II 24/400/450                                                                                     | Articolo 531854     |
|                                | o alternativamente                                                                                         |                     |
|                                | FHD Max 24/400/620                                                                                         | Articolo 546604     |
|                                | Foratura a roto-percussione con o senza aspirazione                                                        |                     |
| Cartucce alternative           | FIS EM Plus 585 S                                                                                          | Articolo 544164     |
|                                | FIS EM Plus 1500 S                                                                                         | Articolo 544167     |
|                                | La cartuccia mostrate sono alternative a quella evidenziata con lo stesso numero di Benestare/Valutazione. |                     |



### Dettagli di installazione

|                                               |                                                                                                                                                                                                             |
|-----------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Filettatura                                   | M 20                                                                                                                                                                                                        |
| Diametro del foro                             | $d_0 = 24 \text{ mm}$                                                                                                                                                                                       |
| Profondità di foratura                        | $h_2 = 364 \text{ mm}$                                                                                                                                                                                      |
| Profondità di ancoraggio                      | $h_{ef} = 349 \text{ mm}$                                                                                                                                                                                   |
| Metodo di foratura                            | Rotopercussione                                                                                                                                                                                             |
| Pulizia del foro                              | Pulire con 2 soffiare, 2 spazzolate e 2 soffiare eseguite con idonei pistola ad aria compressa e scovolino<br>Nessuna pulizia del foro richiesta in caso di utilizzo di una punta cava, per es. fischer FHD |
| Tipo di installazione                         | Installazione passante                                                                                                                                                                                      |
| Spazio anulare tra foro della piastra e barra | Spazio anulare tra foro della piastra e barra riempito                                                                                                                                                      |
| Coppia di serraggio massima                   | $T_{int,max} = 120.0 \text{ Nm}$                                                                                                                                                                            |
| Dimensioni della chiave                       | 30 mm                                                                                                                                                                                                       |
| Spessore della piastra di base                | $t = 15 \text{ mm}$                                                                                                                                                                                         |
| t fix                                         | $t_{fix} = 15 \text{ mm}$                                                                                                                                                                                   |
| Tfix,max                                      |                                                                                                                                                                                                             |
| Consumo di resina per foro                    | 88 ml/44 Unità graduate                                                                                                                                                                                     |



|                     |                                                                                                                                             |                                      |
|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|
| Provincia di Arezzo | LAVORI DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA DI RIPRISTINO DEL PONTE SULLA S.P.15 DI MONTAGONZI, KM. 0+750, LOCALITÀ CAMMENATA, COMUNE DI CAVRIGLIA | Relazione di calcolo delle strutture |
|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|

#### Dettagli piastra di base

Materiale della piastra di base S 235 (St 37)  
 Spessore della piastra di base  $t = 15 \text{ mm}$   
 Diametro del foro nell'oggetto da fissare  $d_f = 26 \text{ mm}$

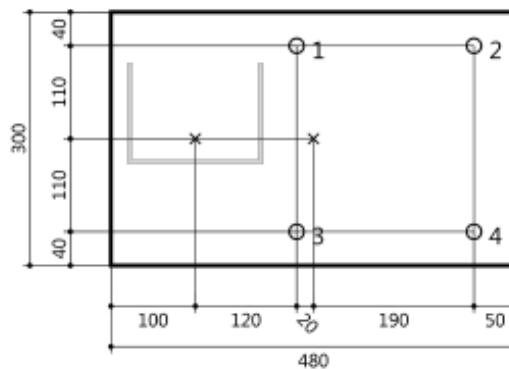
#### Profilo

Tipo di profilo Profilo personalizzato

| Dimensioni profilo                  | mm  |
|-------------------------------------|-----|
| Altezza                             | 160 |
| Spessore dell'anima                 | 5   |
| Spessore della flangia              | 5   |
| Applicazione del carico sull'asse x | 30  |

#### Coordinate dell'ancoraggio

| Ancorante n° | x mm | y mm |
|--------------|------|------|
| 1            | -20  | 110  |
| 2            | 190  | 110  |
| 3            | -20  | -110 |
| 4            | 190  | -110 |



Le verifiche risultano soddisfatte.

|                     |                                                                                                                                             |                                      |
|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|
| Provincia di Arezzo | LAVORI DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA DI RIPRISTINO DEL PONTE SULLA S.P.15 DI MONTAGONZI, KM. 0+750, LOCALITÀ CAMMENATA, COMUNE DI CAVRIGLIA | Relazione di calcolo delle strutture |
|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|

## 16 VERIFICA DEGLI ELEMENTI DI SOSTEGNO PROVVISORIALI

A sostegno del getto della soletta viene utilizzato un cassero con traliccio e predalles in c.a.

Si riporta di seguito la verifica di tale elemento:

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| Geometria                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| <div><div><div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div>&lt;/</div></div></div></div> |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

Le verifiche risultano soddisfatte.

|                     |                                                                                                                                             |                                      |
|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|
| Provincia di Arezzo | LAVORI DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA DI RIPRISTINO DEL PONTE SULLA S.P.15 DI MONTÉGONZI, KM. 0+750, LOCALITÀ CAMMENATA, COMUNE DI CAVRIGLIA | Relazione di calcolo delle strutture |
|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|

## 17 VERIFICA DELLE FONDAZIONI ESISTENTI

Come riportato al paragrafo §8.4.3 delle NTC18 gli interventi di adeguamento della costruzione sono obbligatori quando si intenda apportare variazioni di destinazione d'uso che comportino incrementi dei carichi globali verticali in fondazione superiori al 10%, valutati secondo la combinazione caratteristica (rara), includendo i soli carichi gravitazionali.

Nel caso in esame i carichi verticali in fondazione allo stato di fatto dell'opera risultano:

- peso del riempimento: 1687 kN
  - peso dei carichi permanenti (muretti+pavim): 259 kN
  - Il peso proprio strutturale: 1110 kN
- 3056 kN**

Mentre allo stato di progetto si ha:

- peso del riempimento: 1380 kN
  - peso dei carichi permanenti (passerella+parapetto+cordoli+soletta+pavim): 763 kN
  - Il peso proprio strutturale: 1110 kN
- 3253 kN**

Risulta un incremento dei carichi in fondazione pari a  $6.4\% < 10\%$ . Si sottolinea inoltre che a favore di sicurezza si è considerato un peso per unità di volume del calcestruzzo pari a  $25\text{kN/m}^3$  e del riempimento pari a  $20\text{kN/mc}$ , nonostante si andranno ad utilizzare calcestruzzi alleggeriti. Non sono pertanto necessarie ulteriori verifiche per le fondazioni esistenti.

18 VERIFICA DELLE NUOVE FONDAZIONI PROFONDE

Si riportano di seguito gli output del programma relativi alle analisi effettuate.

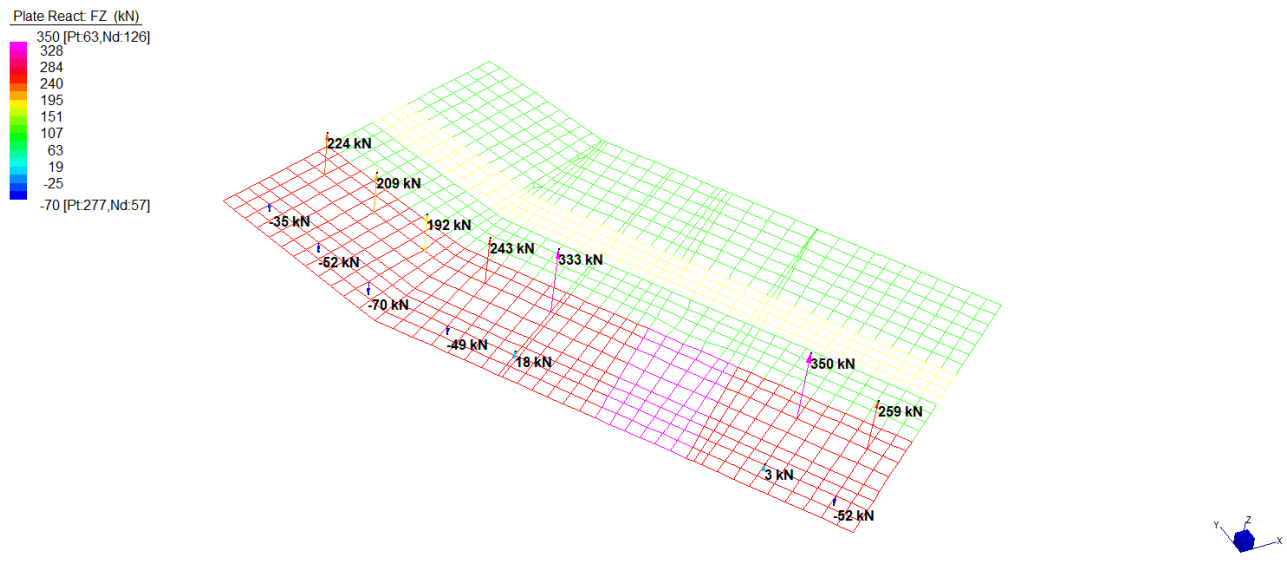


Figura 67 – Reazioni sui micropali – Massima compressione SLU

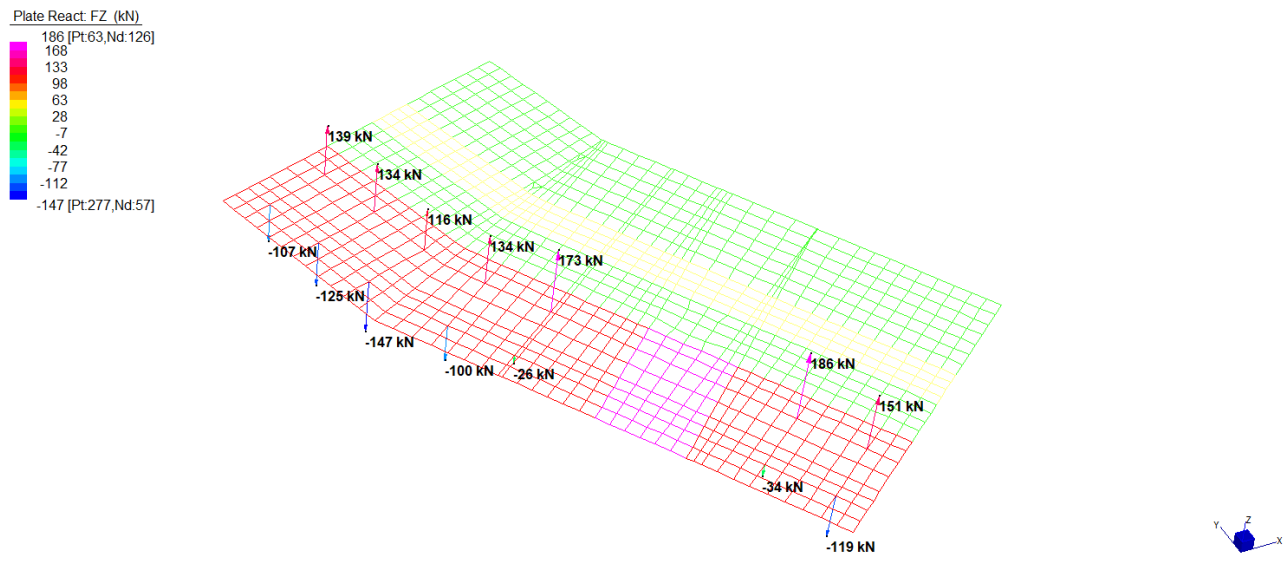


Figura 68 – Reazioni sui micropali – Massima trazione SLU

|                     |                                                                                                                                             |                                      |
|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|
| Provincia di Arezzo | LAVORI DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA DI RIPRISTINO DEL PONTE SULLA S.P.15 DI MONTAGONZI, KM. 0+750, LOCALITÀ CAMMENATA, COMUNE DI CAVRIGLIA | Relazione di calcolo delle strutture |
|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|

Plate React: FX FY (kN)

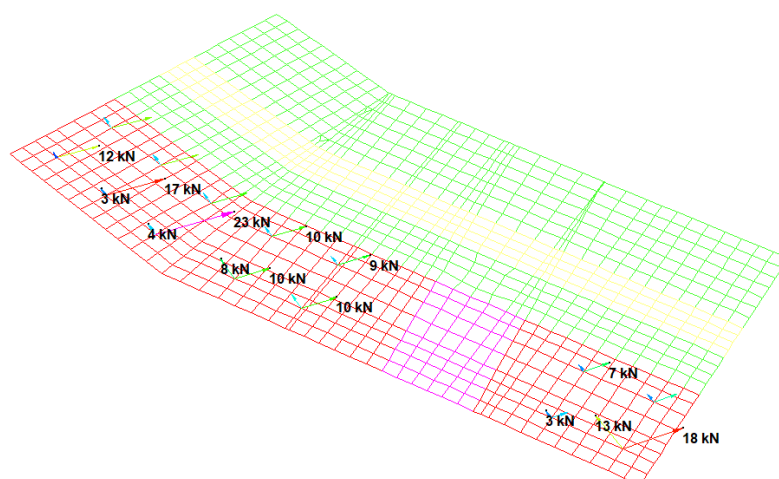


Figura 69 – Reazioni sui micropali – Massimo taglio SLU

Le massime sollecitazioni allo SLU in testa ai micropali risultano:

$N_{\text{compressione}} = 350 \text{ kN}$

$N_{\text{trazione}} = 147 \text{ kN}$

$V_{xy} = 23 \text{ kN}$

### 18.1 Verifiche di capacità portante a compressione

La stima della capacità portante delle fondazioni profonde è riportata nell'elaborato "Relazione geologica/geotecnica", a cui si rimanda per la trattazione completa. La massima sollecitazione assiale di compressione ricavata dalla modellazione delle strutture è pari a  $N_{\text{Ed,max}} = 350 \text{ kN}$ , che risulta minore della portata resistente  $N_{\text{Rcd}} = 559 \text{ kN}$ , FS = 1.60.

### 18.2 Verifiche di capacità portante a trazione

La massima sollecitazione assiale di trazione ricavata dalla modellazione delle strutture è pari a  $N_{\text{Ed,max}} = 147 \text{ kN}$ , che risulta minore della portata resistente  $N_{\text{Rsd}} = 479 \text{ kN}$ , FS=3.25.

### 18.3 Verifiche di capacità portante orizzontale

La massima sollecitazione assiale di trazione ricavata dalla modellazione delle strutture è pari a  $V_{\text{Ed,max}} = 23 \text{ kN}$ , che risulta minore della portata resistente orizzontale  $H_{\text{Rd}} = 45.89 \text{ kN}$ , FS = 2.00.

### 18.4 Verifiche strutturali dei micropali

Il terreno viene abitualmente simulato come un mezzo alla Winkler, e ciò avviene anche nel caso dei pali, per carichi orizzontali. La reazione del terreno, quindi, è assimilata ad un letto di molle di costante  $K_h$ . Essendo il palo una struttura di elevata snellezza, in termini di modello di Winkler, essi risultano "infinitamente lunghi"; inoltre i carichi applicati sono azioni concentrate all'estremità del palo; pertanto, in tali condizioni il modello alla Winkler fornisce risultati senz'altro accettabili. È evidente, inoltre, che il regime di sollecitazioni e deformazioni è fortemente influenzato da variazioni delle caratteristiche del terreno lungo l'asse del palo; tali variazioni sono assai frequenti per i pali di fondazione, che spesso attraversano stratificazioni di terreni diversi, e quindi diventa assai utile la possibilità offerta dal metodo di Winkler di simulare agevolmente tali variazioni. Nella pratica per terreni uniformi si considera  $K_h$  costante con la profondità (terreni argillosi

|                     |                                                                                                                                             |                                      |
|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|
| Provincia di Arezzo | LAVORI DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA DI RIPRISTINO DEL PONTE SULLA S.P.15 DI MONTAGONZI, KM. 0+750, LOCALITÀ CAMMENATA, COMUNE DI CAVRIGLIA | Relazione di calcolo delle strutture |
|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|

sovracconsolidati) e  $K_h$  linearmente crescente con la profondità secondo l'espressione di Reese e Matlock (1956):

$$K_h = n_h \cdot \frac{z}{d}$$

dove  $d$  è il diametro del palo e  $z$  la profondità. Tale formulazione viene adottata, con particolari accorgimenti, sia per terreni incoerenti che terreni argillosi normalmente consolidati.

Per i terreni incoerenti, quali quelli in oggetto, il valore di  $n_h$  dipende dallo stato di addensamento e dalla presenza o meno della falda e può essere ottenuto dall'espressione:

$$n_h = \frac{A \cdot \gamma}{1,35}$$

Nella quale  $\gamma$  rappresenta il peso dell'unità di volume del terreno ed è pari a  $\gamma'$  (Peso dell'unità di volume del terreno alleggerito) nel caso ci si trovi sottofalda. Valori orientativi di  $n_h$  e  $A$  sono riportati nella tabella seguente:

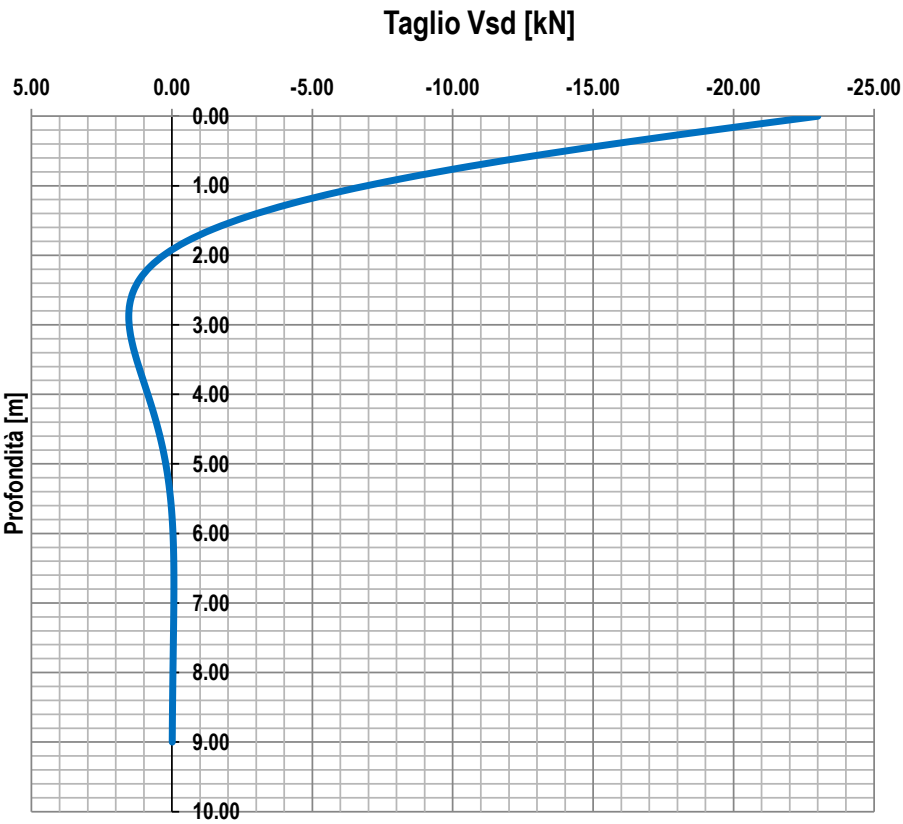
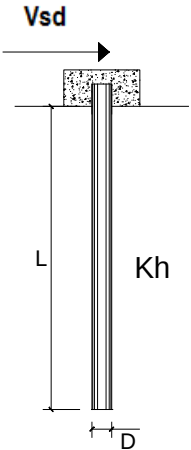
| Stato di addensamento                          | Sciolti   | Medio      | Denso       |
|------------------------------------------------|-----------|------------|-------------|
| Campo dei valori di $A$                        | 100 ÷ 300 | 300 ÷ 1000 | 1000 ÷ 3000 |
| Valore consigliato di $A$                      | 200       | 600        | 1500        |
| $N_h$ [N/cm <sup>3</sup> ], sabbie non immerse | 2,5       | 7,5        | 20          |
| $N_h$ [N/cm <sup>3</sup> ], sabbie immerse     | 1,5       | 5          | 12          |

Cautelativamente, per il calcolo di  $n_h$ , è stato preso in considerazione uno stato di addensamento *medio*, il parametro  $A$  è pari a 600, il peso di volume di 18.00kN/m<sup>3</sup>, ricavando 0.80 kg/cm<sup>3</sup>. Tale valore è stato inserito nel seguente foglio di calcolo, unitamente ai dati relativi al micropalo più sollecitato a taglio ricavando le sollecitazioni in testa all'elemento.

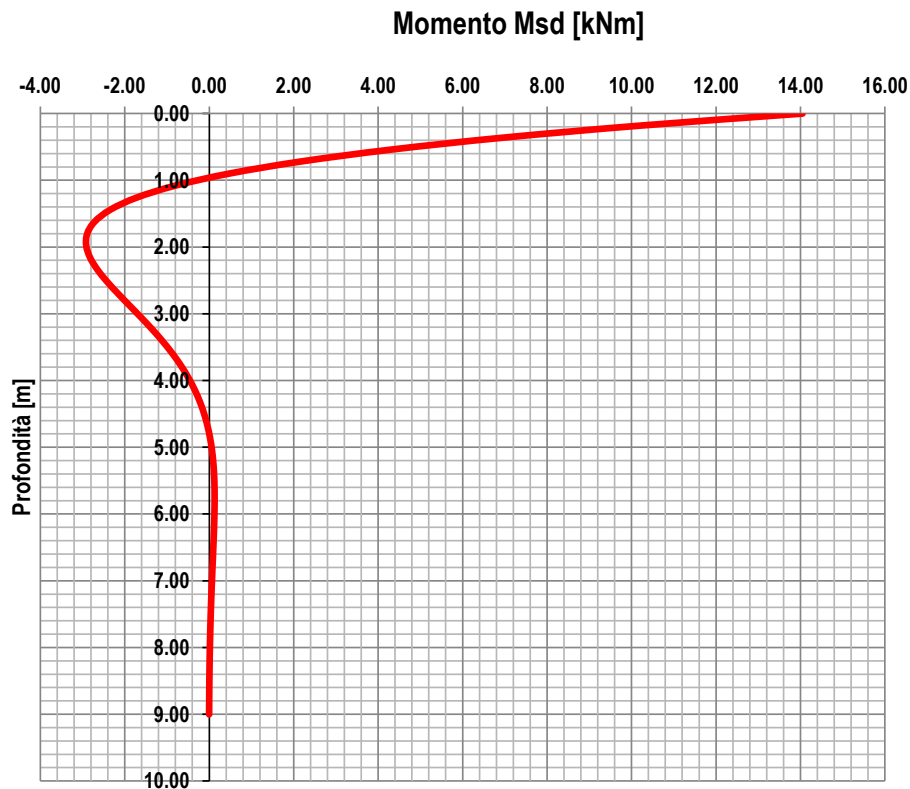
|                     |                                                                                                                                             |                                      |
|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|
| Provincia di Arezzo | LAVORI DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA DI RIPRISTINO DEL PONTE SULLA S.P.15 DI MONTAGONZI, KM. 0+750, LOCALITÀ CAMMENATA, COMUNE DI CAVRIGLIA | Relazione di calcolo delle strutture |
|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|

### PALI IMPEDITI DI RUOTARE IN TESTA SOGGETTI A FORZE ORIZZONTALI

|                                                            |                  |              |                      |                                     |
|------------------------------------------------------------|------------------|--------------|----------------------|-------------------------------------|
| Diametro del palo D                                        | D <sub>ext</sub> | 0.240        | [m]                  |                                     |
| Lunghezza del palo L                                       | L                | 9            | [m]                  |                                     |
| Peso specifico del terreno                                 | γ                | 18           | [kN/m <sup>3</sup> ] |                                     |
| Tipologia di terreni                                       |                  | Incoerenti   |                      |                                     |
| Densità relativa                                           | D <sub>r</sub>   | 50           | [%]                  |                                     |
|                                                            |                  | Terreni medi |                      |                                     |
|                                                            | A                | 600          |                      |                                     |
| n <sub>h</sub>                                             |                  | 0.80         | kg/cm <sup>3</sup>   | (n <sub>h</sub> media dello strato) |
| z                                                          |                  | 1.2          | m                    |                                     |
| Coefficiente di reazione laterale k <sub>h</sub>           |                  | 4.00         | kg/cm <sup>3</sup>   |                                     |
|                                                            | c <sub>u</sub>   | -            | kPa                  |                                     |
| Coefficiente di reazione laterale k <sub>h</sub> (Argille) |                  | -            | kg/cm <sup>3</sup>   |                                     |
| Forza orizzontale agente V <sub>sd</sub>                   |                  | 23           | kN                   |                                     |
| Classe normata                                             |                  | C25/30       |                      |                                     |
|                                                            | R <sub>ck</sub>  | 30           | MPa                  |                                     |
|                                                            | f <sub>cm</sub>  | 38.0         | MPa                  |                                     |
| Modulo elastico calcestruzzo                               | E <sub>cls</sub> | 32837        | MPa                  |                                     |
|                                                            | J                | 16286        | cm <sup>4</sup>      |                                     |
| I (lunghezza caratteristica del palo)                      | I                | 122          | cm                   |                                     |
| Pressione orizzontale massima                              |                  | 78           | kPa                  |                                     |
| M <sub>0</sub> /F <sub>0</sub>                             |                  | 0.61         | -                    |                                     |



|                     |                                                                                                                                             |                                      |
|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|
| Provincia di Arezzo | LAVORI DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA DI RIPRISTINO DEL PONTE SULLA S.P.15 DI MONTAGONZI, KM. 0+750, LOCALITÀ CAMMENATA, COMUNE DI CAVRIGLIA | Relazione di calcolo delle strutture |
|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|



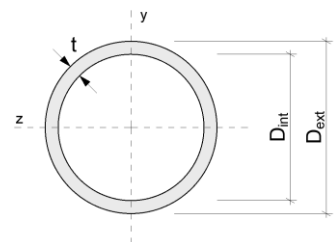
Il momento massimo agente è localizzato in testa al micropalo e vale 14 kNm per la combinazione SLU.

Si riportano di seguito le verifiche strutturali dei micropali.

#### VERIFICHE STRUTTURALI MICROPALI NTC2018

##### DATI

|                                                                  |                       |       |
|------------------------------------------------------------------|-----------------------|-------|
| Tipologia di struttura oggetto di verifica                       | Nuova struttura       |       |
| Livello di conoscenza in funzione delle informazioni disponibili | -                     |       |
| Fattore di confidenza associato [Tabella 8.5.IV NTC18]           | -                     |       |
| Sezione trasversale                                              | Sezione cava          |       |
| Sezione laminata                                                 | Caldo - EN 10210      |       |
| Tipo di acciaio                                                  | S 355 H               |       |
| Diametro esterno tubolare in acciaio                             | D <sub>ext</sub> [mm] | 168.3 |
| Spessore palo in acciaio                                         | t [mm]                | 10    |



##### CLASSIFICAZIONE DELLA SEZIONE NTC18 - Tabella 4.2.III

|                                                              |                          |        |
|--------------------------------------------------------------|--------------------------|--------|
| Valore nominale della tensione caratteristica di snervamento | f <sub>yk</sub> [MPa]    | 355.00 |
| Coefficiente ε                                               | ε [Ad]                   | 0.81   |
| Rapporto tra diametro e spessore                             | D <sub>ext</sub> /t [Ad] | 16.83  |
| Classe della sezione tubolare                                | CLASSE 1                 |        |

| Classe                         | Sezione inflessa e/o compressa                                          |      |      |      |      |      |
|--------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|------|------|------|------|------|
| 1                              | d/t ≤ 50ε <sup>2</sup>                                                  |      |      |      |      |      |
| 2                              | d/t ≤ 70ε <sup>2</sup>                                                  |      |      |      |      |      |
| 3                              | d/t ≤ 90ε <sup>2</sup> (Per d/t > 90 ε <sup>2</sup> vedere EN 1993-1-6) |      |      |      |      |      |
| $\epsilon = \sqrt{235/f_{yk}}$ | f <sub>yk</sub>                                                         | 235  | 275  | 355  | 420  | 460  |
|                                | ε                                                                       | 1.00 | 0.92 | 0.81 | 0.75 | 0.71 |
|                                | ε <sup>2</sup>                                                          | 1.00 | 0.85 | 0.66 | 0.56 | 0.51 |

|                     |                                                                                                                                             |                                      |
|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|
| Provincia di Arezzo | LAVORI DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA DI RIPRISTINO DEL PONTE SULLA S.P.15 DI MONTAGONZI, KM. 0+750, LOCALITÀ CAMMENATA, COMUNE DI CAVRIGLIA | Relazione di calcolo delle strutture |
|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|

#### CARATTERISTICHE MECCANICHE

| Acciaio per micropali                                             |             |           |                      | Note                                         |
|-------------------------------------------------------------------|-------------|-----------|----------------------|----------------------------------------------|
| Peso specifico tubolare                                           | $\gamma_s$  | 78.50     | [kN/m <sup>3</sup> ] |                                              |
| Modulo elastico dell'acciaio                                      | $E_s$       | 210000    | [MPa]                |                                              |
| Coefficiente di Poisson                                           | $\nu$       | 0.30      | -                    |                                              |
| Coefficiente parziale per l'acciaio da carpenteria [§4.3.3 NTC18] | $\gamma_s$  | 1.05      | -                    |                                              |
| Coefficiente di dilatazione termica lineare                       | $\alpha_t$  | 1.25E-05  | [C° <sup>-1</sup> ]  |                                              |
| Modulo di elasticità trasversale                                  | $G_a$       | 80769.23  | [MPa]                |                                              |
| Valore nominale della tensione caratteristica di snervamento      | $f_{yk}$    | 355.00    | [MPa]                |                                              |
| Valore nominale della tensione caratteristica di rottura          | $f_{tk}$    | 510       | [MPa]                |                                              |
| Resistenza di calcolo dell'acciaio a snervamento                  | $f_{yd}$    | 338.10    | [MPa]                | eventuale FC già compreso                    |
| Area della sezione trasversale                                    | $A_s$       | 4973.14   | [mm <sup>2</sup> ]   | $\pi \cdot (D_e^2 - D_i^2) / 4$              |
| Momento d'inerzia della sezione                                   | $J$         | 1.564E+07 | [mm <sup>4</sup> ]   | $\pi \cdot (D_e^4 - D_i^4) / 64$             |
| Modulo di resistenza elastico attorno all'asse forte              | $W_{el,zz}$ | 1.86E+05  | [mm <sup>3</sup> ]   | $\pi \cdot (D_e^3 - D_i^3) / (32 \cdot D_e)$ |
| Modulo di resistenza plastico attorno all'asse forte              | $W_{pl,zz}$ | 2.51E+05  | [mm <sup>3</sup> ]   | $(D_e^3 - D_i^3) / 6$                        |
| Modulo di resistenza elastico attorno all'asse debole             | $W_{el,yy}$ | 1.86E+05  | [mm <sup>3</sup> ]   | $\pi \cdot (D_e^3 - D_i^3) / (32 \cdot D_e)$ |
| Modulo di resistenza plastico attorno all'asse debole             | $W_{pl,yy}$ | 2.51E+05  | [mm <sup>3</sup> ]   | $(D_e^3 - D_i^3) / 6$                        |

| VALORI MASSIMI DELLE SOLLECITAZIONI |                  | $N_{Ed}$ [kN] | $V_{Ed}$ [kN] | $M_{Ed}$ [kNm] |
|-------------------------------------|------------------|---------------|---------------|----------------|
| SLU                                 | Combinazione SLU | 350.00        | 23.00         | 14.00          |

#### VERIFICA ELASTICA PROFILO CIRCOLARE - CNR 10011

|                                                  |                  |                   |                     | Note                            |
|--------------------------------------------------|------------------|-------------------|---------------------|---------------------------------|
| Area tubolare in acciaio                         | $A_s$            | 4973.14           | [mm <sup>2</sup> ]  | $\pi \cdot (D_e^2 - D_i^2) / 4$ |
| Area resistente a taglio                         | $A_v$            | 3166.00           | [mm <sup>2</sup> ]  | $2A_s / \pi$                    |
| Resistenza di calcolo dell'acciaio a snervamento | $f_d$ [MPa]      | 355.00            | [MPa]               | eventuale FC già compreso       |
| Verifica alle tensioni ammissibili               | $\sigma_z$ [MPa] | $\tau_{xy}$ [MPa] | $\sigma_{id}$ [MPa] | $f_d / \sigma_{id} \geq 1$      |
| SLU                                              | Combinazione SLU | 145.70            | 7.26                | 146.25                          |

#### §4.2.4.1.2 NTC18 - RESISTENZA DELLE MEMBRATURE

|                                                  |                  |                   |                     | Note                            |
|--------------------------------------------------|------------------|-------------------|---------------------|---------------------------------|
| Area tubolare in acciaio                         | $A_s$            | 4973.14           | [mm <sup>2</sup> ]  | $\pi \cdot (D_e^2 - D_i^2) / 4$ |
| Area resistente a taglio                         | $A_v$            | 3166.00           | [mm <sup>2</sup> ]  | $2A_s / \pi$                    |
| Resistenza di calcolo dell'acciaio a snervamento | $f_{yd}$         | 338.10            | [MPa]               | eventuale FC già compreso       |
| Verifica alle tensioni ammissibili               | $\sigma_z$ [MPa] | $\tau_{xy}$ [MPa] | $\sigma_{id}$ [MPa] | $f_d / \sigma_{id} \geq 1$      |
| SLU                                              | Combinazione SLU | 145.70            | 7.26                | 146.25                          |

#### §4.2.4.1.3.1 NTC18 - RESISTENZA A COMPRESSIONE PURA

|                                      |                  |               |                            | Note                            |
|--------------------------------------|------------------|---------------|----------------------------|---------------------------------|
| Area tubolare in acciaio             | $A_s$            | 4973.14       | [mm <sup>2</sup> ]         | $\pi \cdot (D_e^2 - D_i^2) / 4$ |
| Resistenza di progetto della sezione | $N_{c,Rd}$       | 1681.40       | [kN]                       | NTC18 §4.2.4.1.2.2 [4.2.10]     |
| Verifiche di sicurezza               |                  | $N_{Ed}$ [kN] | $N_{c,Rd} / N_{Ed} \geq 1$ |                                 |
| SLU                                  | Combinazione SLU | 350.00        | 4.80                       | VERIFICATO                      |

#### §4.2.4.1.2.4 NTC18 - VERIFICA A TAGLIO

|                                 |                  |               |                             | Note                            |
|---------------------------------|------------------|---------------|-----------------------------|---------------------------------|
| Area tubolare in acciaio        | $A_s$            | 4973.14       | [mm <sup>2</sup> ]          | $\pi \cdot (D_e^2 - D_i^2) / 4$ |
| Area resistente a taglio        | $A_v$            | 3166.00       | [mm <sup>2</sup> ]          | NTC18 §4.2.4.1.2 [4.2.24]       |
| Resistenza di progetto a Taglio | $V_{pl,Rd}$      | 618.00        | [kN]                        | NTC18 §4.2.4.1.2 [4.2.18]       |
| Verifiche di sicurezza          |                  | $V_{Ed}$ [kN] | $V_{pl,Rd} / V_{Ed} \geq 1$ |                                 |
| SLU                             | Combinazione SLU | 23.00         | 26.87                       | VERIFICATO                      |

#### §4.2.4.1.2.3 NTC18 - FLESSIONE MONOASSIALE [CLASSE 1 e 2]

|                                                                                                   |                        |                |                            | Derivazione                 |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|----------------|----------------------------|-----------------------------|
| Verifica di riduzione del momento resistente:                                                     | $V_{pl,Rd} / 2$        | 309.00         | [kN]                       | $V_{Ed} < V_{pl,Rd} / 2$    |
| Il momento resistente della sezione non deve essere ridotto per effetto della presenza del taglio |                        |                |                            |                             |
| Resistenza di calcolo                                                                             | $M_{c,Rd} = M_{pl,Rd}$ | 84.84          | [kNm]                      | NTC18 §4.2.4.1.2.3 [4.2.12] |
| Verifica a flessione retta                                                                        |                        | $M_{Ed}$ [kNm] | $M_{c,Rd} / M_{Ed} \geq 1$ |                             |
| SLU                                                                                               | Combinazione SLU       | 14.00          | 6.06                       | VERIFICATO                  |

Tutte le verifiche risultano soddisfatte.

|                     |                                                                                                                                             |                                      |
|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|
| Provincia di Arezzo | LAVORI DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA DI RIPRISTINO DEL PONTE SULLA S.P.15 DI MONTAGONZI, KM. 0+750, LOCALITÀ CAMMENATA, COMUNE DI CAVRIGLIA | Relazione di calcolo delle strutture |
|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|

## 19 GIUDIZIO DI ACCETTABILITÀ DEI RISULTATI

Con riferimento al §10.2 delle NTC2018 è stata eseguita una verifica dell'affidabilità dei risultati ottenuti dalla modellazione.

L'affidabilità dei risultati è stata misurata con le seguenti modalità:

- Per quanto riguarda i risultati volti alle verifiche statiche, il controllo è stato effettuato prendendo come grandezza di riferimento la sommatoria delle reazioni trasmesse in corrispondenza dei nodi vincolati, e confrontando tale grandezza con il valore di carico calcolato analiticamente, per i diversi casi di carico.
- Per quanto riguarda i risultati delle analisi modali con spettro di risposta, il controllo è stato effettuato prendendo come grandezza di riferimento il taglio alla base e confrontando tale valore con il taglio calcolato analiticamente sulla base dei periodi fondamentali della struttura nella direzione predominante della sollecitazione.

Per entrambe le categorie di modellazione come criterio di accettabilità si è preso come riferimento il seguente diagramma.

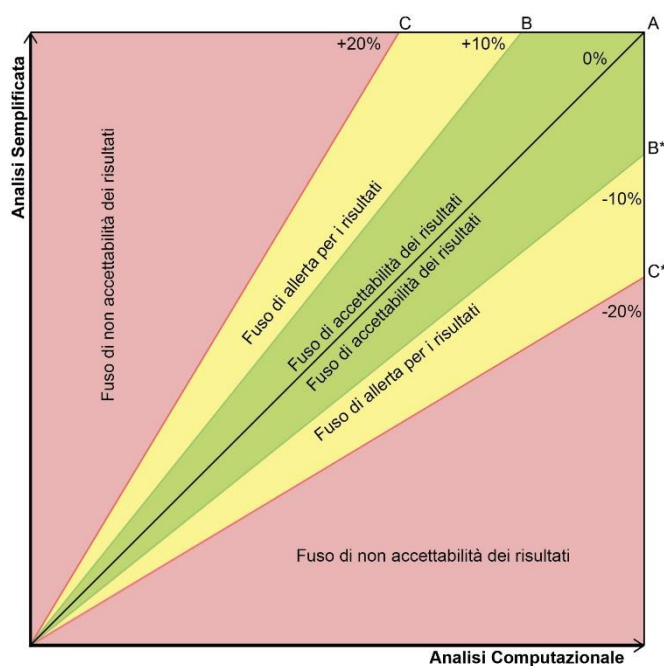


Figura 70 – Diagramma di accettabilità dei risultati

Si riportano le visualizzazioni delle risultanti applicate al modello come *giudizio motivato di accettabilità dei risultati*:

|                     |                                                                                                                                             |                                      |
|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|
| Provincia di Arezzo | LAVORI DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA DI RIPRISTINO DEL PONTE SULLA S.P.15 DI MONTAGONZI, KM. 0+750, LOCALITÀ CAMMENATA, COMUNE DI CAVRIGLIA | Relazione di calcolo delle strutture |
|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|

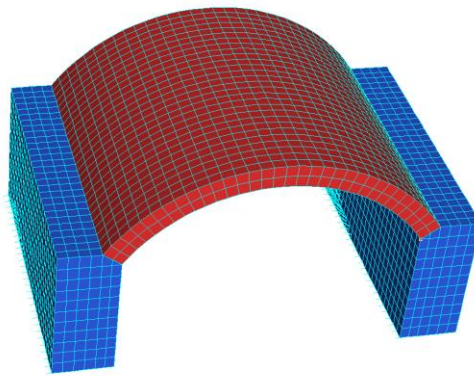
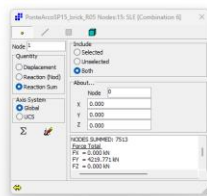


Figura 71 – Risultanti carichi verticali



Si riportano di seguito i carichi applicati nella modellazione, quelli calcolati mediante analisi dei carichi e le differenze percentuali fra i valori ottenuti:

| Carichi verticali agenti      |              |
|-------------------------------|--------------|
| peso proprio                  | 1110 kN      |
| carico del riempimento        | 1380 kN      |
| carichi permanenti            | 762 kN       |
| schema traffico 1             | 819 kN       |
| folla                         | 62 kN        |
|                               |              |
| Carico verticale totale       | 4133 kN      |
| Carico verticale totale (FEM) | 4219 kN      |
| <b>Differenza</b>             | <b>2.05%</b> |

La differenza percentuale dei carichi verticali è inferiore al 3%, pertanto la modellazione si ritiene corretta e i risultati ottenuti attendibili.

|                     |                                                                                                                                             |                                      |
|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|
| Provincia di Arezzo | LAVORI DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA DI RIPRISTINO DEL PONTE SULLA S.P.15 DI MONTAGONZI, KM. 0+750, LOCALITÀ CAMMENATA, COMUNE DI CAVRIGLIA | Relazione di calcolo delle strutture |
|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|

## 20 CONCLUSIONI

L'opera risulta **Adeguate** alle normative vigenti in condizioni statiche.

Inoltre, nei paragrafi precedenti sono descritti e verificati gli interventi classificati ai sensi del §8.4 delle NTC18 come **interventi di riparazione o locali**; tali interventi si riferiscono alle condizioni SLU e ECZ (urto). Le nuove strutture ricadenti in tale tipologia di intervento risultano verificate nei confronti delle combinazioni definite da normativa NTC2018.