

## Convegno

# La sperimentazione delle Linee Guida per i ponti esistenti

Accordo tra il CSLLPP ed il Consorzio ReLUIs  
attuativo dei DM 578/2020 e DM 204/2022

Roma  
20 novembre 2025



**Selle Gerber**

**Marco di Prisco**

Con il contributo dei  
gruppi di ricerca  
coordinati da:  
Beatrice Belletti  
Guido Camata  
Lidia La Mendola  
Gennaro Magliulo  
Alberto Meda  
Maurizio Orlando  
Giovanni Plizzari  
Antonino Recupero

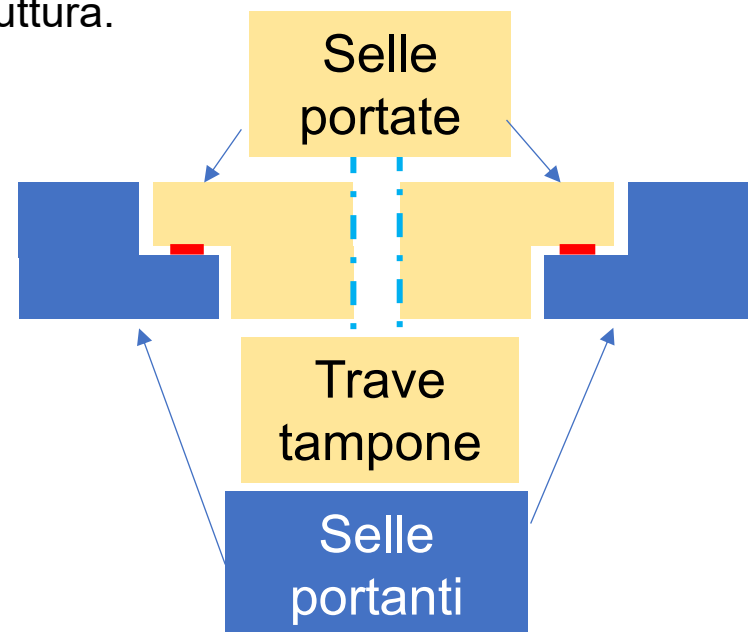
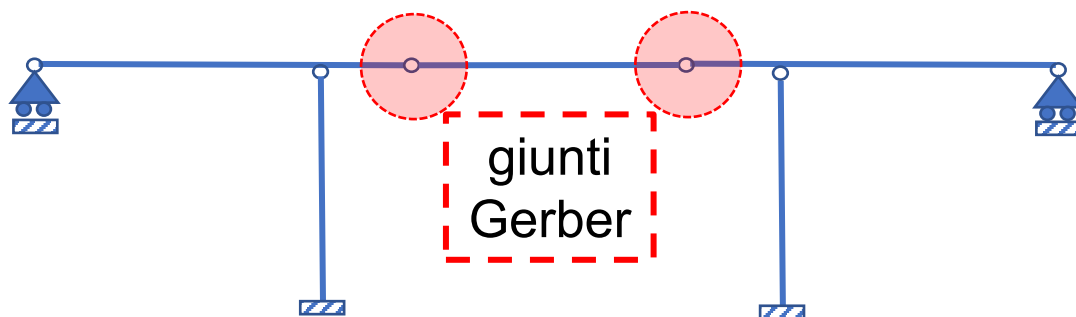
## Obiettivi

- ✓ Raffinare le regole di prioritizzazione per identificare situazioni realmente critiche
- ✓ Indagare l'affidabilità dei modelli predittivi
- ✓ Analizzare la capacità portante residua nelle strutture corrose
- ✓ Analizzare tecniche efficaci di consolidamento e di rinforzo
- ✓ Suggestire modalità di intervento sicure per scenari reali osservati

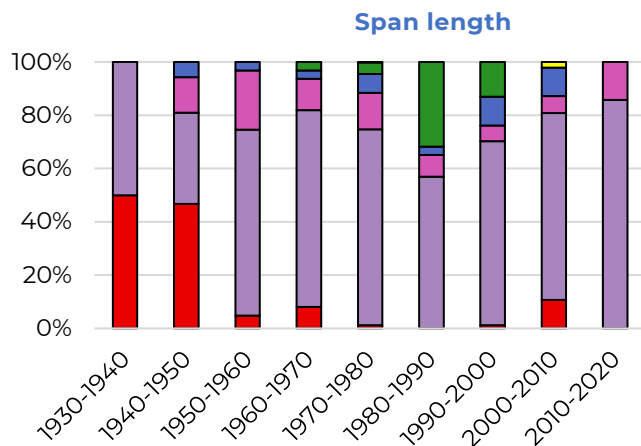
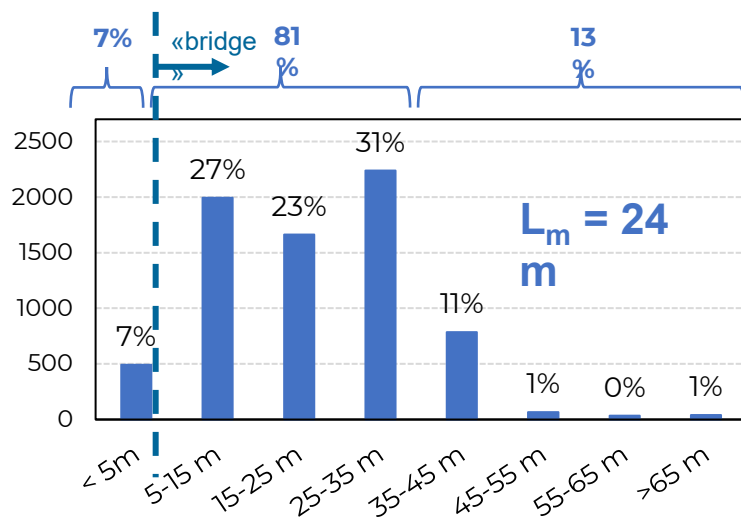
## Motivazioni inserimento selle Gerber

Le selle Gerber (dal nome del suo inventore *Heinrich Gottfried Gerber*) nascono per:

- ✓ limitare le azioni interne dovute a cedimenti vincolari
- ✓ limitare le azioni interne introdotte da dilatazioni termiche, ritiro e coazioni
- ✓ semplificare il calcolo progettuale del ponte quando effettuato con uno schema di telaio piano
- ✓ evitare connessioni meccaniche per garantire la continuità del manufatto
- ✓ beneficiare dell'introduzione di uno schema «*isostatico*» anche in casi di strutture continue minimizzando l'altezza totale della struttura.

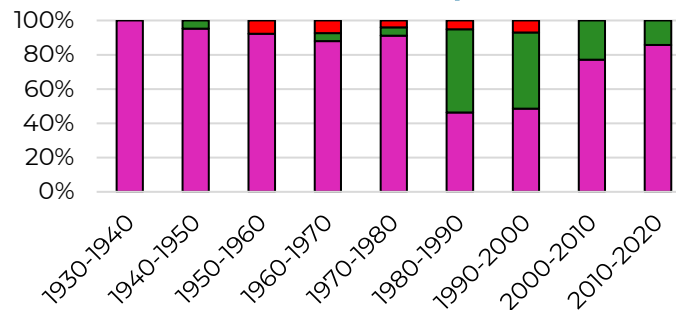


# Uso delle selle Gerber in ASPI



courtesy by MOVYON

## Autostrade per l'Italia



**SELLE GERBER**

**SEMPLICEMENTE**

**APPOGGIATE**

**TRAVI CONTINUE**

**SCHEMA  
STATICO**

**ARCO**

**TELAIO**

**TRAVATE**

**CASSONE**

**SOLETTONE**

**TIPOLOGIA**



# Programma di ricerca

Task 4.4: **9 Università** coordinate dal Politecnico di Milano per un tempo di circa **36 mesi**

| SubTasks  | PRODOTTI   |
|---|--|
| 4.4.1 Ricerca bibliografica e documentale   | Database (90 articoli)   |
| 4.4.2 Verifica affidabilità algoritmi di calcolo disponibili in assenza di degrado                                  | Blind test in assenza di degrado:<br>1 articolo pubblicato (FEM)<br>1 articolo in prepar. (S&T)                  |
| 4.4.3 Raccolta dati progettuali   | Proposta Schede Gerber:<br>Livello 1<br>Livello 4  |
| 4.4.4 Analisi strutturali dei casi ispezionati  | 28 ponti reali (solo 4 WP2) in corso   |
| 4.4.5 Indagini sperimentali su selle Gerber degradate con procedimenti concordati e valutazione sperimentale        | 14 test su travetti variamente degradati<br>11 test selle non deg. e non rinf.<br>11 test selle deg. e non rinf. |
| 4.4.6 Indagini sperimentali su sistemi di rinforzo finalizzati all'incremento di capacità portante e/o di duttilità | 7 test selle non deg. e rinf.<br>3 test selle degr. e rinforz.<br>+ test ciclici su soluzioni innovative (HPFRC) |



## XXVIII riunioni in Teams (ultima il 18/8/2025)

### **DOCUMENTO:**

con la collaborazione con WP 4.1 sulla corrosione (coord. Prof. Gian Piero Lignola)

### Indice

1. Ricerca bibliografica e documentale
2. Raccolta di dati progettuali
3. Stima della capacità portante della sella Gerber
4. Esempi di valutazione della capacità portante a partire dalla raccolta dati
5. Indagini sperimentali
6. Indicazioni progettuali sui sistemi di rinforzo

APPENDICE A: Modelli di calcolo per selle Gerber

APPENDICE B: Schede Gerber di Livello 1 compilate

APPENDICE C: Aspetti generali di modellazione in assenza di degrado da corrosione

APPENDICE D: Ulteriori esempi di calcolo

Accordo tra il CSLLPP ed il Consorzio ReLUIIS  
attuativo dei DM 578/2020 e DM 204/2022

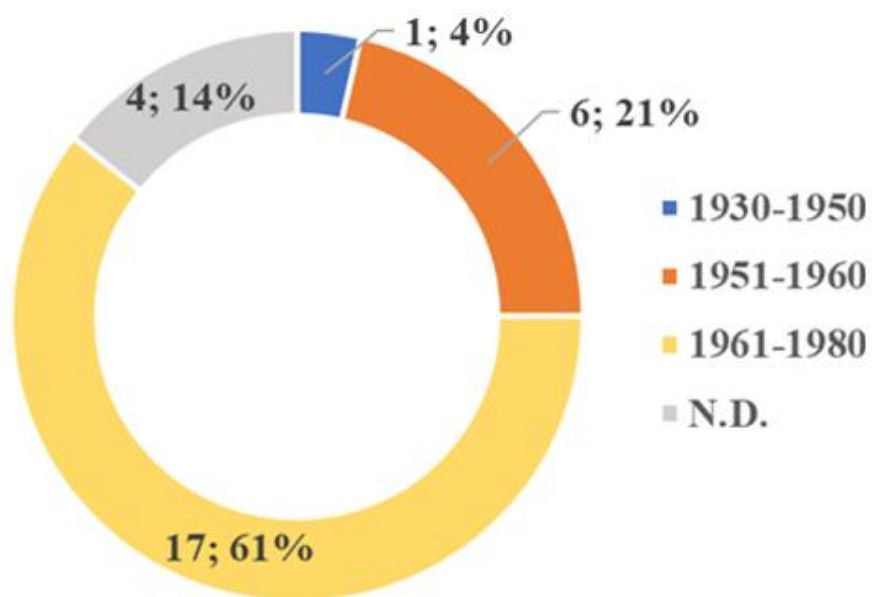
WP4

SPERIMENTAZIONE SU COMPONENTI STRUTTURALI E/O  
SPECIALI

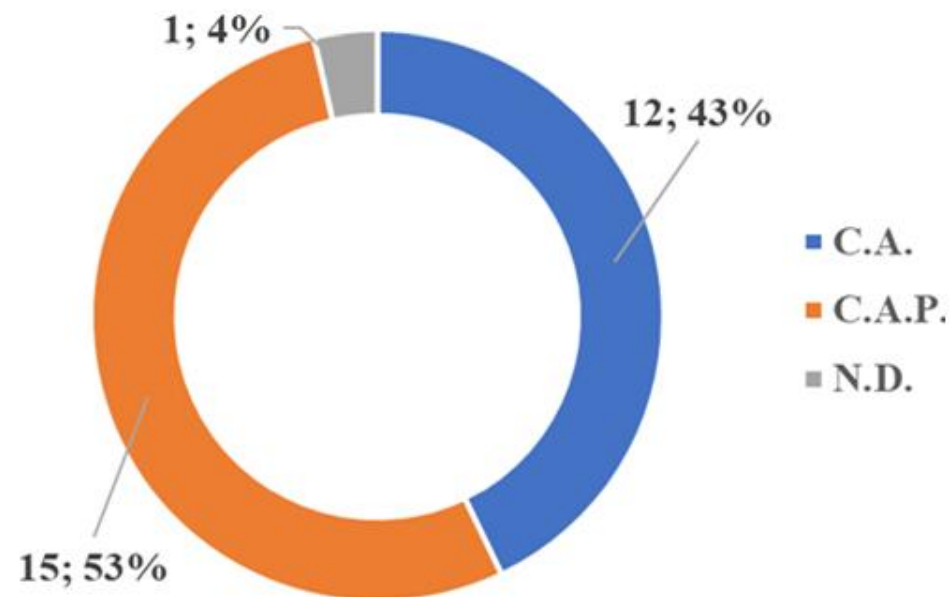
Task 4.4 – SELLE GERBER

**200 pp. + 48 pp. Appendici**

Dati su **27** ponti, **467** selle Gerber



Anno di costruzione



Materiale

# LUNGHEZZA DELLE CAMPATE

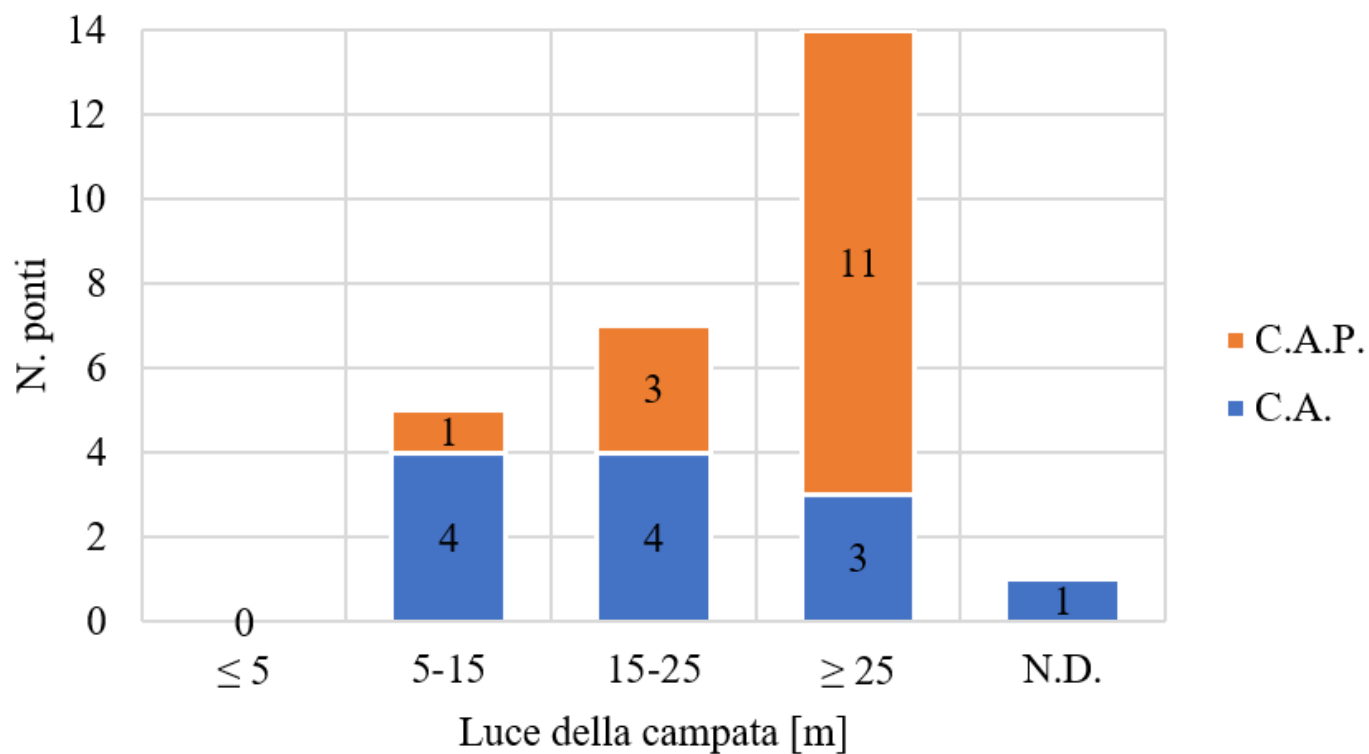


Figura 2-6. Luce minima delle campate con selle Gerber nei ponti in C.A e C.A.P.

# DATABASE: TIPOLOGIA STRUTTURALE

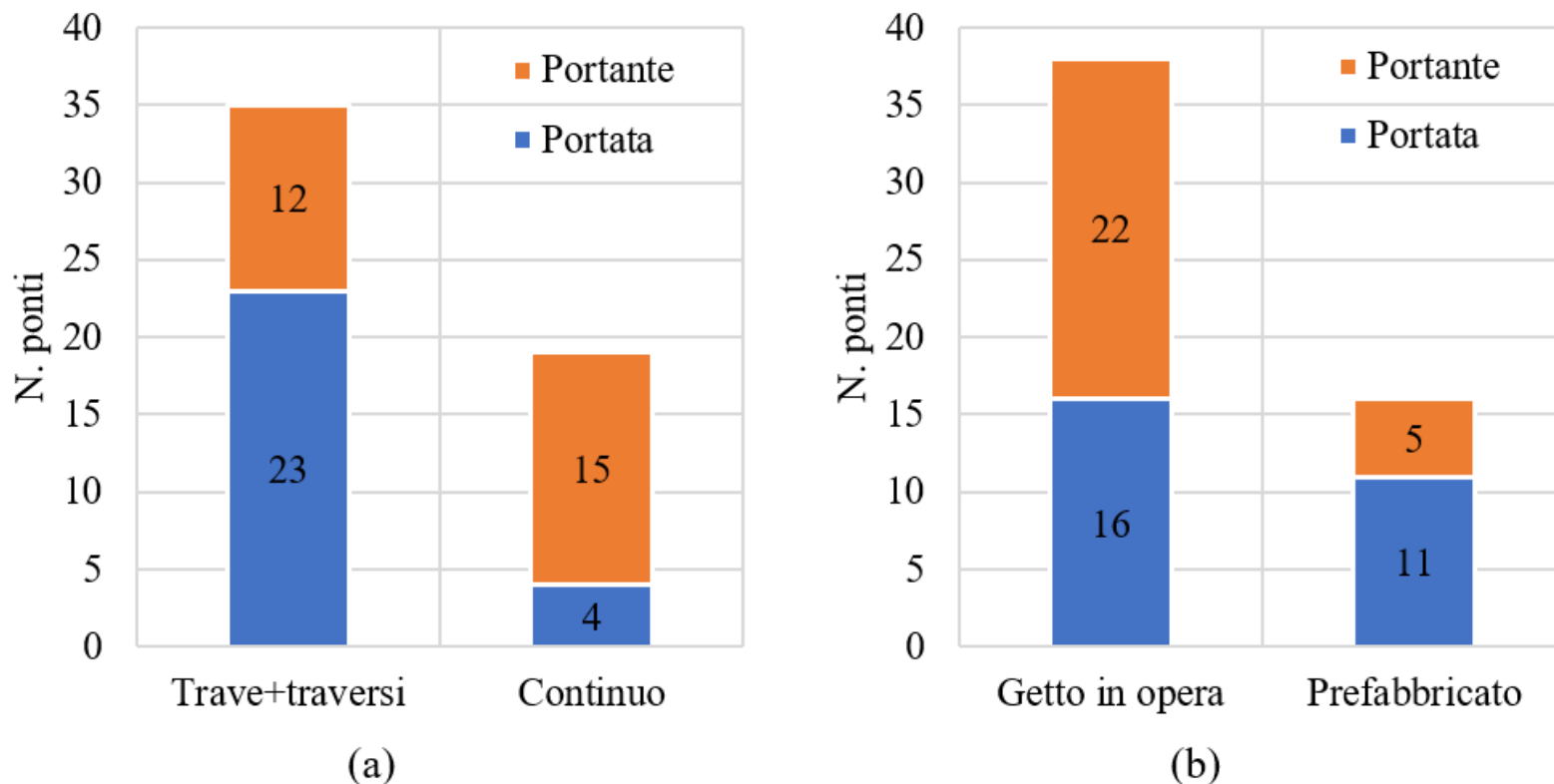


Figura 2-7. Analisi dei dati delle travi a disposizione: schema statico (a), e modalità costruttiva (b).

# DATABASE: DOCUMENTAZIONE DISPONIBILE

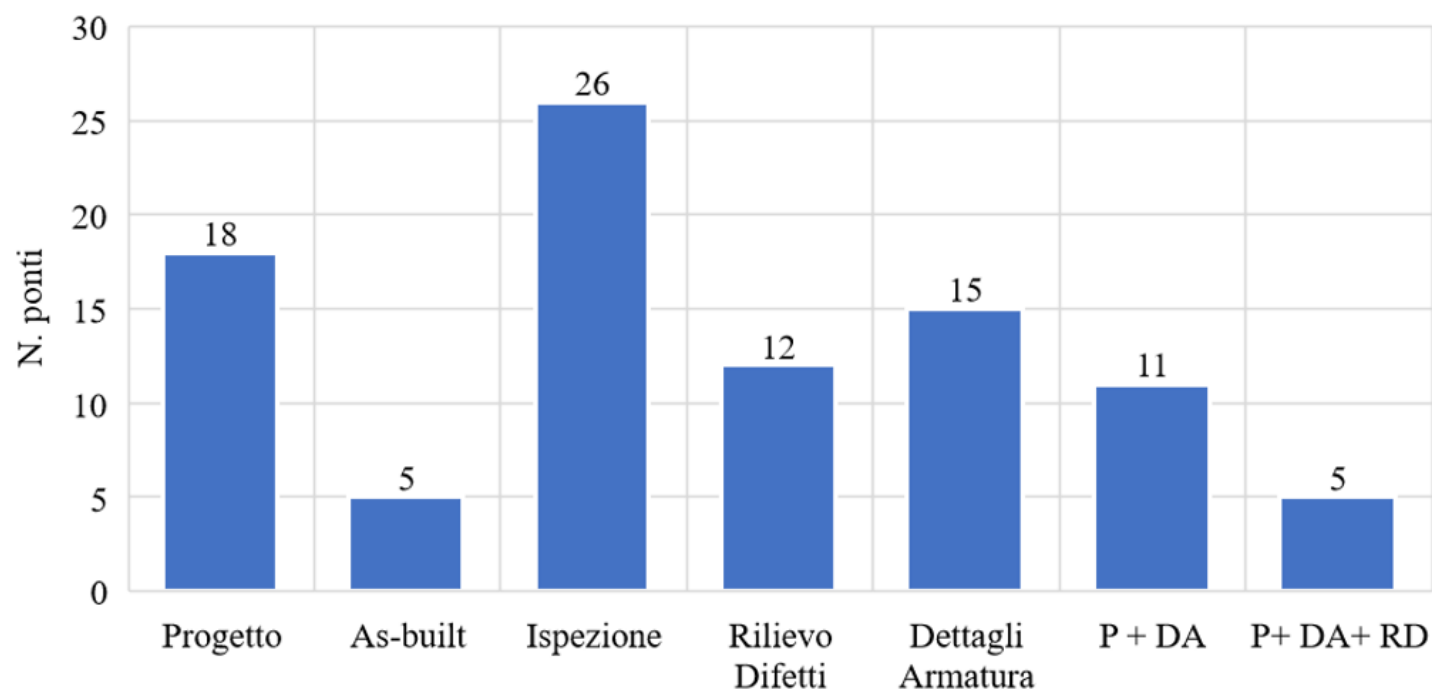


Figura 2-8. Documentazione a disposizione dei ponti con selle Gerber

# DATABASE INTEGRATO CON RICERCA SPERIMENTALE

1. Selle non-rinforzate prive di degrado;
2. Selle non-rinforzate con degrado;
3. Selle rinforzate prive di degrado;
4. Selle rinforzate con degrado;

Lab tests  
(32 prove)

**Selle Gerber di ponti  
esistenti (28 ponti)**

1. Selle reali con determinazione dei carichi applicati riferiti ai carichi di progetto corrispondenti agli Stati Limite Ultimi (ULS) del ponte **prive di degrado**;
2. Selle reali con determinazione dei carichi applicati riferiti ai carichi di progetto corrispondenti agli Stati Limite Ultimi (ULS) del ponte **con degrado**;
3. Selle reali per le quali non c'è materiale sufficiente per determinare il carico ultimo del ponte.



# SCHEDA DIFETTOLOGICA SELLE GERBER

Schede difettologiche

N° difetto: c.a./c.a.p.\_24

## Difetti delle selle Gerber

### Peso del difetto

G = 1

G = 2

G = 3

G = 4

**G = 5**

Estensione  $k_1$

Sempre = 1

Intensità  $k_2$

Sempre = 1

### Descrizione

Il difetto si riferisce all'indebolimento della sella dovuto al deterioramento del calcestruzzo e dell'acciaio. I materiali possono essere soggetti a fenomeni di degrado tipici del calcestruzzo armato, quali vespai, perdita di copriferro, esposizione di armature, corrosione di armature, rottura di barre, ecc. La situazione può essere aggravata dal congestionamento delle armature e dalla miniaturizzazione delle sezioni che rendono difficile la realizzazione di getti a regola d'arte.

### Cause

Il degrado delle selle Gerber può derivare da:

- infiltrazioni di acqua dal soprastante giunto (imperfetta tenuta del coprigiunto, scossaline assenti o deteriorate)
- esecuzione di getti originari poco curati (vespai, copriferri ridotti, ecc.)
- sottodimensionamento (armature insufficienti, mal poste, mal ancorate)
- interventi di ripristino corticale mal eseguiti

### Fenomeni di degrado correlati

Il progredire dei deterioramenti può portare ad una riduzione significativa di capacità portante, fino al rischio di collasso della sella portante o della sella portata. Tenuto conto che tali particolari si trovano in strutture isostatiche il loro collasso comporta solitamente il collasso della campata per la quale la sella costituisce l'appoggio.



2020

Nella versione (2022)  
scompare la scheda.  
**La presenza di un  
qualsivoglia difetto  
implica G=5.**



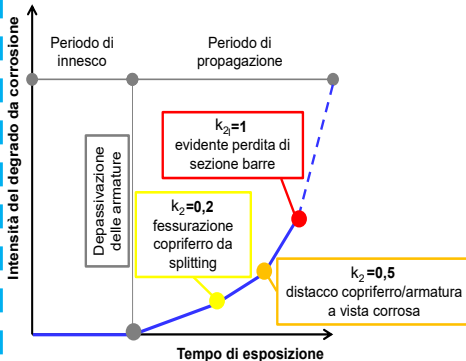
# MODIFICHE PROPOSTE

Parametri significativi da considerare:

- ✓ geometria
- ✓ differenziazione tra selle portanti e selle portate
- ✓ schema statico (trave + traversi / giunto continuo)
- ✓ metodo costruttivo (gettato in opera / prefabbricato)
- ✓ controllo delle fessure

# PROPOSTA DI MODIFICA ALLA SCHEDA DI ISPEZIONE DEI PONTI DI LIVELLO 1

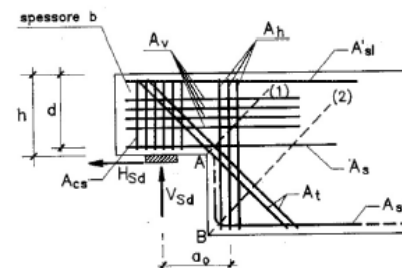
- n. 4 difetti generali
- n. 4 difetti specifici



Riferimento per difetto Sella\_1 nel caso di schema statico  
"trave+traversi"

Peso G per tipologia di armatura degradata

|                            |   |
|----------------------------|---|
| Armatura                   | G |
| $A_v - A_{v1} - A_{v2}$    | 3 |
| $A_h - A_s - A_t - A_{sl}$ | 5 |



Schema adattato da: C.N.R. - Bollettino Ufficiale - (Norme tecniche) - Anno XXVI - N. 157

Scheda Ispezione Ponti di Livello 1

|    |                               |         |                               |                                |
|----|-------------------------------|---------|-------------------------------|--------------------------------|
| 21 | Selle Gerber<br>C.A. / C.A.P. | N _____ | Strada di appartenenza: _____ | Progressiva km: _____          |
|    |                               |         | Tecnico rilevatore: _____     | Data ispezione: ____/____/____ |

| SELLA GERBER PORTANTE |   |                          |                  |                          |                          |                          |                          |                           |                          |                          |                          |                          |                          |         |                          |                          |                          |                          |      |  |
|-----------------------|---|--------------------------|------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|---------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|---------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|------|--|
| N°                    | Descrizione difetto                         | Visto                    | Schema statico   |                          | Controllo                |                          |                          | Estensione K <sub>1</sub> |                          |                          | Intensità K <sub>2</sub> |                          |                          | N° foto | PS                       | NA                       | NR                       | NP                       | Note |  |
|                       |   |                          | trave + traversi | continuo                 | NO                       | SI *<br>(w< 0.3 mm)      | SI *<br>(w≥0.3 mm)       |                           |                          |                          |                          |                          |                          |         |                          |                          |                          |                          |      |  |
|                       |   |                          | G                | G                        | G                        | G                        | G                        | 0.2                       | 0.5                      | 1                        | 0.2                      | 0.5                      | 1                        |         |                          |                          |                          |                          |      |  |
| c.a./c.a.p._7         | Lesioni a ragnatela modeste                 | <input type="checkbox"/> | 1                |                          |                          |                          |                          | <input type="checkbox"/>  | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |         |                          | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |      |  |
| c.a./c.a.p._3         | Cls dilavato/ammalorato                     | <input type="checkbox"/> | 3                |                          |                          |                          |                          | <input type="checkbox"/>  | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |                          |                          | <input type="checkbox"/> |         |                          | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |      |  |
| c.a./c.a.p._5         | Distacco del copriferro                     | <input type="checkbox"/> |                  | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |                          |                          | <input type="checkbox"/>  | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |                          |                          | <input type="checkbox"/> |         |                          | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |      |  |
| Dif. Gen. 1           | Tracce di scolo                             | <input type="checkbox"/> | 3                |                          |                          |                          |                          | <input type="checkbox"/>  | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |                          |                          | <input type="checkbox"/> |         |                          | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |      |  |
| Sella_1               | Corrosione armatura sella gerber            | <input type="checkbox"/> |                  | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |                          | <input type="checkbox"/>  | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |         | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |      |  |
| Sella_2               | Fessure orizzontali / verticali / diagonali | <input type="checkbox"/> |                  |                          |                          | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>  | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |                          |                          | <input type="checkbox"/> |         | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |      |  |
| Sella_3               | Testata di precompr. scoperta/ ossidata     | <input type="checkbox"/> | 4                |                          |                          |                          |                          | <input type="checkbox"/>  | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |                          |                          | <input type="checkbox"/> |         |                          | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |      |  |
| Sella_4               | Armatura di precompr. scoperta              | <input type="checkbox"/> | 5                |                          |                          |                          |                          | <input type="checkbox"/>  | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |                          |                          | <input type="checkbox"/> |         | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |      |  |

\* Può essere considerato qualora l'armatura sia nota e sia possibile eseguire una ispezione a distanza ravvicinata.

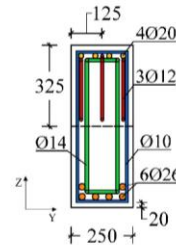
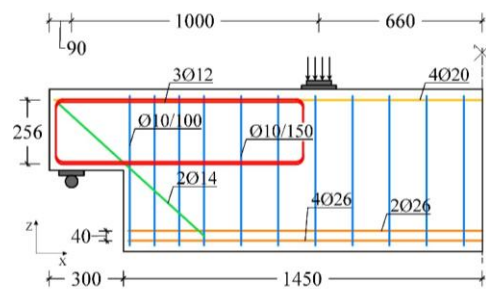
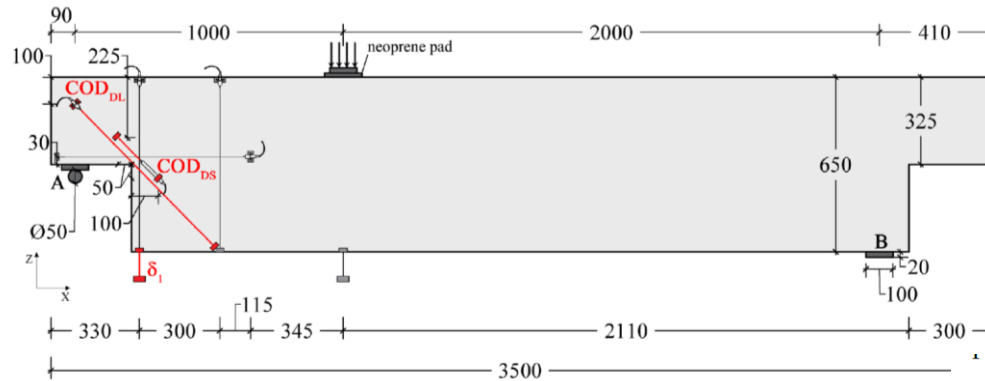
Difetti generali

Difetto cap\_2  
modificato  
(da G= 2 a G= 4)

Difetto cap\_9  
modificato  
(intensità k2 sempre 1)

Scheda analoga per la sella portata

# Blind test: armatura nota, nessun danno



Ø [mm]

10

12

14

20

26

$f_{y,av}$  (MPa)

526.5 (6.0%)

530.2 (0.6%)

507.7 (1.8%)

555.0 (1.1%)

522.7 (0.3%)

$f_{t,av}$  (MPa)

623.7 (0.8%)

628.2 (0.3%)

627.5 (1.6%)

677.7 (0.2%)

634.7 (0.2%)

$A_{gt,av}$  (-)

8% (3%)

13% (8%)

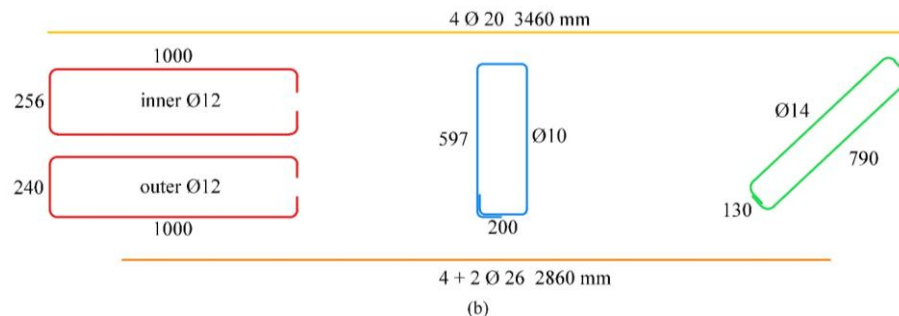
10% (8%)

11% (8%)

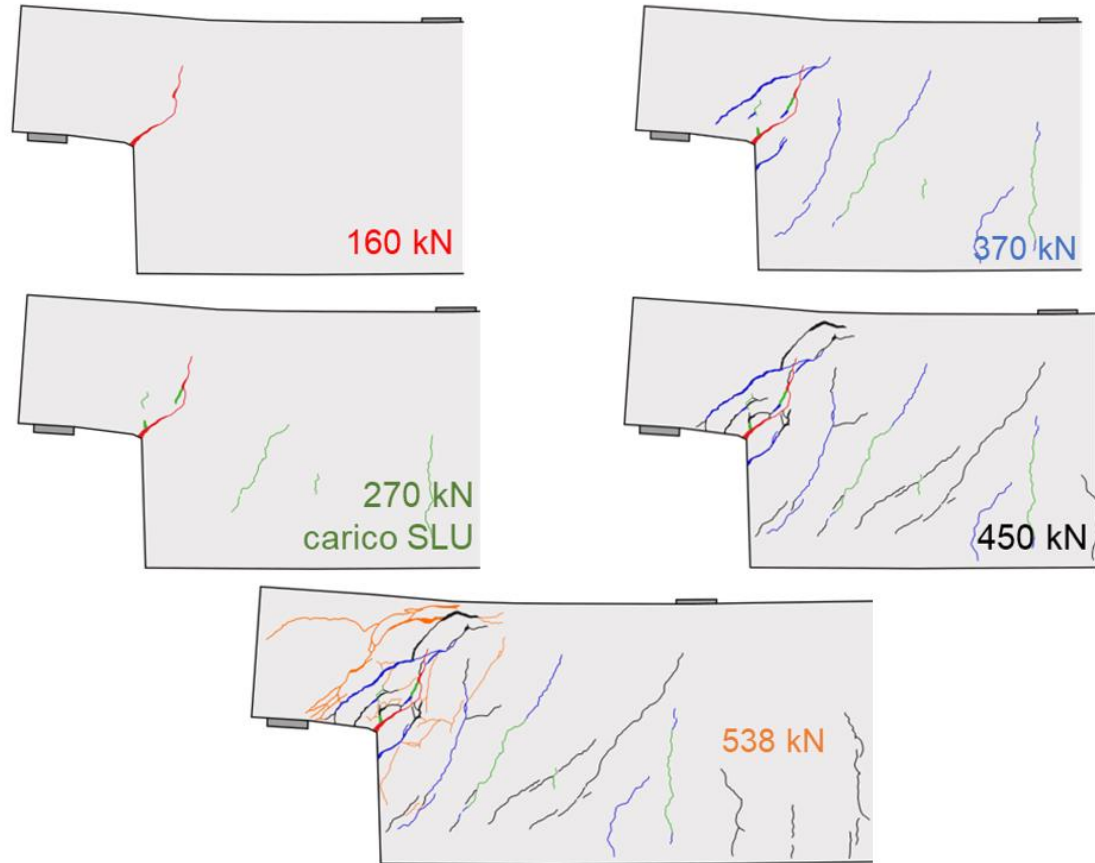
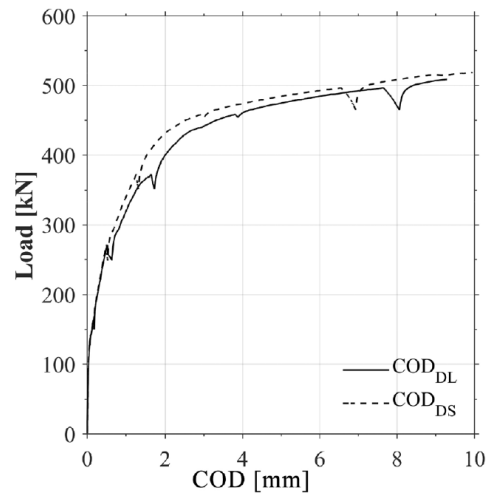
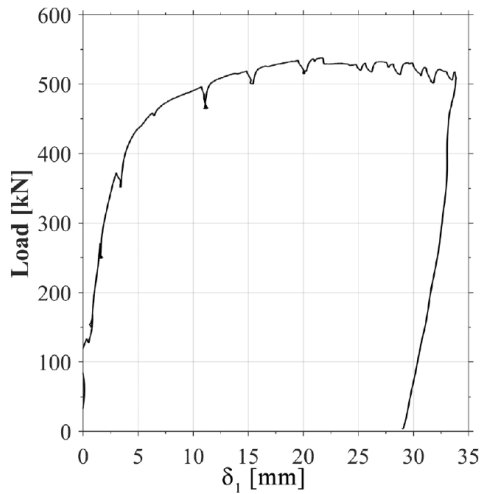
12% (0.5%)

## Requests

- Load versus COD curves of all the displacement transducers (Figure 1a);
- Load versus vertical displacement ( $\delta$ ) curves of the two wire deformometers (Figure 1a);
- Crack patterns at different load stages: 160, 270, 370, and 495 kN and failure, that correspond to the loads at which the experimental test was stopped.



# Semi-blind test: risultati sperimentali



K. Flores Ferreira, M. C. Rampini, B. Belletti, B. Calcavecchia, G. Camata, D. D'Angela, C. Di Salvatore, N. Di Stefano, E. Faccin, D. Ferretti, M. F. Granata, F. Iavarone, L. La Mendola, G. Magliulo, P. Martinelli, G. Menichini, D. Messina, F. Minelli, M. Orlando, G. Plizzari, S. Ravasini, A. Recupero, E. Spacone, N. Spinella, F. TuoZZo, G. Zani, and M. di Prisco, "Reinforced concrete dapped-end beams for existing bridges: Reliability of finite element models," *Structural Concrete*, no. March 2024, pp. 1–36, 2025.

# Blind test: calcolo con il metodo strut and tie

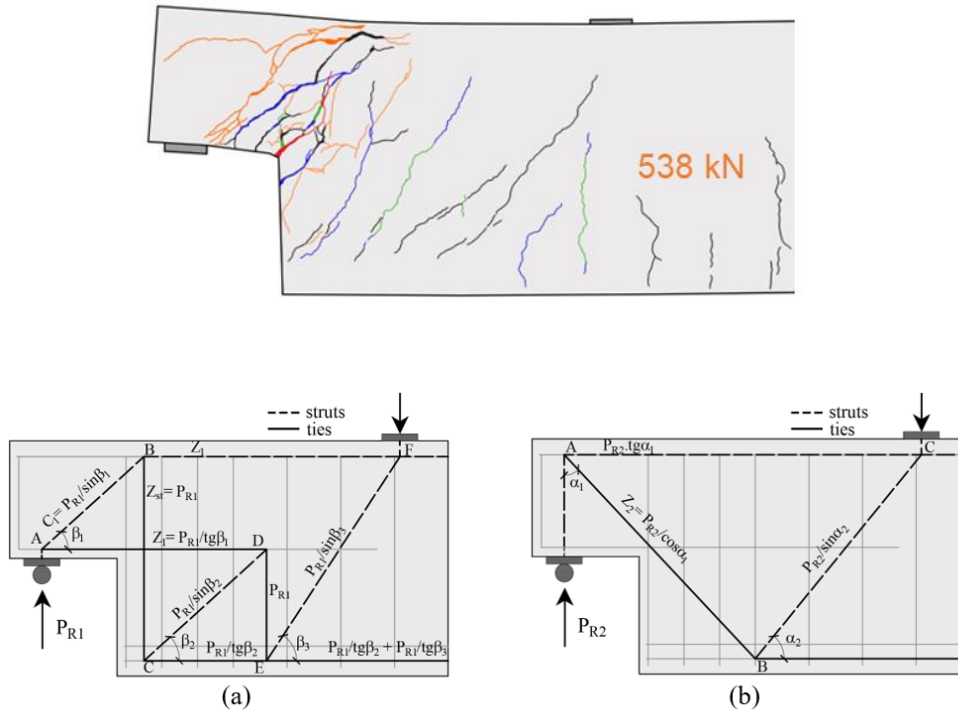
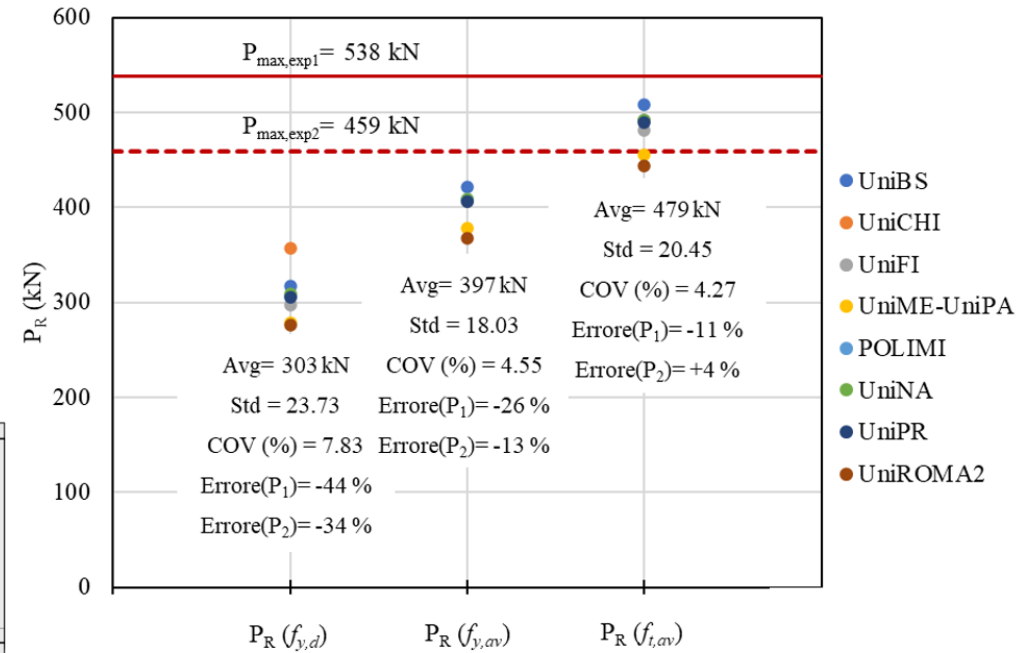


Figura 3-4. Modelli tiranti e puntoni adottati per la sella di riferimento: modello ortogonale (a) e modello diagonale (b).

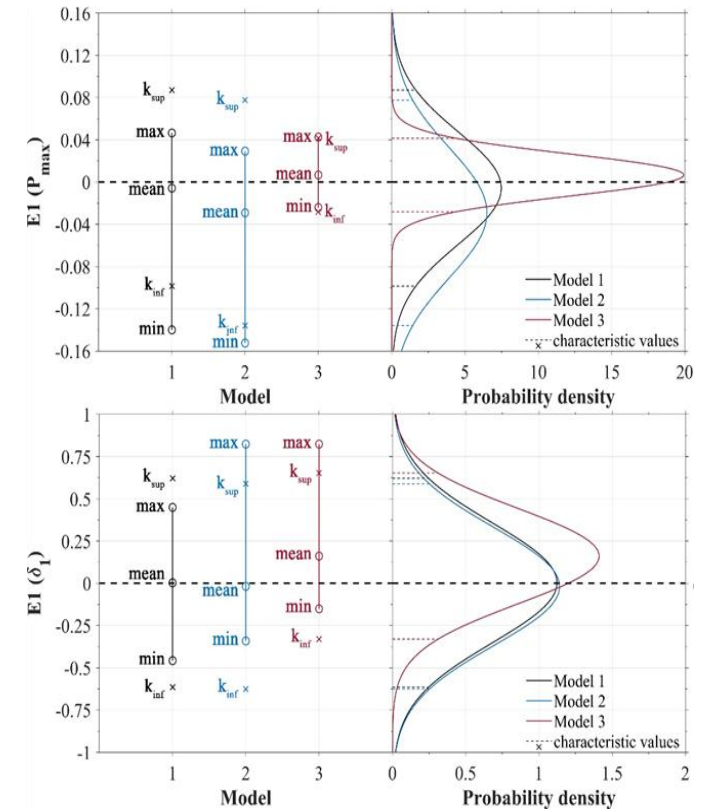
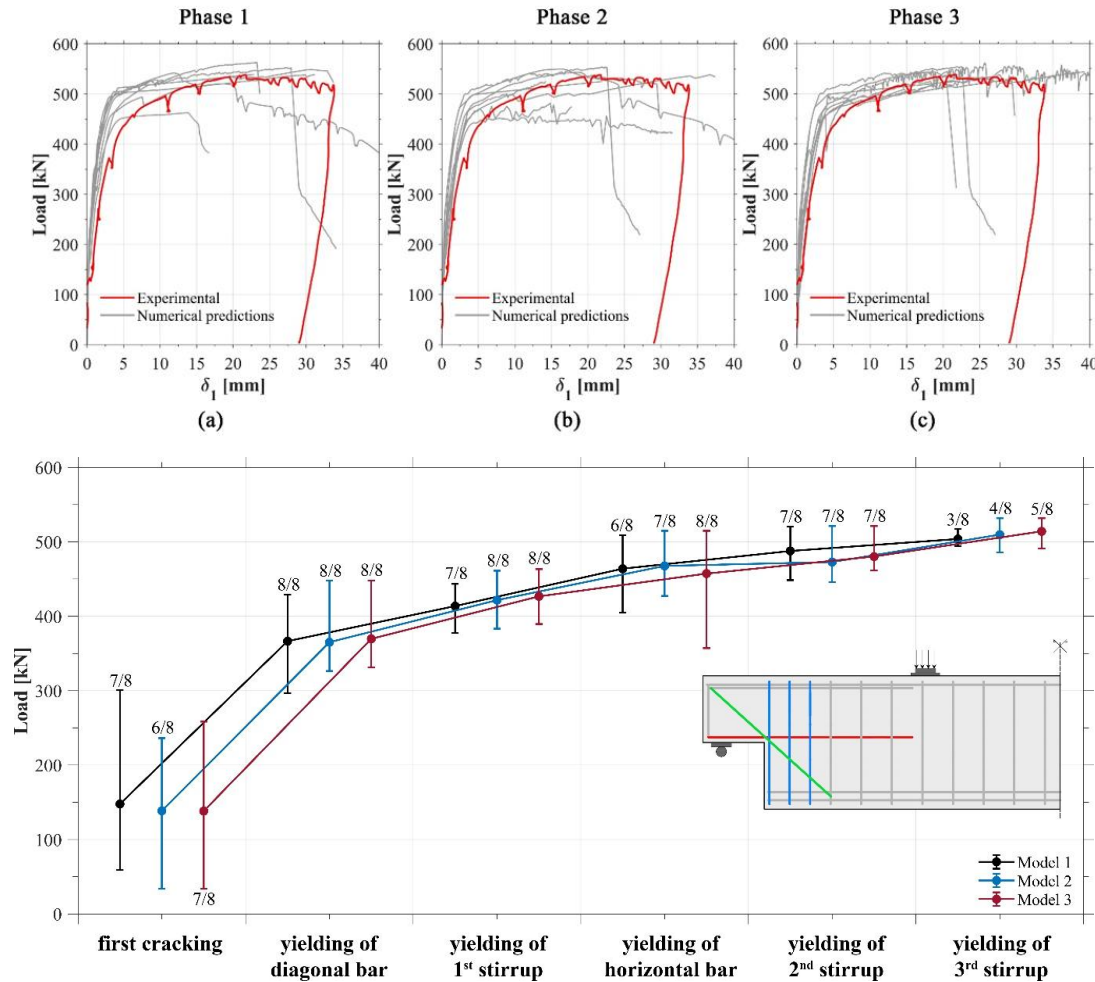
$$P_R = \frac{3}{2} (P_{R1} + P_{R2}) \quad (\text{Eq. 3-1})$$



# Blind test: calcolo con gli Elementi Finiti

$$E1(V)_j = \frac{V_{num,j} - V_{exp}}{V_{exp}}$$

$$E1(V)_{avg} = \frac{1}{n_{RU}} \sum_{j=1}^{n_{RU}} E1(V)_j$$





## 5. Indagini sperimentali

### 5.2 In presenza di degrado

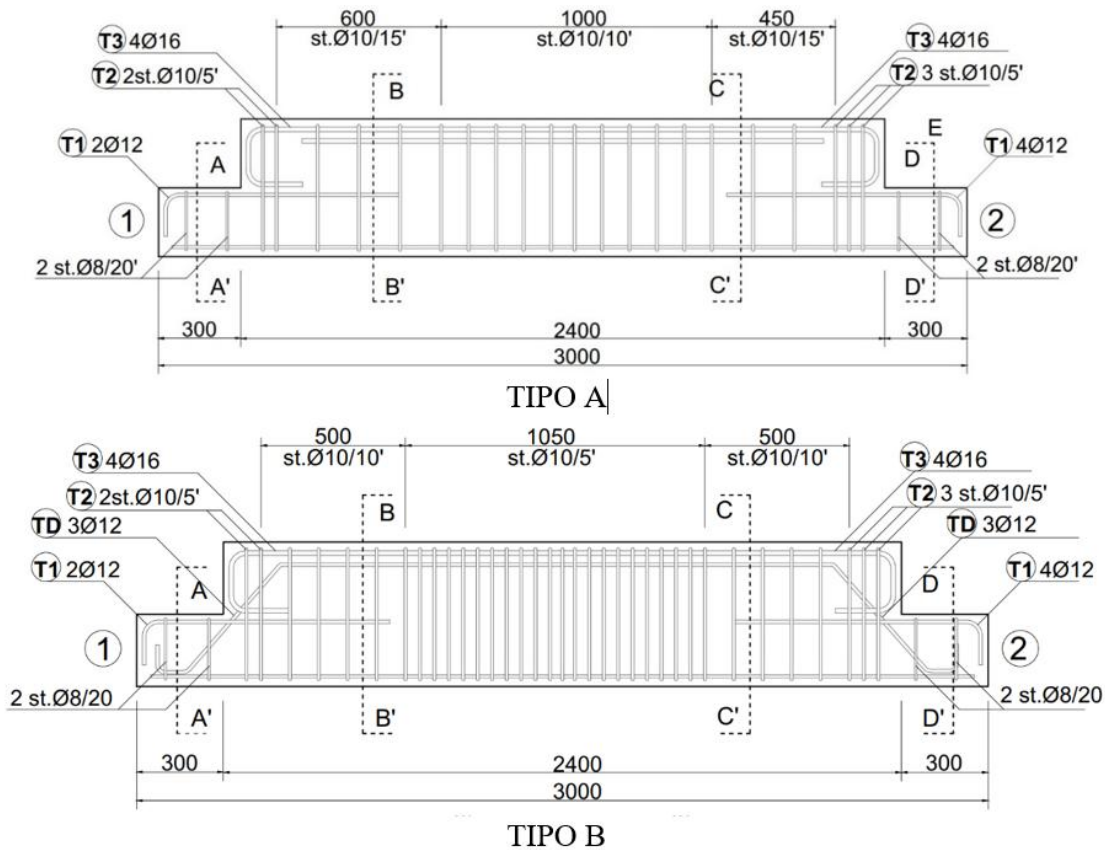
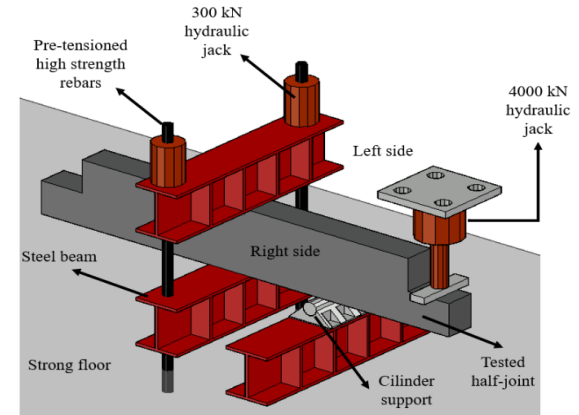


Figura 5-15. Dettagli di geometria e rinforzo dei campioni.

Spessore = 200 mm



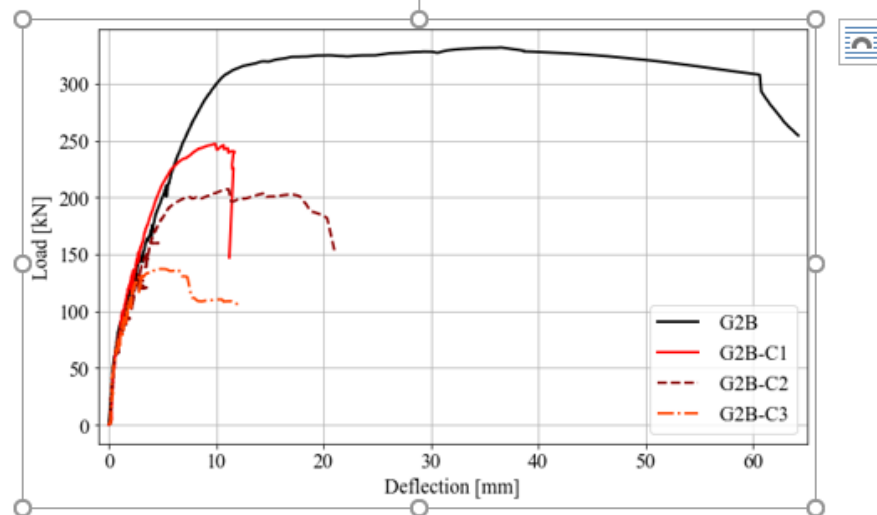
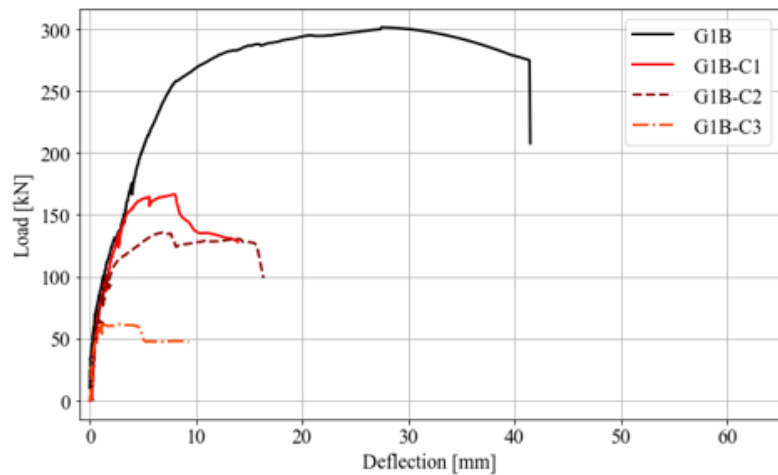
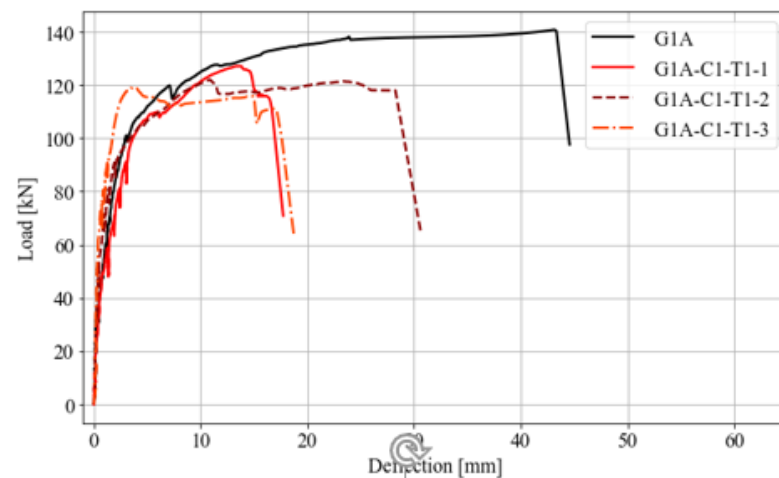
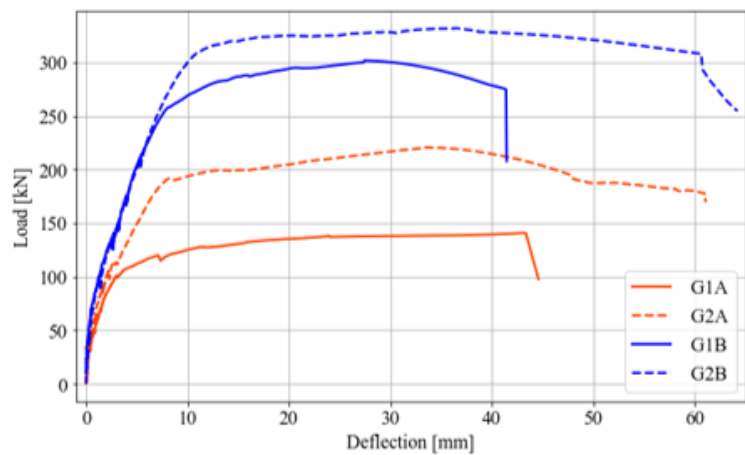
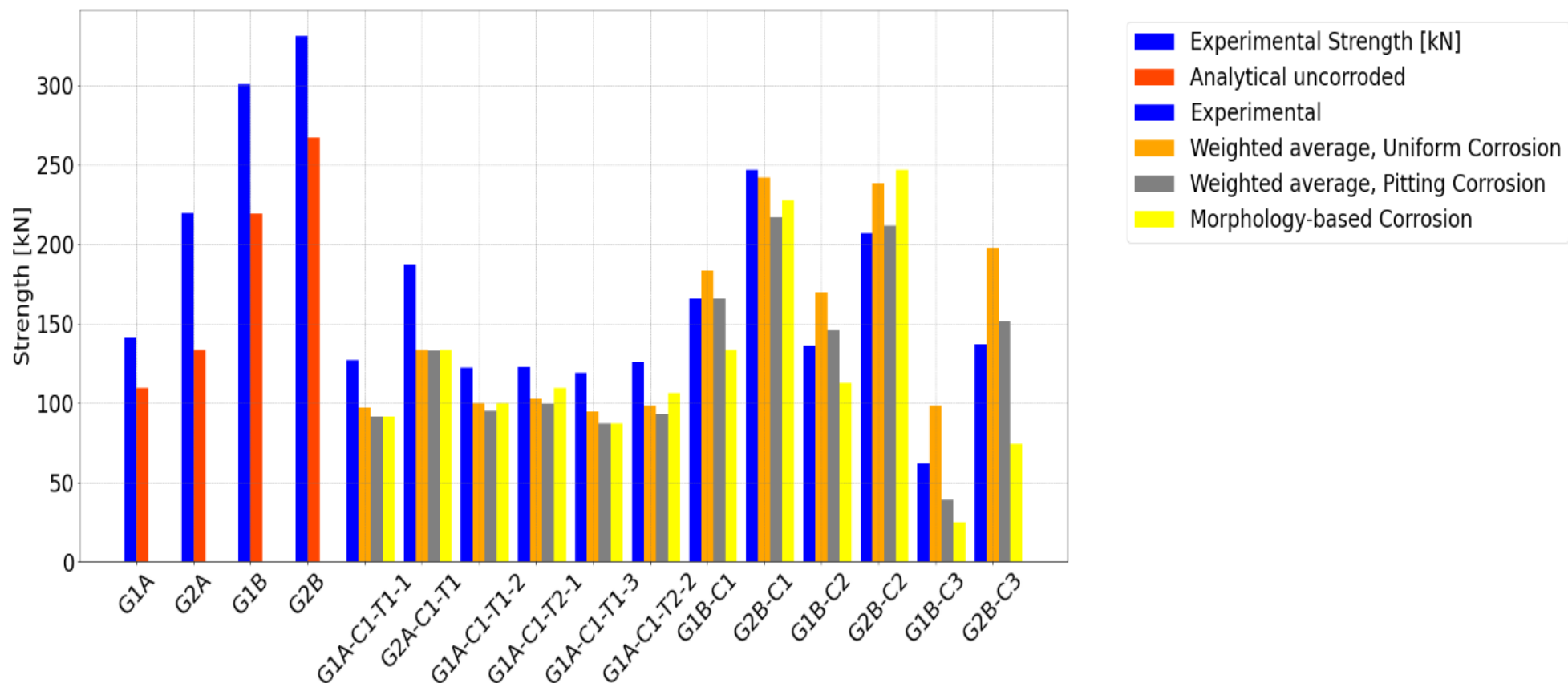


Figura 5-17. Curve carico spostamento.






## Accordo tra il CSLPP ed il Consorzio ReLUIS attuativo dei DM 578/2020 e DM 204/2022

### “L'applicazione delle linee guida per i ponti esistenti” Selle Gerber

coordinatori Proff. Edoardo Cosenza e Mauro Dolce



**Selle Gerber: soluzioni di rinforzo**  
**Maurizio Orlando**  
**Università degli Studi di Firenze**

Con il contributo dei  
gruppi di ricerca  
coordinati da:  
Beatrice Belletti  
Guido Camata  
Lidia La Mendola  
Gennaro Magliulo  
Alberto Meda  
Maurizio Orlando  
Giovanni Plizzari  
Antonino Recupero

## Tecniche di intervento

### Defunzionalizzazione / scarico

- installazione di travi a sbalzo o elementi di acciaio sotto le travi
- installazione di cavi di sospensione per le travi tampone
- puntellamento delle travi tampone (**intervento di emergenza** - **il rinforzo definitivo può essere rimandato, mantenendo le strutture provvisorie fino agli interventi di manutenzione programmati**)

### Solidarizzazione/chiusura delle selle

- Modifica dello schema statico
- Selle solidarizzate con armature e getto di continuità tra elementi

### Tecniche di rinforzo

- Placcaggio esterno con piastre di acciaio o con FRCM
- Inghisaggio di barre metalliche diagonali
- Installazione di barre metalliche esterne



Figura 1-16. Intervento di urgenza (Kun et al. 2015)

## Defunzionalizzazione / scarico

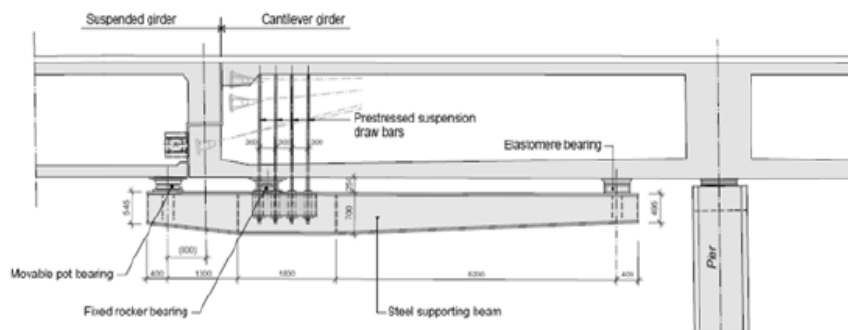


Figura 1-17. Installazione di travi di acciaio a sbalzo (Kun et al. 2015)

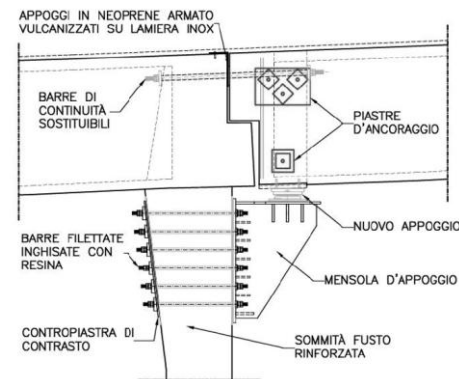
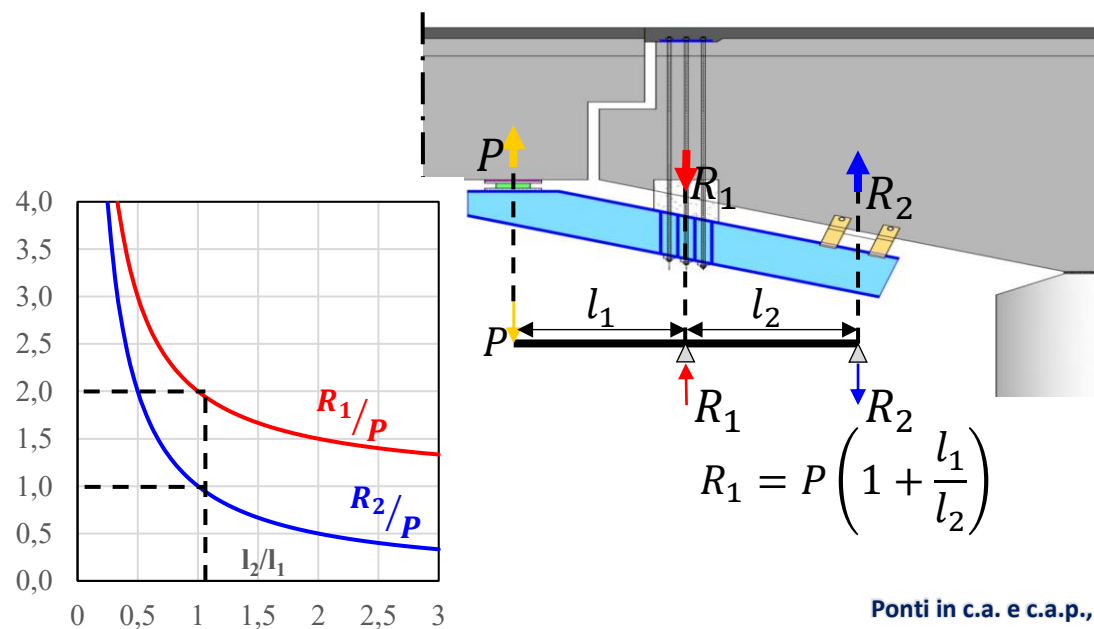
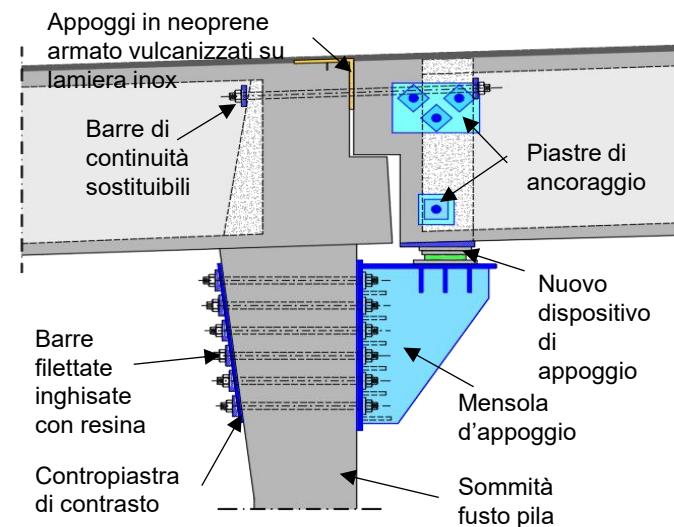


Figura 1-19. Installazione di mensola metallica per defunzionalizzazione di sella Gerber in prossimità di una pila (Morano 2022)



Ponti in c.a. e c.a.p., dispositivi di appoggio e selle Gerber

Selle Gerber - Marco di Prisco



## Defunzionalizzazione / scarico

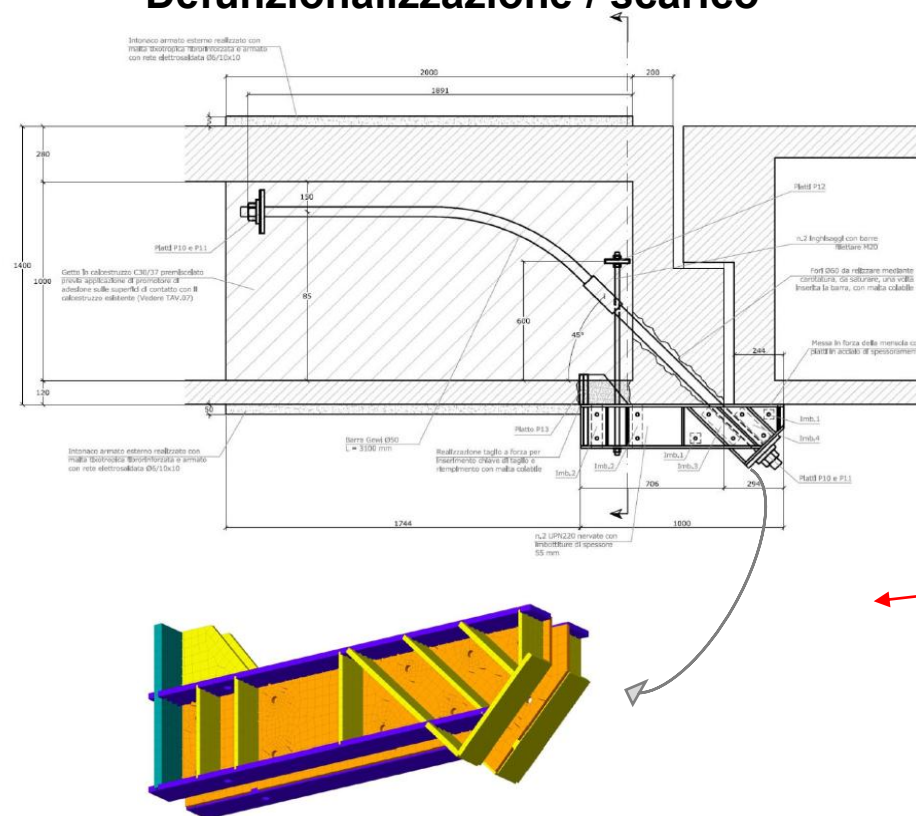


Figura 1-18. Installazione di elementi di acciaio all'intradosso del ponte di Beverino in provincia della Spezia (Mascia et al. 2019)

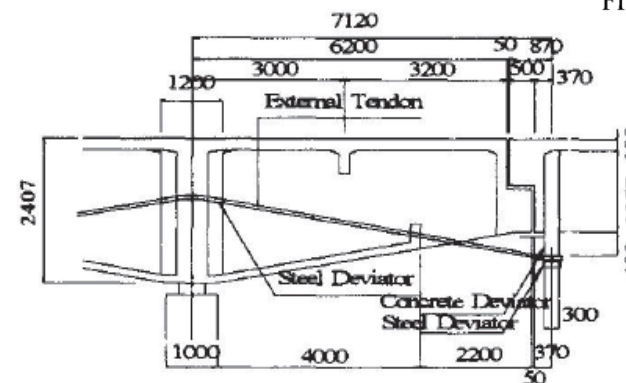
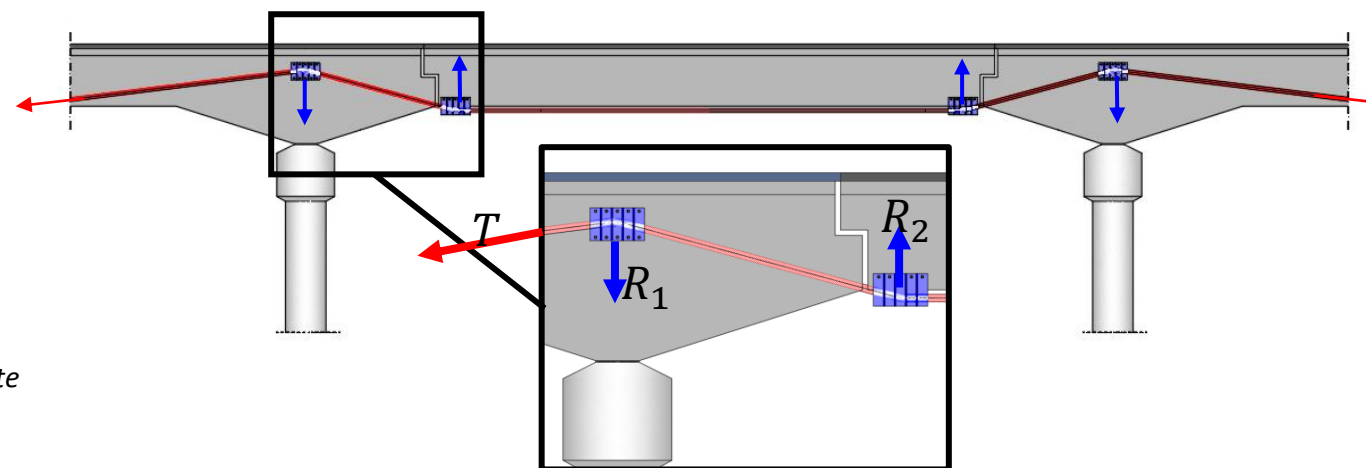


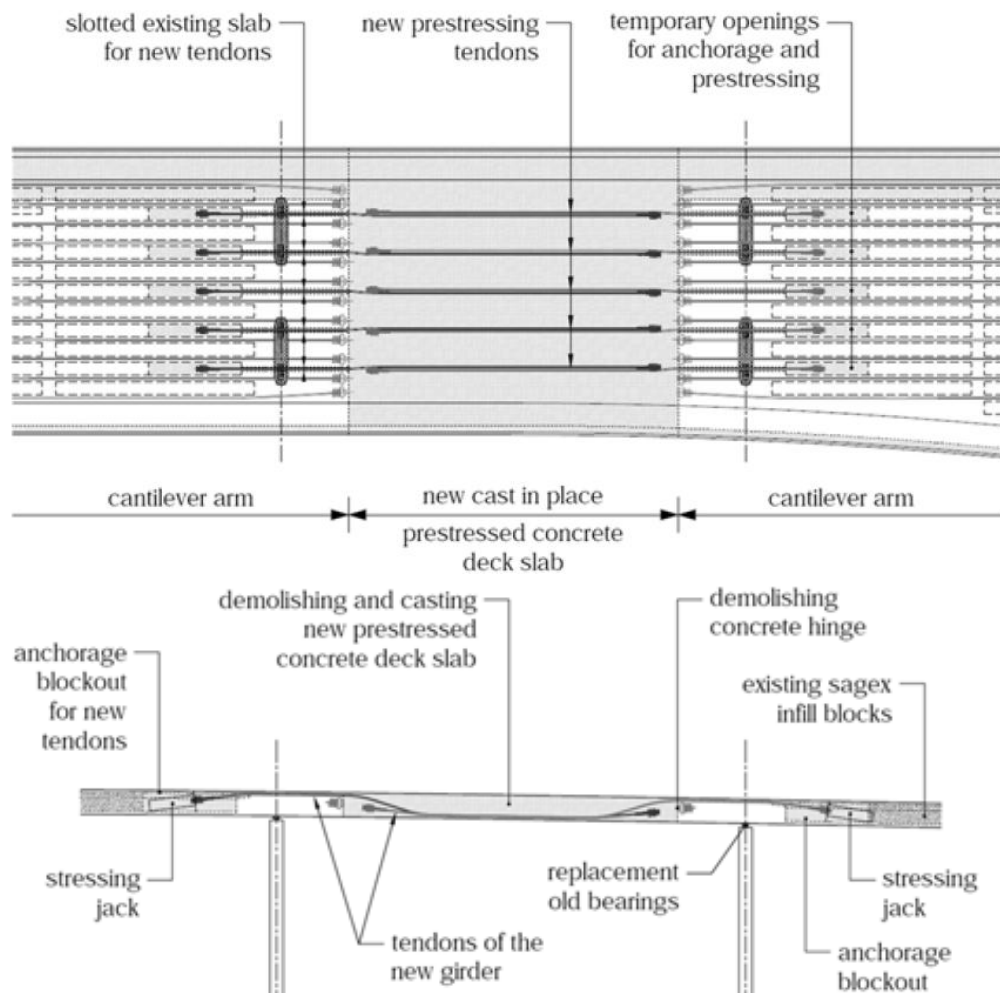
Figura 1-20. Installazione di cavi post-tesi esterni (Hino et al. 1999)



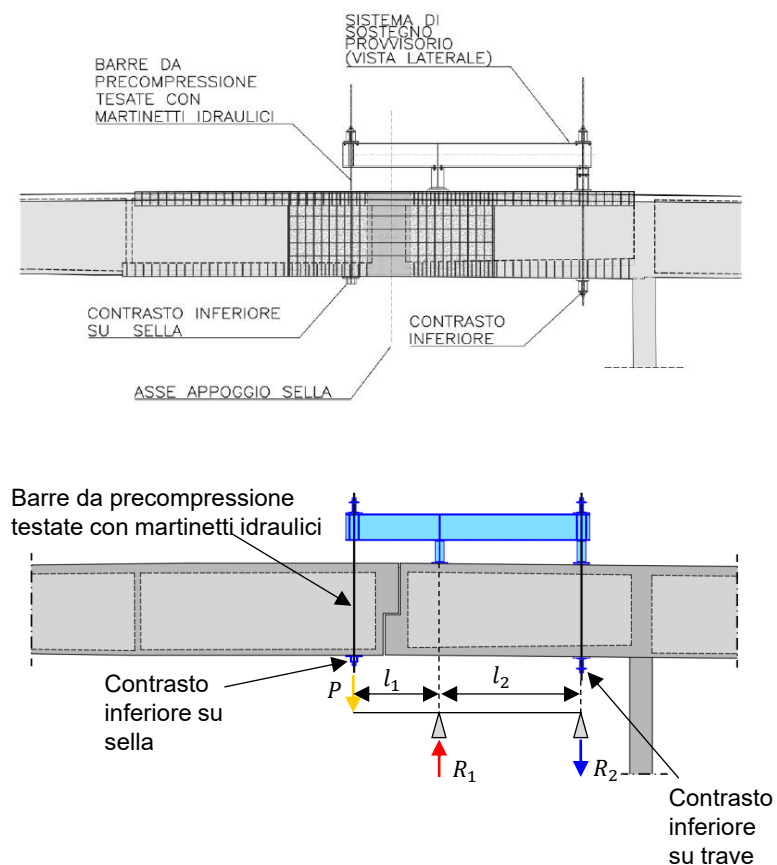
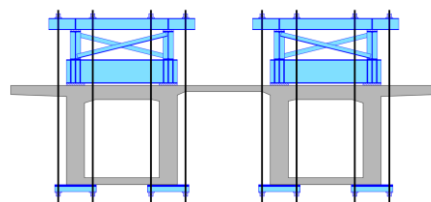
Valentina Picciano, Giuseppe Santarsiero, Angelo Masi, Giuseppe Ventura  
Review and analysis of RC bridge half-joints strengthening techniques  
Procedia Structural Integrity, Volume 62, 2024, Pages 1020-1027



## Solidarizzazione/chiusura delle selle



Chiusura di selle Gerber ed inserimento di cavi post-tesi (Kun 2015)



Chiusura di sella Gerber (Morano 2022)

# Soluzioni di retrofitting

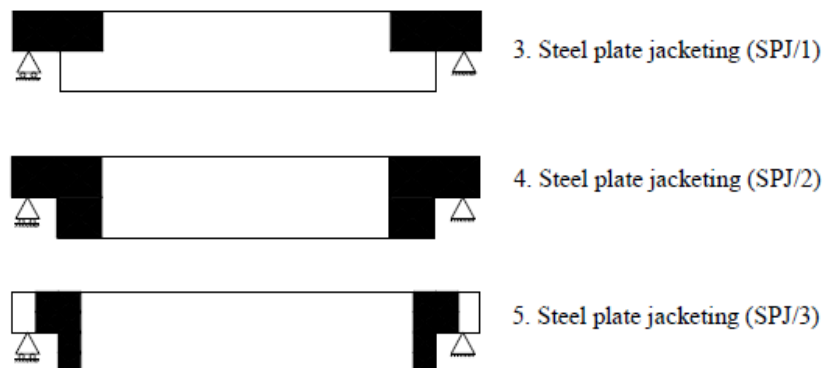


Figura 1-28. Sistemi di rinforzo con placcaggio in acciaio considerati nel programma sperimentale di Taher (2005).

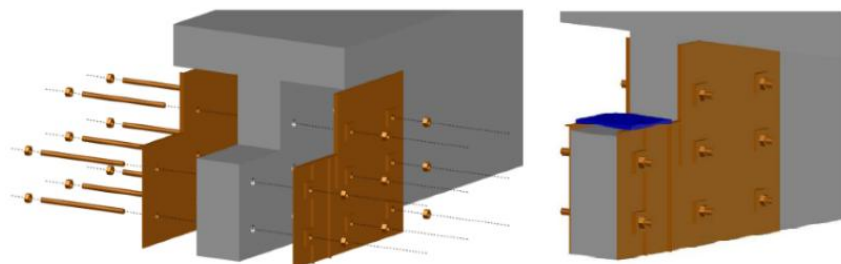


Figura 1-27. Placcaggio esterno con piastre d'acciaio: vista in sezione (a) vista laterale (b) (Bertagnoli et al. 2023)

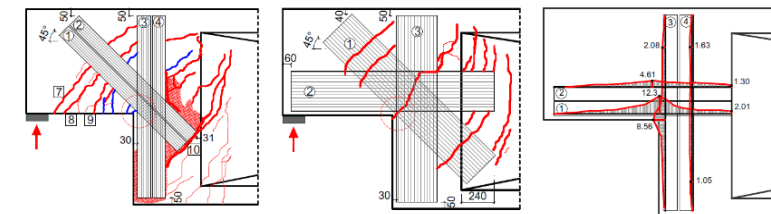
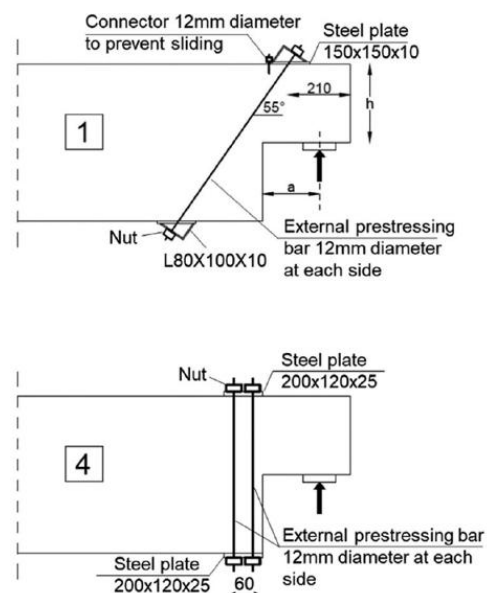


Figura 1-30. Illustrazione schematica dei sistemi di rinforzo provati da Nagy-György et al. (2012)



Atta and Taman (2016)

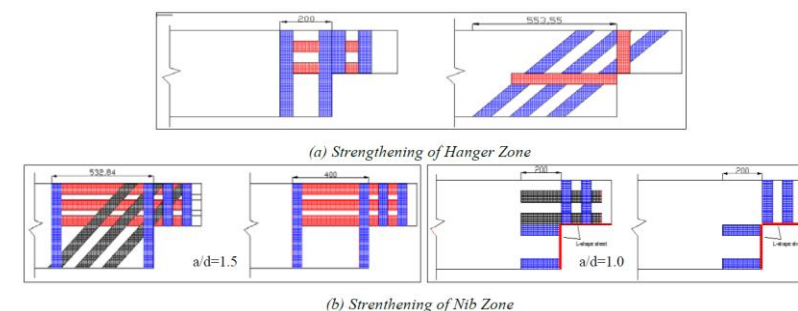


Figura 1-32. Configurazioni di rinforzo in CFRP proposte da Shakir & Abd (2019)

## Applicazione di rinforzo per casi critici di selle Gerber

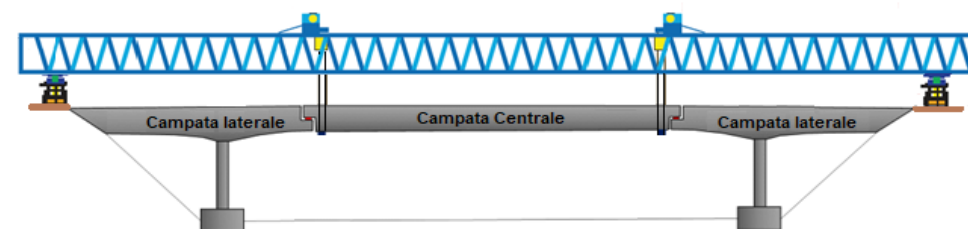
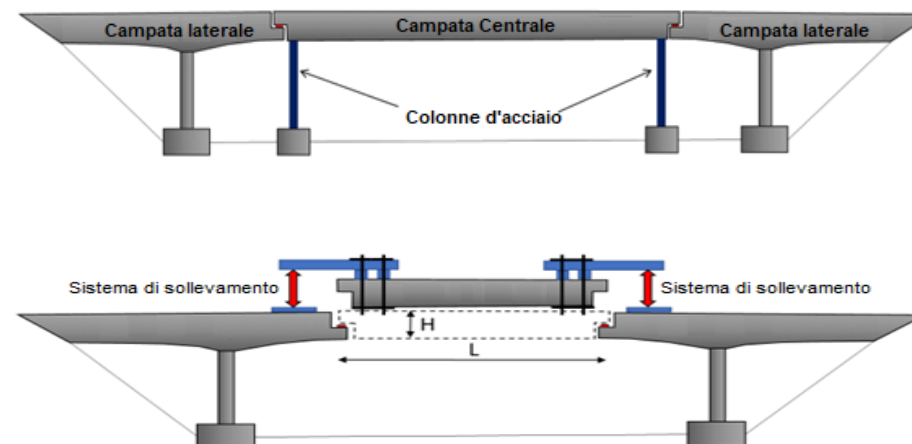
### Sollevamento della campata centrale per retrofitting sella

Il sollevamento della campata centrale agevola significativamente le operazioni di intervento per i seguenti motivi:

- consente un'ispezione diagnostica completa, incluse le porzioni delle selle normalmente di difficile accesso;
- facilita l'esecuzione delle operazioni di retrofitting, garantendo un'adequata applicazione delle malte da ripristino;
- permette la demolizione e la ricostruzione, nei casi critici, delle porzioni fortemente degradate;
- consente la sostituzione degli appoggi con dispositivi di nuova generazione, conformi agli attuali standard di sicurezza e durabilità.

L'impiego del carro di varo presenta alcuni vantaggi:

- Libera completamente lo spazio sottostante, evitando la necessità di una parzializzazione del traffico da parte del gestore della viabilità inferiore;
- Elimina il rischio di urto accidentale degli elementi verticali da parte dei veicoli in transito sulla via sottostante;
- Consente il riutilizzo della struttura di sollevamento su manufatti strutturalmente analoghi nel caso di interventi ripetuti.

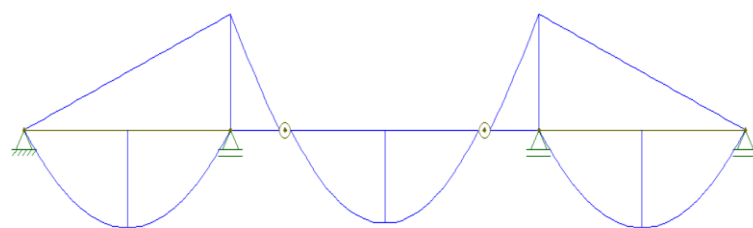




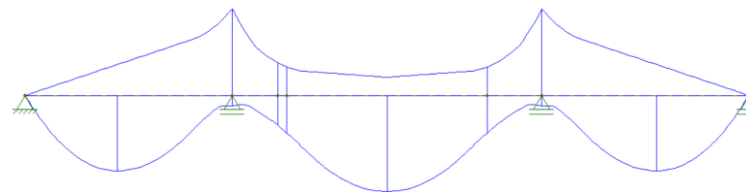
## Applicazione di rinforzo per casi critici di selle Gerber

### Chiusura della sella

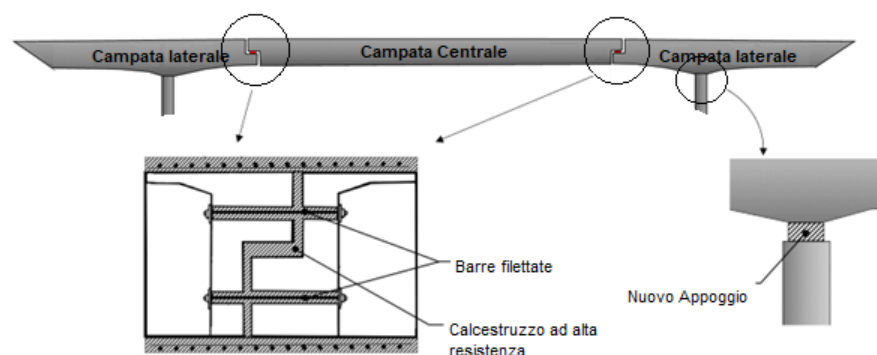
Una soluzione molto attraente consiste nella connessione degli impalcanti, in corrispondenza dei giunti Gerber, modificando in questo modo totalmente lo schema statico del ponte cioè passando da una condizione isostatica ad una iperstatica di impalcato continuo su più appoggi



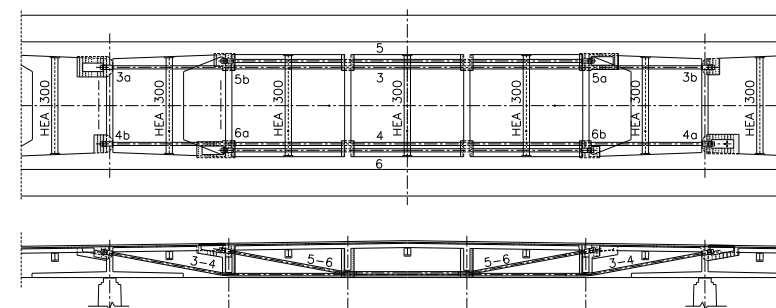
Trave Gerber



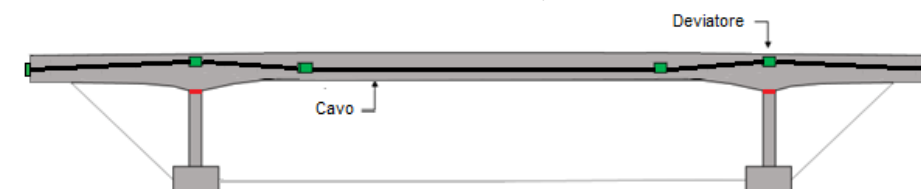
Trave continua



Fukuoka (1999)



Cardinale e Orlando, 2003



Granata et al., 2022

Ponti in c.a. e c.a.p., dispositivi di appoggio e selle Gerber

Selle Gerber - Marco di Prisco

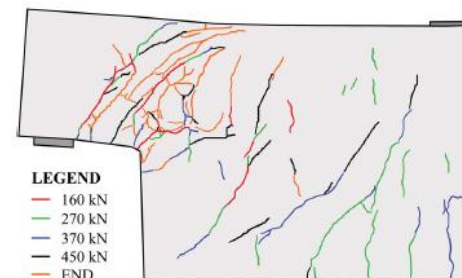
# Soluzioni di retrofitting



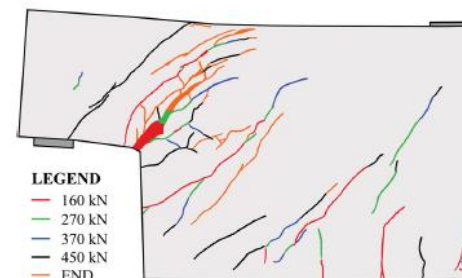
(a)



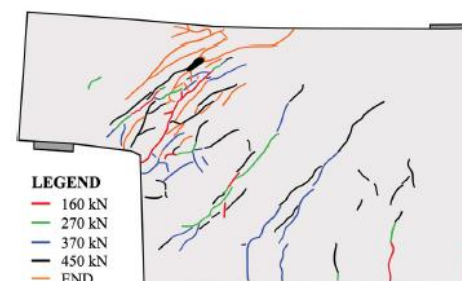
(b)



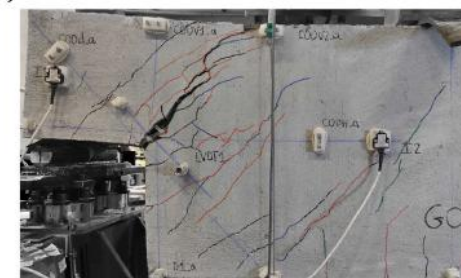
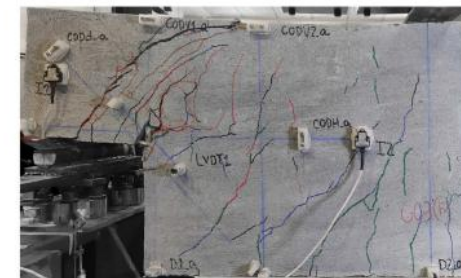
(a)



(b)

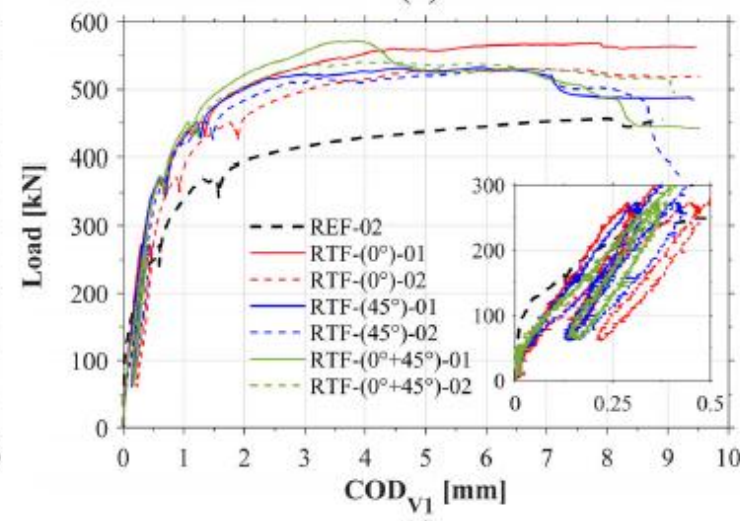
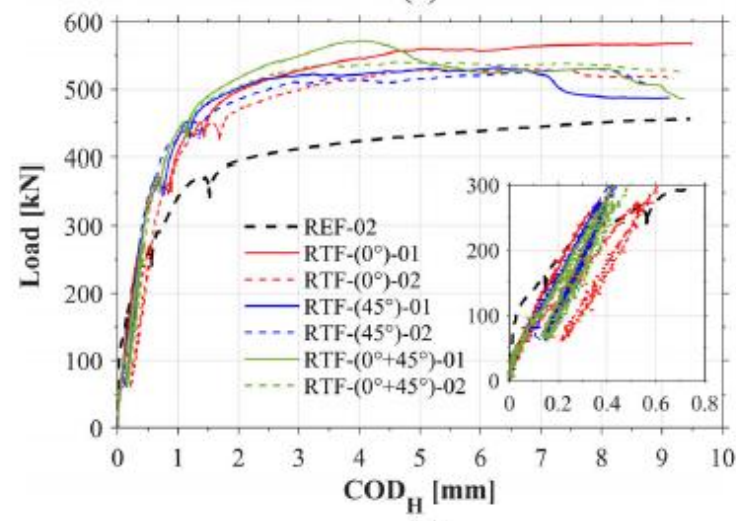
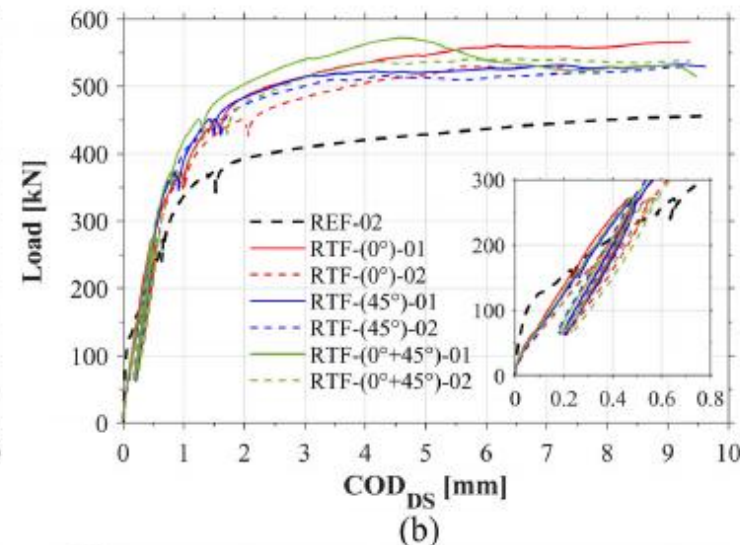
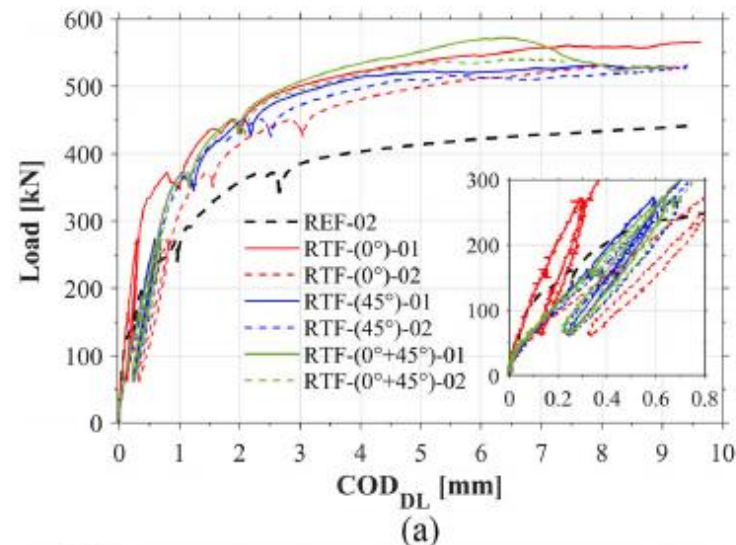
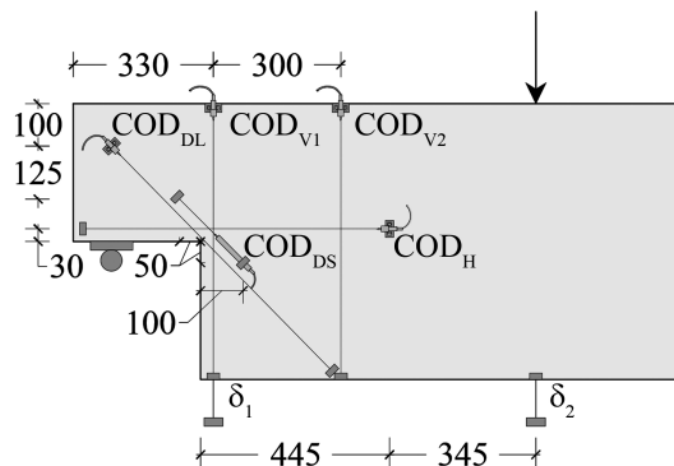


(c)



Flores Ferreira, K., Rampini, MC., Zani, G., Colombo, M., & di Prisco, M. 2023. "Experimental investigation on the use of Fabric-Reinforced Cementitious Mortars for the retrofitting of reinforced concrete dapped-end beams". *Structural Concrete*, 1–29. <https://doi.org/10.1002/suco.202200743>.

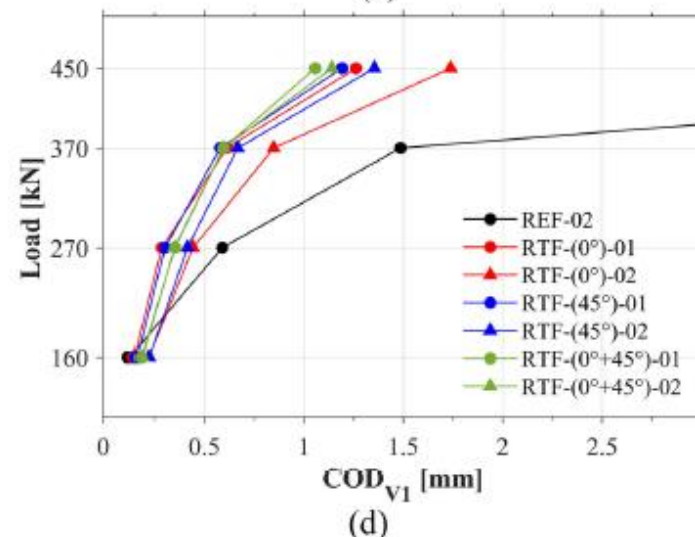
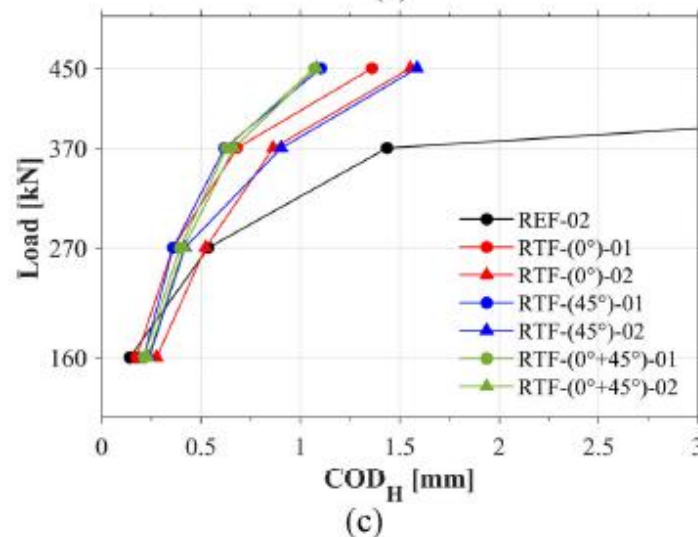
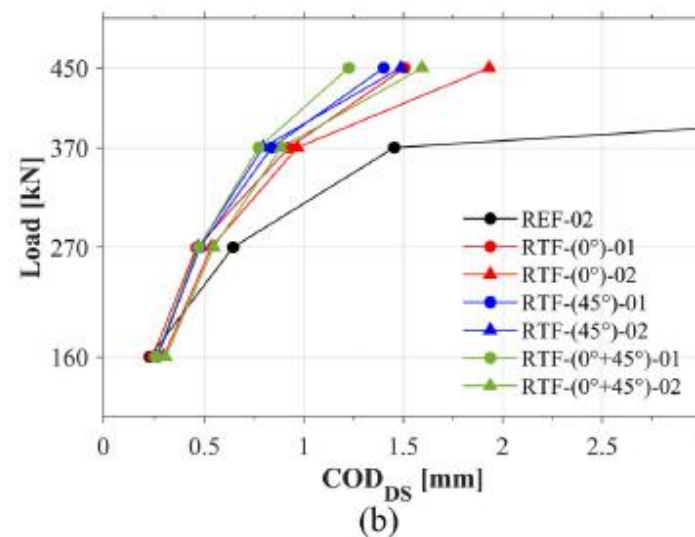
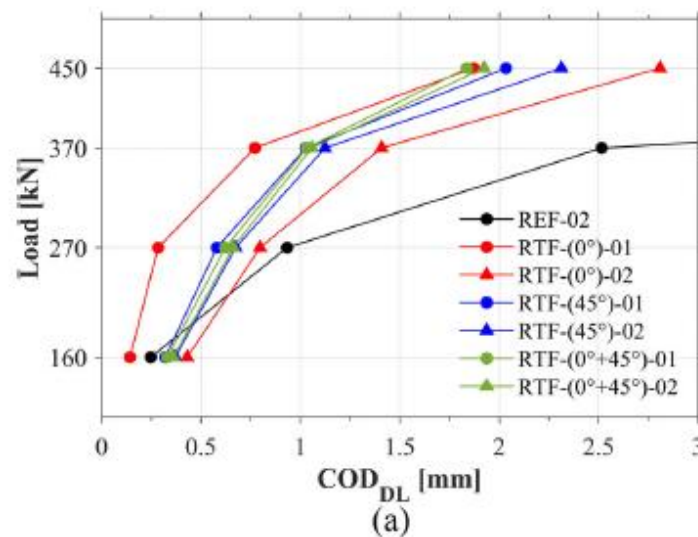
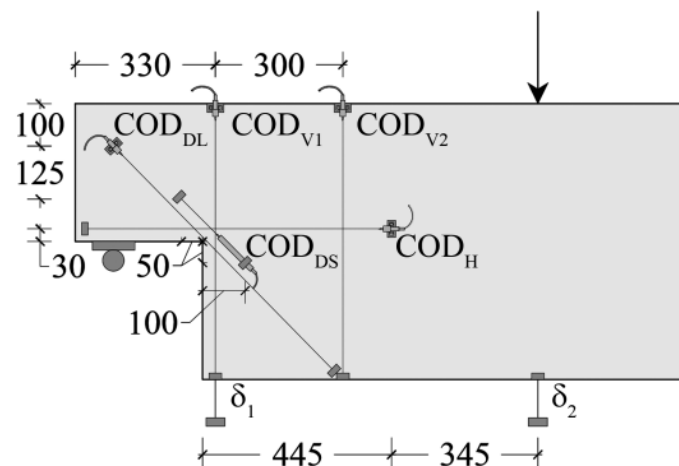




Ponti in c.a. e c.a.p., dispositivi di appoggio e selle Gerber

Selle Gerber - Marco di Prisco

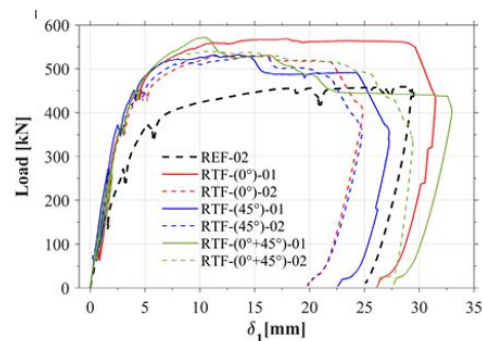
# Soluzioni di retrofitting



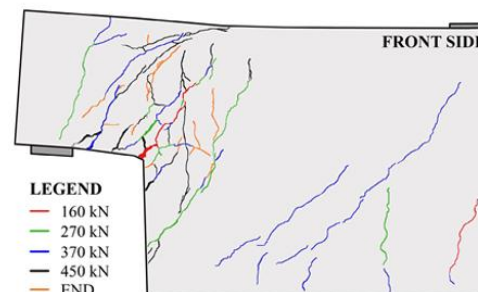
Ponti in c.a. e c.a.p., dispositivi di appoggio e selle Gerber

Selle Gerber - Marco di Prisco

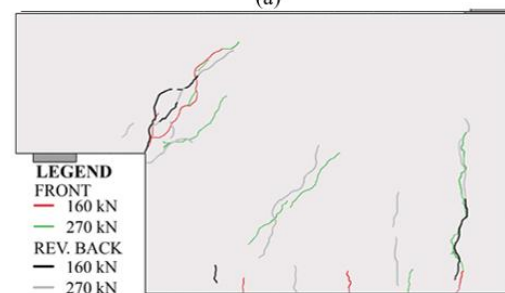
# Soluzioni di retrofitting



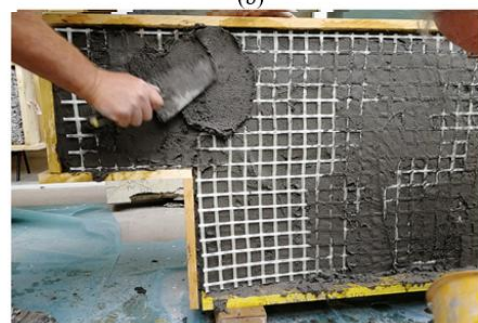
(a)



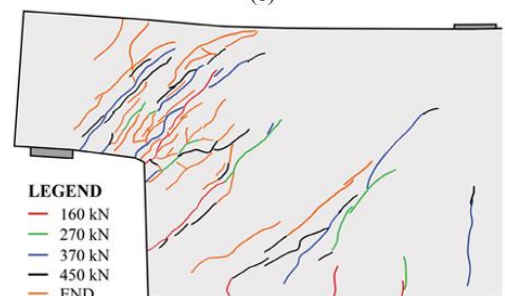
(b)



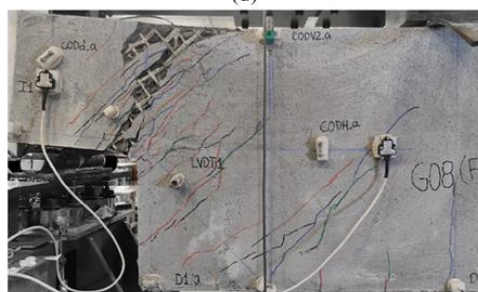
(c)



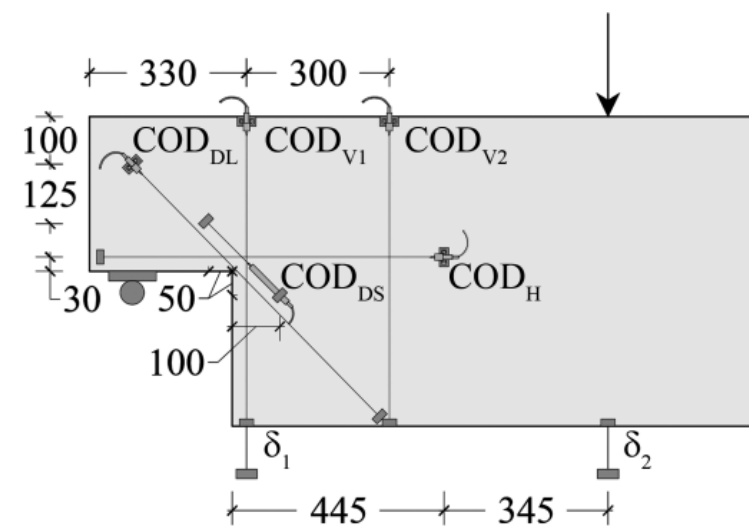
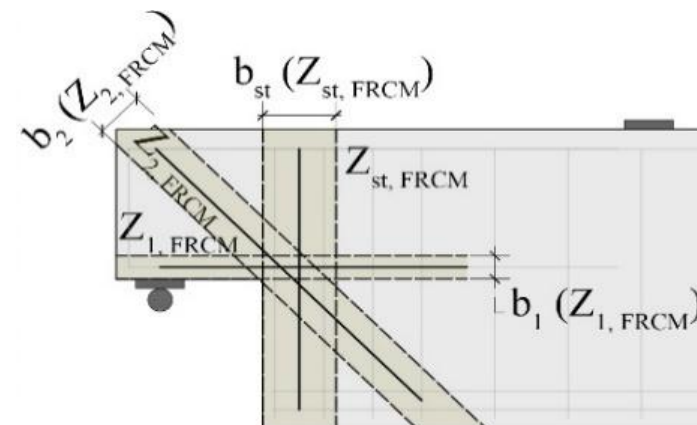
(d)



(e)



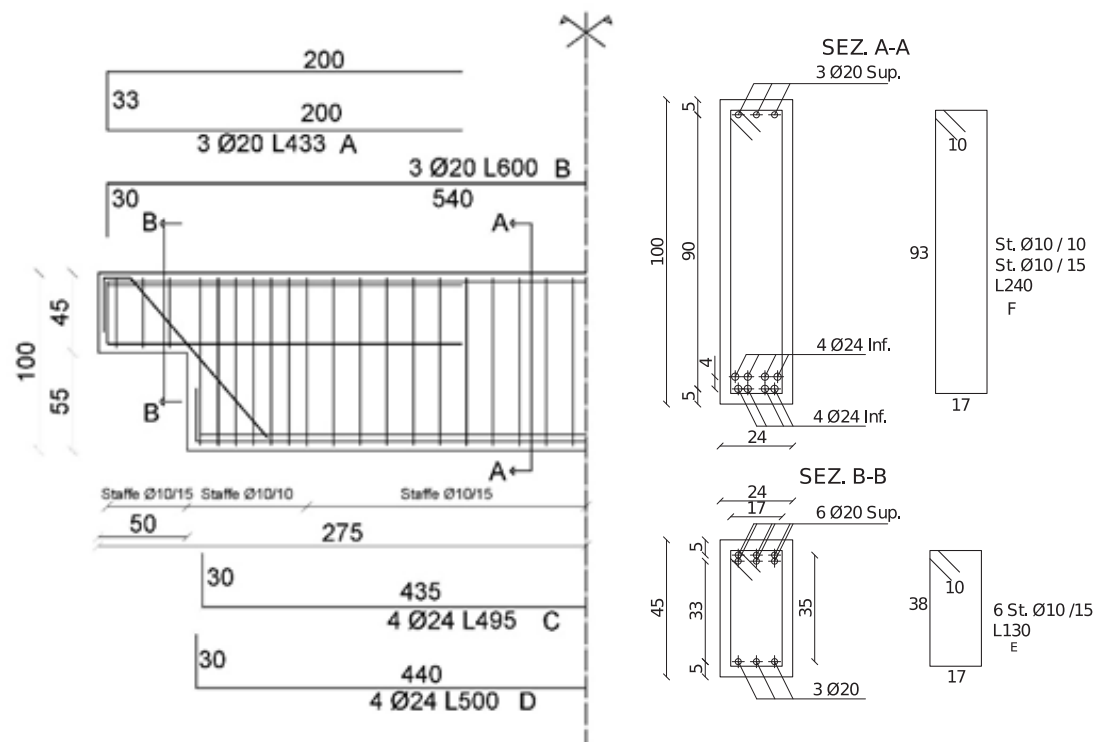
(f)





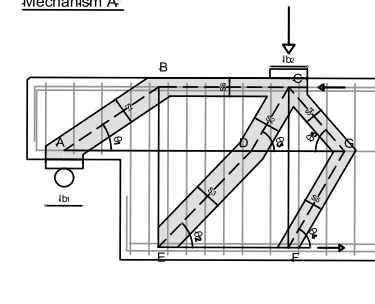
# Soluzioni di retrofitting

SEZ. Longitudinale

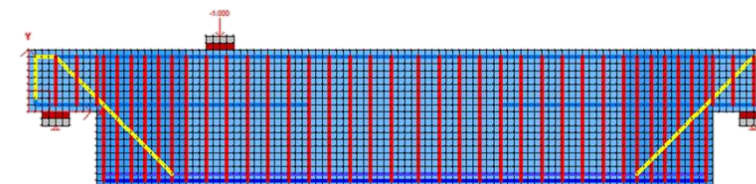
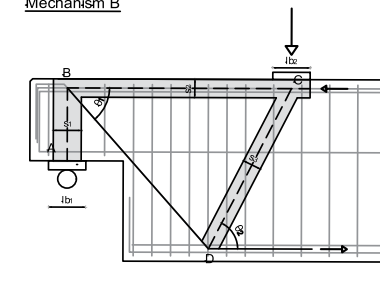


4 travi C50/60 prefabbricate con selle Gerber; due travi appartengono alla tipologia A e due alla tipologia B  
La tipologia B si differenzia dalla tipologia A per la presenza delle due barre diagonali, di diametro 12 mm, in prossimità di ciascuna rastremazione.

Mechanism A\*



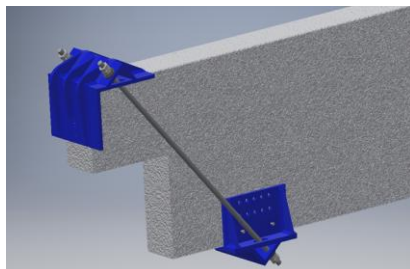
Mechanism B



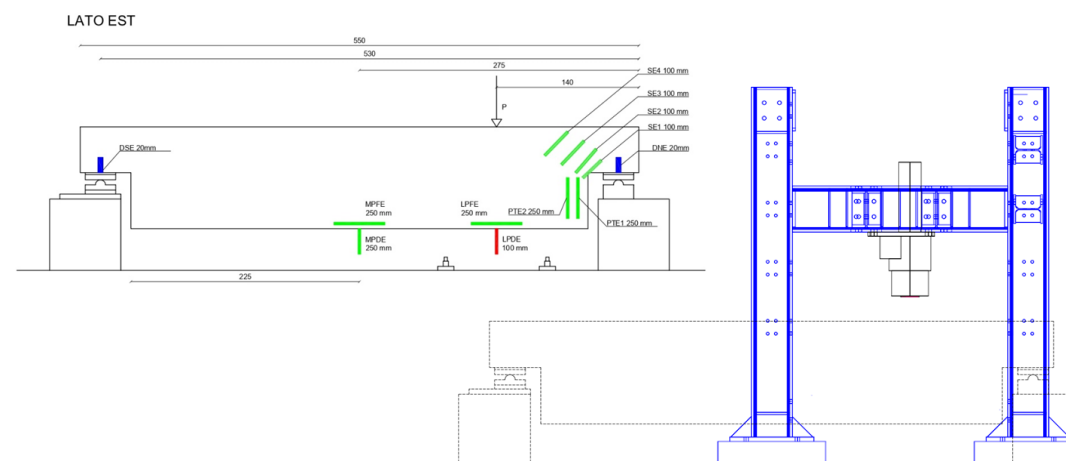
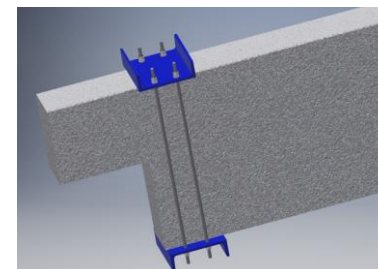
| Tipologia trave | ID Prova/Modello | Descrizione            | P <sub>max</sub> [kN] | P <sub>max,sperimentale</sub> /P <sub>max</sub> [%] | Primo elemento in crisi |
|-----------------|------------------|------------------------|-----------------------|---|-------------------------|
| A1              | A1_DX            | Non fessurata          | 444                   | 100%  | Prima staffa            |
|                 | A1_SX            | Fessurata da A1_DX     | 430                   | 103%  | Prima staffa            |
|                 | A1_VT2           | FEM VecTor2            | 459                   | 97%   | Prima staffa            |
|                 | A1_S&T           | Strut & Tie            | 419                   | 106%  | Staffe (tirante BE)     |
| B1              | B1_DX            | Fessurata inizialmente | 504                   | 108%  | Prima staffa/diagonale  |
|                 | B1_SX            | Fessurata da B1_DX     | 545                   | 100%  | Prima staffa/diagonale  |
|                 | B1_VT2           | FEM VecTor2            | 578                   | 94%   | Prima staffa/diagonale  |
|                 | B1_S&T           | Strut & Tie            | 533                   | 102%  | Prima staffa/diagonale  |

# Soluzioni di retrofitting

**Beam type A2: 2 M30 cl. 8.8**

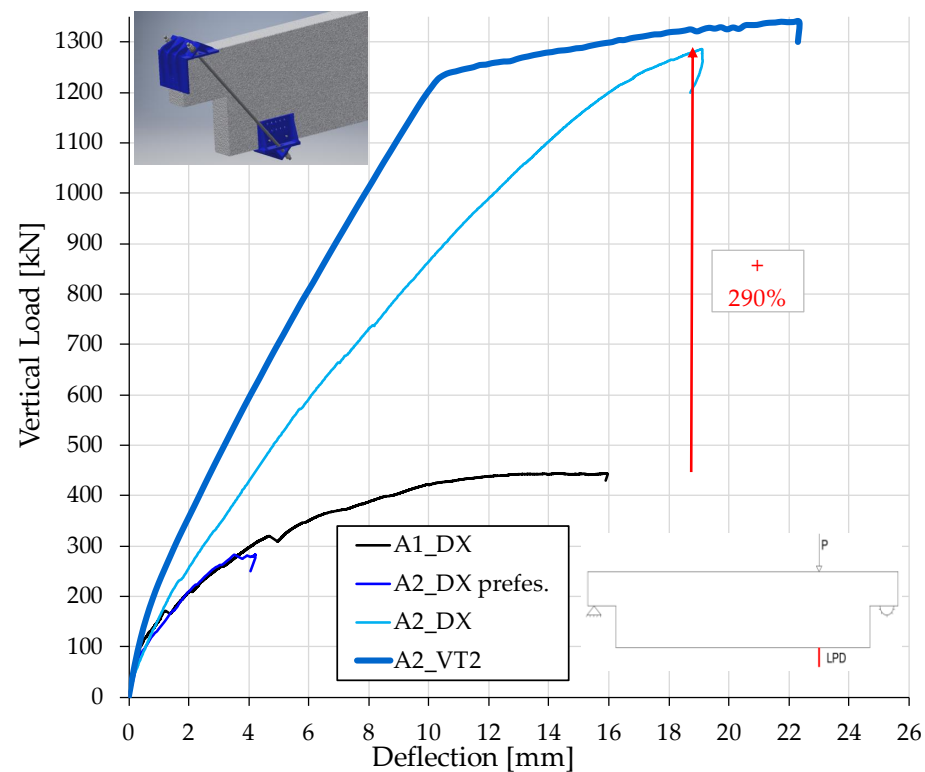


**Beam type B2: 4 M18 cl. 8.8**

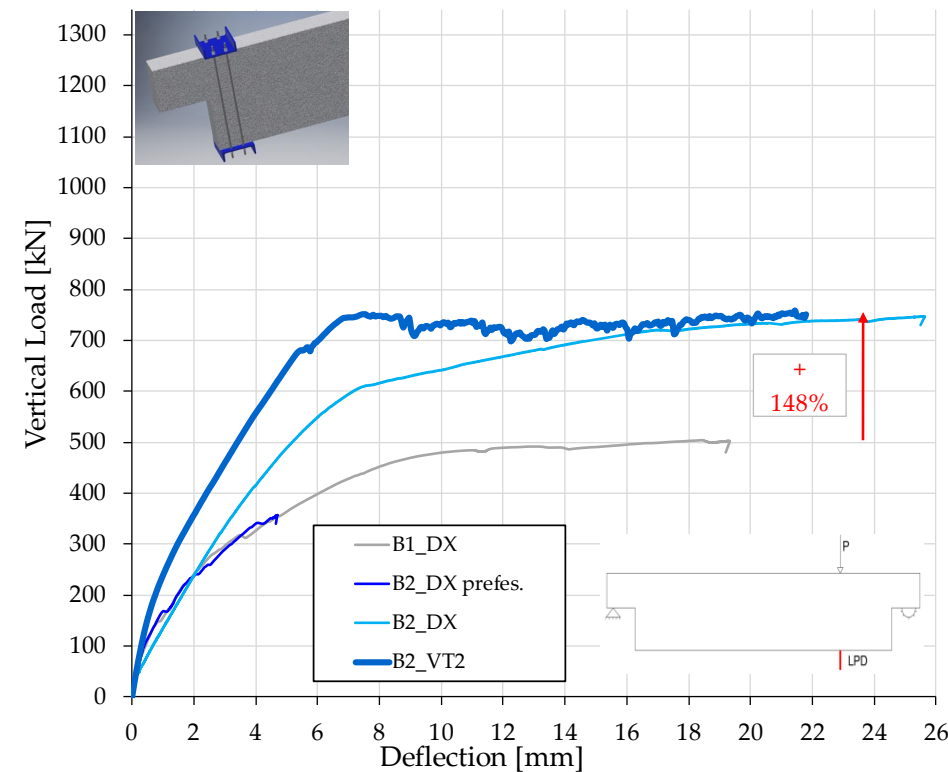


# Soluzioni di retrofitting

Vertical Load vs. Load Point Deflection



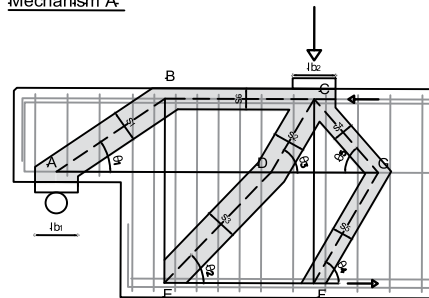
Vertical Load vs. Load Point Deflection



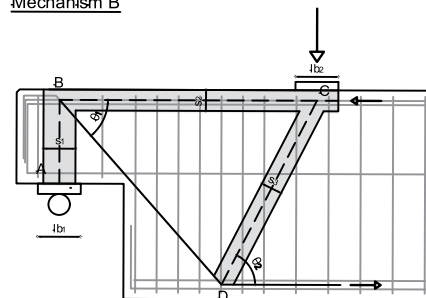


# Soluzioni di retrofitting

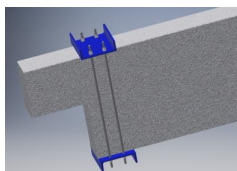
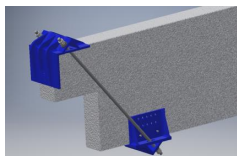
Mechanism A\*



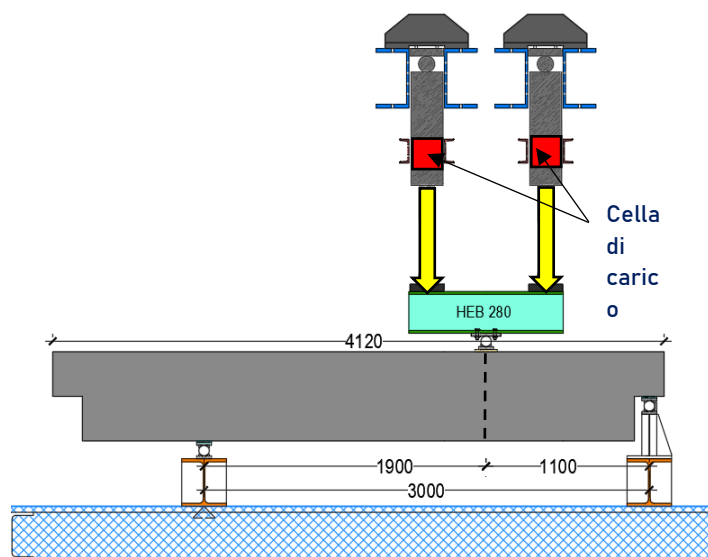
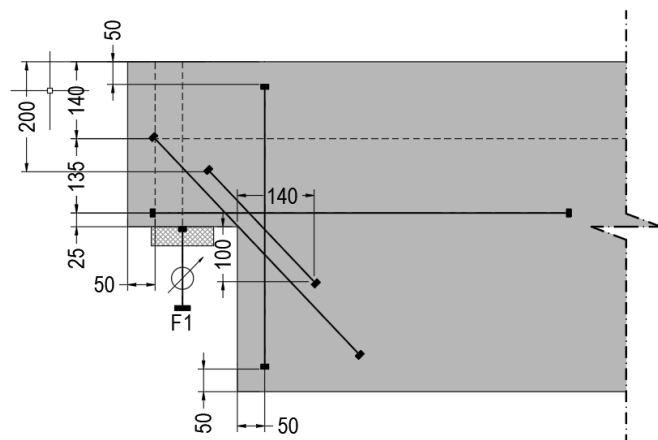
Mechanism B



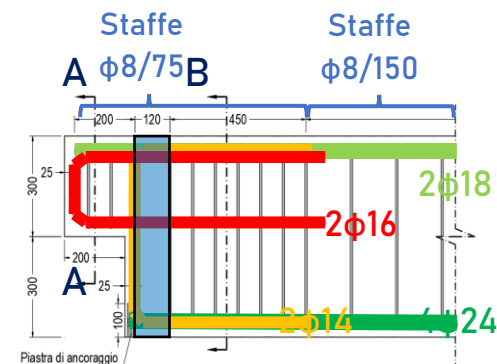
| Tipologia trave | ID Prova/Modello | Descrizione        | $P_{max}$ [kN] | $P_{max, sperimentale}/P_{max}$ [%] | Primo elemento in crisi                 |
|-----------------|------------------|--------------------|----------------|-------------------------------------|---|
| A2              | A2_DX            | Prefessurata       | 1287           | 101%                                | Puntone orizzontale BC                  |
|                 | A2_SX            | Fessurata da A2_DX | 1306           | 100%                                | Puntone orizzontale BC                  |
|                 | A2_VT2           | FEM VecTor2        | 1340           | 97%                                 | Puntone orizzontale BC                  |
|                 | A2_S&T           | Strut & Tie        | 1308           | 100%                                | Staffe (tirante BE)/puntone orizzontale |
| B2              | B2_DX            | Prefessurata       | 747            | 102%                                | Diagonale                               |
|                 | B2_SX            | Fessurata da B2_DX | 761            | 100%                                | Diagonale                               |
|                 | B2_VT2           | FEM VecTor2        | 758            | 100%                                | Diagonale interno BE                    |
|                 | B2_S&T           | Strut & Tie        | 649            | 117%                                | Staffe (tirante BE)/diagonale           |



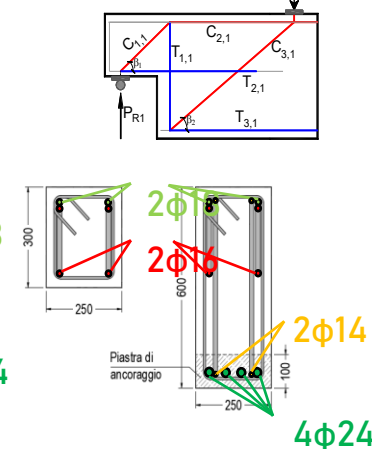
# Soluzioni di retrofitting



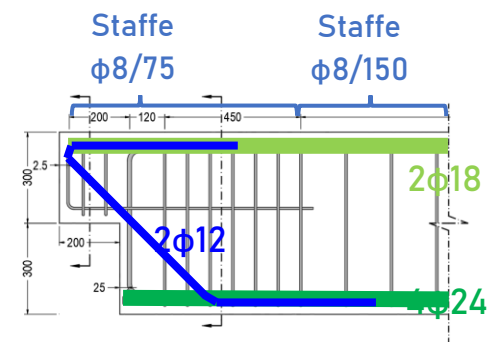
## Tipologia T1



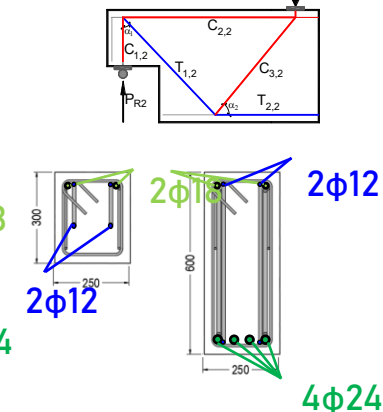
## TRALICCIO 1 EC2



## Tipologia T2

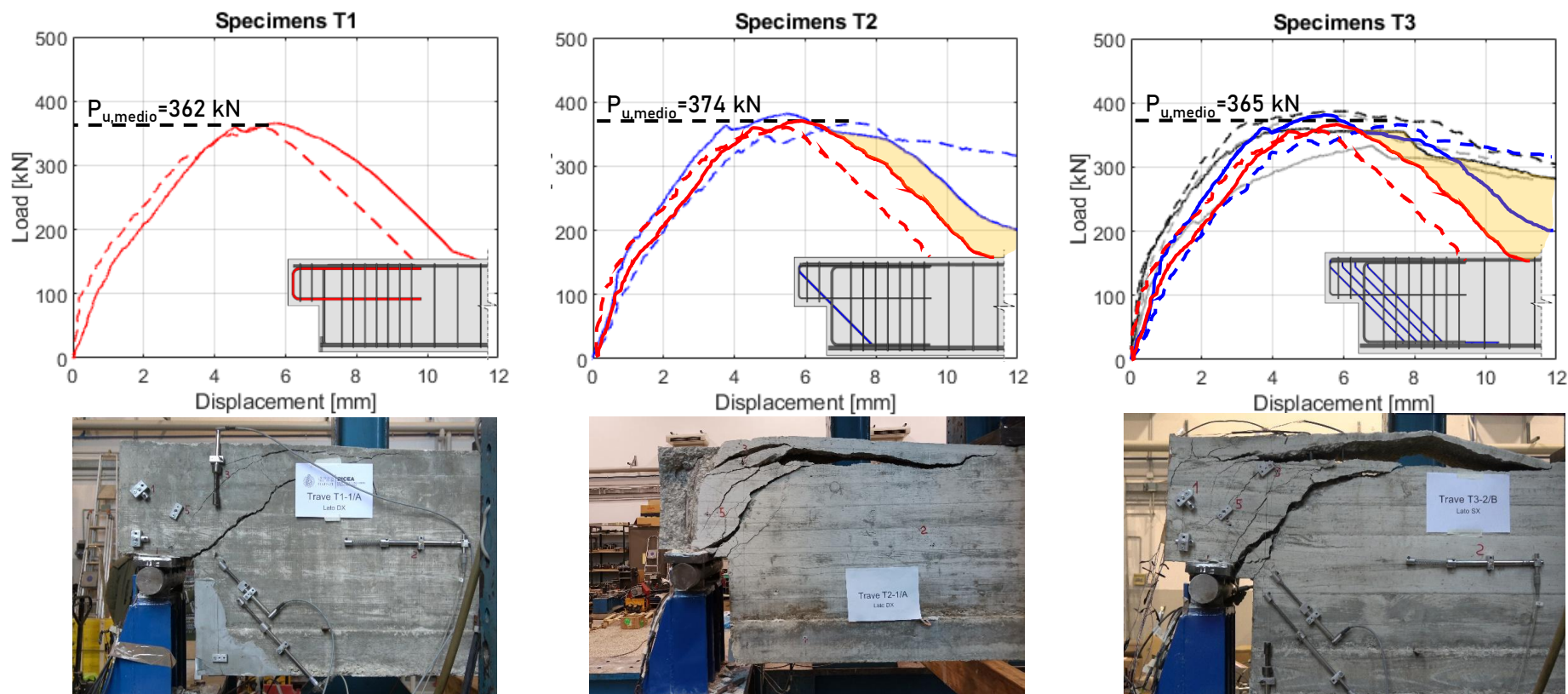


## TRALICCIO 2 EC2



# Soluzioni di retrofitting

## Risultati delle prove selle non rinforzate

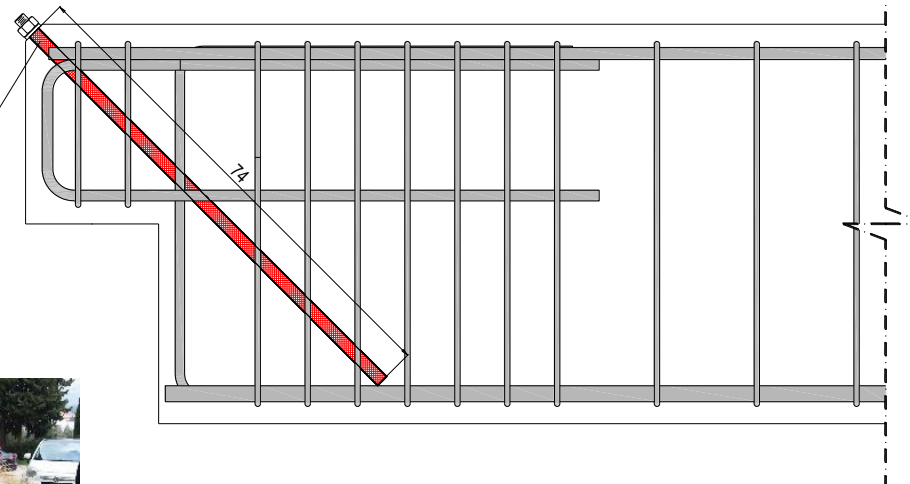


Giovanni Menichini; Federico Gusella; Salvatore Giacomo Morano; Maurizio Orlando (2025).  
RC dapped-end beams with various reinforcement layouts: An experimental investigation.  
ENGINEERING STRUCTURES, vol. 322, pp. 1-21, ISSN:1873-7323

# Soluzioni di retrofitting

## RINFORZO CON BARRA DIAGONALE POST-INSTALLATA

Barra filettata Ø18  
classe 8.8 inclinata a 45°  
e inghisata con resina  
epossidica. Foro Ø22



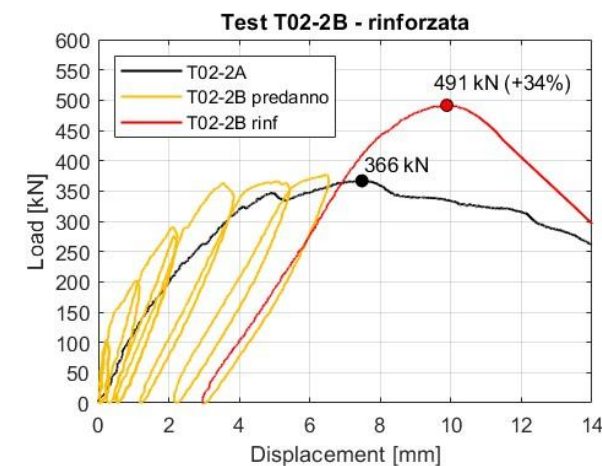
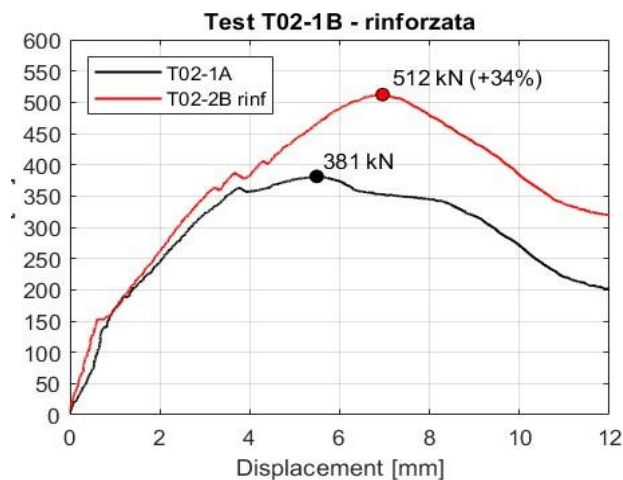
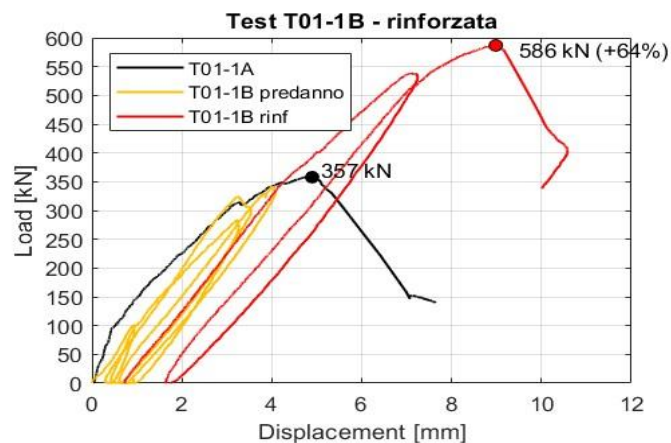
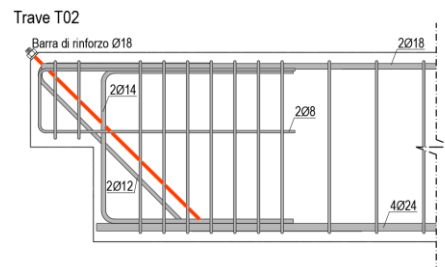
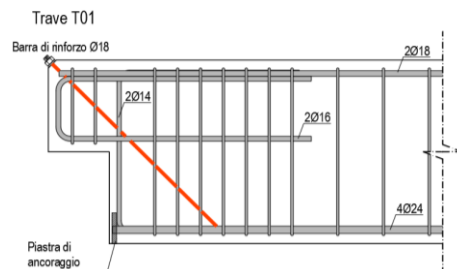
Realizzazione dei fori





# Soluzioni di retrofitting

## RINFORZO CON BARRA DIAGONALE POST-INSTALLATA



# Soluzioni di retrofitting

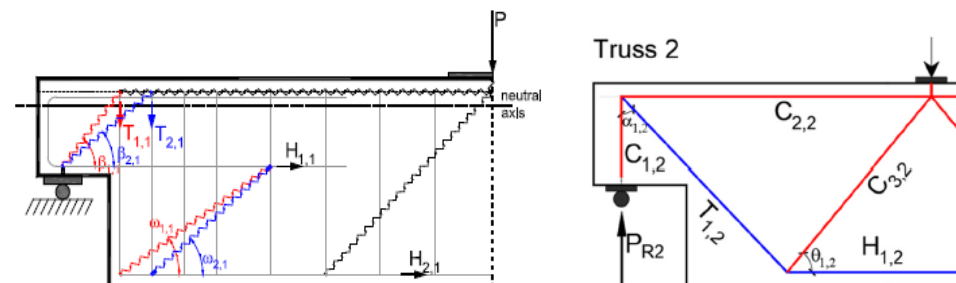
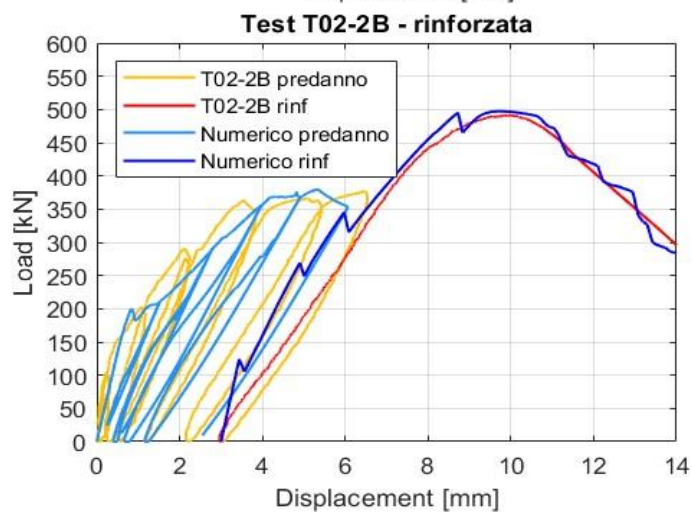
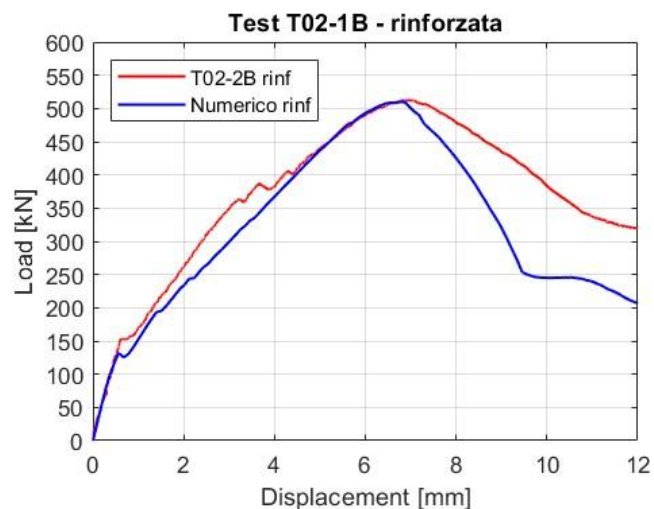
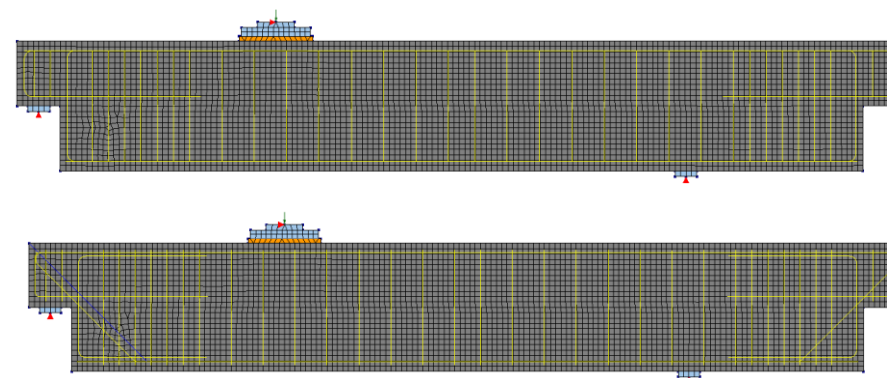


Tabella 6-2 Valori ragione la vincolo sotto la sella, modelli analitici (S&T) e risultati sperimentali (Exp)

| Specimen | S&T [kN] | Exp [kN] | S&T/Exp |
|----------|----------|----------|---------|
| T01R     | 370      | 369      | 100%    |
| T02R     | 283      | 316      | 90%     |

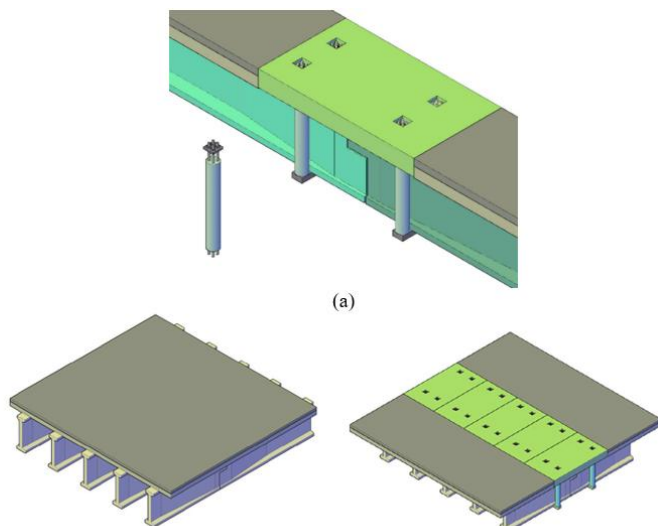


Ponti in c.a. e c.a.p., dispositivi di appoggio e selle Gerber

Selle Gerber - Marco di Prisco

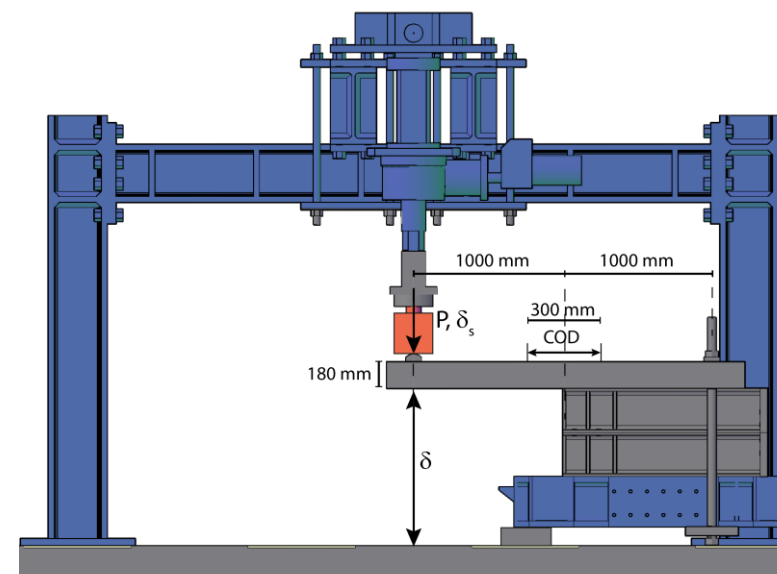
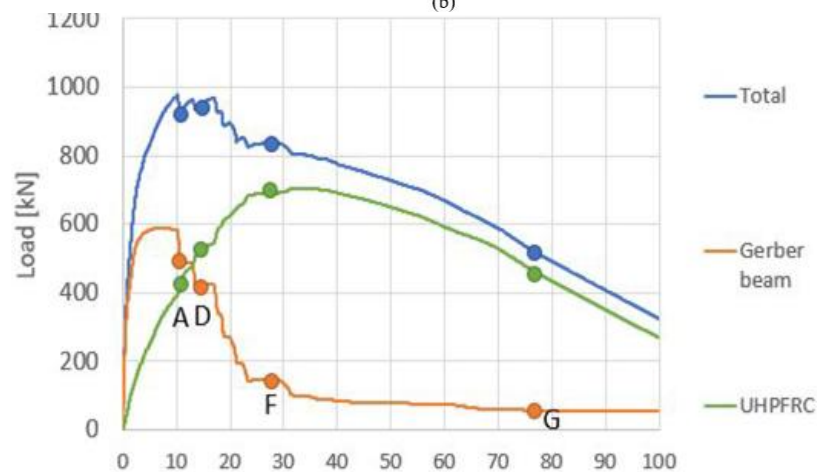
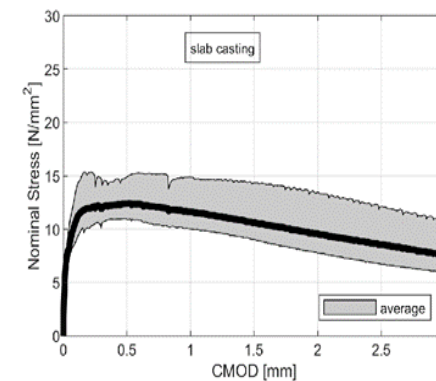
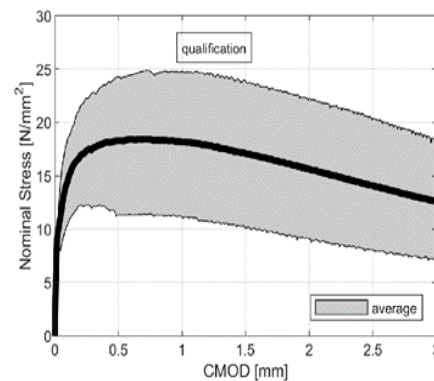
# Soluzioni di retrofitting

## Slab in UHPFRC



(a)

(b)

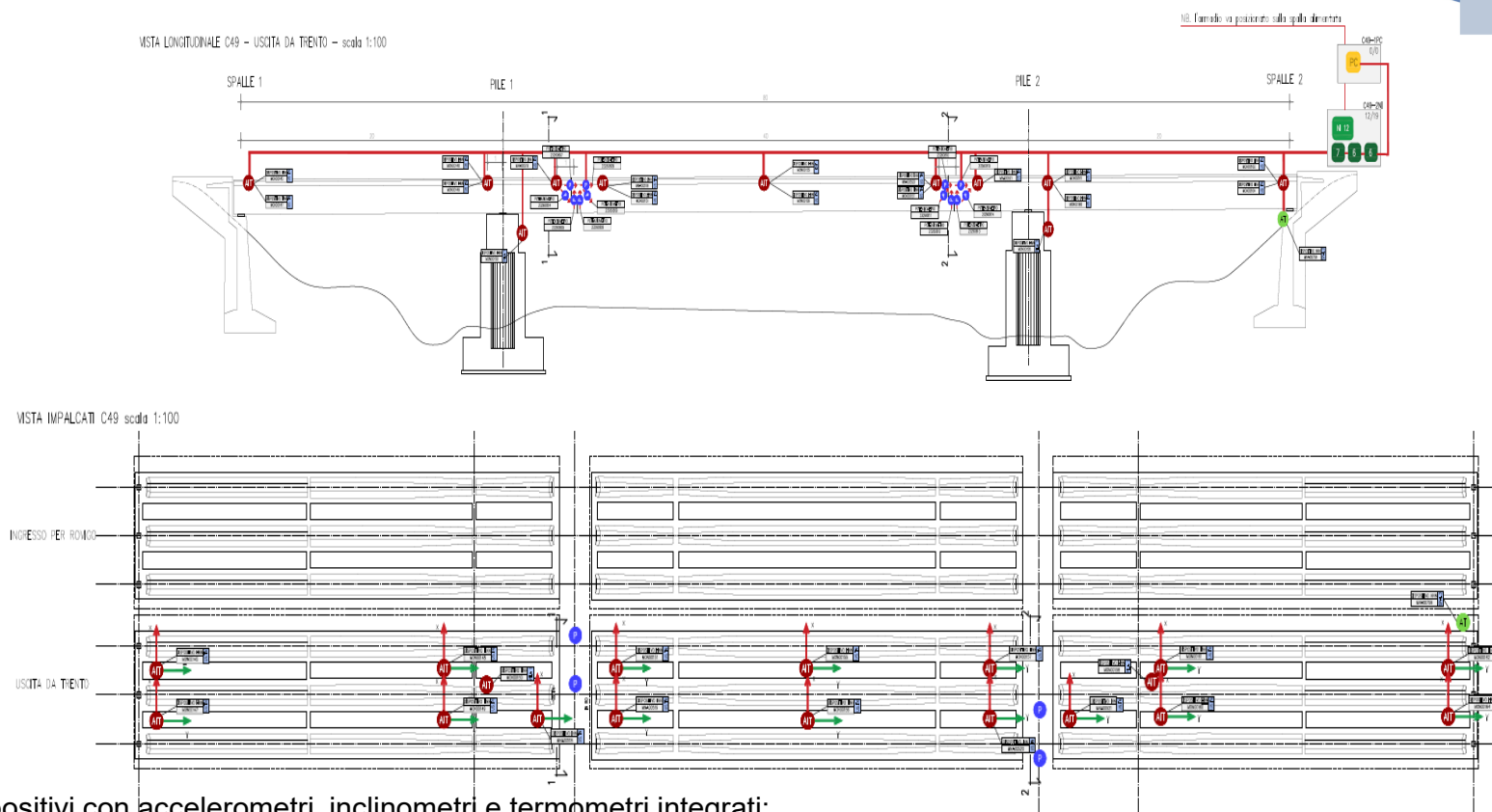


Ponti in c.a. e c.a.p., dispositivi di appoggio e selle Gerber

Selle Gerber - Marco di Prisco



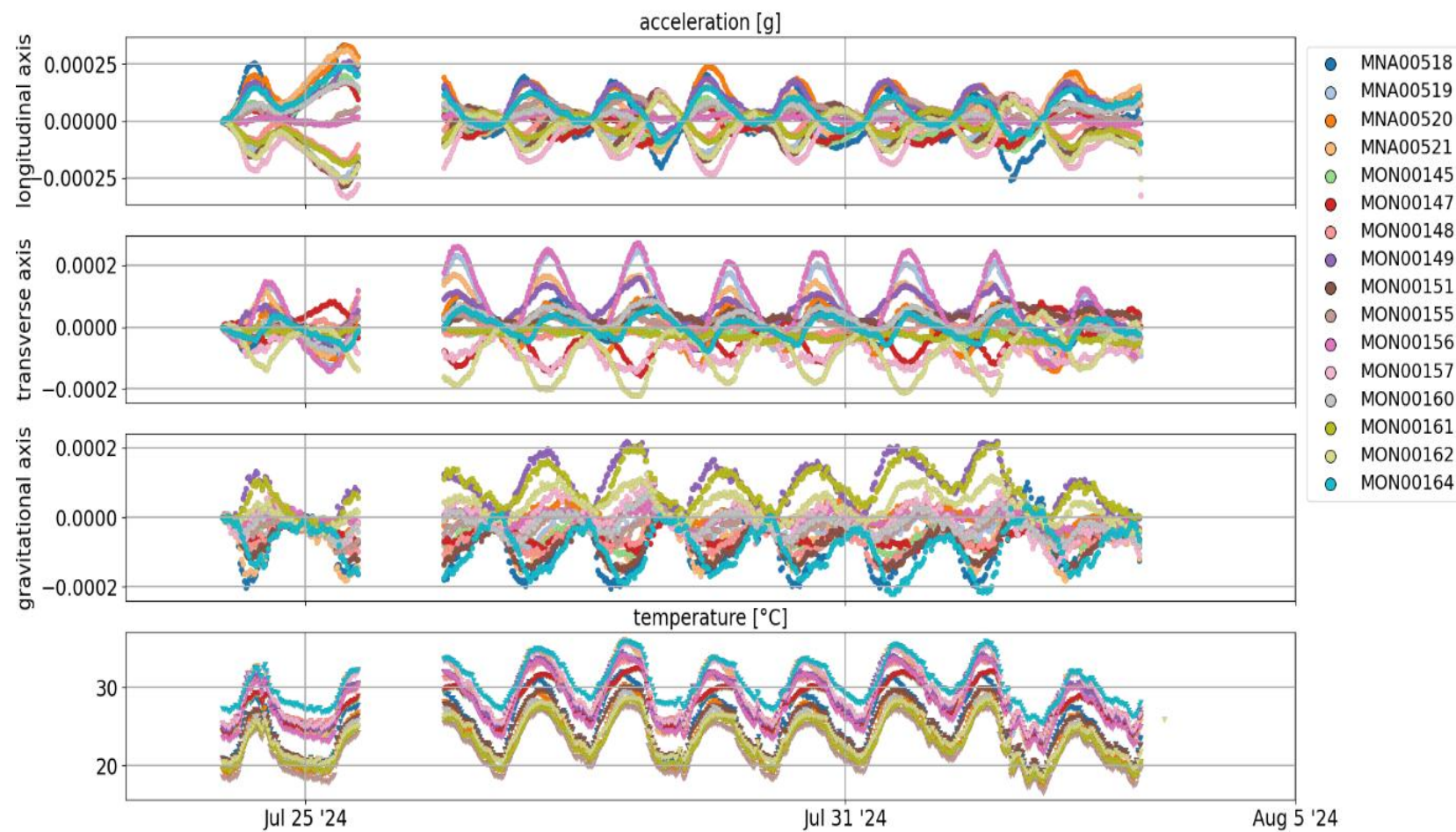
## 5.1.3 Monitoraggio



- 18 dispositivi con accelerometri, inclinometri e termometri integrati;
- 1 dispositivo con accelerometro e termometro;
- 12 trasduttori di spostamento potenziometrico;
- 1 PC industriale per la gestione e l'elaborazione dei dati;
- Uno switch a 8 porte per la connettività di rete;
- Uno chassis con 4 slot;
- Un acquisitore a 16 canali;
- 915 metri di cavo Ethernet per la trasmissione dati;
- 600 metri di cavi per i trasduttori potenziometrici.

Ponti in c.a. e c.a.p., dispositivi di appoggio e selle Gerber

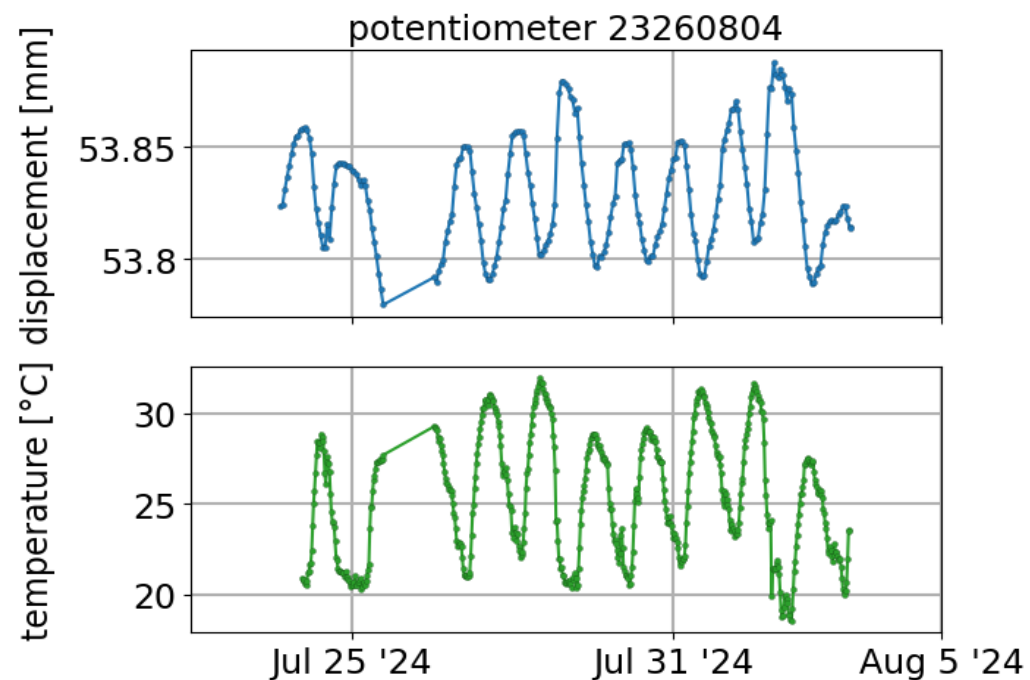
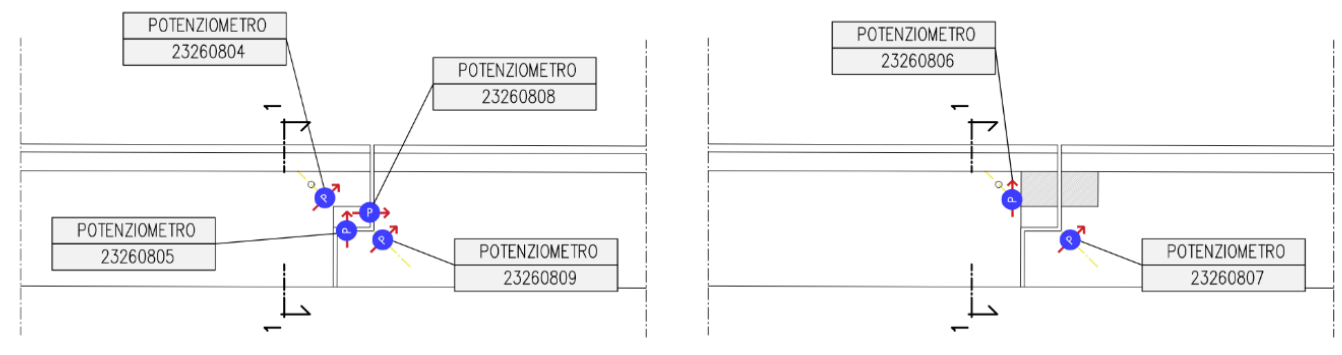
Selle Gerber - Marco di Prisco



GERBER PILA 1

TRAVE DI BORDO

TRAVE INTERNA



Ponti in c.a. e c.a.p., dispositivi di appoggio e selle Gerber

Selle Gerber - Marco di Prisco

## **“L’applicazione delle linee guida per i ponti esistenti” Selle Gerber**

coordinatori Proff. Edoardo Cosenza e Mauro Dolce



**Selle Gerber: casi reali  
Antonino Recupero  
Università degli Studi di Messina**

Con il contributo dei  
gruppi di ricerca  
coordinati da:  
Beatrice Belletti  
Guido Camata  
Lidia La Mendola  
Gennaro Magliulo  
Alberto Meda  
Maurizio Orlando  
Giovanni Plizzari  
Antonino Recupero

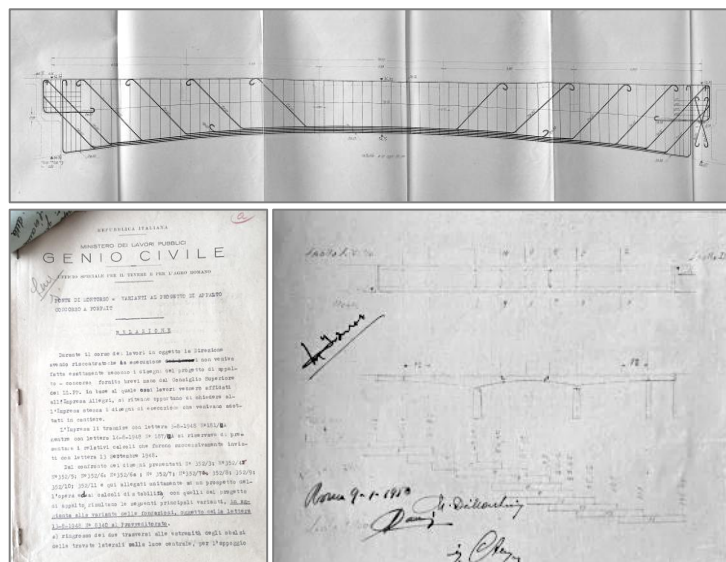
## RACCOLTA DOCUMENTALE E CLASSIFICAZIONE

- ARCHETIPO 1 (1930-1950)
  - Trave continua con cerniere
  - c.a. ordinario
  - getto in opera

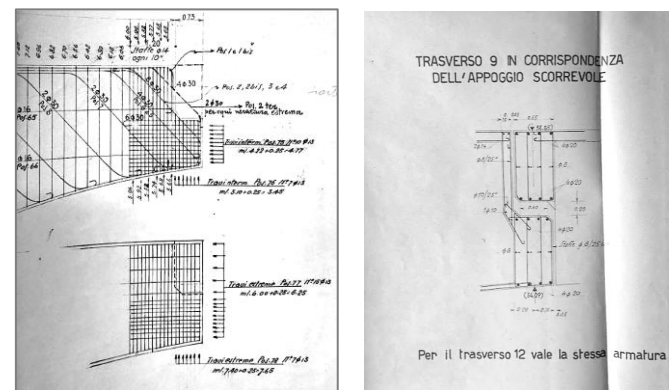
### BIBLIOGRAFIA DELL'EPOCA



### DOCUMENTAZIONE DI ARCHIVIO

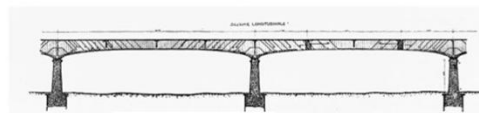


### COLLEZIONE DETTAGLI COSTRUTTIVI





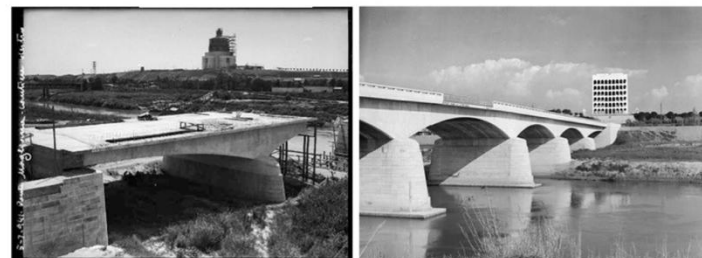
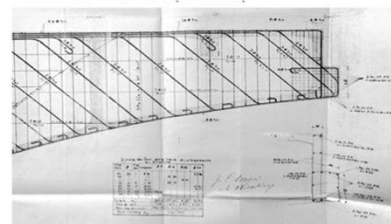
Ponte sull'Amendolea (1931-33)



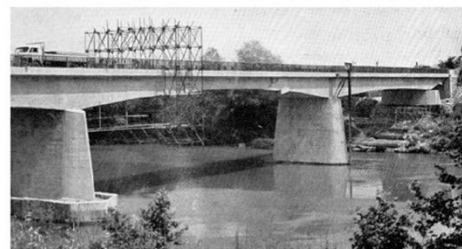
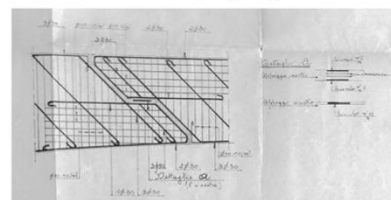
Ponte sul Volturno (1931-33)



Ponte della Magliana sul Tevere a Roma (1938-46)



Ponte del Grillo sul Tevere (1949)



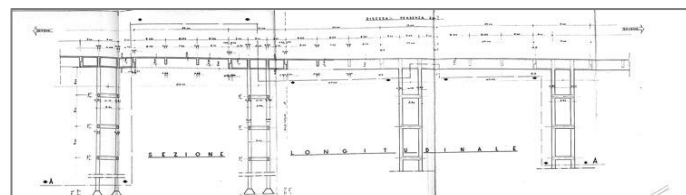
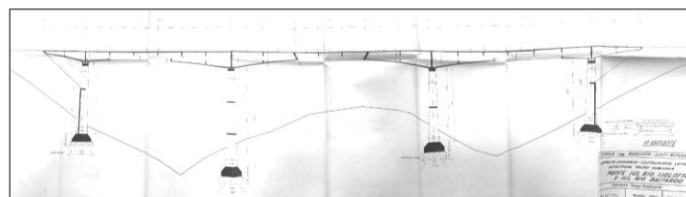
## RACCOLTA DOCUMENTALE E CLASSIFICAZIONE

- ARCHETIPO 3 (1950-1980)
  - Travi tampone pile a stampella / telaio zoppo
  - c.a. ordinario / c.a.p.
  - getto in opera / prefabbricazione

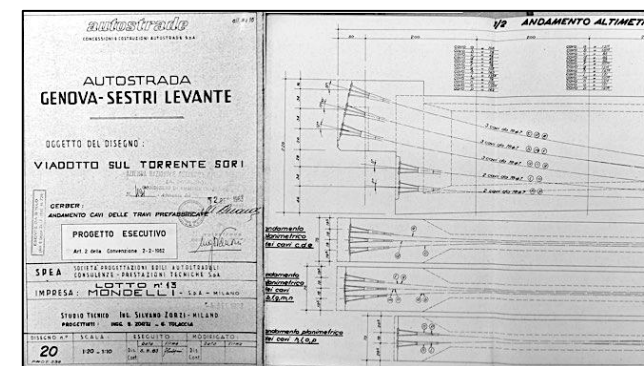
### BIBLIOGRAFIA DELL'EPOCA



### DOCUMENTAZIONE DI ARCHIVIO



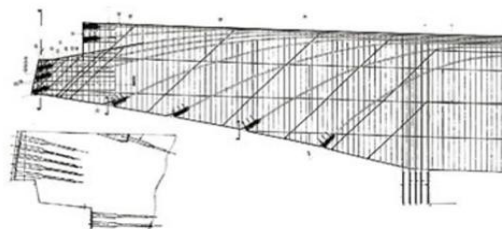
### COLLEZIONE DETTAGLI COSTRUTTIVI





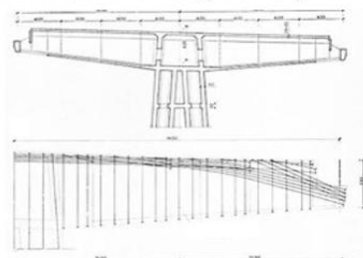
## C.A.P - PILE A STAMPELLA/TRAVI TAMPONE - GETTO IN OPERA - PREFABBRICAZIONE (1950-1960)

Viadotto Settefonti (1958-60)

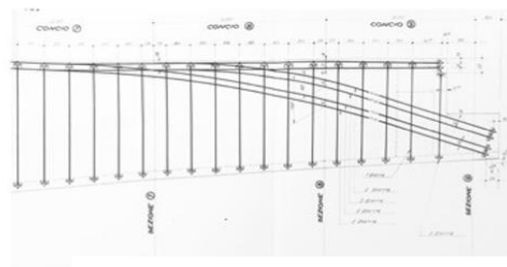


## C.A.P - PILE A STAMPELLA/TRAVI TAMPONE - GETTO A SBALZO- PREFABBRICAZIONE (1950-1960)

Viadotto Colle Isarco (1964-72)

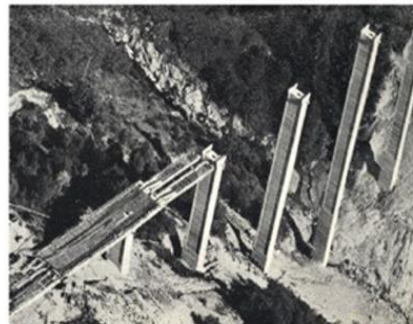
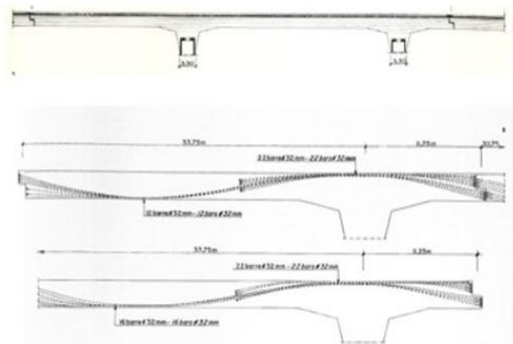


Viadotto sul torrenti Nervi (1963-66)

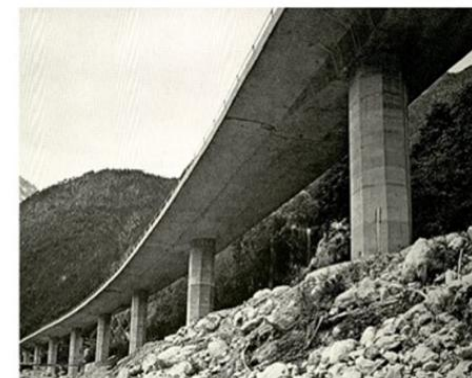
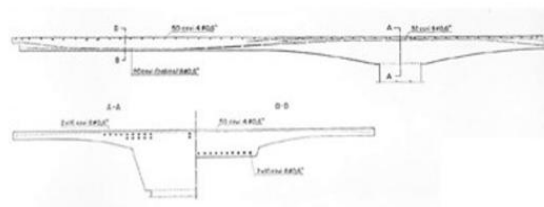


## C.A.P - TELAIO ZOPPO - GETTO SPAN-BY-SPAN - PREFABBRICAZIONE (1960-1970)

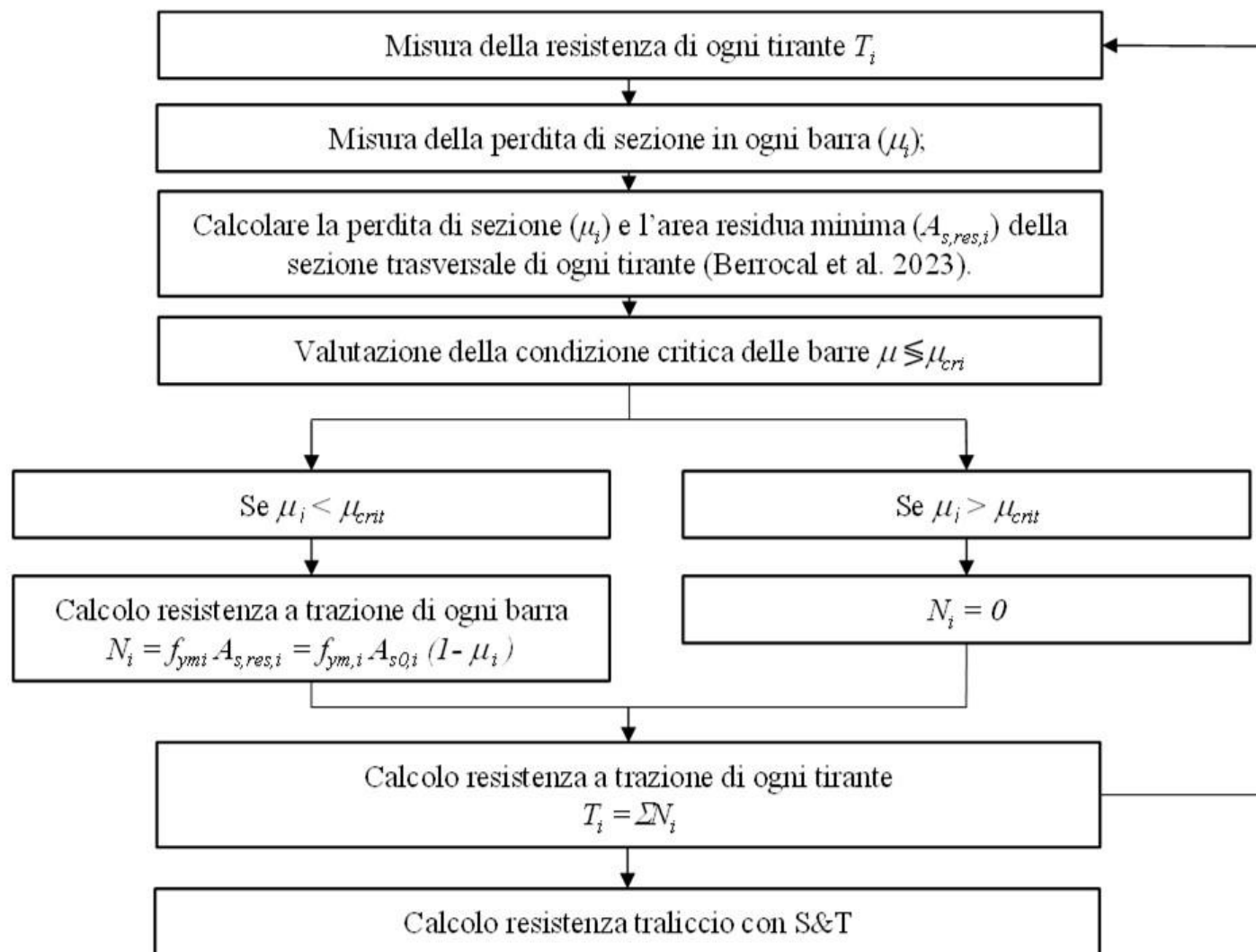
### Viadotto Poala (1972-73)



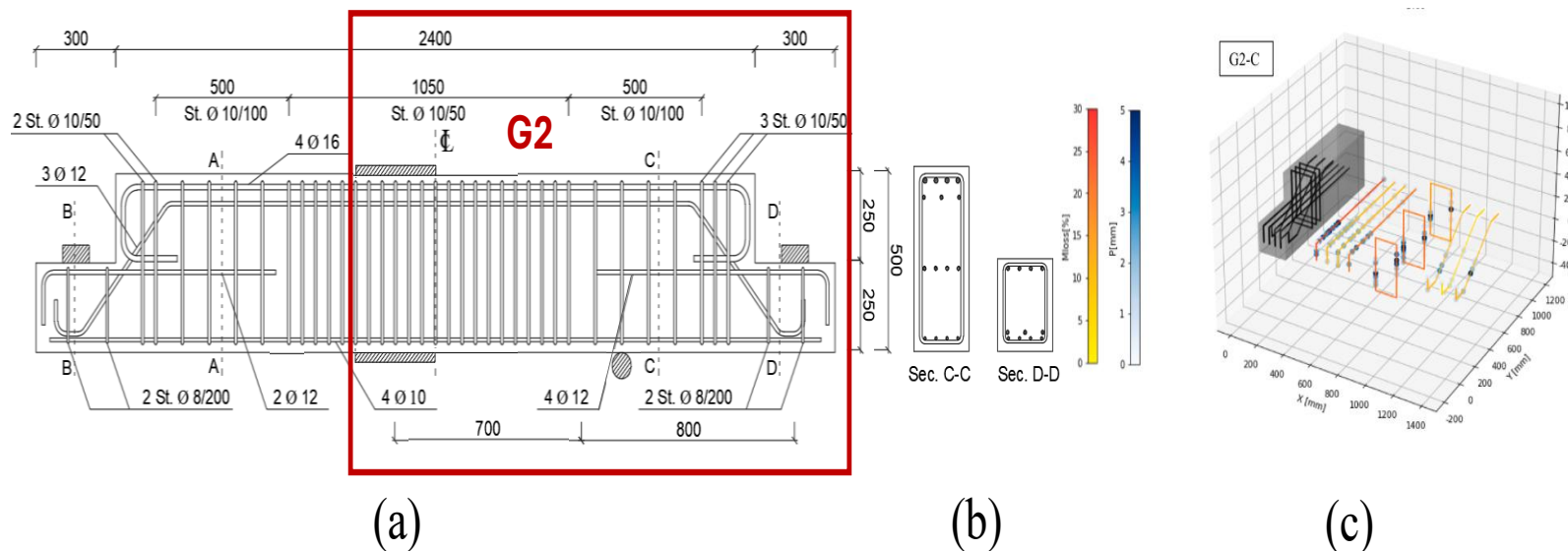
### Viadotto Pietratagliata (1977-81)



- Misurare nel modo più preciso possibile la corrosione nelle barre d'armatura che compongono il traliccio e definire gli scenari di corrosione che si intendono rappresentativi della situazione delle armature della sella;
- Scegliere il modello da adottarsi per la valutazione della resistenza a trazione dei tiranti (quali il legame forza-deformazione funzione della perdita di massa - Model Code 2020 – o il legame forza-deformazione funzione della perdita di sezione – Berrocal et al., 2020)
- Calcolare la perdita di sezione ( $\mu$ ) e l'area residua minima ( $A_{s,res}$ ) della sezione trasversale di ogni tirante.
- Se nessun tirante raggiunge la situazione critica ( $\mu < \mu_{crit}$  essendo  $\mu_{crit} = 1 - \frac{f_{sy,0}}{f_{su,0}}$ ), si può calcolare la resistenza dei tralicci in maniera analoga al caso non corrosivo. La resistenza a trazione di ogni tirante si ottiene - con il metodo di Berrocal et al., 2023 - moltiplicando la resistenza a snervamento  $f_{ym}$  per l'area residua del tirante corrosivo.
- Se una o più barre che compongono i tiranti (in genere le staffe esterne) raggiungono la situazione critica ( $\mu > \mu_{crit}$ ), quest'ultime vengono trascurate nel calcolo della resistenza del tirante stesso.



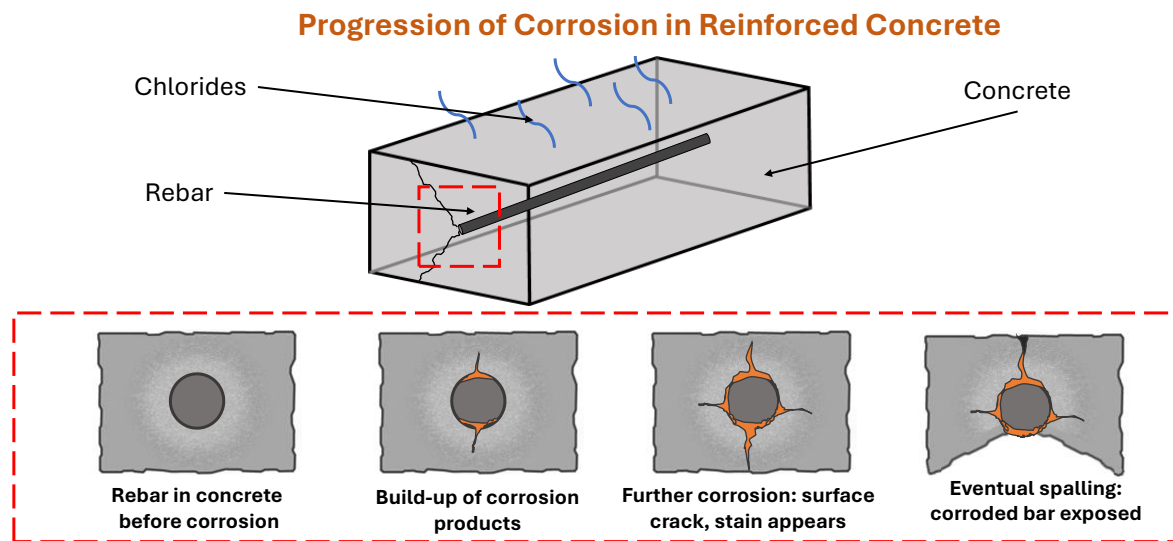
## Confronto fra resistenza ottenuta con metodo FEM e metodo S&T in caso di degrado



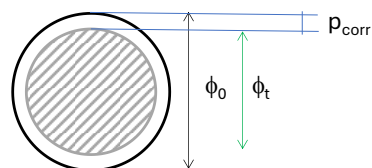
In questo caso la conoscenza della corrosione nei tiranti, prodotta tramite corrosione artificiale, è stata meticolosamente misurata a seguito dell'estrazione delle barre dopo l'esecuzione della prova, tale operazione non è ovviamente possibile su un'opera in servizio. Per queste selle Gerber sono state misurate sia le profondità dei pit da corrosione che la massa persa delle armature. Questi parametri sono stati utilizzati nel modello numerico per riprodurre i risultati dei test sperimentali.



## §3.1.2 Elementi degradati da fenomeni corrosivi

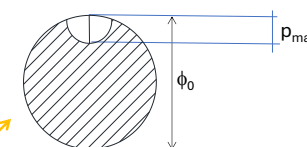
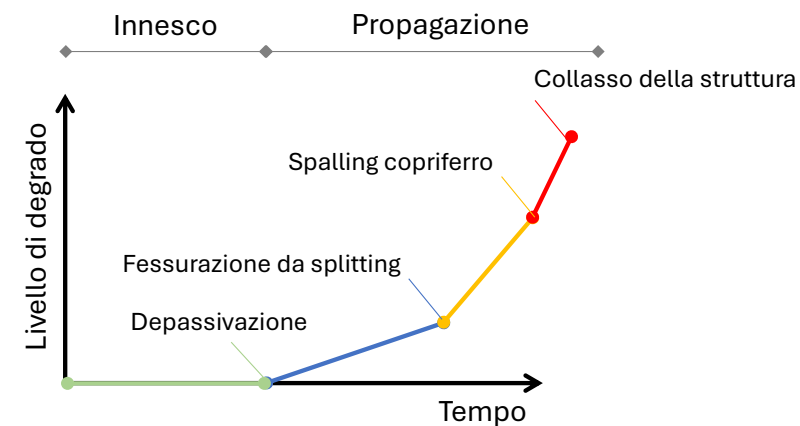


**CORROSIONE  
UNIFORME**

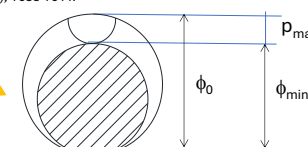


$$A_{min} = \pi \frac{\phi_t^2}{4}$$

**CORROSIONE  
LOCALIZZATA**



Ref. Val D. V., Melchers R. E. (1997). Reliability of deteriorating RC slab bridges. Journal of structural engineering, 123(12), 1638-1644.

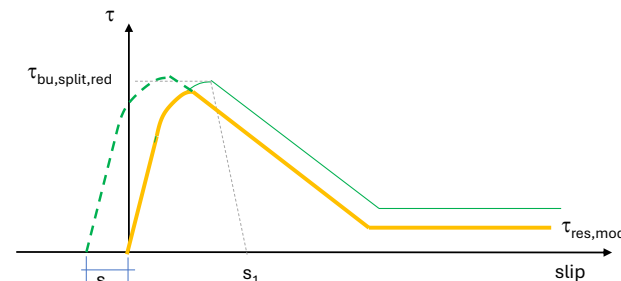
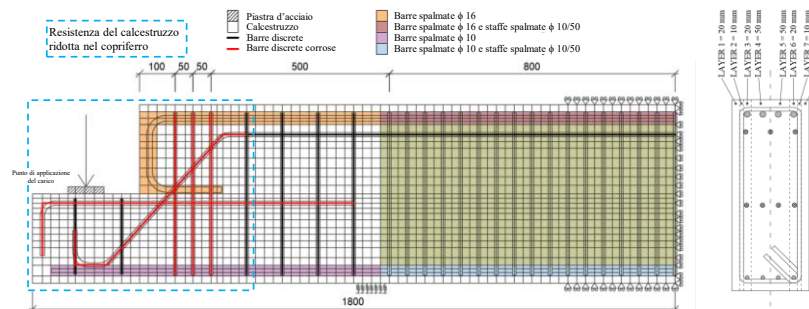
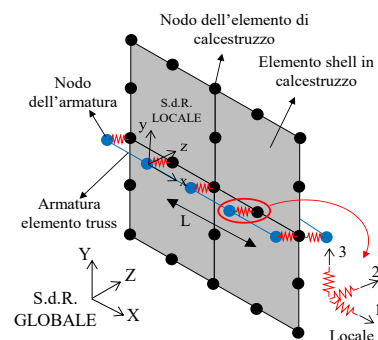


Ref. CONTECVET - A validated user's manual for assessing the residual life of concrete structures, DG Enterprise, CEC; 2001. <http://www.ietcc.csic.es/index.php/es/publicaciones-2/manualconvecvet>.

# STRATEGIE DI MODELLAZIONE FEM PER ELEMENTI DEGRADATI DA FENOMENI CORROSIVI

Modellazione selettiva di barre e staffe con armatura «smeared» e armatura «discreta»

- Armatura discreta nelle barre soggette a fenomeni di scorrimento



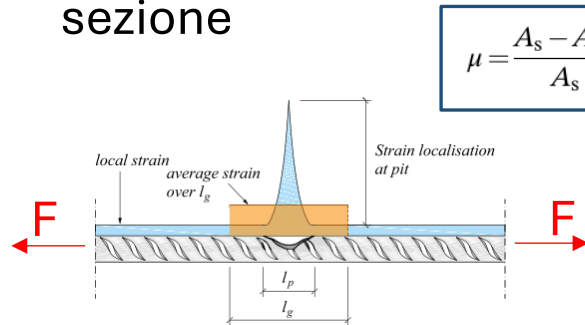
Nel caso di corrosione le strategie di modellazione dipendono:

- ✓ dalla osservazione della posizione delle difettologie superficiali (quali fessurazione da splitting o spalling del copriferro),
- ✓ dai risultati di ulteriori misure eseguite in situ al fine di determinare la probabilità di corrosione (quali misura di potenziale di corrosione, intensità di corrente, resistività, contenuto di cloruri, ecc),
- ✓ dalla misura diretta (se eseguita) della perdita di sezione delle armature



# LEGAME A TRAZIONE PROPOSTO IN LETTERATURA SCIENTIFICA (Berrocal et al. 2023)

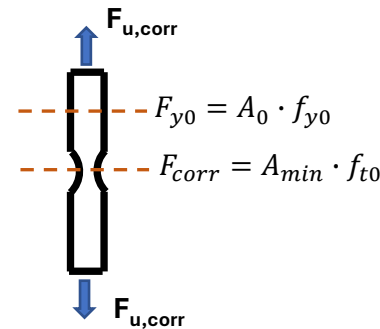
Dipende dalla perdita di sezione



$$\mu = \frac{A_s - A_{pit}}{A_s}$$

Definizione sezione critica

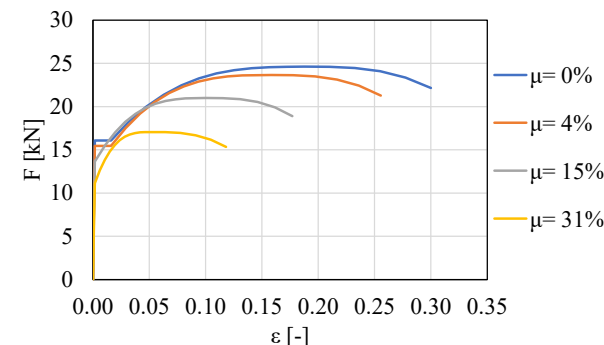
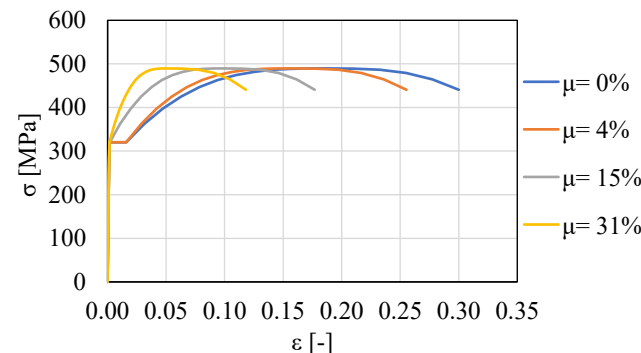
$$F_{corr} = F_{y0} \rightarrow A_{min} \cdot f_{t0} = A_0 \cdot f_{y0} \rightarrow \frac{A_{min}}{A_0} = \frac{f_{y0}}{f_{t0}}$$



$$\mu_{crit} = \frac{A_0 - A_{min}}{A_0} = 1 - \frac{f_{y0}}{f_{t0}}$$

$$\mu \geq \mu_{crit}$$

Rottura delle armature in campo elastico (in caso di applicazione di modello S&T si trascurano le barre con  $\mu \geq \mu_{crit}$  )



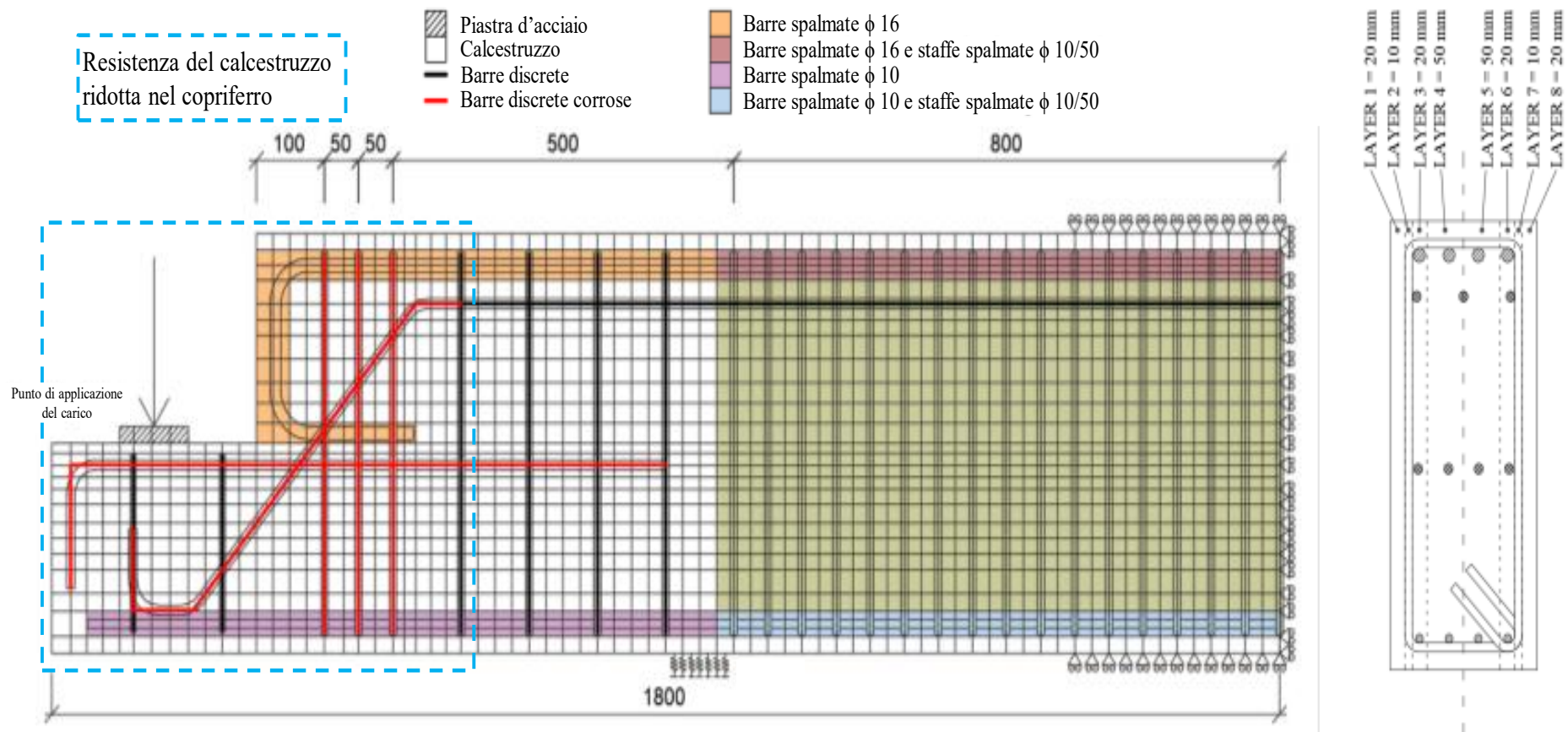
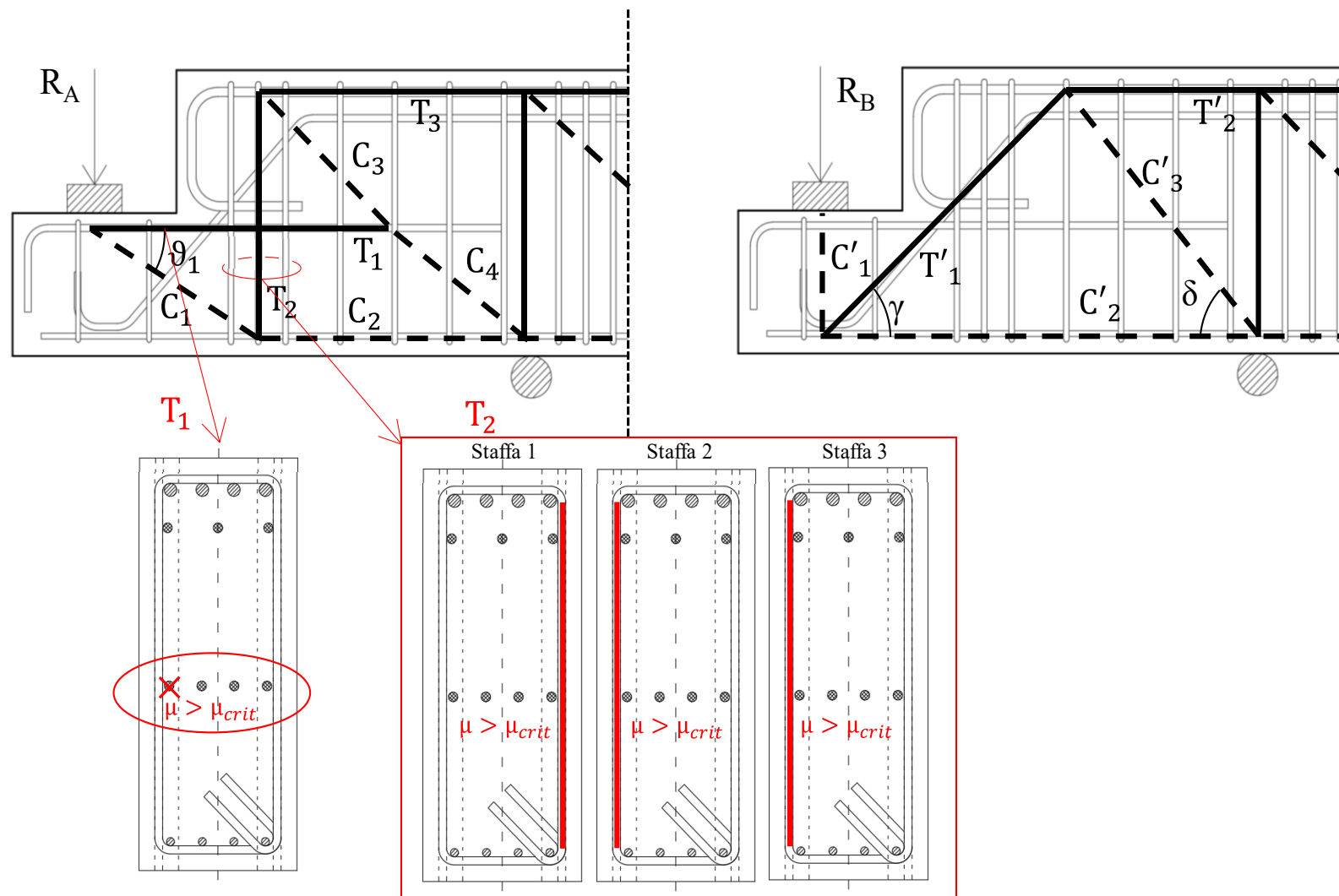
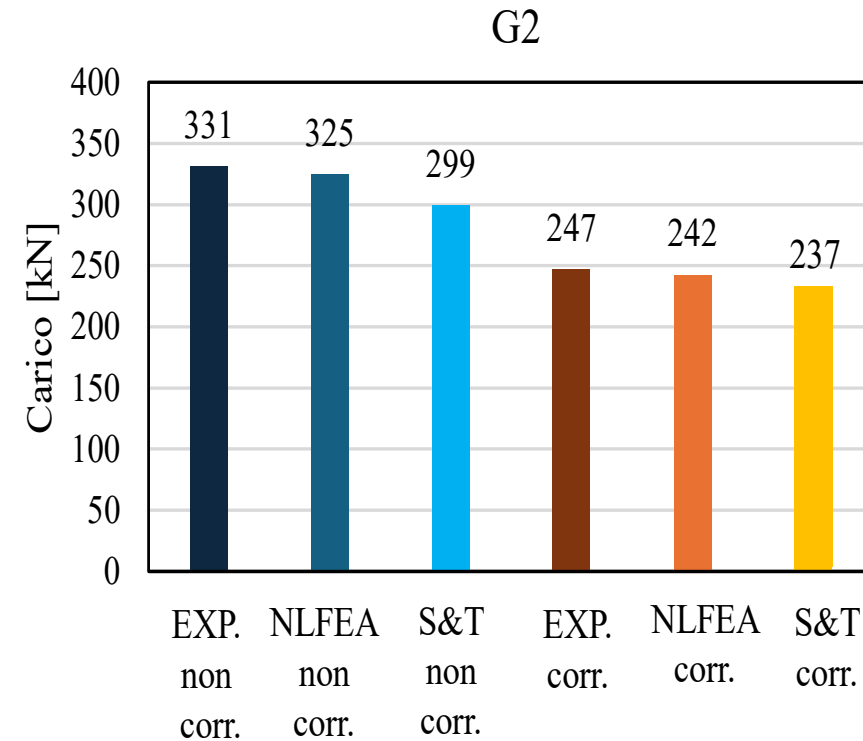
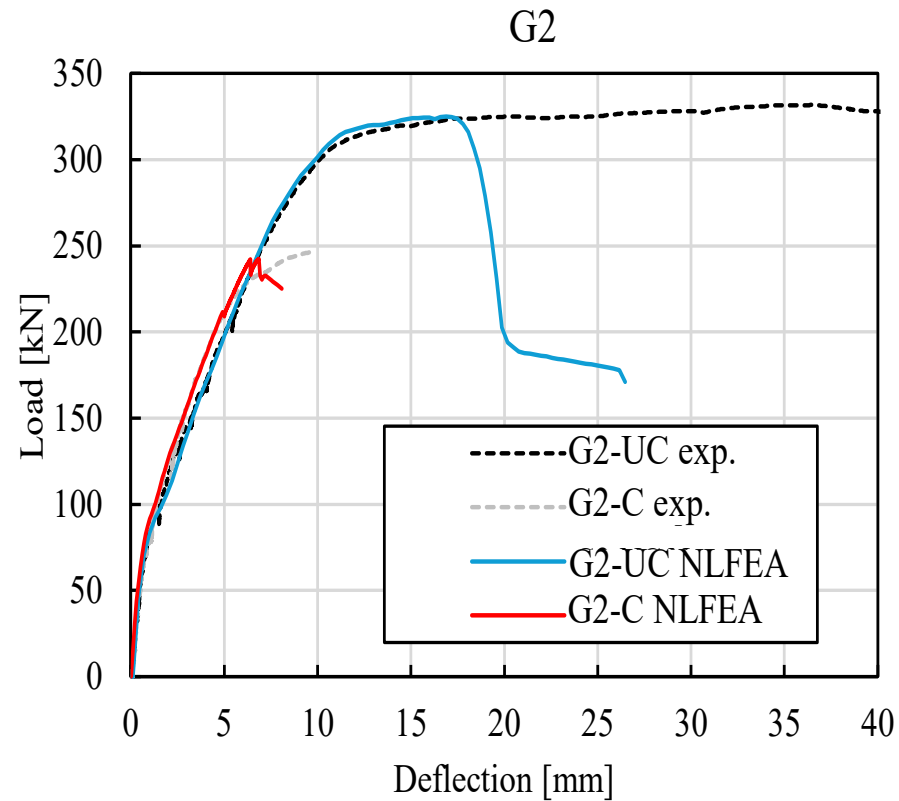


Tabella 3-3-Proprietà meccaniche delle armature corrose e non corrose

| Proprietà delle barre corrose e non corrose con modello Berrocal et al. 2023 |                                     |  |                     |                  |                |                          |                |                     |                                |  |                                    |
|--|-------------------------------------|--|---------------------|------------------|----------------|--------------------------|----------------|---------------------|--------------------------------|--|------------------------------------|
| Ø  | Elemento (Tirante)                  | Posizione dei bracci e delle armature* | Sezione persa $\mu$ |                  | $f_{tm}$ [MPa] | $A_s$ [mm <sup>2</sup> ] | $f_{tm}$ [MPa] | $f_{tm,corr}$ [MPa] | $A_{s,res}$ [mm <sup>2</sup> ] | Resistenza a trazione singola barra [kN] | Resistenza a trazione tirante [kN] |
|  |                                     |  | $\mu_{max}$ [-]     | $\mu_{crit}$ [-] |                |                          |                |                     |                                |  |                                    |
| Ø10  | Staffa 1 (T <sub>2</sub> )          | Sinistra                               | 0.138               | 0.161            | 516            | 78.5                     | 615            | 516                 | 67.67                          | 34.92                                    | 110.99                             |
|  |                                     | Destra                                 | 0.289               | 0.161            | 516            | 78.5                     | 615            | 516                 | 55.81                          | -  |                                    |
|  | Staffa 2 (T <sub>2</sub> )          | Sinistra                               | 0.277               | 0.161            | 516            | 78.5                     | 615            | 516                 | 56.76                          | -  |                                    |
|  |                                     | Destra                                 | 0.095               | 0.161            | 516            | 78.5                     | 615            | 516                 | 71.04                          | 36.66                                    |                                    |
|  | Staffa 3 (T <sub>2</sub> )          | Sinistra                               | 0.197               | 0.161            | 516            | 78.5                     | 615            | 516                 | 63.04                          | -  |                                    |
|  |                                     | Destra                                 | 0.027               | 0.161            | 516            | 78.5                     | 615            | 516                 | 76.38                          | 39.41                                    |                                    |
| Ø12  | Barre inclinate (T <sub>1</sub> )   | Sinistra                               | 0.105               | 0.132            | 565            | 113.04                   | 651            | 565                 | 101.17                         | 57.16                                    | 180.36                             |
|  |                                     | Centro                                 | 0.019               | 0.132            | 565            | 113.04                   | 651            | 565                 | 110.89                         | 62.65                                    |                                    |
|  |                                     | Destra                                 | 0.052               | 0.132            | 565            | 113.04                   | 651            | 565                 | 107.16                         | 60.55                                    |                                    |
|  | Ferri orizzontali (T <sub>1</sub> ) | Sinistra                               | 0.494               | 0.132            | 565            | 113.04                   | 651            | 565                 | 57.20                          | -  | 174.55                             |
|  |                                     | Centrale sinistra                      | 0.062               | 0.132            | 565            | 113.04                   | 651            | 565                 | 106.03                         | 59.91                                    |                                    |
|  |                                     | Centrale Destra                        | 0.079               | 0.132            | 565            | 113.04                   | 651            | 565                 | 104.11                         | 58.82                                    |                                    |
|  |                                     | Destra                                 | 0.126               | 0.132            | 565            | 113.04                   | 651            | 565                 | 98.80                          | 55.82                                    |                                    |



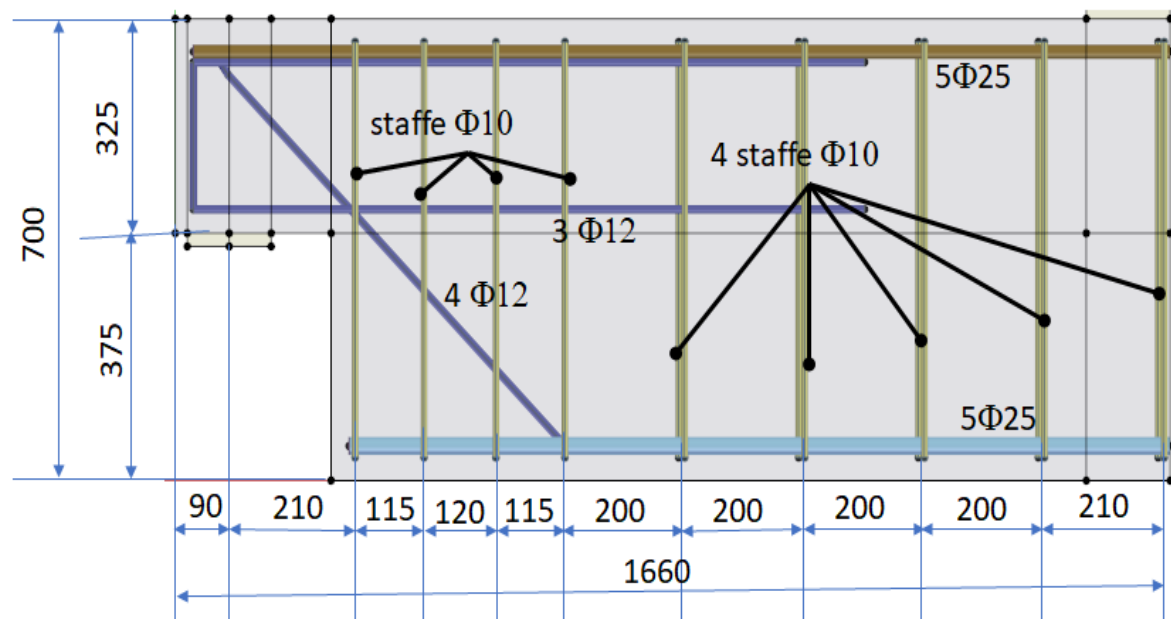
## Confronto Elementi Finiti – Strut & Tie





## Esempio di calcolo della capacità di progetto conforme con MC 2010, EC2-2 e CEN TC/250

Il calcolo per la valutazione della capacità di progetto è stato fatto simulando il test condotto da Desnerek et al. (2016) mediante l'uso dei programmi STKO e OpenSees.



Le resistenze dei materiali fornite da Desnerck et al. (2016) e quelle utilizzate nella modellazione numerica sono mostrate nella tabella seguente.

Tabella 3-4 caratteristiche meccaniche

|              | Calcestruzzo |          |          |          |       | Acciaio   |   |
|--------------|--------------|----------|----------|----------|-------|---|---|
|              | $f_{cm}$     | $f_{tm}$ | $G_{Fm}$ | $G_{Cm}$ | $E$   | $f_{yk}$  | $f_{uk}$  |
|              | MPa          | MPa      | N/m      | N/m      | MPa   | MPa   | MPa   |
| Sperimentale | 36.8         | 4.84     | ND       | ND       | 34600 | $\phi 10$ - 539, $\phi 12$ - 529, $\phi 25$ - 578 | $\phi 10$ - 596, $\phi 12$ - 559, $\phi 25$ - 674 |
| Numerico     | 36.8         | 4.84     | 0.14     | 35       | 34600 | $\phi 10$ - 539, $\phi 12$ - 529, $\phi 25$ - 578 | $\phi 10$ - 596, $\phi 12$ - 559, $\phi 25$ - 674 |

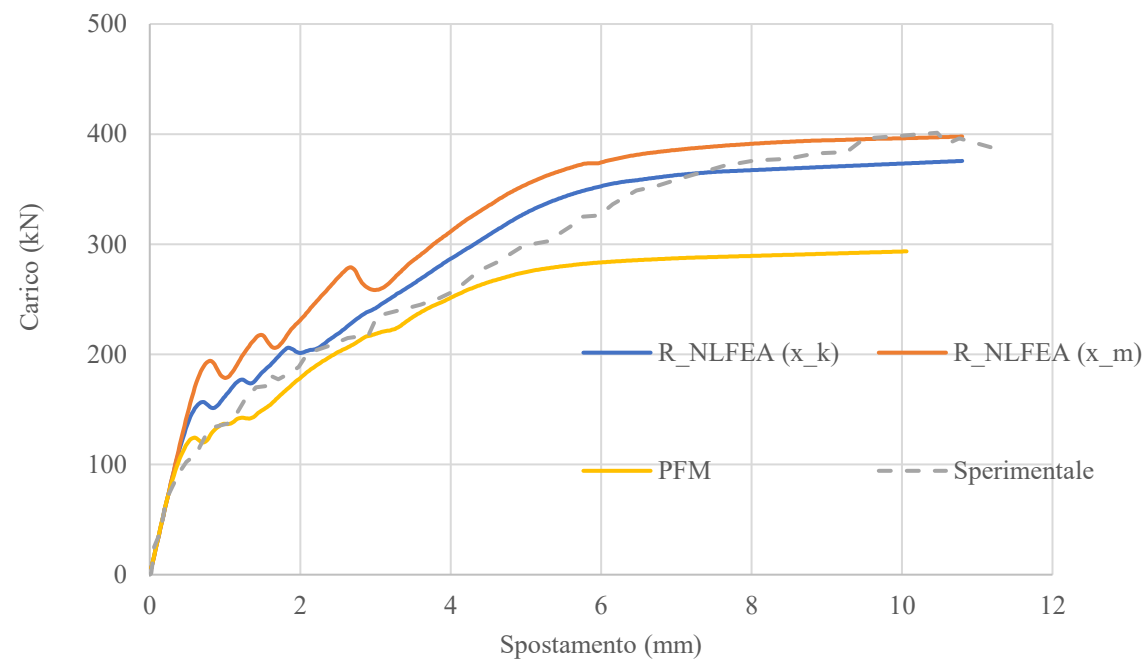
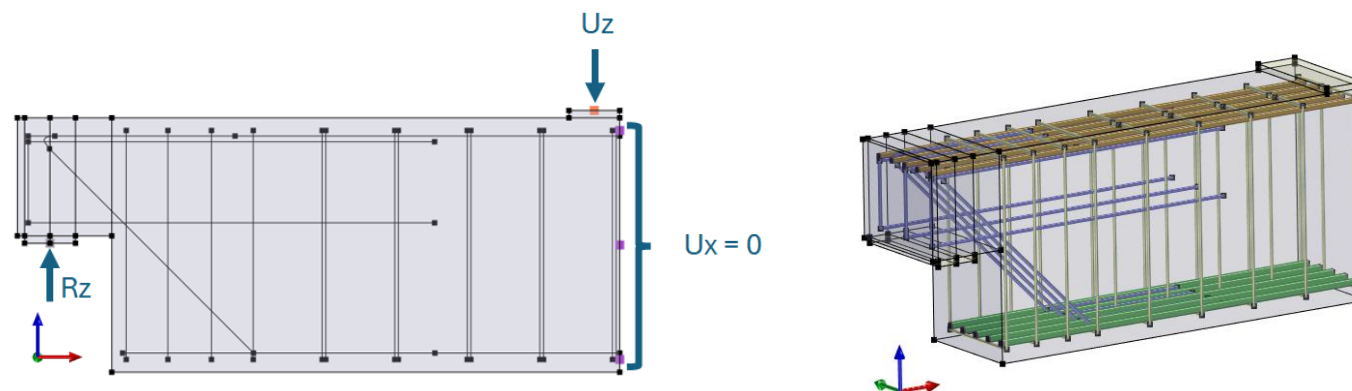
¶

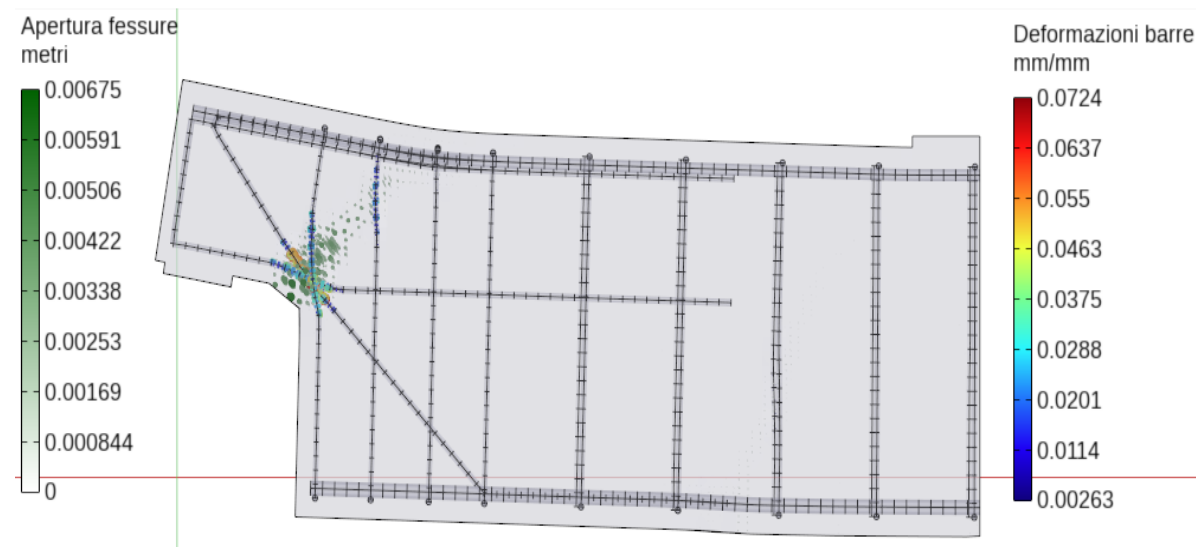
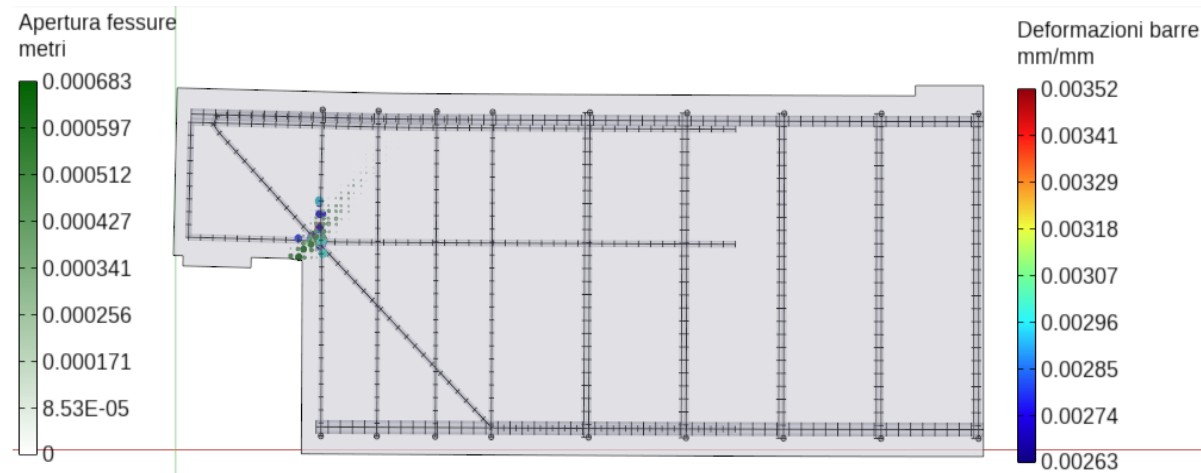
Dove:

- $f_{cm}$  è la resistenza cilindrica media del calcestruzzo
- $f_{tm}$  è la resistenza a trazione media del calcestruzzo
- $E$  è il modulo elastico medio del calcestruzzo
- $f_{yk}$  è la resistenza di snervamento medio dell'acciaio
- $f_{uk}$  è la resistenza di snervamento ultima dell'acciaio
- $G_{Fm}$  è l'energia di frattura a trazione media del calcestruzzo calcolata mediante MC2010:  

$$G_{Fm} = 73 f_{cm}^{0.18}, f_{cm} \text{ in MPa.}$$
- $G_{Cm}$  è l'energia di frattura a compressione media del calcestruzzo calcolata come  $G_{Cm} = 250 G_{Fm}$

Il modello 3D utilizzato usa una mesh di elementi brick uguale a 25 mm e il modello di bond slip del MC2020. Le condizioni di vincolo sono indicate nella figura seguente.





$R_{NLFEA}(x_m)$  è la capacità media calcolata con l'analisi non-lineare utilizzando i valori medi delle resistenze dei materiali  $x_m$ , e  $R_{NLFEA}(x_k)$  è la capacità caratteristica calcolata con l'analisi non-lineare utilizzando i valori caratteristici delle resistenze dei materiali. ¶

¶

$$\theta = \frac{R_{exp}}{R_{NLFEA}(x_m)} = 1.01 \quad \text{¶}$$

¶

Il coefficiente dell'incertezza di modello  $\gamma_{Rd}$  è assunto uguale a 1.15, e il fattore parziale dell'incertezza aleatoria  $\gamma_R$  è calcolato come  $\gamma_R = e^{0.8 \times 3.8 \times V_R}$  ¶

Dalla sezione precedente si può ricavare: ¶

$$V_R = \sqrt{V_{Rx}^2 + 0.0025}, \quad \text{¶}$$

$$V_{Rx} = \frac{1}{1.654} \ln \frac{R_{NLFEA}(x_m)}{R_{NLFEA}(x_k)} = \frac{1}{1.654} \ln \frac{392.8}{370.2} = 0.035 \quad \text{¶}$$

¶

$$\text{Si trova quindi } V_R = \sqrt{V_{Rx}^2 + 0.0025} = 0.061 \quad \text{¶}$$

¶

$$\text{Infine, } \gamma_R = e^{0.8 \times 3.8 \times 0.061} = 1.20 \quad \text{¶}$$

La resistenza di progetto in accordo con il global resistance method,  $R_d$ , per un periodo di riferimento pari a 50 anni è: ¶

$$R_d = \frac{r(f_{ym} f_{cm} \dots)}{\gamma_R \gamma_{Rd}} = \frac{397.8}{1.38} = 288 \text{ kN} \quad \text{¶}$$

(

La resistenza di progetto in accordo con il global Partial Factor Method (PFM) è pari a  $R_d = 294 \text{ kN}$  ¶



## Scheda di livello 4

Scheda descrittiva generale Selle Gerber

(1) Informazione generale del ponte
QUESTA SEZIONE DEVE ESSERE COMPILATA OBBLIGATORIAMENTE

Categoria del ponte:

Anno di costruzione [yyyy]:

Documentazione a disposizione:

Periodo di riferimento del collaudo:

Tempo di costruzione

Dettagli indagini (se presenti):

Tipo di indagine

Data di esecuzione [gg/mm/aaaa]   dal 2021 al 2023

Dettagli   ispezioni secondo LLGG

Uso di sali disgelanti:

Frequenza uso sali disgelanti:

Condizioni ambientali:

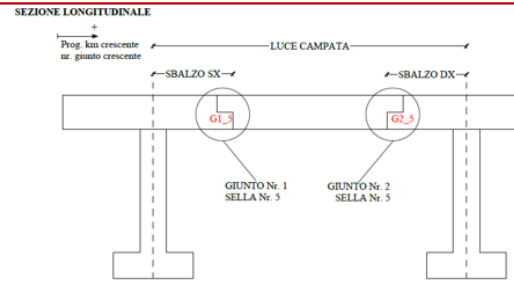
(2) Descrizione delle campate con selle Gerber
QUESTA SEZIONE DEVE ESSERE COMPILATA OBBLIGATORIAMENTE

Numero totale di campate:

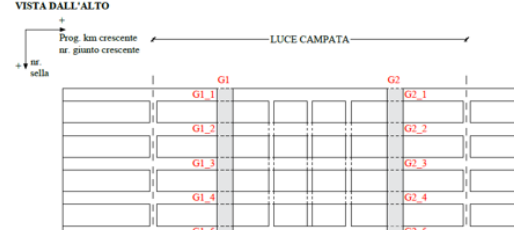
Numero totale di giunti gerber:

| Nr. Campata | Luce campata [m] | Sbalzo sx [m] | Sbalzo dx [m] | Nr. Giunti (dir. longitudinale) | Nr. Selle (dir. trasversale) |
|-------------|------------------|---------------|---------------|---------------------------------|------------------------------|
| 1           | 69.31            |               |               |                                 |                              |
| 2           | 69.32            | 17.33         | 17.33         | 2                               | 4                            |
| 3           | 69.32            |               |               |                                 |                              |
| 4           | 69.32            | 17.33         | 17.33         | 2                               | 4                            |
| 5           | 69.32            |               |               |                                 |                              |
| 6           | 69.32            | 17.33         | 17.33         | 2                               | 4                            |
| 7           | 69.32            |               |               |                                 |                              |
| 8           | 69.32            | 17.33         | 17.33         | 2                               | 4                            |
| 9           | 69.32            |               |               |                                 |                              |
| 10          | 69.32            | 17.33         | 17.33         | 2                               | 4                            |
| 11          | 69.31            |               |               |                                 |                              |
|             |                  |               |               |                                 |                              |
|             |                  |               |               |                                 |                              |
|             |                  |               |               |                                 |                              |
|             |                  |               |               |                                 |                              |
|             |                  |               |               |                                 |                              |
|             |                  |               |               |                                 |                              |
|             |                  |               |               |                                 |                              |
|             |                  |               |               |                                 |                              |
|             |                  |               |               |                                 |                              |

**SEZIONE LONGITUDINALE**



**VISTA DALL'ALTO**



Lezione 6 - Ponti in c.a. e c.a.p., dispositivi di appoggio e selle Gerber

Selle Gerber - Marco di Prisco

| Scheda di ispezione selle Gerber   |                   |   |                |  |                          |  |   |               |    |   |    |   |    |   |    |   |    |   |  |  |  |  |  |                              |  |  |  |  |  |  |  |             |          |                  |                |                  |                          |                                |   |  |   |  |  |  |    |    |    |
|--|-------------------|---|----------------|--|--------------------------|--|---|---------------|----|---|----|---|----|---|----|---|----|---|--|--|--|--|--|------------------------------|--|--|--|--|--|--|--|-------------|----------|------------------|----------------|------------------|--------------------------|--------------------------------|---|--|---|--|--|--|----|----|----|
| (1) Descrizione giunto Gerber (trave portata)  |                   | QUESTA SEZIONE DEVE ESSERE COMPILATA OBBLIGATORIAMENTE  |                |  |                          |  |   |               |    |   |    |   |    |   |    |   |    |   |  |  |  |  |  |                              |  |  |  |  |  |  |  |             |          |                  |                |                  |                          |                                |   |  |   |  |  |  |    |    |    |
| ID Giunto:   | G1_1              |   |                |  |                          |  |   |               |    |   |    |   |    |   |    |   |    |   |  |  |  |  |  |                              |  |  |  |  |  |  |  |             |          |                  |                |                  |                          |                                |   |  |   |  |  |  |    |    |    |
| Schema statico giunto:   | Travi e trasversi |   |                |  |                          |  |   |               |    |   |    |   |    |   |    |   |    |   |  |  |  |  |  |                              |  |  |  |  |  |  |  |             |          |                  |                |                  |                          |                                |   |  |   |  |  |  |    |    |    |
| Interventi di manutenzione/rinforzo:   | NO                |   |                |  |                          |  |   |               |    |   |    |   |    |   |    |   |    |   |  |  |  |  |  |                              |  |  |  |  |  |  |  |             |          |                  |                |                  |                          |                                |   |  |   |  |  |  |    |    |    |
| Trave Portata  |                   |   |                |  |                          |  |   |               |    |   |    |   |    |   |    |   |    |   |  |  |  |  |  |                              |  |  |  |  |  |  |  |             |          |                  |                |                  |                          |                                |   |  |   |  |  |  |    |    |    |
| (2) Stato di conservazione della sella   |                   | COMPILAZIONE NON OBBLIGATORIA   |                |  |                          |  |   |               |    |   |    |   |    |   |    |   |    |   |  |  |  |  |  |                              |  |  |  |  |  |  |  |             |          |                  |                |                  |                          |                                |   |  |   |  |  |  |    |    |    |
| Panorama fessurativo: (risposta obbligatoria solo se è stata eseguita una ispezione)   |                   |   |                |  |                          |  |   |               |    |   |    |   |    |   |    |   |    |   |  |  |  |  |  |                              |  |  |  |  |  |  |  |             |          |                  |                |                  |                          |                                |   |  |   |  |  |  |    |    |    |
| Visibilità zone:   |                   |   |                |  |                          |  |   |               |    |   |    |   |    |   |    |   |    |   |  |  |  |  |  |                              |  |  |  |  |  |  |  |             |          |                  |                |                  |                          |                                |   |  |   |  |  |  |    |    |    |
| <table border="1"> <thead> <tr> <th>Zona nr.</th> <th>Visibile</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>SI</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>SI</td> </tr> <tr> <td>2 trasversale</td> <td>NO</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>SI</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>SI</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>SI</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>SI</td> </tr> </tbody> </table> |                   | Zona nr.  | Visibile       | 1  | SI                       | 2  | SI  | 2 trasversale | NO | 3 | SI | 4 | SI | 5 | SI | 6 | SI | <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="8">Stato visibile dell'armatura</th> </tr> <tr> <th>Nr. fessura</th> <th>Zona nr.</th> <th>Inclinazione [°]</th> <th>Estensione [%]</th> <th>apertura massima</th> <th>Visibilità dell'armatura</th> <th>Fessura parallela all'armatura</th> <th>Distacco di porzioni di copriferro per spacco</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td>1</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>SI</td> <td>SI</td> <td>SI</td> </tr> </tbody> </table> |  |  |  |  |  | Stato visibile dell'armatura |  |  |  |  |  |  |  | Nr. fessura | Zona nr. | Inclinazione [°] | Estensione [%] | apertura massima | Visibilità dell'armatura | Fessura parallela all'armatura | Distacco di porzioni di copriferro per spacco |  | 1 |  |  |  | SI | SI | SI |
| Zona nr.   | Visibile          |   |                |  |                          |  |   |               |    |   |    |   |    |   |    |   |    |   |  |  |  |  |  |                              |  |  |  |  |  |  |  |             |          |                  |                |                  |                          |                                |   |  |   |  |  |  |    |    |    |
| 1  | SI                |   |                |  |                          |  |   |               |    |   |    |   |    |   |    |   |    |   |  |  |  |  |  |                              |  |  |  |  |  |  |  |             |          |                  |                |                  |                          |                                |   |  |   |  |  |  |    |    |    |
| 2  | SI                |   |                |  |                          |  |   |               |    |   |    |   |    |   |    |   |    |   |  |  |  |  |  |                              |  |  |  |  |  |  |  |             |          |                  |                |                  |                          |                                |   |  |   |  |  |  |    |    |    |
| 2 trasversale  | NO                |   |                |  |                          |  |   |               |    |   |    |   |    |   |    |   |    |   |  |  |  |  |  |                              |  |  |  |  |  |  |  |             |          |                  |                |                  |                          |                                |   |  |   |  |  |  |    |    |    |
| 3  | SI                |   |                |  |                          |  |   |               |    |   |    |   |    |   |    |   |    |   |  |  |  |  |  |                              |  |  |  |  |  |  |  |             |          |                  |                |                  |                          |                                |   |  |   |  |  |  |    |    |    |
| 4  | SI                |   |                |  |                          |  |   |               |    |   |    |   |    |   |    |   |    |   |  |  |  |  |  |                              |  |  |  |  |  |  |  |             |          |                  |                |                  |                          |                                |   |  |   |  |  |  |    |    |    |
| 5  | SI                |   |                |  |                          |  |   |               |    |   |    |   |    |   |    |   |    |   |  |  |  |  |  |                              |  |  |  |  |  |  |  |             |          |                  |                |                  |                          |                                |   |  |   |  |  |  |    |    |    |
| 6  | SI                |   |                |  |                          |  |   |               |    |   |    |   |    |   |    |   |    |   |  |  |  |  |  |                              |  |  |  |  |  |  |  |             |          |                  |                |                  |                          |                                |   |  |   |  |  |  |    |    |    |
| Stato visibile dell'armatura   |                   |   |                |  |                          |  |   |               |    |   |    |   |    |   |    |   |    |   |  |  |  |  |  |                              |  |  |  |  |  |  |  |             |          |                  |                |                  |                          |                                |   |  |   |  |  |  |    |    |    |
| Nr. fessura  | Zona nr.          | Inclinazione [°]  | Estensione [%] | apertura massima   | Visibilità dell'armatura | Fessura parallela all'armatura   | Distacco di porzioni di copriferro per spacco |               |    |   |    |   |    |   |    |   |    |   |  |  |  |  |  |                              |  |  |  |  |  |  |  |             |          |                  |                |                  |                          |                                |   |  |   |  |  |  |    |    |    |
|  | 1                 |   |                |  | SI                       | SI   | SI  |               |    |   |    |   |    |   |    |   |    |   |  |  |  |  |  |                              |  |  |  |  |  |  |  |             |          |                  |                |                  |                          |                                |   |  |   |  |  |  |    |    |    |
| Rappresentazione grafica del panorama fessurativo  |                   |   |                |  |                          |  |   |               |    |   |    |   |    |   |    |   |    |   |  |  |  |  |  |                              |  |  |  |  |  |  |  |             |          |                  |                |                  |                          |                                |   |  |   |  |  |  |    |    |    |
| Inserire foto e/o disegno  |                   |   |                |  |                          |  |   |               |    |   |    |   |    |   |    |   |    |   |  |  |  |  |  |                              |  |  |  |  |  |  |  |             |          |                  |                |                  |                          |                                |   |  |   |  |  |  |    |    |    |
| <p>Foto 28: In alcune zone sulle travi tampone della X e XII campata da valle, in particolare sulle facciate laterali delle travi di bordo ed in corrispondenza degli appoggi sulle selle Gerber, il calcestruzzo risulta dilavato.</p>  |                   | <p>Foto 32: sulle travi tampone della X e XII campata da valle ove il copriferro è deliscato sono presenti armature corrose con sezione resistente ridotta.</p> |                | <p>Foto 33: in alcune zone intradosso sulle travi tampone della X e XII campata da valle si notano staffe scoperte e corrose ridotte di sezione.</p> |                          | <p>Foto 41: i fogli di neoprene presenti all'appoggio di valle della trave di bordo destro della XIII campata da valle risultano degradati e spostati dalla sede originaria.</p> |   |               |    |   |    |   |    |   |    |   |    |   |  |  |  |  |  |                              |  |  |  |  |  |  |  |             |          |                  |                |                  |                          |                                |   |  |   |  |  |  |    |    |    |

Scheda descrittiva di dettaglio selle Gerber

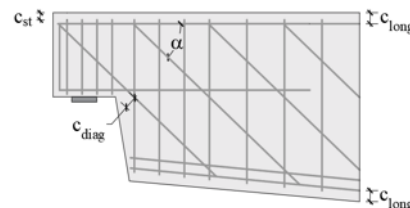
(1) Descrizione dei materiali (trave portata)

LA COMPILAZIONE DI QUESTA SEZIONE È DI CARATTERE **FACOLTATIVO**

ID Giunto:

G1\_1

Trave Portata



Attenzione:

- Specificare nelle note nel caso si dichiarino valori diversi da quelli richiesti nelle tabelle;
- Lo schema di sella riportato a destra è a carattere puramente indicativo. Si prega di descrivere in dettaglio l'armatura presente nella sella in esame.

Descrizione dell'armatura lenta:

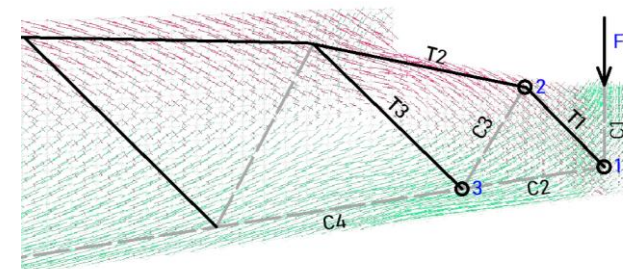
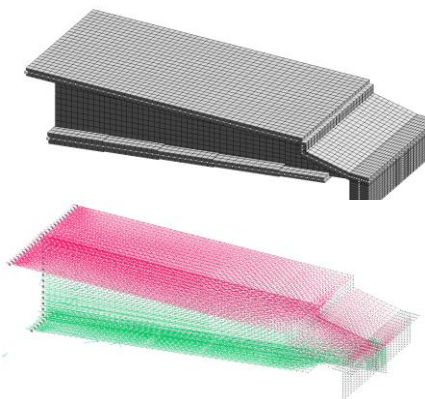
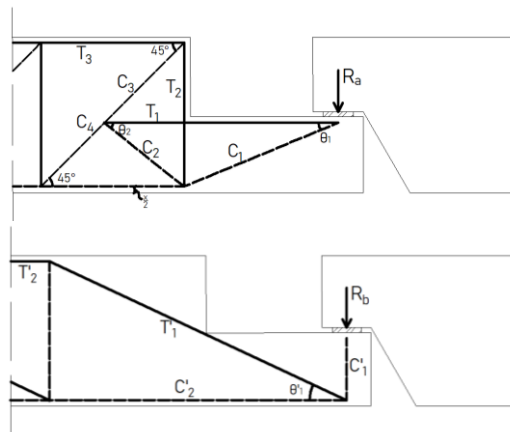
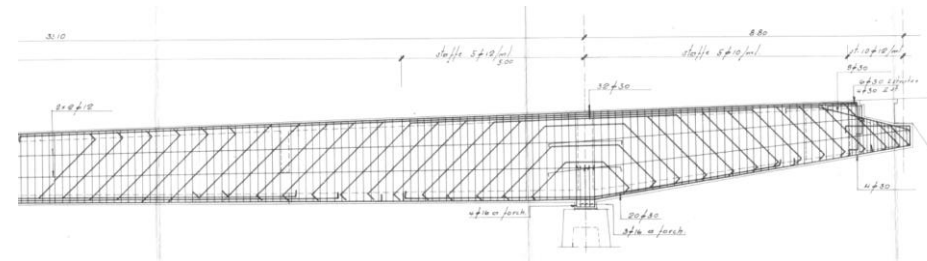
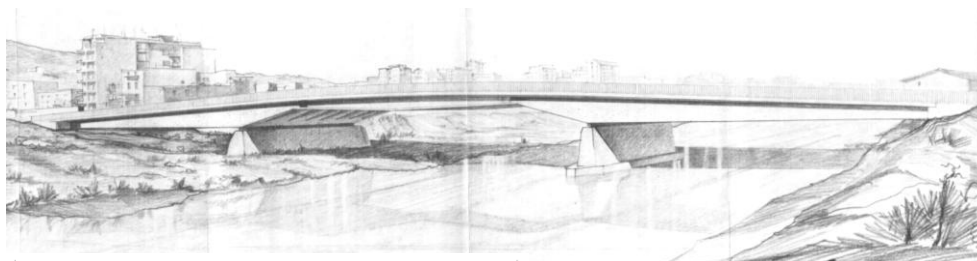
Origine:

Progetto

| Tipologia                       | nr. barre /<br>nr. bracci<br>(staffe)* | Φ [mm] | passo<br>[mm] | Tensione di snervamento |                | Tensione di rottura     |                | copriferro<br>C <sub>long</sub> C <sub>diag</sub> C <sub>st</sub><br>[mm] | inclinazione<br>α [°] |
|---------------------------------|--|--------|---------------|-------------------------|----------------|-------------------------|----------------|---|-----------------------|
|                                 |  |        |               | caratteristica<br>[MPa] | media<br>[MPa] | caratteristica<br>[MPa] | media<br>[MPa] |   |                       |
| Diagonali                       | 2                                      | 40.00  | -             | n.d.                    | n.d.           | n.d.                    | n.d.           | 70  | 45                    |
|                                 | 3                                      | 40.00  | -             | n.d.                    | n.d.           | n.d.                    | n.d.           | 500   | 45                    |
|                                 | 2                                      | 40.00  | -             | n.d.                    | n.d.           | n.d.                    | n.d.           | 1150  | 45                    |
|                                 | 2                                      | 30.00  | -             | n.d.                    | n.d.           | n.d.                    | n.d.           | 230   | 45                    |
|                                 | 2                                      | 30.00  | -             | n.d.                    | n.d.           | n.d.                    | n.d.           | 365   | 45                    |
|                                 | 2                                      | 30.00  | -             | n.d.                    | n.d.           | n.d.                    | n.d.           | 660   | 45                    |
|                                 | 2                                      | 30.00  | -             | n.d.                    | n.d.           | n.d.                    | n.d.           | 800   | 45                    |
|                                 | 2                                      | 30.00  | -             | n.d.                    | n.d.           | n.d.                    | n.d.           | 975   | 45                    |
| Longitudinale dente             | 6                                      | 20.00  | -             | n.d.                    | n.d.           | n.d.                    | n.d.           | 40  |                       |
|                                 | 4br                                    | 14.00  | 85            | n.d.                    | n.d.           | n.d.                    | n.d.           |   |                       |
|                                 |  |        |               | n.d.                    | n.d.           | n.d.                    | n.d.           |   |                       |
| Longitudinale superiore (trave) | 6                                      | 20.00  | -             | n.d.                    | n.d.           | n.d.                    | n.d.           | 45  |                       |
|                                 |  |        |               | n.d.                    | n.d.           | n.d.                    | n.d.           |   |                       |
|                                 |  |        |               | n.d.                    | n.d.           | n.d.                    | n.d.           |   |                       |
| Longitudinale inferiore (trave) | 4                                      | 40.00  | -             | n.d.                    | n.d.           | n.d.                    | n.d.           | 40  |                       |
|                                 | 2                                      | 40.00  | -             | n.d.                    | n.d.           | n.d.                    | n.d.           | 40  |                       |
| Staffe dente                    | 4br                                    | 12.00  | 85            | n.d.                    | n.d.           | n.d.                    | n.d.           | 32  |                       |
| Staffe trave                    | 4br                                    | 8.00   | 20            | n.d.                    | n.d.           | n.d.                    | n.d.           | 32  |                       |

\* Indicare nr. bracci/metro se giunto continuo (lineare).

### Esempio 1. Ponte Gerber di tipo Niagara (in assenza di degrado)



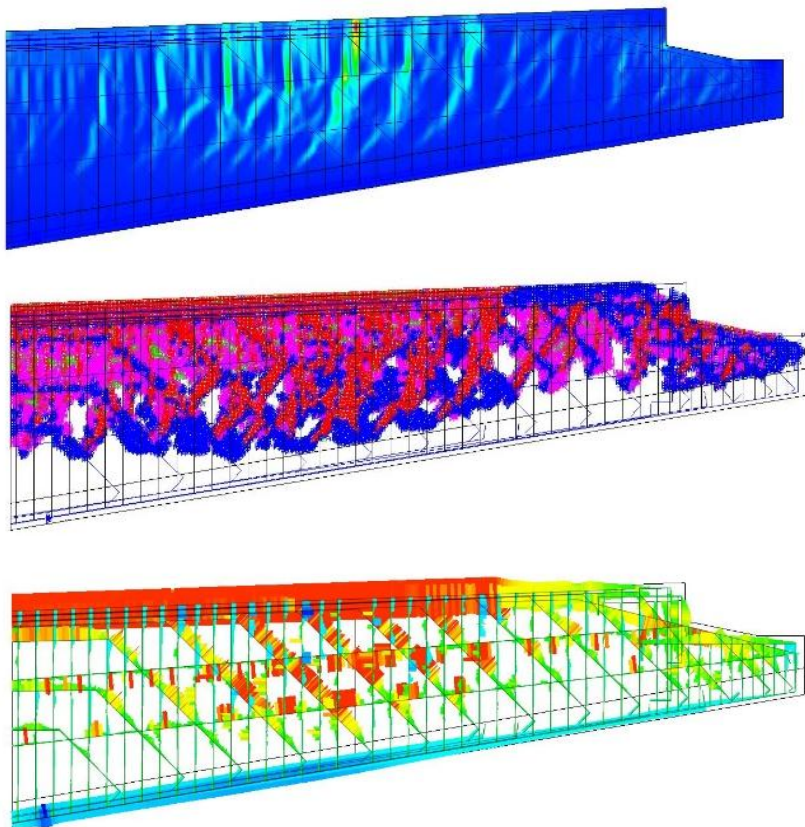
#### Strut-and-tie.

Gli schemi forniti dall'Eurocodice 2 sono concepiti per la progettazione di nuove selle e non sono sempre adatti per la valutazione strutturale di selle esistenti. Se i modelli dell'EC2 fossero utilizzati senza adattamenti, si rischierebbe di interpretare erroneamente il comportamento della sella Gerber.

Pertanto, è stato possibile concepire un nuovo modello strut-and-tie, che tiene conto della disposizione reale delle armature e della posizione effettiva dei puntoni.

L'elemento critico risulta il tirante  $T_2$ , per cui si ha rapporto capacità/domanda 1.63, per carichi NTC2018.

## Esempio 1. Ponte Gerber di tipo Niagara (in assenza di degrado)



### Analisi FEM non lineari

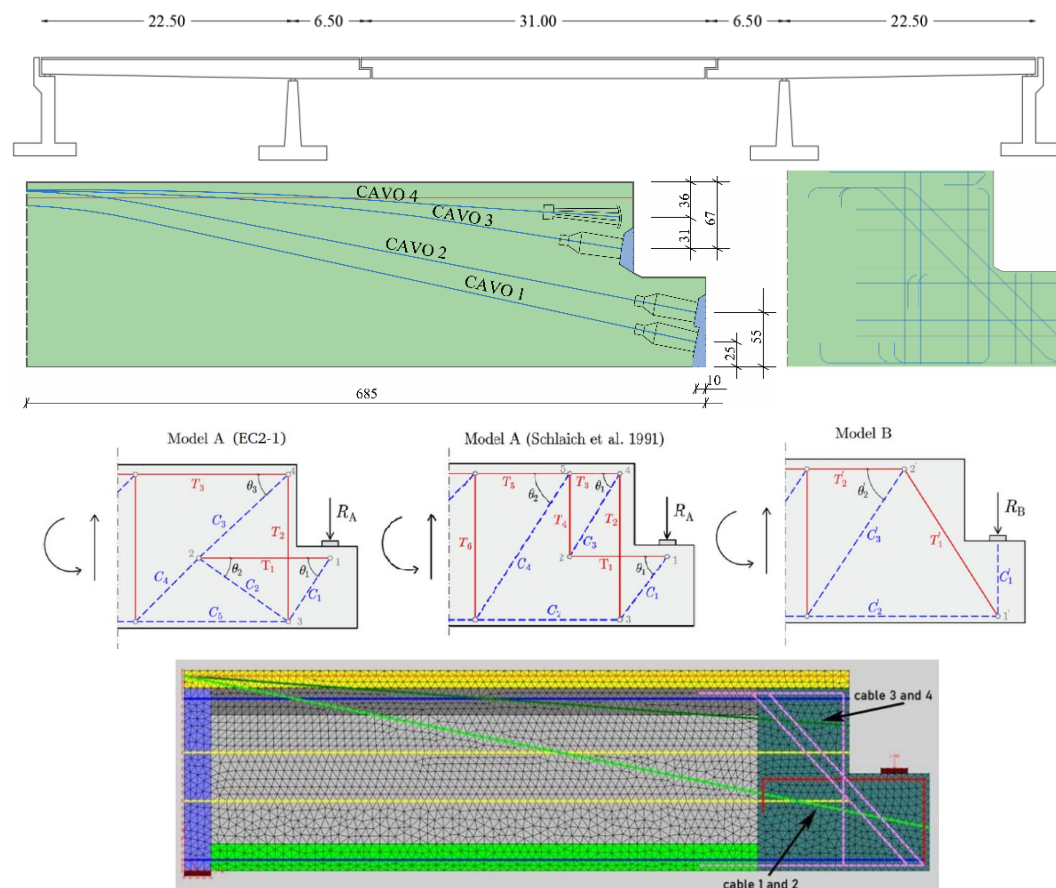
Il modello dell'intero cantilever con l'armatura effettiva è stato eseguito con software MIDAS FEA e mostra una modalità di rottura diversa, legata principalmente alla fessurazione dell'anima per flessione e taglio nelle sezioni del cantilever più vicine alla pila, soggette a momenti negativi. La geometria della sella e la disposizione delle armature giocano un ruolo cruciale in questo comportamento, così come è intuibile che il modello ad EF esteso all'intero cantilever colga il comportamento globale piuttosto che la rottura locale della sella, come aspetto critico.

Ciò conferma che un modello locale della sola sella può, in alcuni casi, portare ad una valutazione non realistica della capacità portante; inoltre, il contributo del traverso in corrispondenza della sella può incrementare notevolmente il valore trovato con l'ipotesi della dapped-end beam, specie quando esso è gettato insieme alla soletta e alla sella.

Il collasso è stato rilevato quando  $V_{R,FE} = 2850$  kN, maggiore del valore  $V_{R,ST} = 2230$  kN trovato dal modello strut-and-tie, con una differenza del 28%.



## Esempio 2. Cavalcavia autostradali Gerber (in assenza di degrado)



### Sella Gerber con ancoraggio di cavi post-tesi

**Strut-and-tie.** In fase di verifica è opportuno che il professionista adegui gli schemi in funzione del layout delle armature esistenti, operando un criterio di ottimizzazione nella scelta degli elementi comuni ai due schemi dell'EC2 – che evidentemente non possono essere considerati entrambi al 100% – o in quella, ad esempio, del numero di staffe che interessa il tirante verticale; infatti un maggior numero di staffe modifica la resistenza del tirante verticale, ma contestualmente incrementa lo sforzo del puntone sotto il carico. Nel caso in esame la resistenza è  $R_{STM} = 2541 \text{ kN}$ , anche in questo caso ampiamente sovra-resistente rispetto alle sezioni correnti del cantilever.

**Modello ad Elementi Finiti.** Le analisi non lineari sono state eseguite per mezzo del software VecTor2. Il collasso è stato rilevato per un carico di 2300 kN, ma non nella sezione di sella, bensì nella sezione più vicina alla pila. La presenza dei cavi influenza notevolmente il comportamento, migliorandolo per effetto della precompressione del naso.

**Grazie per la cortese  
attenzione**