

Sperimentazione delle Linee Guida per i ponti esistenti

CONVEGNO FINALE

19,20 e 21 novembre 2025

Applicazioni su ponte in c.a.p.

**Maria Rosaria Pecce
Università di Napoli Federico II**



CASO STUDIO C.A.P. (WP 4.3)

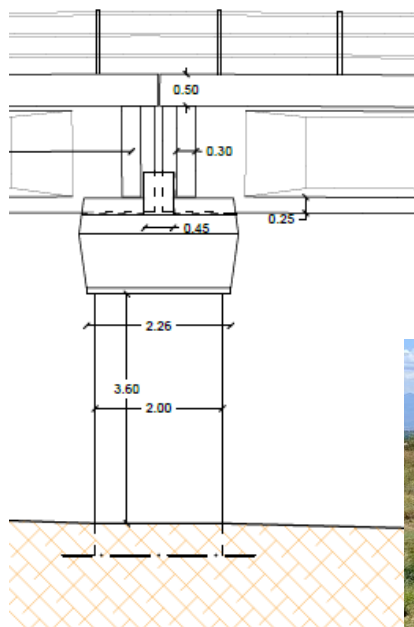
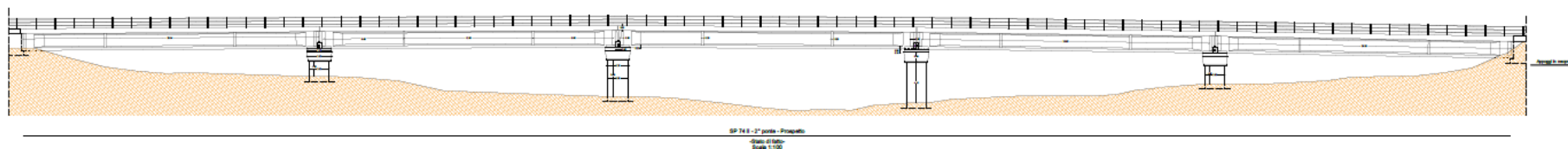
In Sicilia a 30km da Catania lungo una strada provinciale

Ponte di Belpasso (CT)

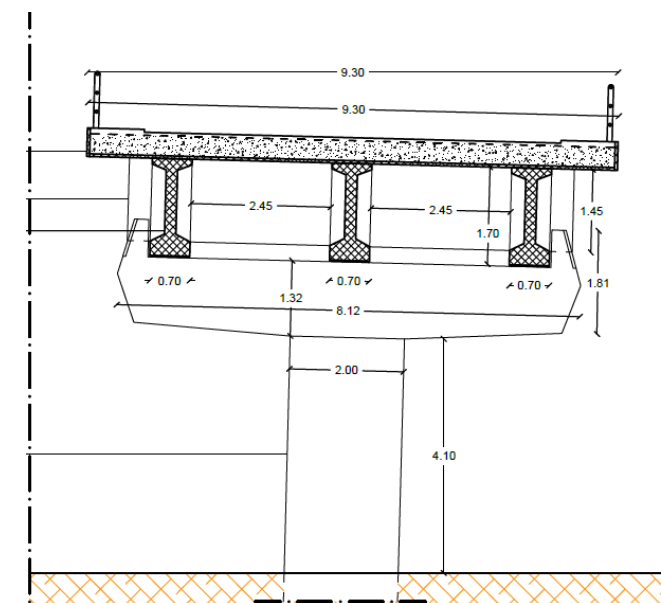
Un caso studio su cui hanno lavorato 8 gruppi applicando alcune delle competenze/tecniche sviluppate durante le attività di progetto



Ponte a travata
5 campate di circa 29 m
Larghezza impalcato 9.30m
3 travi in c.a.p. a doppio T con soletta in c.a.



Pila circolare di diametro 2m
Pulvino a mensola in c.a.



Documentazione disponibile

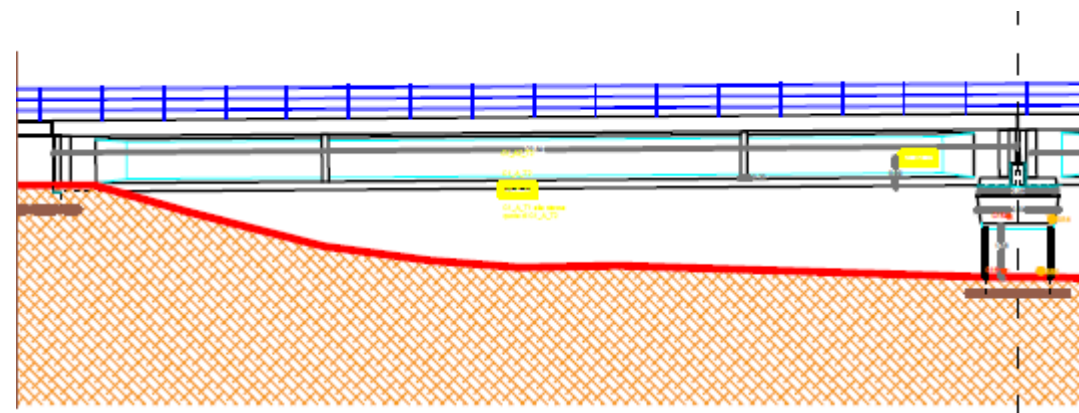
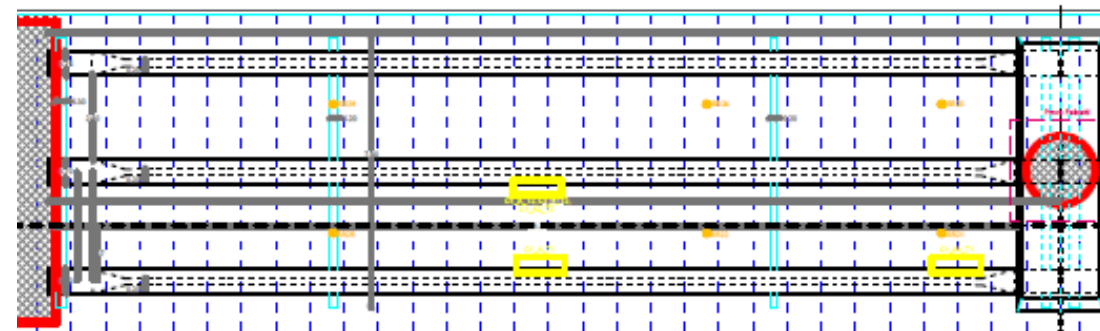
- Nessun documento di progetto o data di realizzazione
- La restituzione di un rilievo geometrico
- Una relazione di verifica di livello 4 basata su qualche prova non distruttiva sul calcestruzzo
- Nessun rilievo di armature
- Nessuna informazione sul tipo di precompressione

Obiettivo piano prove

- Controllare la geometria
- Individuare il tipo di precompressione
- Rilevare il tracciato dei cavi di precompressione
- Rilevare lo stato di precompressione residua
- Definire lo spessore della soletta e della pavimentazione stradale
- Rilevare le armature degli elementi : pila, pulvino, traversi, travi
- Determinare la resistenza del calcestruzzo e dell'acciaio da armatura
- Inquadrare i fenomeni di degrado (corrosione delle armature e dei cavi)
- Avere risultati di prove statiche e dinamiche per validare i modelli di calcolo
- Sperimentare tecniche di misura della deformazione sotto carico

Campata 1

Obiettivo	Tipo di prova
Controllare la geometria	rilevo laser scanner
Individuare il tipo di precompressione e rilevare il tracciato dei cavi di precompressione	Georadar
Rilevare il tipo e la sezione dei cavi	Saggi diretti (3)
Rilevare lo stato di precompressione residua	Prove di rilascio tensionale (due tipi)
Rilevare le armature degli elementi : pila, pulvino, traversi, travi	Saggi diretti (5)
Definire lo spessore della soletta e della pavimentazione stradale	Saggi diretti (1)
Determinare la resistenza del calcestruzzo	Carotaggi e prove SONREB (28)
Determinare la resistenza dell'acciaio	Estrazione barre e prova di trazione (3)
Inquadrare i fenomeni di degrado	Ispezione visiva, potenziale di corrosione (4), contenuto di cloruri (4)
Avere la risposta globale della struttura per calibrare modelli	Prova di carico
Sperimentare tecniche di misura delle deformazioni durante la prova statica	Prova DIC



LEGGENDA

- DIC
- Prove rilascio tensionale Bologna
- Prove rilascio tensionale UniBS
- Prova Felicetti
- Prova SONREB
- Prelievo carote
- Prelievo barre
- Saggio visivo
- GPR + Tomografia di Ultrasuoni



Ponte di Belpasso (CT)

Prove sui materiali

27 carote di calcestruzzo

DATI						
n.	Elemento	ID _{Carota}	h _{provino}	d _{provino}	Peso	f _{core}
-	-	-	mm	mm	kg	MPa
1	Pila 1	CH10	94	94	2370	42.4
2	Pila 2	CH12	94	94	2216	27.9
3	Pila 3	CH14	94	94	2238	47.3
4	Pila 4	CH16	94	94	2232	24.4
5	Pulvino pila 1	CH9	94	94	2327	30.0
6	Pulvino pila 2	CH11	94	94	2348	41.9
7	Pulvino pila 3	CH13	188	94	2330	24.8
8	Pulvino pila 4	CH15	94	94	2353	45.9
9	Soletta campata 2	CH1	94	94	2301	39.7
10	Soletta campata 2	CH2	94	94	2271	35.1
11	Soletta campata 2	CH3	94	94	2293	38.7
12	Soletta campata 2	CH4	94	94	2443	34.8
13	Soletta campata 4	CH5	94	94	2351	45.2
14	Soletta campata 4	CH6	94	94	2322	40.3
15	Soletta campata 4	CH7	94	94	2344	47.8
16	Soletta campata 4	CH8	94	94	2345	36.6
17	Trave 1, campata 4 (app.)	CH19	94	94	2365	33.9
18	Trave 1, campata 4 (mez.)	CH20	188	94	2419	39.4
19	Trave 1, campata 5	CH23	94	94	2356	43.7
20	Trave 1, campata 5	CH25	94	94	2373	46.1
21	Trave 3, campata 4 (app.)	CH17	94	94	2241	48.1
22	Trave 3, campata 4 (mez.)	CH18	94	94	2436	47.8
23	Trave 3, campata 5	CH21	94	94	2350	22.2
24	Trave 3, campata 5	CH22	94	94	2469	53.4
25	Traverso 3, campata 4	CH26	94	94	2267	28.7
26	Traverso 3, campata 4	CH27	94	94	2182	27
27	Traverso 4, campata 4	CH28	94	94	2238	24.9

n.provini	Distribuzione	f _{cm}	s	COV	f _{16%}	f _{ck}
-	pila+pulvino	MPa	MPa	-	MPa	MPa
8	normale	30.98	6.58	0.21		20.19
	lognormale	3.41	0.22	0.06	3.34	19.69
	soletta					
8	normale	33.85	3.30	0.10		28.45
	lognormale	3.52	0.10	0.03	3.48	27.90
	trave					
8	normale	36.17	7.74	0.21		23.47
	lognormale	3.56	0.26	0.07	3.47	21.20
	traverso					
3	normale	24.15	1.60	0.07		21.53
	lognormale	3.18	0.07	0.02	3.14	20.81
	solo pila					
-	pila	MPa	MPa	-	MPa	MPa
4	normale	30.38	8.16	0.27		17.00
	lognormale	3.39	0.27	0.08	3.25	16.46

3 prove sulle barre

	dimensioni	f _y (MPa)	f _t (MPa)	all(%)	ln(f _y)	ln(f _t)
PB1	9.97	508.8	642.37	8	6.23	6.47
PB2	8.08	515.13	654.95	8.37	6.24	6.48
PB3	10	507.84	643.42	8.75	6.23	6.47

n.provini	Distribuzione	f _y	s	COV	f _{y16%}	f _{y_k}
-		MPa	MPa	-	MPa	MPa
3	normale	510.59	3.96	0.01		504.09
	lognormale	6.24	0.01	0.00	6.23	501.89
n.provini	Distribuzione	f _t	s	COV	f _{t16%}	f _{t_k}
-		MPa	MPa	-	MPa	MPa
3	normale	646.91	6.98	0.01		635.47
	lognormale	6.47	0.01	0.00	6.47	635.58



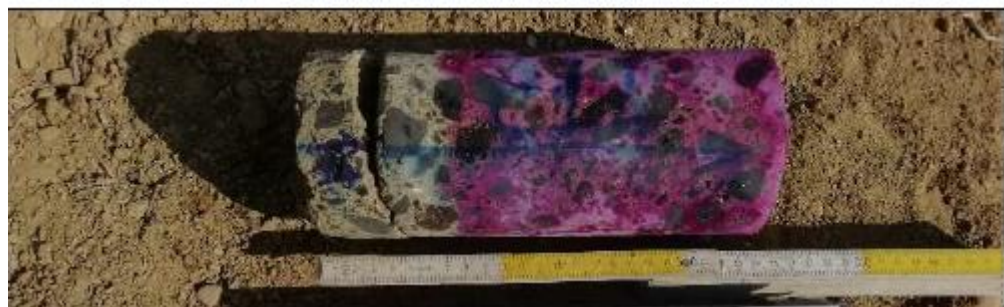
Ponte di Belpasso (CT)
Prove sui materiali

28 prove Sonreb

Prova sclerometrica	Ubicazione	Mediana	Correzione IR
SC2	PULVINO PILA 2 LATO CAMPATA 2	46	46
SC3	PILA 1 LATO CAMPATA 2	34	34
SC4	PULVINO PILA 1 LATO CAMPATA 2	39	39
SC5	PILA 4	28	28
SC6	PULVINO 4	45	45
SC7	PILA 3	34	34
SC8	PULVINO 3	40	40
SC9	CAMPATA 4 TRAVE 3 APPOGGIO	46	46
SC10	CAMPATA 4 TRAVE 3 MEZZERIA	46	46
SC11	CAMPATA 4 TRAVE 3 APPOGGIO	48	48
SC12	CAMPATA 4 TRAVE 1 APPOGGIO	46	46
SC13	CAMPATA 4 TRAVE 1 MEZZERIA	48	48
SC14	AVE 1 CAMPATA 4 TRA TRAVERSI 5 E 6	48	48
SC15	AVE 3 CAMPATA 2 TRA TRAVERSI 2 E 3	47	47
SC16	TRAVE 3 CAMPATA 2 MEZZERIA	46	46
SC17	AVE 3 CAMPATA 2 TRA TRAVERSI 6 E 7	48	48
SC18	AVE 1 CAMPATA 2 TRA TRAVERSI 1 E 2	47	47
SC19	TRAVE 1 CAMPATA 2 MEZZERIA	48	48
SC20	AVE 1 CAMPATA 2 TRA TRAVERSI 5 E 6	48	48
SC27	TRAVERSO 6	28	28
SC28	TRAVERSO 3 TRA TRAVE 1 E 2	30	30

Prove ultrasoniche	Ubicazione	Tipo di misura	Velocità onde [km/s]
US02	PULVINO PILA 3 LATO CAMPATA 2	C	2.511
US03	FACCIA PILA 1 LATO CAMPATA 2	C	1.429
US04	PULVINO PILA 1 LATO CAMPATA 2	C	2.133
US05	PILA 4 LATO CAMPATA 4	C	1.613
US06	PULVINO PILA 4 LATO CAMPATA 4	C	2.260
US07	PILA 3 LATO CAMPATA 4	C	1.235
US08	PULVINO PILA 3 LATO CAMPATA 4	C	3.012
US09	TRAVE 3 CAMPATA 4	C	3.289
US10	AVE 3 CAMPATA 4 TRA TRAVERSO 4 E 5	C	3.888
US11	AVE 3 CAMPATA 4 TRA TRAVERSO 6 E 7	C	3.981
US12	AVE 1 CAMPATA 4 TRA TRAVERSO 1 E 2	C	3.862
US13	AVE 1 CAMPATA 4 TRA TRAVERSO 3 E 4	C	3.299
US14	AVE 1 CAMPATA 4 TRA TRAVERSO 5 E 6	C	3.475
US15	AVE 3 CAMPATA 2 TRA TRAVERSO 2 E 3	C	3.144
US16	TRAVE 3 CAMPATA 2 MEZZERIA	C	3.955
US17	AVE 3 CAMPATA 2 TRA TRAVERSI 6 E 7	C	3.477
US18	AVE 1 CAMPATA 2 TRA TRAVERSI 1 E 2	C	4.025
US19	TRAVE 1 CAMPATA 2 MEZZERIA	C	3.727
US20	AVE 1 CAMPATA 2 TRA TRAVERSI 5 E 6	C	3.555
US27	TRAVERSO 6 CAMPATA 4 FACCIA LATO G	C	3.513
US28	TRAVERSO 3 CAMPATA 4	C	3.86

DI leo -Pascale	Rilem	media
Rc (MPa)	Rc (MPa)	Rc (MPa)
14.84	13.63	14.23
2.71	2.06	2.38
8.35	7.08	7.71
2.96	2.15	2.56
11.20	10.05	10.63
1.89	1.41	1.65
19.98	17.99	18.98
28.74	27.50	28.12
43.30	42.48	42.89
48.00	47.95	47.98
42.60	41.75	42.17
30.29	29.42	29.86
34.41	33.67	34.04
26.33	25.20	25.77
45.16	44.41	44.78
34.45	33.72	34.09
48.23	47.91	48.07
40.84	40.40	40.62
36.38	35.73	36.05
19.96	16.29	18.12
27.04	22.92	24.98



Penetrazione dei cloruri

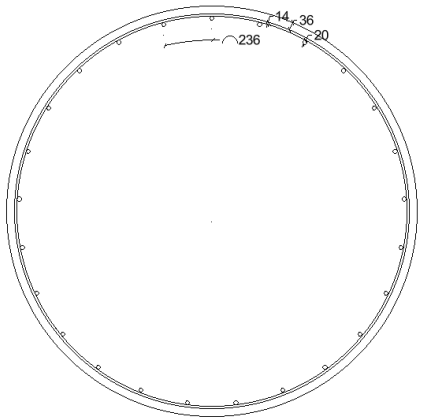
Percentuali basse

RISULTATI DI PROVA					
Data Analisi		Inizio Prova: 30/09/25 - Fine Prova: 30/09/25			
ID CAMPIONE	Profondità Carota	DETERMINAZIONE	U.d.M.	RISULTATO	INCERTEZZA
MCH 1	1	Cloruri	%	0,19	
	2	Cloruri	%	0,15	
	3	Cloruri	%	0,07	
	4	Cloruri	%	0,03	
MCH 2	1	Cloruri	%	0,09	
	2	Cloruri	%	0,07	
	3	Cloruri	%	0,05	
	4	Cloruri	%	0,02	
MCH 3	1	Cloruri	%	0,06	
	2	Cloruri	%	0,05	
	3	Cloruri	%	0,05	
	4	Cloruri	%	0,04	
MCH 4	1	Cloruri	%	0,05	
	2	Cloruri	%	0,05	
	3	Cloruri	%	0,05	
	4	Cloruri	%	0,05	
	5	Cloruri	%	0,04	
MCH 5	1	Cloruri	%	0,07	
	2	Cloruri	%	0,05	
	3	Cloruri	%	0,05	
	4	Cloruri	%	0,04	
	5	Cloruri	%	0,02	

Probabile realizzazione nel 1980

Pulvino con calcestruzzo degradato e alcune barre

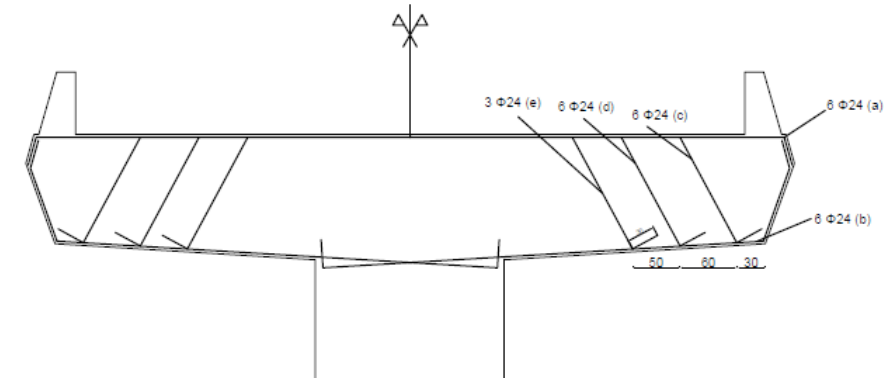
Pila diametro=2m
Longitudinali 25 ϕ 20
Staffe ϕ 14/40cm



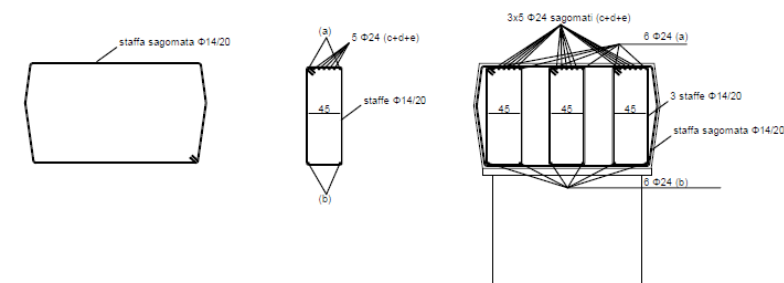
Nella pila si osservano zone
con evidente corrosione
delle barre



La configurazione dell'armatura può essere definita
solo conoscendo la tipica armatura di un pulvino



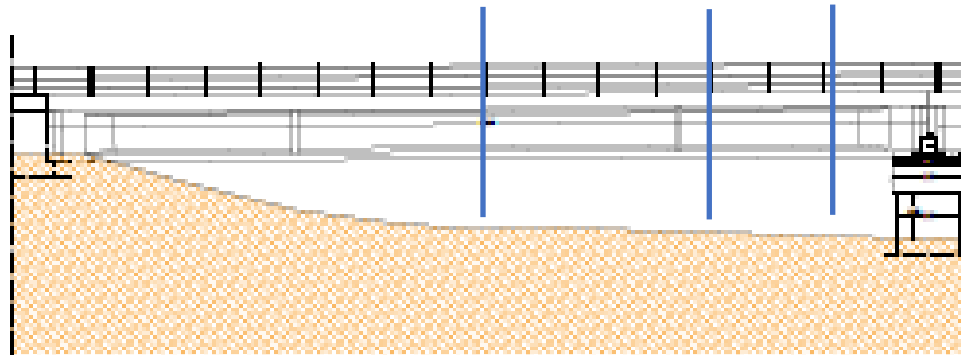
Diametro barra misurato con il calibro
Barre longitudinali ϕ 20 dove non c'è corrosione
 ϕ 18 dove c'è evidente corrosione



Saggi sui cavi

Cavi scorrevoli con tracciato parabolico

Saggio in mezzeria



Saggio in prossimità dell'appoggio
effettuato dopo il georadar



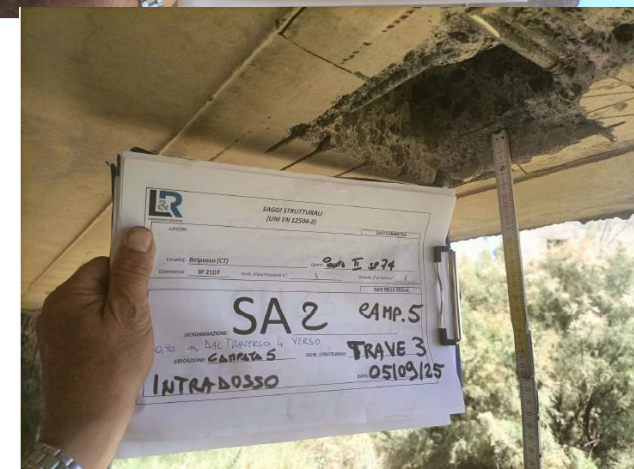
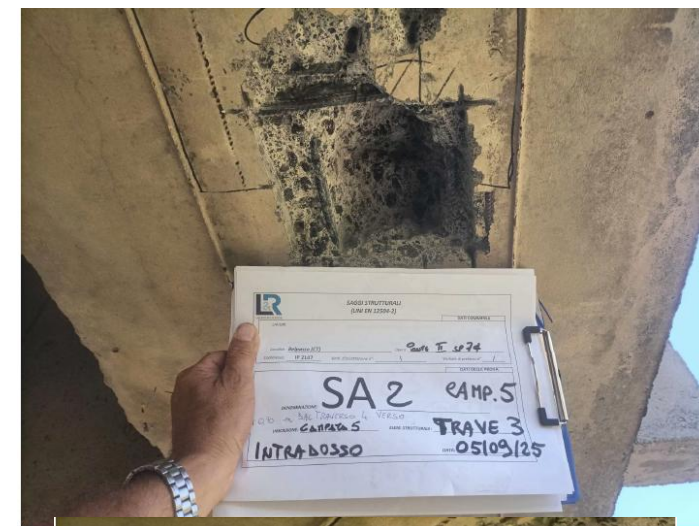
3 cavi M5/12

12 trefoli con 7 fili di diametro 5mm

Bene iniettati e non corrosi

Dal progetto simulato 3 cavi sembrano
insufficienti per il progetto dell'epoca

Si effettua un saggio all'intradosso
cercando un quarto cavo orizzontale che
non si trova

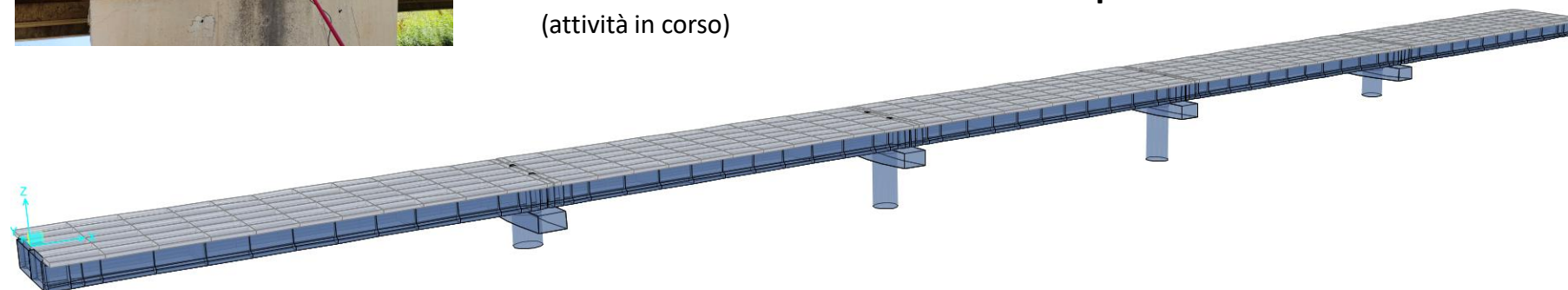


ATTIVITA' di SOPRALLUOGO

PROPEDEUTICHE alle INDAGINI STRUTTURALI (Maggio 2025)



CALIBRAZIONE di MODELLO FEM
tramite confronto con risultati della prova di carico statico
(attività in corso)



SUPPORTO al COORDINAMENTO DELLE ATTIVITÀ di INDAGINE STRUTTURALE e di PROVA DI CARICO STATICO

(Luglio – Settembre 2025)



MODELLAZIONE NUMERICA E PROGETTO SIMULATO

• MODELLAZIONE NUMERICA

WP 4 task 4.3 UNIPA Lidia La Mendola, Fabio Granata



Su MIDAS Civil sono stati applicati i carichi previsti dalle diverse normative (Circolare 1962, D.M.1980 e NTC 2018) e quelli della prova di carico eseguita.

Modello 1D della singola trave

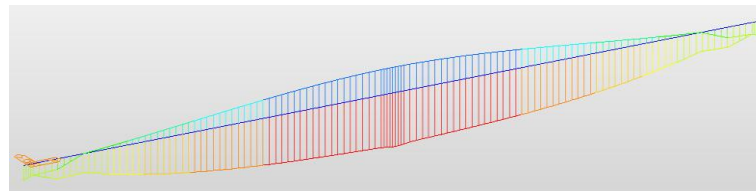
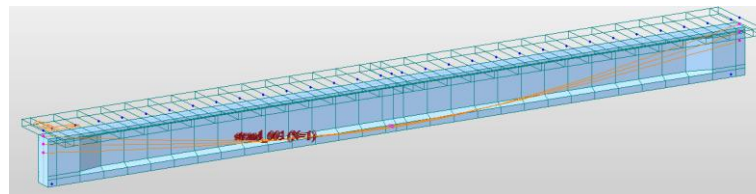


Diagramma dei valori massimi e minimi del momento flettente risultanti dalla combinazione dei carichi permanenti, della precompressione e dei carichi mobili

Modello 1D dell'intera struttura

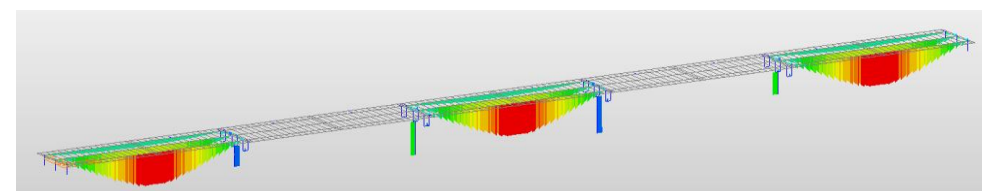
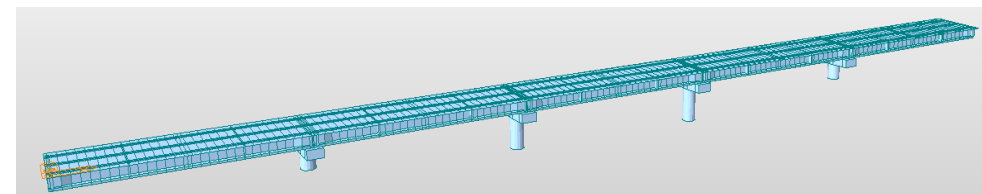


Diagramma del momento flettente dovuto ai carichi applicati durante la prova di carico

Attualmente si sta lavorando alla creazione di un modello 2D di dettaglio con i cavi di precompressione, con l'obiettivo di effettuare anche un'analisi non lineare a SLU

• PROGETTO SIMULATO

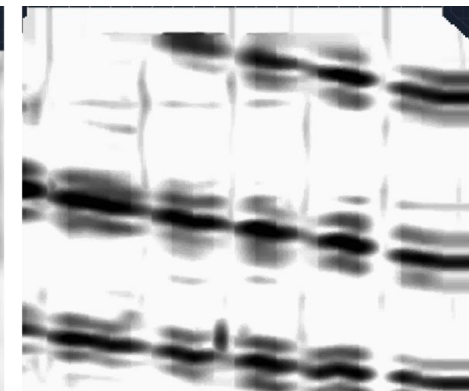
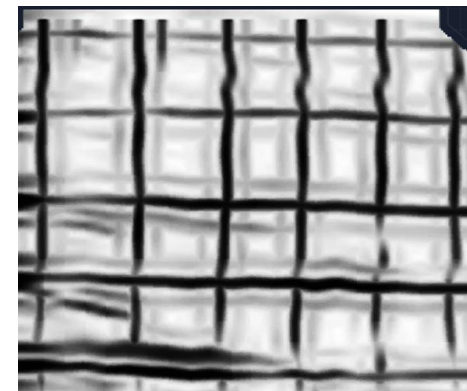
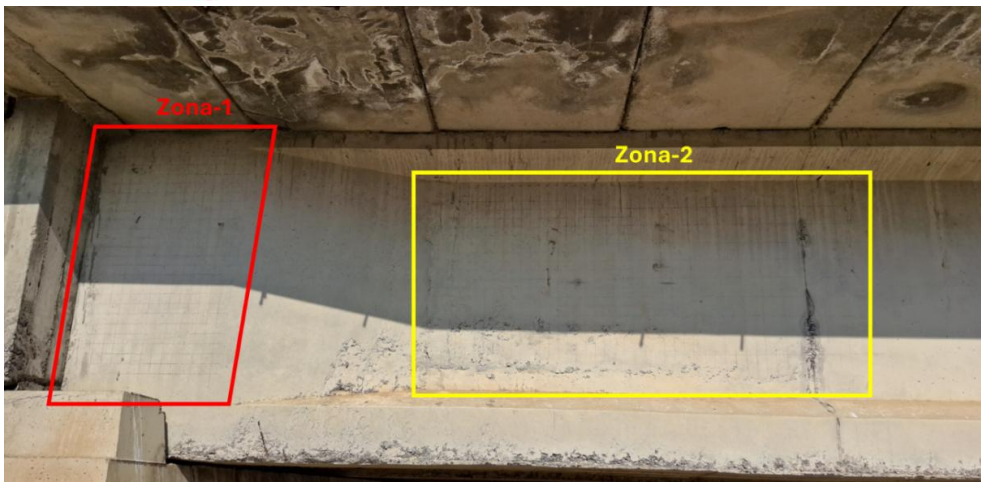
Definizione dei carichi agenti secondo:

- Circolare 1962 per ponti di 1° categoria
 - 1° Corsia: carico militare isolato da 74,5 t
 - 2° Corsia: colonna indefinita di autocarri da 12 t
- Circolare 1962 per ponti di 2° categoria
 - 1° e 2° Corsia: colonna indefinita di autocarri da 12t
- D.M. 1980
 - 1° Corsia: colonna di carico di **tipo A**
 - 2° Corsia: colonna di carico di **tipo B**

Momento massimo in mezzeria su trave di bordo:

- Circolare 1962 – 1° Categoria
 - $M_{max} = M_g + M_q = 8540 \text{ kNm}$
- Circolare 1962 – 2° Categoria
 - $M_{max} = M_g + M_q = 7200 \text{ kNm}$
- D.M. 1980
 - $M_{max} = M_g + M_q = 9200 \text{ kNm}$

Dal progetto simulato risulta che, per verificare le condizioni di carico previste dalla Circolare del 1962 per opere di 1ª categoria e dal D.M. del 1980, sono necessari 4 cavi da 12 trefoli. Tuttavia, considerando le condizioni di carico previste per opere di 2ª categoria dalla stessa Circolare, la configurazione con 3 cavi da 12 trefoli, rinvenuta durante le indagini mediante saggi, potrebbe risultare coerente.



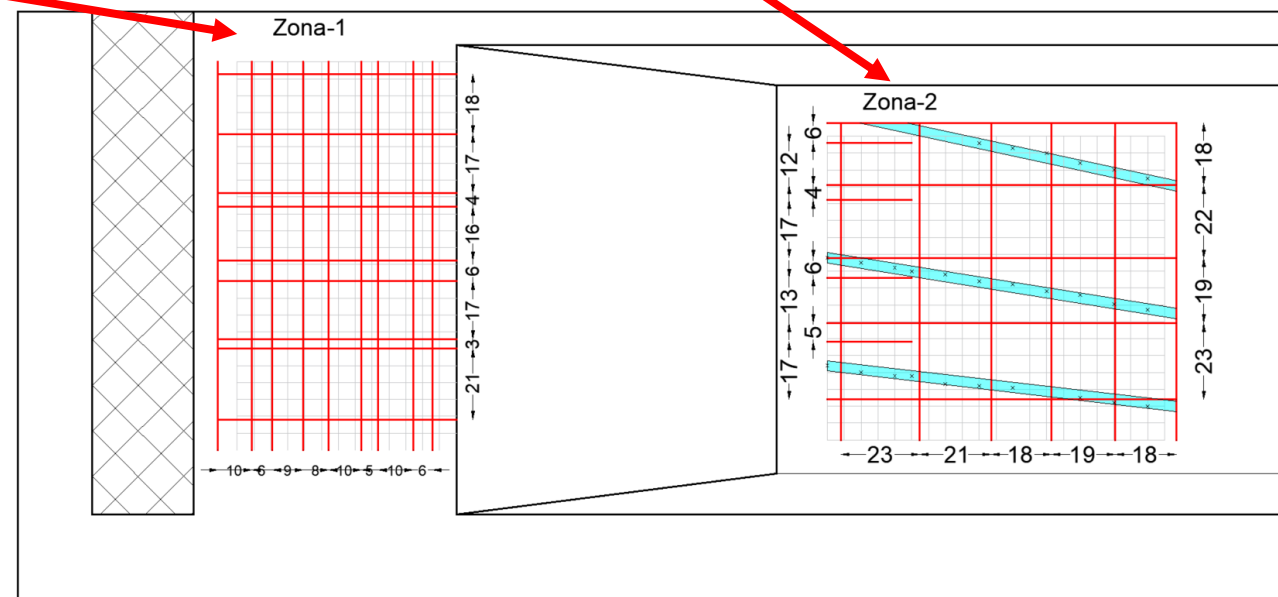
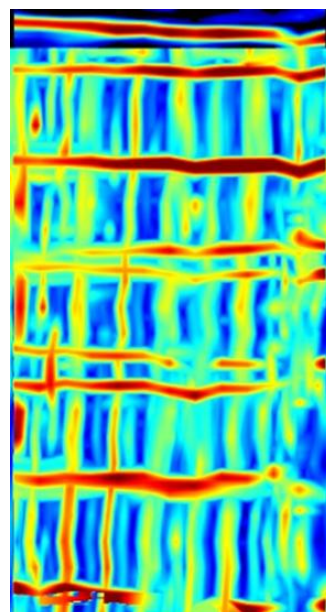
Reinforcement layout

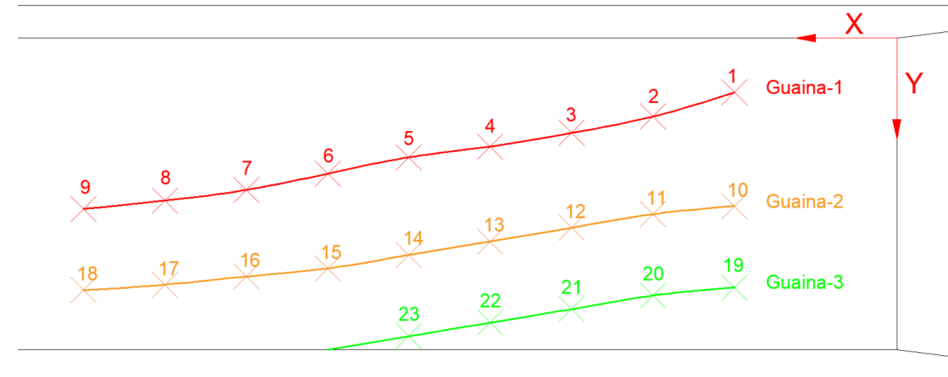
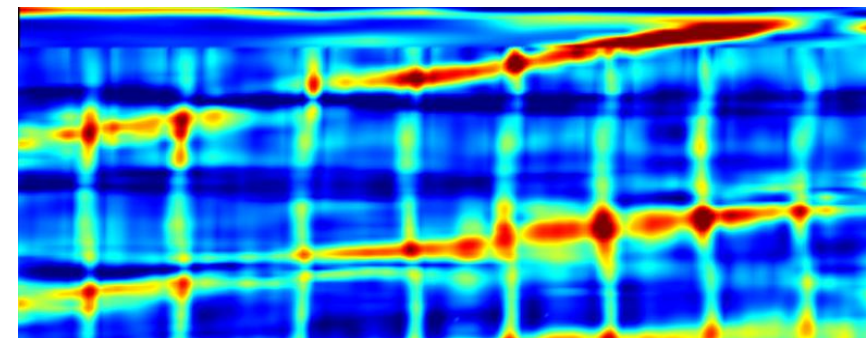
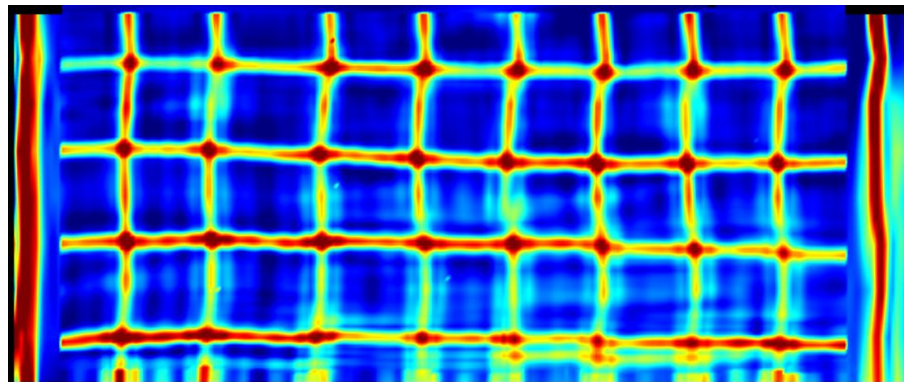
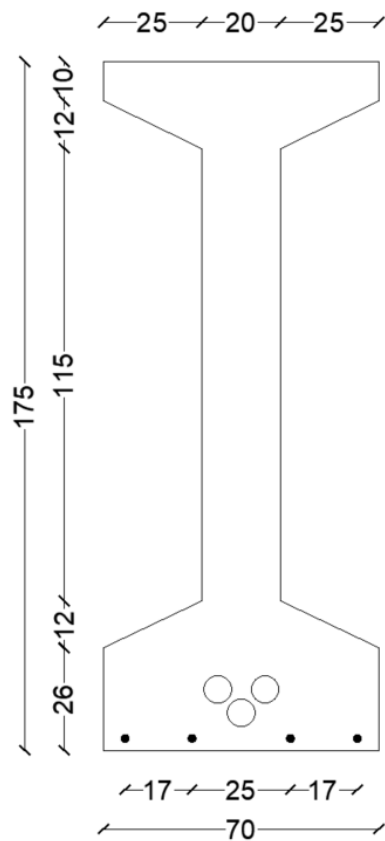
Tendon ducts layout

Zona - 1

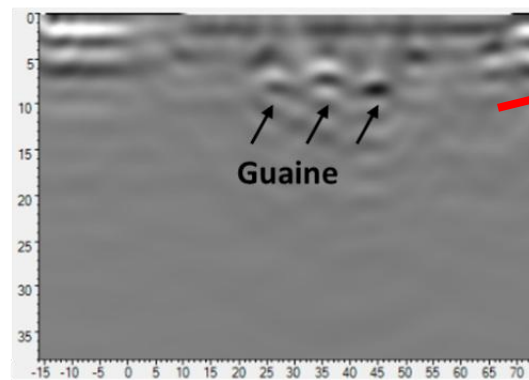
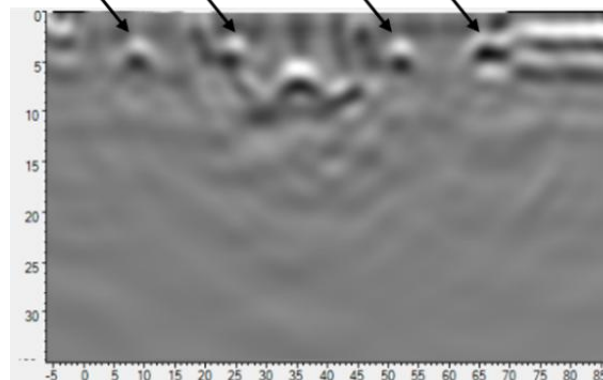
Zona - 2

- Non è stato possibile localizzare le guaine nella Zona-1 perché sono a profondità maggiore, e la distribuzione dell'armatura è più densa rispetto alla Zona - 2
- Il GPR è stato in grado di individuare in modo accurato le barre d'armatura quando l'interasse tra due barre consecutive era uguale o superiore a 5 cm

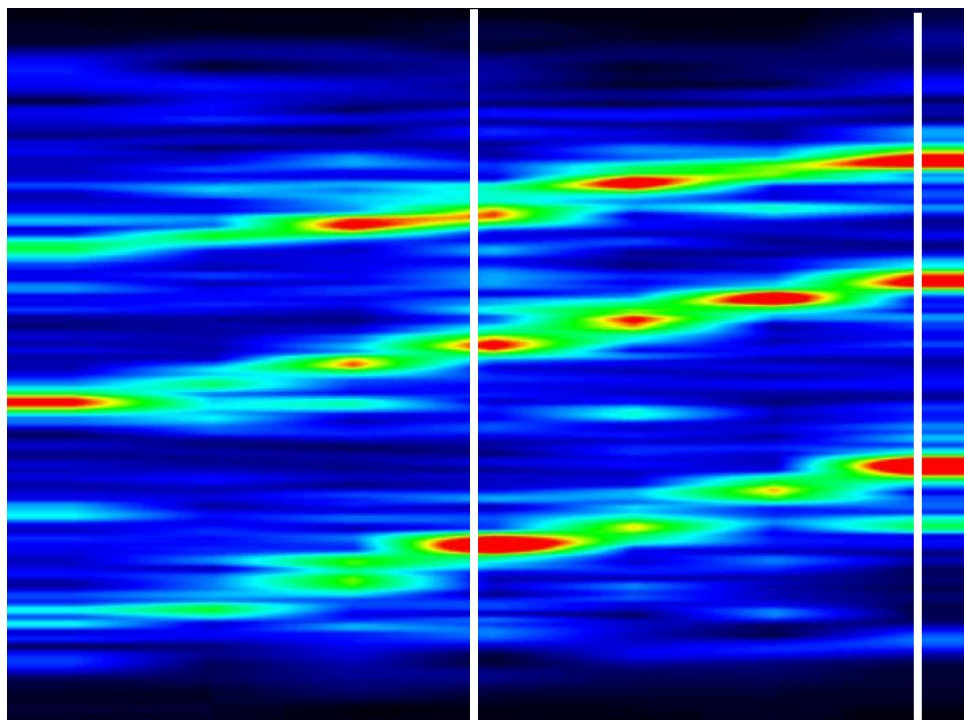




Barre longitudinale



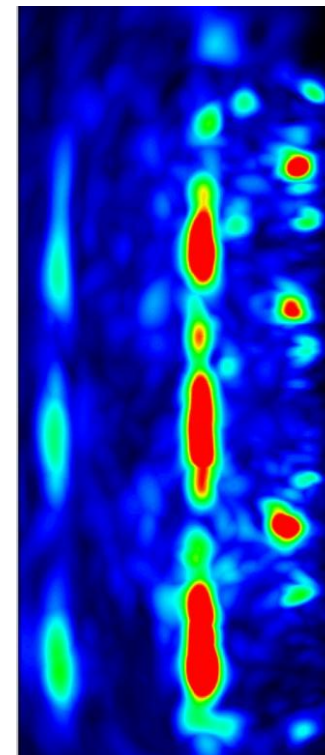
C-Scan



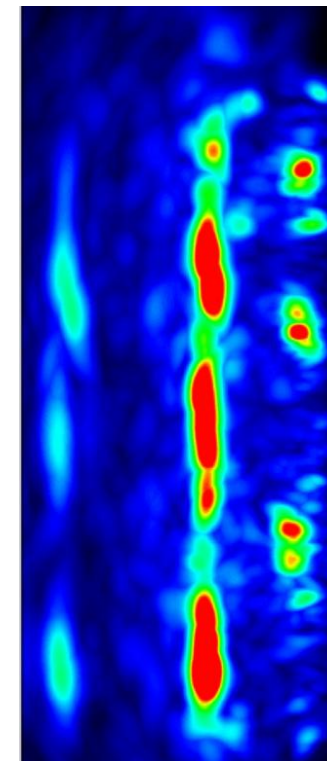
B-Scan-2

B-Scan-1

B-Scan-1



B-Scan-2

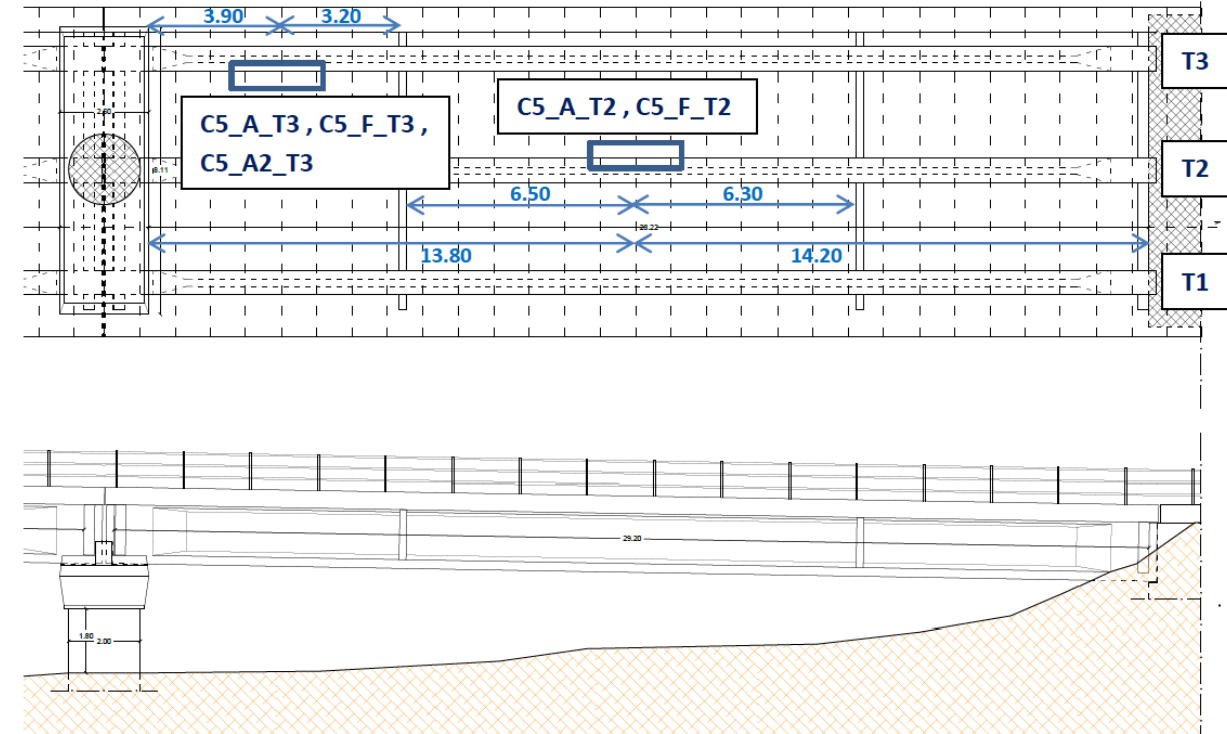
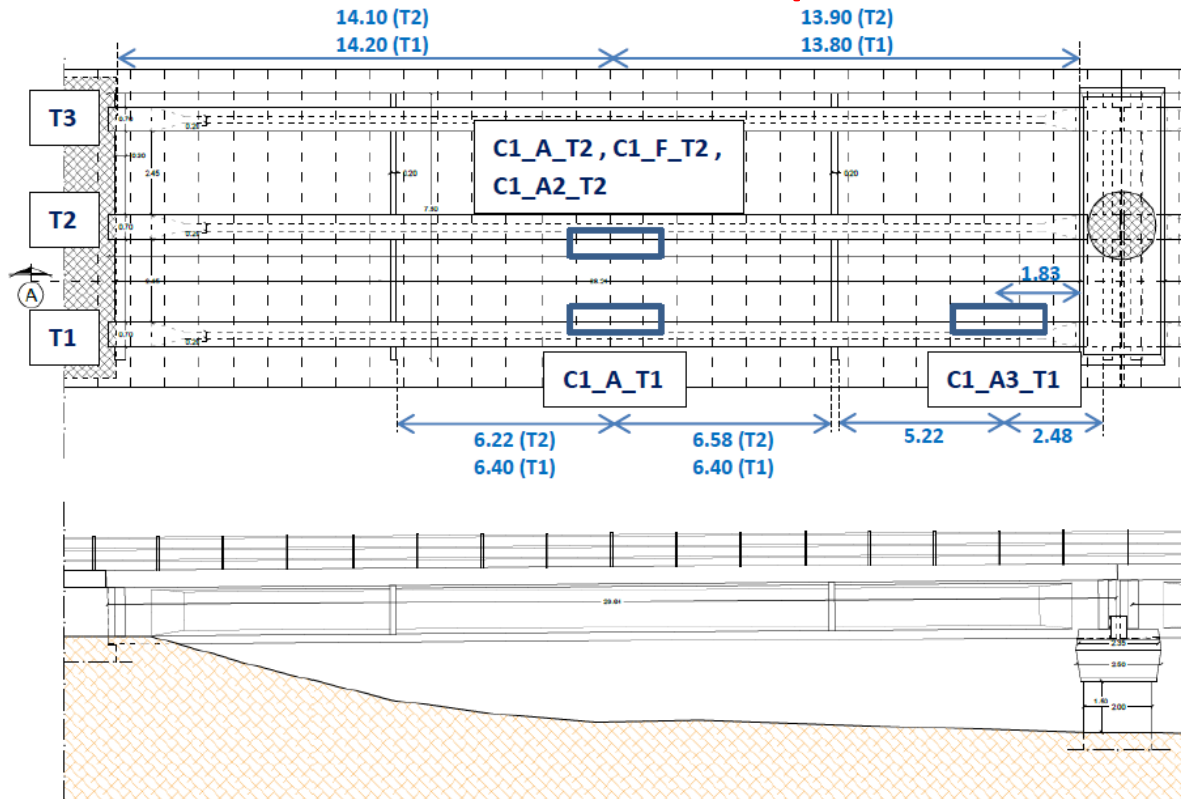


- Guaine presentano una intensità di riflessione comparabile nei diversi B-scan (sezioni)
- Indica una qualità di iniezione della boiaccia uniforme.
- Verifiche effettuate in altri punti indicano una buona qualità della iniezione.
- Cambio di colori non sempre associato a difetti di iniezioni

Ponte di Belpasso (CT)

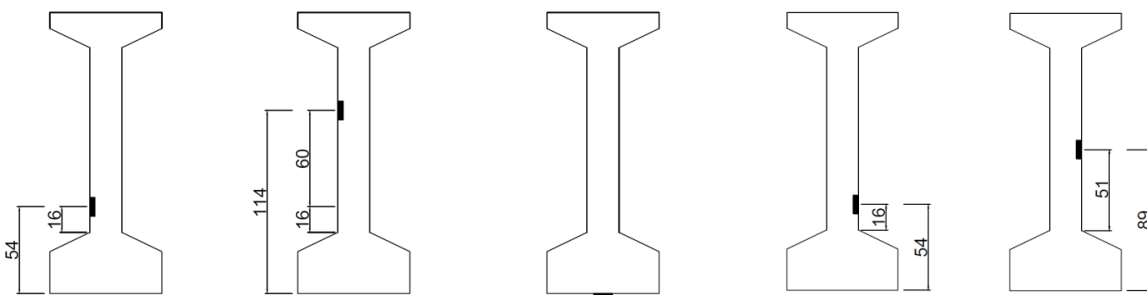
Prove di rilascio tensionale con estrazione di un provino di forma troncopiramidale

WP 3.2 UNIBO Claudio Mazzotti



Trave di mezzeria

Trave di bordo

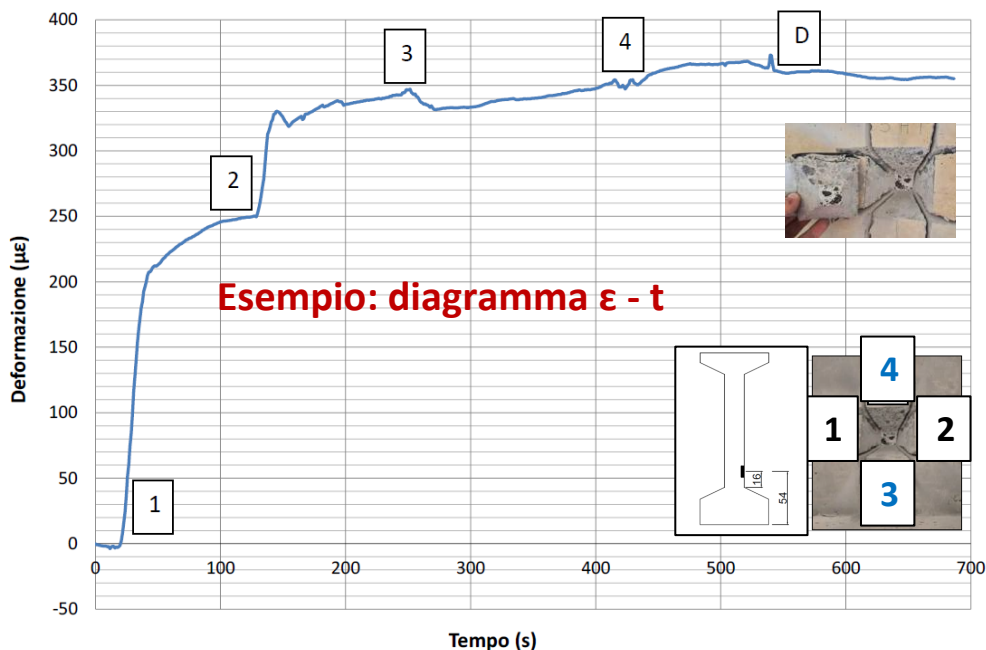
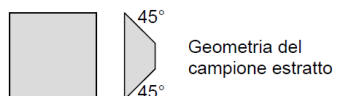
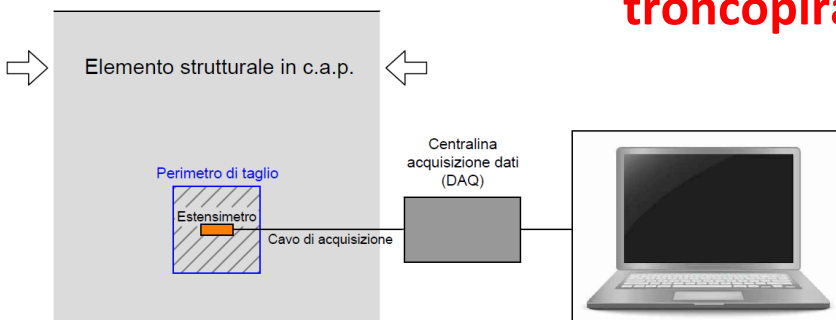


- Prove di rilascio eseguite su due diverse campate (C1 e C5)
- Estrazioni sia sulle travi di mezzeria che di bordo
- Prelievi a diverse quote per ricostruire l'andamento sezionele delle deformazioni

Ponte di Belpasso (CT) Prove di rilascio tensionale (provinio) troncopiramidale

WP 3.2 UNIBO Claudio Mazzotti, Marco Savoia

Smerigliatrice
angolare con disco
diamantato



Risultati

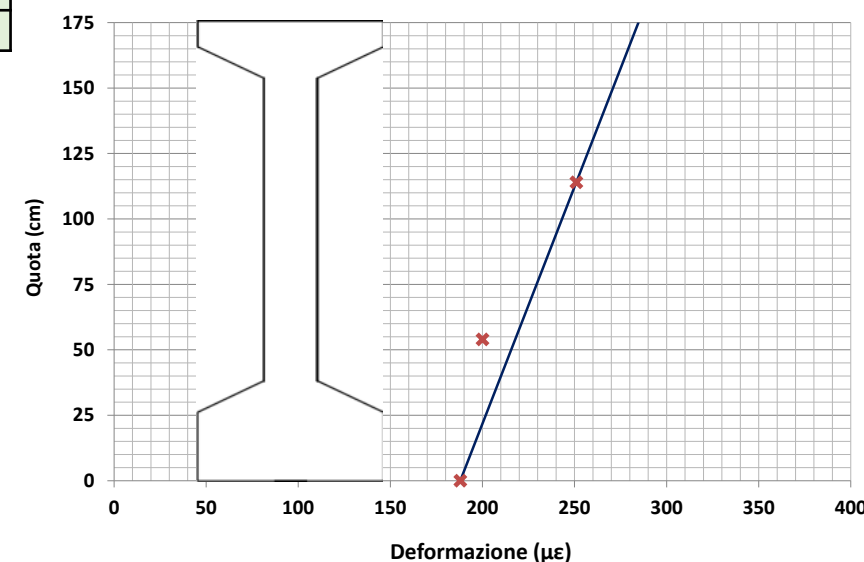
Prova	Quota (cm)	ϵ ($\mu\epsilon$)	σ (MPa)
C1_F_T2	0	188	6.95
C1_A_T2	54	200	7.40
C1_A2_T2	114	251	9.28
C1_A_T1	54	355	13.13
C5_F_T2	0	350	12.95
C5_A_T2	54	336	12.43

Tagli:

1,2 ortogonali
3,4 paralleli



Andamento deformazioni



- Tagli prima **ortogonali** (verticali), poi **paralleli** (orizzontali) alla precompressione
- Completo rilascio dopo il distacco del campione (D)

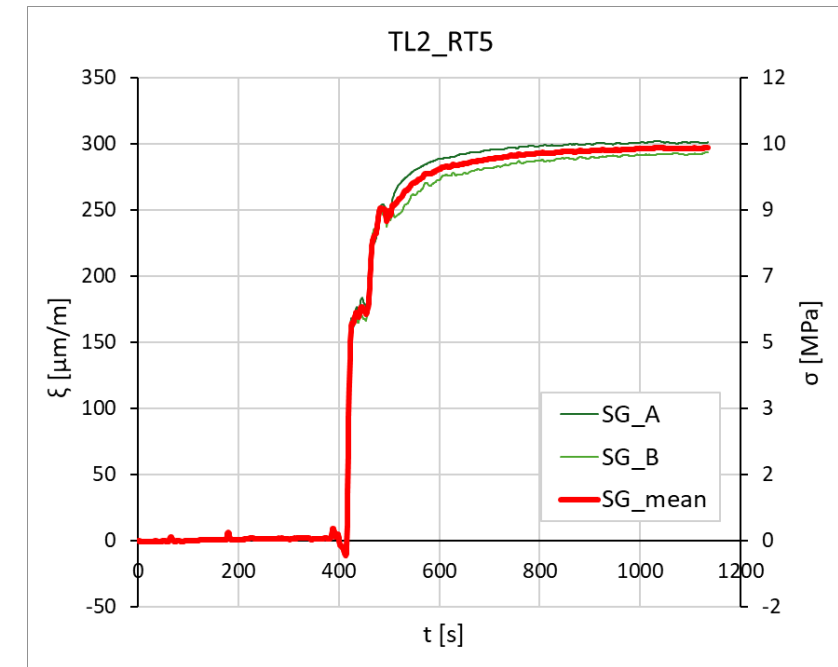
#11 PROVE DI RILASCIO TENSIONALE

Obiettivo:

Determinare la precompressione residua

Procedura:

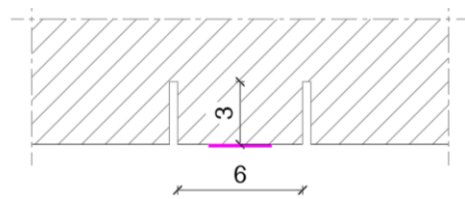
- Incollaggio di 2 strain gauges (SG) da 30 mm, 120 Ω
- Esecuzione di una coppia di tagli paralleli nell'anima, con distanza relativa di 6 cm e profondità di 3 cm
- Monitoraggio delle deformazioni ($\varepsilon_{c,SG}$) nella zona tra i due tagli durante tutta la prova
- Tramite il modulo elastico E_c , calcolo dello sforzo locale σ_c
- Ricavare analiticamente la precompressione residua corrispondente a tale sforzo locale σ_c
- Ripristino



Esempio di una lettura degli SG

$$\sigma_c = E_c \cdot \varepsilon_{c,SG}$$

$$E_{c,ipotizzato} = 34500 \text{ MPa}$$



coppia di tagli: vista nella sezione trasversale



a)



b), c)



f)

CFR. Ente Locale [Esito valutazione della sicurezza (analitica)]:

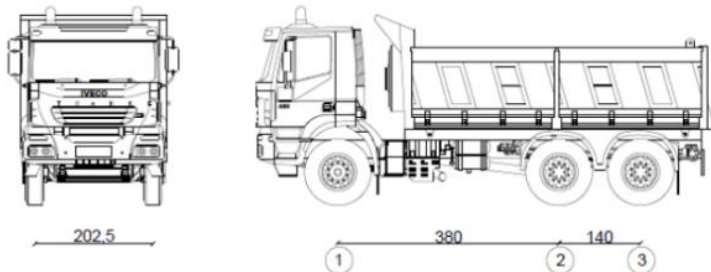
10.1 Prescrizione prova di carico

Non essendo possibile, come usualmente avviene nelle travi c.a.p. in assenza delle informazioni di progetto, conoscere l'effettivo quantitativo di armatura di precompressione, considerato che il quantitativo di armatura richiesto è compatibile con il quantitativo che potrebbe essere effettivamente in opera nella trave c.a.p. **la verifica di sicurezza è da ritenere plausibilmente positiva, con prescrizione di esecuzione di una prova di carico.**

Si prescrive quindi una prova di carico per l'accertamento in opera della sicurezza.

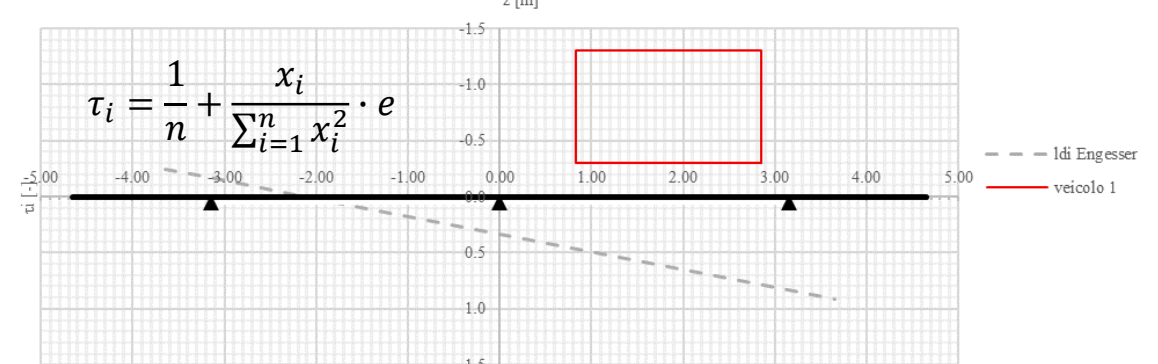
CFR. Ente Locale [Progetto della Prova di Carico]:

- *n°2 mezzi da 30 t*

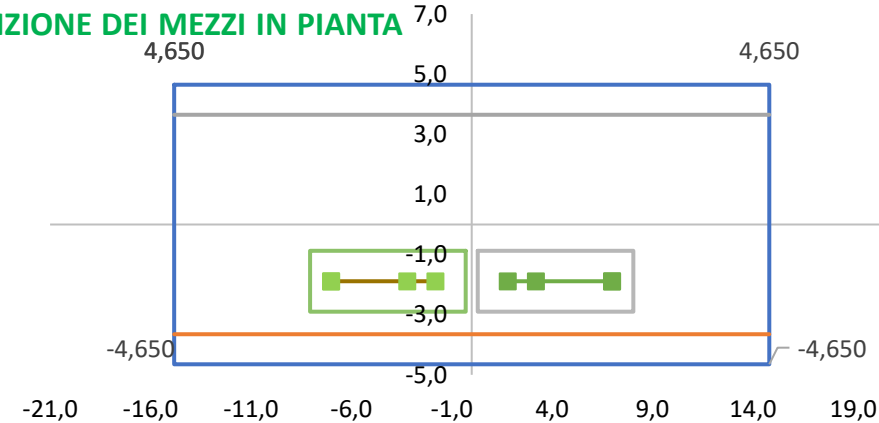


Peso tot max 30 ton
 1 asse: 9 ton
 2 asse: 10,5 ton
 3 asse: 10,5 ton

ANALISI DELL'IMPALCATO ALLA COURBON



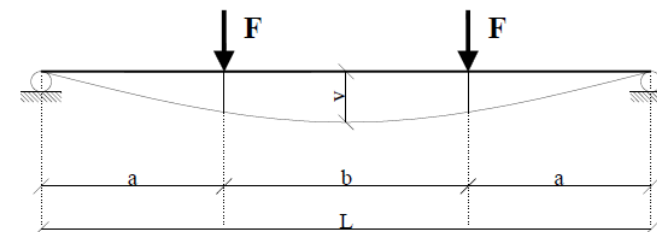
POSIZIONE DEI MEZZI IN PIANTA



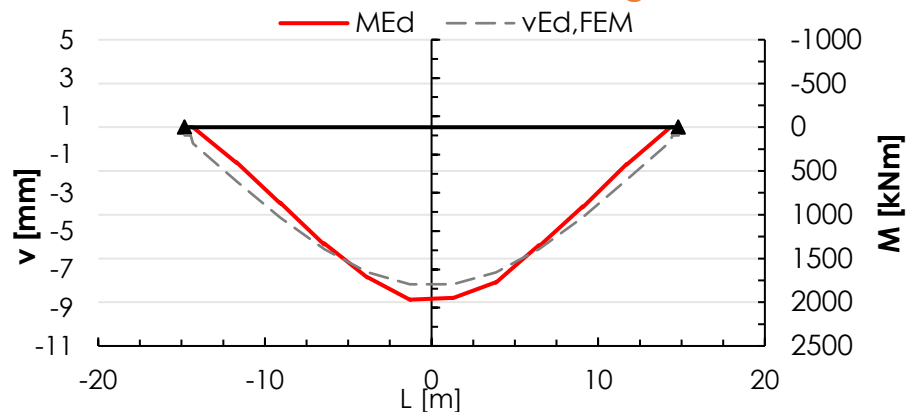
CALCOLO DELLA FRECCIA

$$v_{max} = \frac{F \cdot a}{24EI} (3L^2 - 4a^2)$$

$$E_{cm} \approx 31.900 \text{ MPa}$$



Modello numerico CSI Bridge



La combinazione adottata è prossima alla
transitabilità CdS 26t (non amplificata)

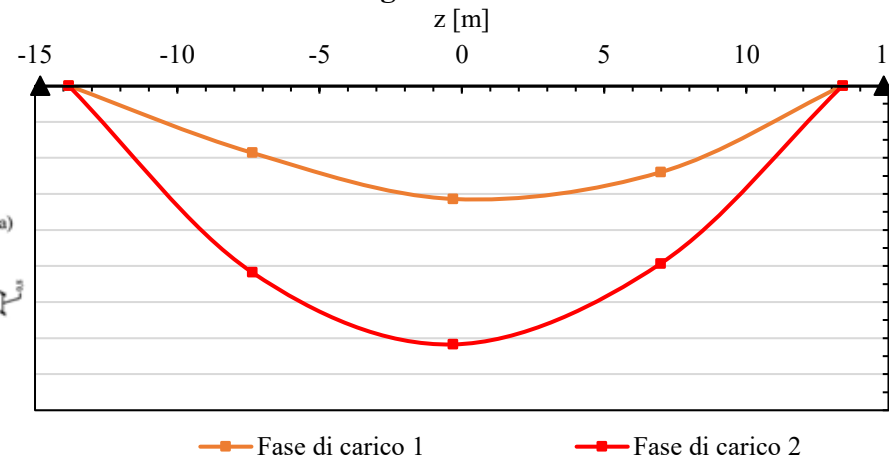
Sollecitazioni	Prova di carico	Schema LM1 (combo rara NTC 18)	Variazione %
M_Q [kNm]	2083	3447	-40%
V_Q [kN]	189	472	-60%

ESECUZIONE DELLA PROVA

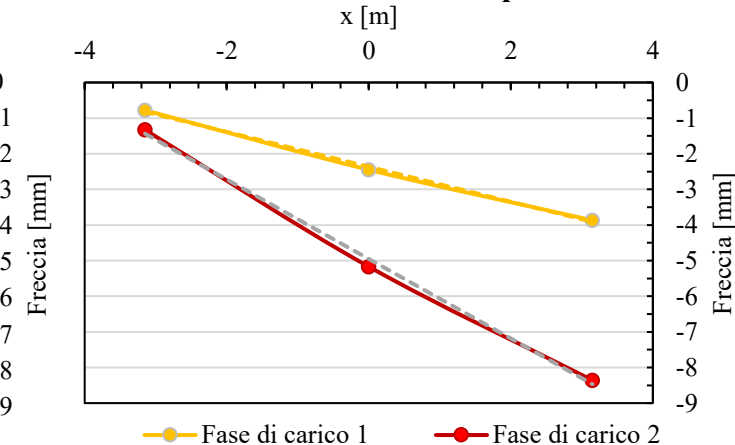


Misura delle frecce in situ

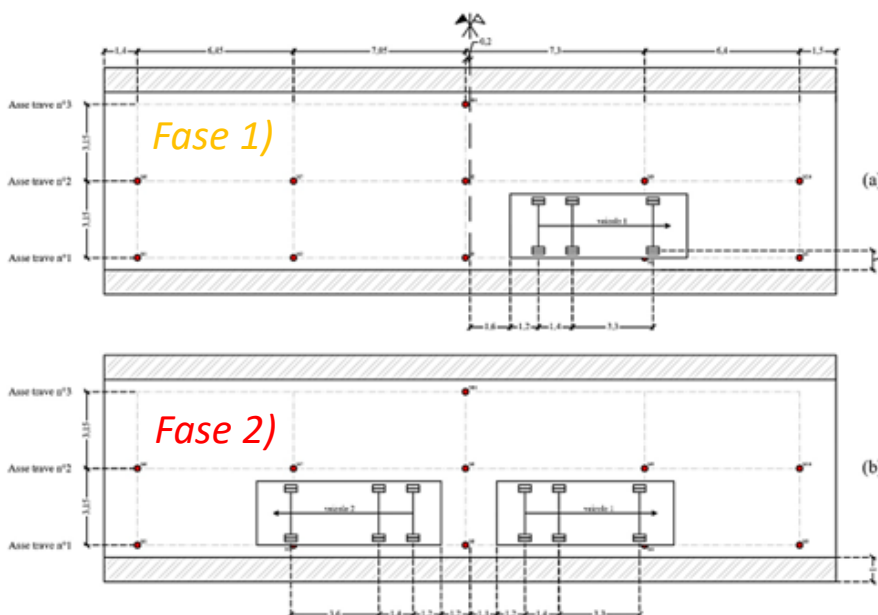
Freccia longitudinale - Trave di bordo



Freccia trasversale - Impalcato



N. 11 PUNTI DI MISURA

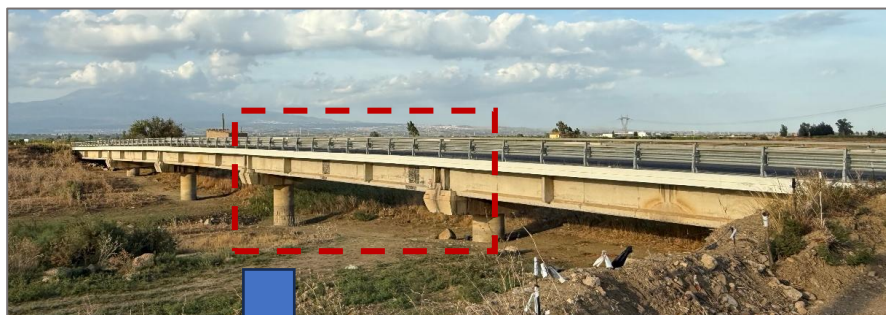


- Freccia misurata = 7.2 mm
- Freccia calcolata = 7.7mm

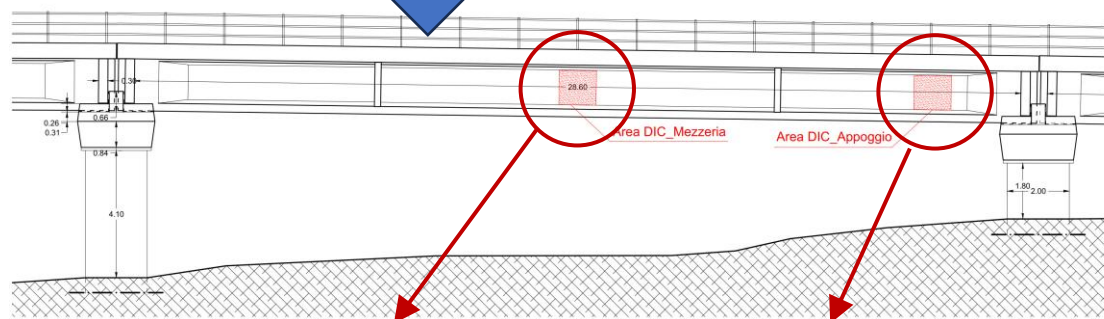
La **prova** ha dato esito **favorevole**. In base alla rappresentatività degli effetti riprodotti l'Ente ha introdotto una **limitazione al carico da traffico transitabile**.

Misure con DIGITAL IMAGE CORRELATION durante la prova di carico

**DIGITAL
IMAGE
CORRELATION**



mezzeria



**Pattern
mezzeria**



**Pattern
appoggio**



appoggio



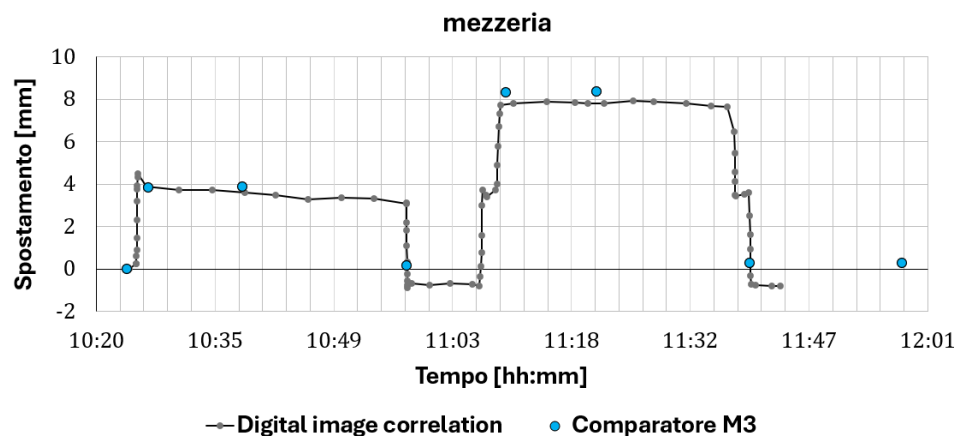
Ponte di Belpasso (CT)

Misure con DIGITAL IMAGE CORRELATION durante la prova di carico

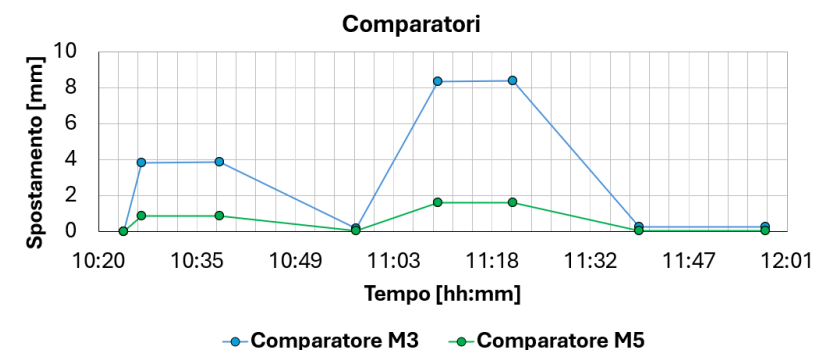
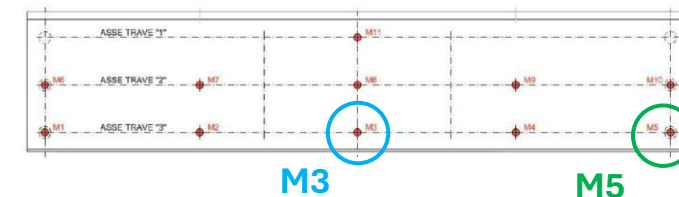
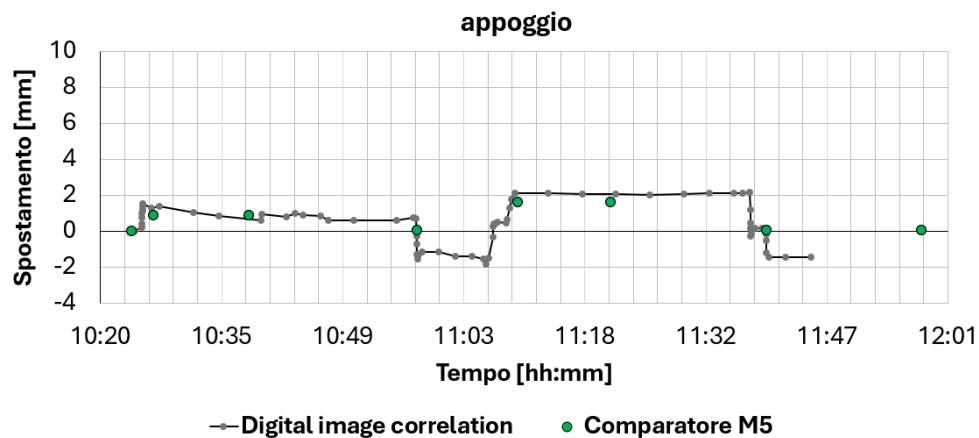
UNIROMA Fabio Di Carlo, Alberto Meda
comparatori

Configurazioni di carico:

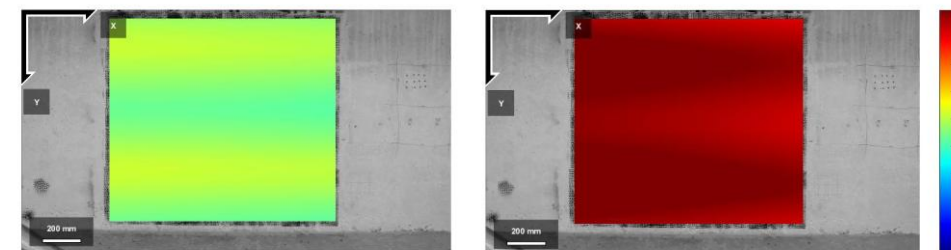
Un mezzo di carico



Due mezzi di carico



Mezzeria



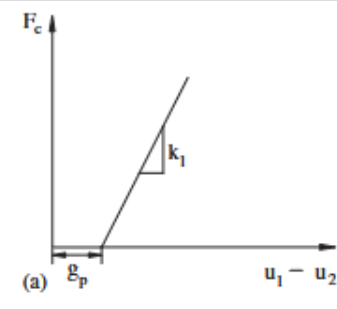
un mezzo di carico

due mezzi di carico

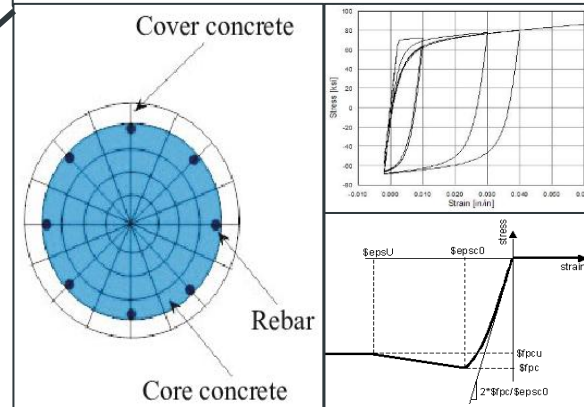


Impalcato
Spine model
equivalente

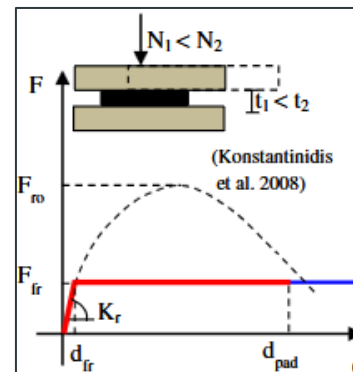
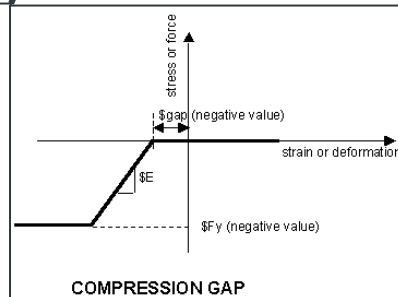
Chiavi di taglio
Non sacrificali,
basate su
(Muthukumar e
DesRoches, 2006)



Pile
Modellazione a fibre, 5
elementi agli spostamenti
per pila



**Interazione con
spalla**
Gap elements
basati su
Caltrans SDC

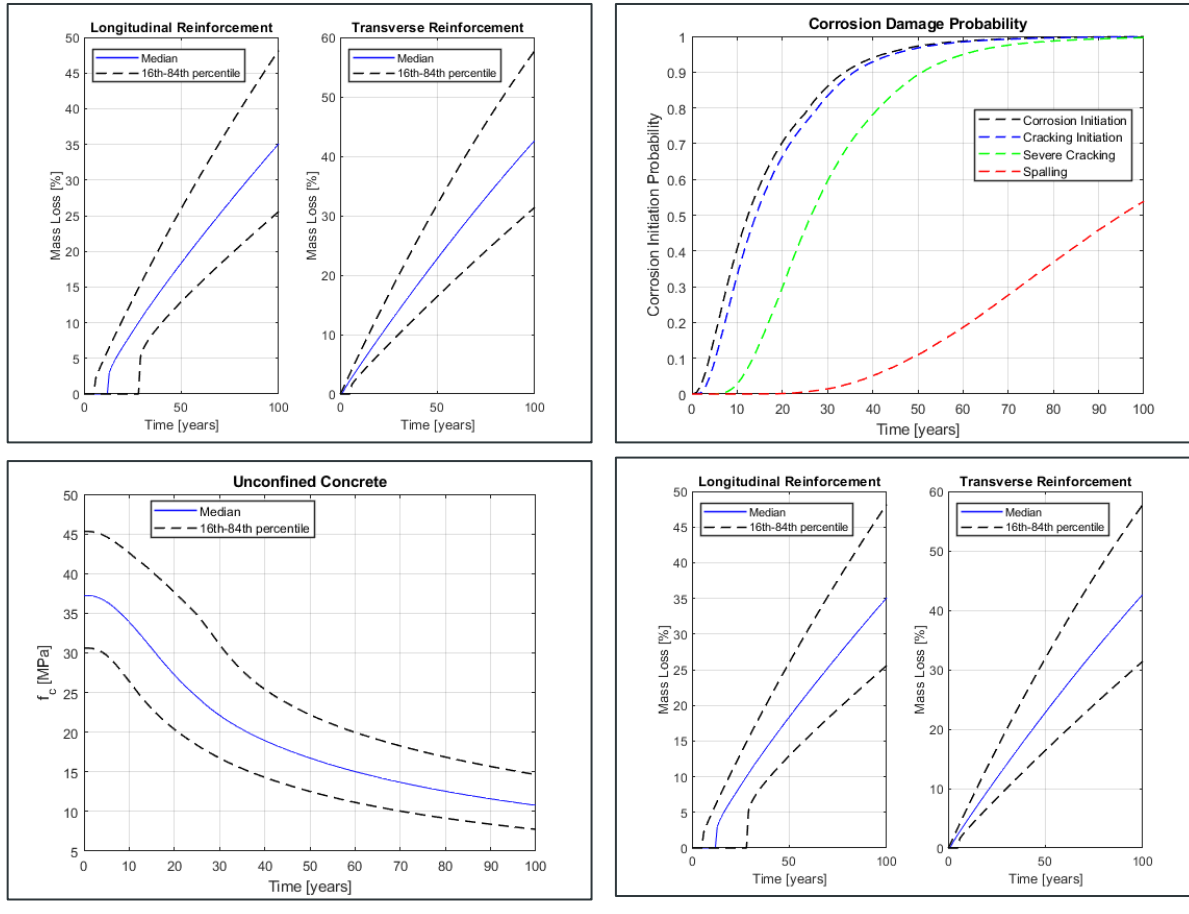


Appoggi
Cuscinetti in
neoprene non
zancati
(Cardone,
2014)

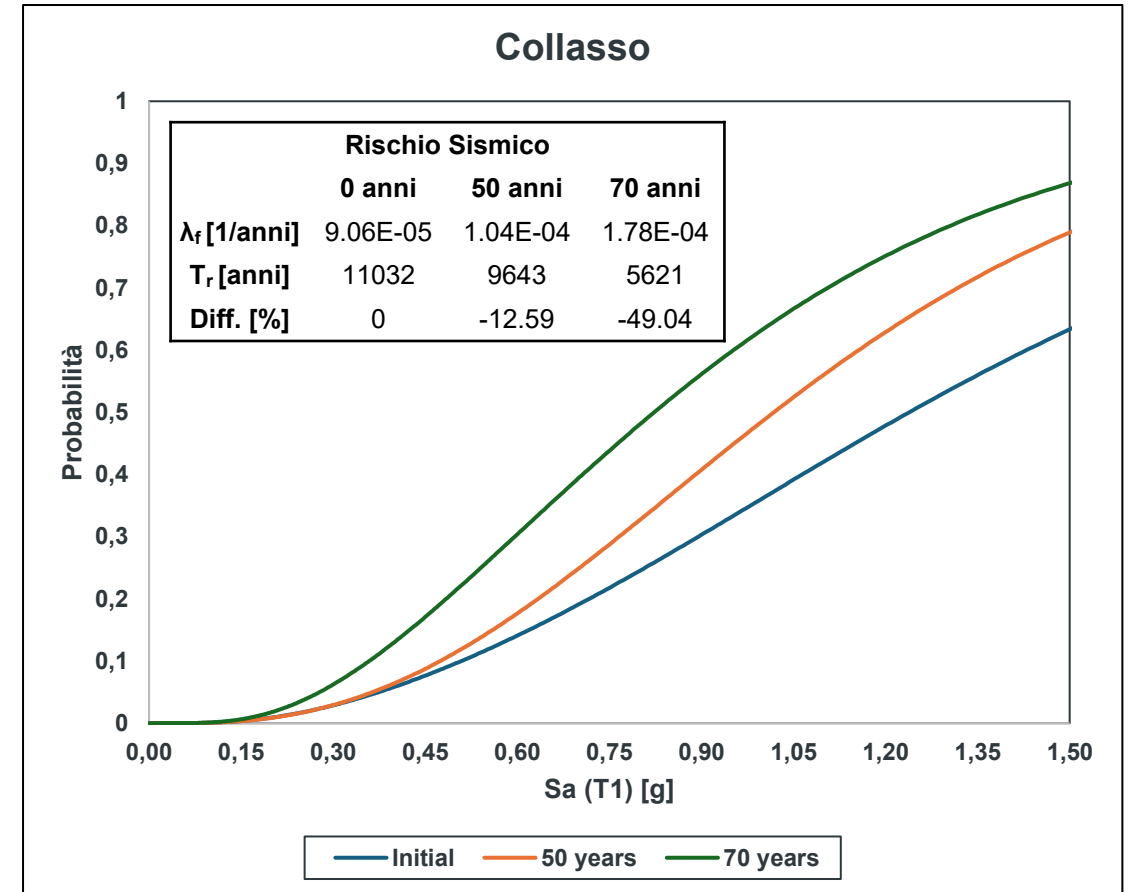
Elastomeric Bearings

The lateral shear capacity of elastomeric bearing pads is controlled by either the dynamic friction capacity between the pad and the bearing seat or the shear strain capacity of the pad. The dynamic coefficient of friction between concrete and neoprene may be taken as 0.40 while that between neoprene and steel may be taken as 0.35.

Valutazione probabilistica della corrosione da carbonatazione e stima danneggiamento atteso

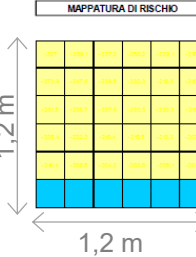
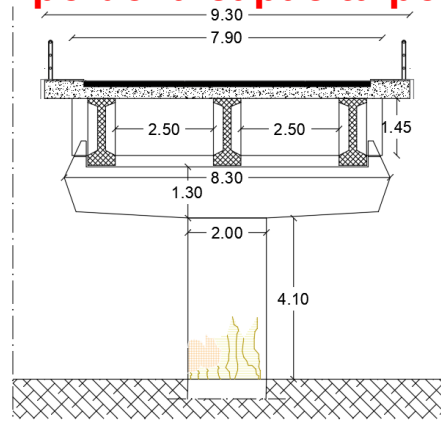
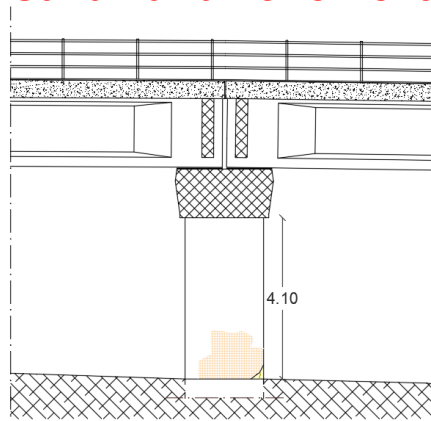


Valutazione probabilistica dei vulnerabilità e rischio sismico secondo framework PBEE



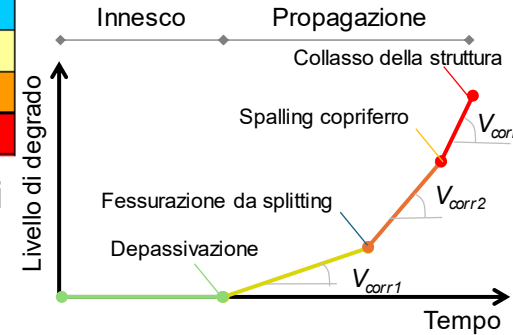
Mappatura del degrado sulla base di ispezioni in situ

FESSURE DA SPLITTING	STAFFE	
	BARRE LONG.	
SPALLING COPRIFERRO	STAFFE	
	BARRE LONG.	
ROTTURA ARMATURA	STAFFE	
	BARRE LONG.	



FATTORE DI RISCHIO	
>200	basso (<10%)
-200 / -350	intermedio (>10% / <90%)
-350 / -500	alto (> 90%)
<-500	severo

Potenziale di corrosione

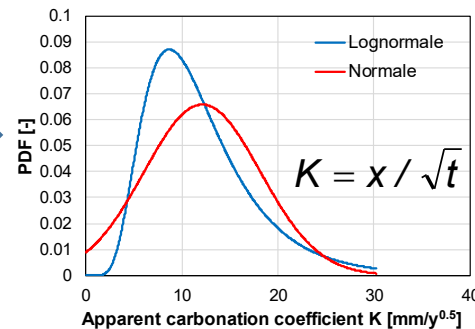


Misura della profondità di carbonatazione

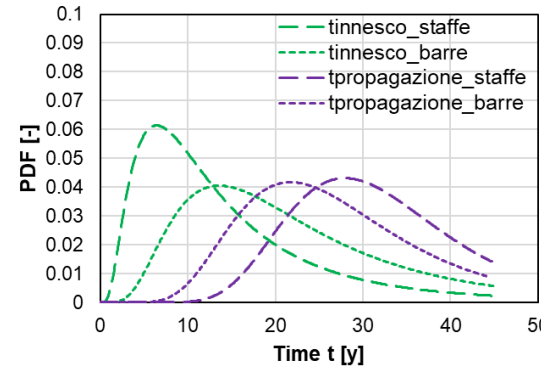


$\mu_x = 81.3 \text{ mm}$

Carbonation rate

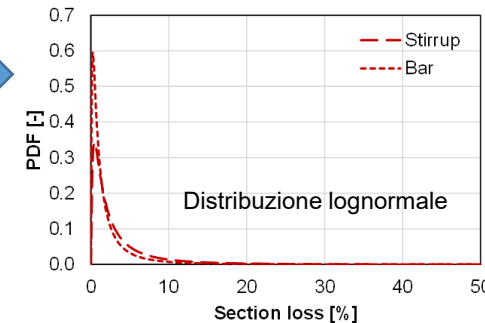


Tempo di innesco e di propagazione della corrosione, funzione del copriferro c

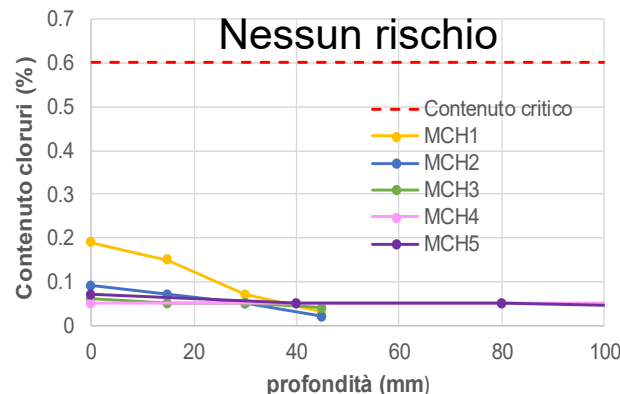


$$t_i = (c / K)^2$$

$$t_p = t - t_i$$



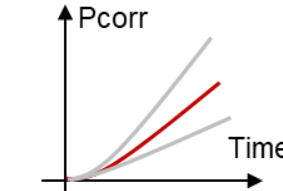
Prove di penetrazione agli ioni cloruro



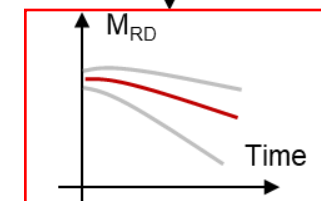
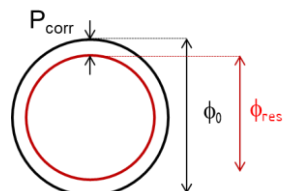
Sulla base dei dati da prove in situ, relativi a:

- Prove meccaniche di calcestruzzo e acciaio
- Profondità di carbonatazione e contenuto di cloruri
- Diametro residuo delle barre corrose

Stima della variazione nel tempo della capacità portante a flessione e a taglio della pila (per ANALISI SISMICHE)



$$P_{corr} = \alpha V_{corr} t_p$$



- Le indagini devono essere effettuate in diverse fasi rivedendo il piano prove in base alle prime analisi dei risultati, soprattutto per quanto riguarda la ricostruzione della configurazione delle armature in assenza di elaborati progettuali: «**L'approfondimento progressivo delle indagini garantisce l'elaborazione di modellazioni strutturali caratterizzate da crescente accuratezza e pertanto l'esecuzione di valutazioni di sicurezza più attendibili** e meglio rappresentative del comportamento strutturale del manufatto, nonché **l'impiego, opportunamente motivato, di fattori di confidenza e fattori parziali via via minori.** »
- Nel processo conoscitivo è necessario attivare una sequenza progressiva di approfondimento: solo avendo individuato gli aspetti fondamentali dell'opera si progetteranno le indagini più utili
- Il primo gruppo di indagini generalmente non è sufficiente perchè le informazioni iniziali sono insufficienti per stabilire i punti critici o le eventuali difformità dal progetto da approfondire o l'importanza di alcuni dettagli sul modello di analisi
- Il piano prove deve essere elaborato dopo avere inquadrato le caratteristiche della struttura
- L'esecuzione delle prove deve essere seguita sempre dal tecnico che conosce l'obiettivo delle prove e le caratteristiche generali della struttura
- Le tecniche non distruttive devono essere applicate e interpretate in modo consapevole delle incertezze e limitazioni
- La prova di carico fornisce informazioni utili ma deve essere progettata considerando le caratteristiche della struttura e le diverse informazioni che si possono ottenere
- I modelli numerici possono essere calibrati anche sulla conoscenza delle condizioni di degrado per estrapolare la sua l'evoluzione e quindi valutare la sicurezza attuale e la sua riduzione