



**COMUNE
di PADOVA**

**MESSA A NORMA DELLE BARRIERE METALLICHE
TANGENZIALE SUD-EST DI PADOVA (PD)
da pk 6+500 a pk 7+100**

PROGETTO ESECUTIVO

PROGETTISTA:

Ing. Stefano CALVI
Ordine Ingegneri di Venezia n° 4512



CIQuadro S.T.P. a r.l.

Sede legale:
Via Monte Verena, 14/1
30030 Pianiga (VE)
C.F.-P.IVA: 04572280271
email: info@ciquadrostp.it
pec: pec@pec.ciquadrostp.it

Sede operativa:
Via Germania, 16/9
35010 Vigonza (PD)

COMMITTENTE:
Comune di Padova – Settore Lavori Pubblici
via Tommaseo, 60
35131 Padova

PROTOCOLLO

DATA Maggio 2022

RELAZIONE DI CALCOLO

NUMERO ELABORATO

12

CODICE PROGETTO

NOME FILE

PE-C086-ET-07-A_Relazione di calcolo

REVISIONE

SCALA:

PROGETTO LIV. PROG. N. PROG.

PROG E C086

CODICE
ELAB.

PE-C086-ET-07

A

--

C

B

A

Aggiornamento prezzi

01/07/2022

M.G.

S.C.

S.C.

REV.

DESCRIZIONE

DATA

REDATTO

VERIFICATO

APPROVATO

Sommario

1. Introduzione.....	3
2. Normativa.....	4
3. Caratteristiche dei materiali impiegati.....	4
3.1. Livelli di conoscenza e fattori di confidenza.....	5
4. Stato di fatto	7
5. Analisi delle sollecitazioni.....	7
5.1. Coefficienti per azioni eccezionali	7
5.2. Momento di plasticizzazione	8
5.3. Combinazione di carico	9
5.4. Intensità delle sollecitazioni soletta.....	10
6. Verifiche di resistenza della soletta	12
6.1. Verifica a tensoflessione.....	12
6.2. Verifica a taglio con meccanismi secondari	13
7. Dimensionamento e verifica del nuovo cordolo.....	14
7.1. Verifica di resistenza a taglio	14
7.2. Dimensionamento armatura aggiuntiva per resistenza a torsione e a scorrimento.....	15
7.2.1. Verifica a trazione della barra.....	17
7.2.2. Verifica a sfilamento e a rottura conica.....	17
7.2.3. Verifica di resistenza a rottura conica	18
7.2.4. Verifica di resistenza alla frantumazione	19
7.2.5. Verifica di rottura a taglio dell'ancorante.....	19
7.2.6. Verifica di resistenza allo strappo del calcestruzzo (pry-out).....	20
7.2.7. Verifica di resistenza a rottura del bordo di calcestruzzo	20
7.2.8. Verifica combinata a taglio e trazione	21
7.3. Verifica sistema di ancoraggio barriera tipo H4 BP - cordolo	22
7.3.1. Determinazione dei carichi agenti sui tirafondi.....	22
7.3.2. Verifica di resistenza a trazione del tirafondo	24
7.3.3. Verifica di resistenza per la sollecitazione combinata a sfilamento e rottura conica	24



7.3.4.	Verifica di resistenza alla rottura conica del calcestruzzo.....	26
7.3.5.	Verifica di resistenza a frantumazione del calcestruzzo.....	26
7.3.6.	Verifica di resistenza al taglio dell'ancorante	27
7.3.7.	Verifica di resistenza allo strappo del calcestruzzo (pry-out).....	28
7.3.8.	Verifica di resistenza a rottura del bordo di calcestruzzo.....	28
7.3.9.	Verifica combinata a taglio e trazione.....	29
8.	Giudizio motivato di accettabilità dei risultati e delle verifiche.....	30
9.	Appendice: Ancoraggi barriera tipo H2 BP – plinto esistente.....	32
9.1.	Verifica sistema di ancoraggio barriera tipo H2 BP – plinto esistente.....	35
9.1.1.	Determinazione dei carichi agenti sui tirafondi.....	35
9.1.2.	Verifica di resistenza a trazione del tirafondo	36
9.1.3.	Verifica di resistenza per la sollecitazione combinata a sfilamento e rottura conica	36
9.1.4.	Verifica di resistenza alla rottura conica del calcestruzzo.....	37
9.1.5.	Verifica di resistenza a frantumazione del calcestruzzo.....	38
9.1.6.	Verifica di resistenza al taglio dell'ancorante	38
9.1.7.	Verifica di resistenza allo strappo del calcestruzzo (pry-out).....	39
9.1.8.	Verifica di resistenza a rottura del bordo di calcestruzzo.....	39
9.1.9.	Verifica combinata a taglio e trazione.....	40
9.2.	Giudizio motivato di accettabilità dei risultati e delle verifiche.....	41
Allegato: Report prove di laboratorio.....		42



1. Introduzione

La presente relazione analizza i passaggi per il dimensionamento di un cordolo in calcestruzzo armato, da realizzare su ambo i lati del ponte esistente lungo la Tangenziale Sud-Est di Padova (Corso Argentina – Corso Kennedy), il quale è situato sopra Corso Brasile – Corso Stati Uniti.

La viabilità è oggetto di una progettazione di riqualificazione della sicurezza, con conseguente installazione di nuovi dispositivi di ritenuta; si sono di conseguenza resi necessari i lavori di riqualifica dei cordoli esistenti per poter installare la nuova barriera. Attualmente sono presenti dispositivi obsoleti ed ammalorati, a doppia onda con corrimano; si prevede pertanto la loro sostituzione, la demolizione del cordolo sottostante, e la successiva installazione di un dispositivo bordo ponte con livello di contenimento H4 W5 con rete di protezione. Data la necessità di ancorare il nuovo cordolo alla soletta esistente, si andranno a dimensionare e verificare dei ferri piegati di ripresa.

Il cordolo è realizzato in calcestruzzo C35/45 (R_{ck} 45 MPa), con armatura longitudinale $\phi 16$ e staffe $\phi 10/250$ mm, mentre i ferri di ancoraggio sono $\phi 12/250$ mm.

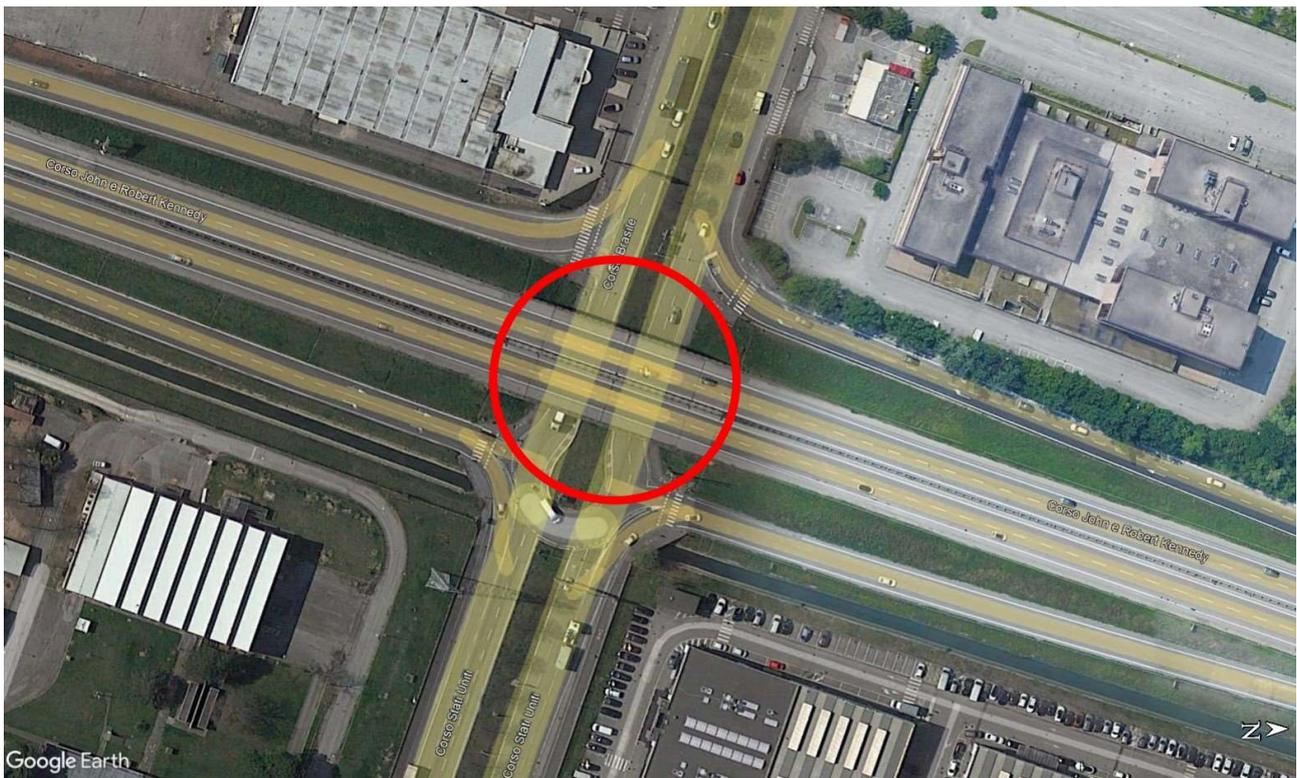


Figura 1-1: Zona di intervento cavalcavia



2. Normativa

Le norme di seguito citate fanno riferimento all'ultima versione disponibile:

- Decreto Ministeriale 17 gennaio 2018
Aggiornamento delle “Nuove norme tecniche per le costruzioni”
- Circolare Ministeriale 11 febbraio 2019
Istruzioni per l'applicazione delle Norme tecniche per le costruzioni
- UNI EN 1992-1-1
Eurocodice 2: Progettazione delle strutture di calcestruzzo – Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici
- UNI EN 1992-4:2018
Eurocodice 2- Progettazione delle strutture di calcestruzzo- Parte 4: Progettazione degli attacchi per utilizzo nel calcestruzzo
- UNI EN 206
Calcestruzzo - Specificazione, prestazione, produzione e conformità
- UNI EN 12620
Aggregati per calcestruzzo;
- Servizio tecnico centrale del C.S.LL.PP.: “Linee guida per la valutazione delle caratteristiche del calcestruzzo in opera”
- EOTA Technical report TR69
Design method for anchorage of post-installed reinforcing bars (rebars) with improved bond-splitting behavior as compared to EN 1992-1-1

3. Caratteristiche dei materiali impiegati

Il cordolo in calcestruzzo avrà le seguenti caratteristiche:

Classe del calcestruzzo:	C35/45
Resistenza caratteristica a compressione cilindrica:	$f_{ck} = 35\text{MPa}$
Resistenza caratteristica a compressione cubica:	$R_{ck} = 45\text{MPa}$
Classe di esposizione:	XF4 strade e impalcati da ponte esposti agli agenti antigelo



<i>Copriferro:</i>	4 cm
<i>Classe di consistenza</i>	S4
<i>Diametro massimo dell'inerte</i>	$D_{\max}=32$ mm

Si prescrive l'uso di barre ad aderenza migliorata tipo B450C:

<i>Carico unitario di snervamento nominale:</i>	$f_{y,s} = 450$ MPa
<i>Carico unitario di rottura nominale:</i>	$f_{u,s} = 540$ MPa

La barriera guardrail H4 BP è realizzata con acciaio S275JR:

<i>Carico unitario di snervamento nominale:</i>	$f_{y,s} = 275$ MPa
<i>Carico unitario di rottura nominale:</i>	$f_{u,s} = 430$ MPa

I tirafondi per ancorare il dispositivo H4 BP al cordolo sono M20 classe 8.8:

<i>Carico unitario di snervamento nominale:</i>	$f_{y,s} = 640$ MPa
<i>Carico unitario di rottura nominale:</i>	$f_{u,s} = 800$ MPa

3.1. Livelli di conoscenza e fattori di confidenza

La classificazione degli interventi da effettuare su strutture esistenti viene regolato dal capitolo 8 dell'NTC2018; si individuano tre tipologie:

- Interventi locali;
- Interventi di miglioramento;
- Interventi di adeguamento.

Nel caso in questione, si fa riferimento alla tipologia di interventi locali, i quali interessano singoli elementi strutturali e non riducono le condizioni di sicurezza preesistenti. Il progetto sarà pertanto riferito alle singole porzioni interessate, senza dover estendere la verifica di sicurezza all'intera struttura in quanto non viene modificato il suo comportamento. Rispetto alla configurazione originaria, l'intervento non introduce modifiche del comportamento delle altre parti e della struttura nel suo complesso, né modifiche significative della massa degli elementi, sia a livello locale che globale. Infatti, il cordolo sul ponte verrà realizzato con un'altezza minore rispetto a quello esistente, in modo da permettere l'installazione della barriera con un gradino massimo



di 7 cm rispetto al piano stradale, e con una larghezza maggiore rispetto all'esistente, andando quasi a compensare l'incidenza in termini di peso sulla trave di bordo.

Nell'analisi delle strutture esistenti la normativa impone l'impiego di livelli di conoscenza e relativi fattori di confidenza; più accurata sarà la conoscenza della struttura e minore sarà la riduzione di prestazioni apportata dall'uso dei fattori di confidenza. Ad un livello di conoscenza alto corrisponde un basso fattore di confidenza, in quanto si ha un'approfondita conoscenza sulla struttura e sui suoi materiali.

Livello di conoscenza	Geometrie (carpenterie)	Dettagli strutturali	Proprietà dei materiali	Metodi di analisi	FC (*)
LC1	Da disegni di carpenteria originali con rilievo visivo a campione; in alternativa rilievo completo ex-novo	Progetto simulato in accordo alle norme dell'epoca e <i>indagini limitate</i> in situ	Valori usuali per la pratica costruttiva dell'epoca e <i>prove limitate</i> in situ	Analisi lineare statica o dinamica	1,35
LC2		Elaborati progettuali incompleti con <i>indagini limitate</i> in situ; in alternativa <i>indagini estese</i> in situ	Dalle specifiche originali di progetto o dai certificati di prova originali, con <i>prove limitate</i> in situ; in alternativa da <i>prove estese</i> in situ	Tutti	1,20
LC3		Elaborati progettuali completi con <i>indagini limitate</i> in situ; in alternativa <i>indagini esaustive</i> in situ	Dai certificati di prova originali o dalle specifiche originali di progetto, con <i>prove estese</i> in situ; in alternativa da <i>prove esaustive</i> in situ	Tutti	1,00

(*) A meno delle ulteriori precisazioni già fornite nel § C8.5.4.

Figura 3-1: Livelli di conoscenza e fattori di confidenza

Viceversa, se si riscontra una mancanza di documentazione o prove non sufficienti, si adatterà a titolo cautelativo un fattore di confidenza (fino ad un massimo di 1,35) che penalizza i valori delle resistenze dei materiali, tenendo conto delle possibili incongruenze tra valore teorico e valore reale.

La progettazione in questione fa riferimento ad una prima analisi, utilizzando, a titolo cautelativo, un livello di conoscenza LC1: si utilizza nei calcoli il maggiore dei fattori di confidenza previsti da normativa ovvero $FC=1,35$. Inoltre, sempre a favore di sicurezza, si va ad ipotizzare per il manufatto esistente un $R_{ck}=25$ MPa (calcestruzzo poco prestazionale dal punto di vista delle resistenze), il quale andrà ulteriormente diviso per il suddetto fattore di confidenza $FC=1,35$.

Per quanto riguarda l'acciaio della soletta negli elaborati progettuali del ponte (degli anni '70) è indicato un acciaio speciale ad aderenza migliorata con tensione di snervamento $\sigma_{sn} = 4400 \text{ kg/cm}^2$ (quindi con $f_{y,s} \approx 430 \text{ MPa}$, considerando poi il fattore di confidenza $FC=1,35$).

Si ipotizza quindi, a vantaggio di sicurezza, un calcestruzzo con le seguenti caratteristiche:

Classe del calcestruzzo:

C20/25

Resistenza caratteristica a compressione cilindrica:

$f_{ck} = 20 \text{ MPa}$

Resistenza caratteristica a compressione cubica:

$R_{ck} = 25 \text{ MPa}$

I risultati della campagna prove eseguita sui materiali del ponte, il cui report è presente in allegato, hanno fornito valori di resistenza maggiori rispetto a quelli precedentemente considerati: per cui, i calcoli e le verifiche sviluppati si possono ritenere confermati e soddisfatti, in funzione dell'esito delle prove sui materiali.



4. Stato di fatto

Lo stato di fatto del cavalcavia è caratterizzato dalla presenza di due cordoli in calcestruzzo armato posti ai lati del ponte; i cordoli sono larghi in sommità 0,25 m e presentano uno scalino dal piano viario di circa 0,11 m. Risultano attualmente installate delle barriere a doppia onda con corrimano. La lunghezza di tali cordoli è di 57,50 m per lato. La soletta del manufatto ha uno spessore di circa 0,16 m.

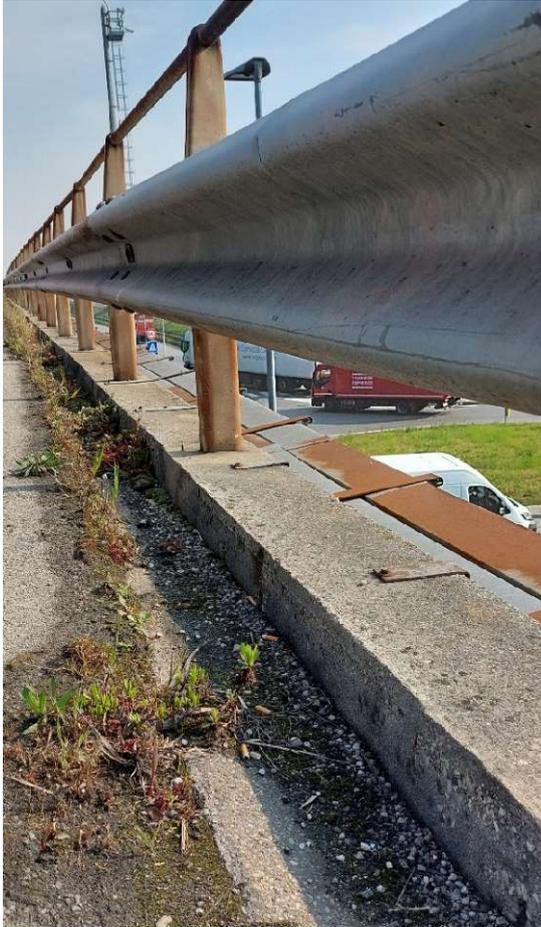


Figura 4-1: Cordolo ponte (direzione nord) e canalette a tergo



Figura 4-2: Cordolo ponte (direzione sud)

5. Analisi delle sollecitazioni

La progettazione del cordolo sul ponte si basa sulla resistenza alla sollecitazione proveniente dall'urto di un veicolo in svio contro la barriera tipo H4 BP: la trasmissione della forza avviene tramite i montanti della barriera e i tirafondi di ancoraggio. Di seguito si analizzano le azioni in funzione del dispositivo considerato, per poi procedere alla verifica della soletta del ponte, del nuovo cordolo e degli ancoraggi, con riferimento alle NTC 2018 e all'UNI EN 1992-4:2018.

5.1. Coefficienti per azioni eccezionali

La sollecitazione derivante dall'urto rientra nell'ambito di sollecitazioni eccezionali: come suggeriscono le indicazioni al punto 4.1.4 del DM2018, si adottano i seguenti coefficienti per tale combinazione:



$$\gamma_G = 1$$

$$\gamma_Q = 1$$

e per i materiali

$$\gamma_M = 1$$

Per quanto riguarda i coefficienti relativi alle verifiche del sistema di ancoraggio, facendo riferimento al prospetto 4.1 dell'Eurocodice 2, ed assumendo come consigliato dalle specifiche tecniche di prodotto della resina un coefficiente relativo alla correttezza della posa $\gamma_{inst} = 1$, verranno utilizzati coefficienti unitari per tutte le verifiche previste nell'ambito degli ancoraggi, ad eccezione di γ_{Ms} per la rottura dell'acciaio.

prospetto 4.1 Valori raccomandati di coefficienti parziali

Modalità di rottura	Coefficiente parziale	
	Situazioni di progetto permanenti e transitorie	Situazione di progetto accidentale
Rottura dell'acciaio - ancoranti		
Trazione	$= 1,2 \times f_{dk}/f_{yk} \geq 1,4$	$= 1,05 \times f_{dk}/f_{yk} \geq 1,25$
Taglio con e senza braccio di leva	$\gamma_{Ms} = 1,0 \times f_{dk}/f_{yk} \geq 1,25$ quando $f_{dk} \leq 800 \text{ N/mm}^2$ e $f_{yk}/f_{dk} \leq 0,8$ $= 1,5$ quando $f_{dk} > 800 \text{ N/mm}^2$ oppure $f_{yk}/f_{dk} > 0,8$	$= 1,0 \times f_{dk}/f_{yk} \geq 1,25$ quando $f_{dk} \leq 800 \text{ N/mm}^2$ e $f_{yk}/f_{dk} \leq 0,8$ $= 1,3$ quando $f_{dk} > 800 \text{ N/mm}^2$ oppure $f_{yk}/f_{dk} > 0,8$
Rottura dell'acciaio - profili di ancoraggio		
Trazione negli ancoraggi e nei bulloni testa a martello	$= 1,2 \times f_{dk}/f_{yk} \geq 1,4$	$= 1,05 \times f_{dk}/f_{yk} \geq 1,25$
Taglio con e senza braccio di leva nei profili di ancoraggio	$\gamma_{Ms} = 1,0 \times f_{dk}/f_{yk} \geq 1,25$ quando $f_{dk} \leq 800 \text{ N/mm}^2$ e $f_{yk}/f_{dk} \leq 0,8$ $= 1,5$ quando $f_{dk} > 800 \text{ N/mm}^2$ oppure $f_{yk}/f_{dk} > 0,8$	$= 1,0 \times f_{dk}/f_{yk} \geq 1,25$ quando $f_{dk} \leq 800 \text{ N/mm}^2$ e $f_{yk}/f_{dk} \leq 0,8$ $= 1,3$ quando $f_{dk} > 800 \text{ N/mm}^2$ oppure $f_{yk}/f_{dk} > 0,8$
Connessione tra ancoraggio e canale in trazione e taglio	$\gamma_{Ms,ca} = 1,8$	$= 1,6$
Rottura locale dell'ancoraggio con bullone testa a martello mediante piegatura dell'orlo in trazione e taglio	$\gamma_{Ms,l} = 1,8$	$= 1,6$
Piegatura del canale	$\gamma_{Ms,flex} = 1,15$	$= 1,0$
Rottura dell'acciaio - armatura supplementare		
Trazione	$\gamma_{Ms,rs} = 1,15^{a)}$	$= 1,0$
Rottura correlate al calcestruzzo		
Rottura del cono di calcestruzzo	$\gamma_{Mc} = \gamma_c \times \gamma_{est}$	$= \gamma_c \times \gamma_{est}$
Rottura del bordo di calcestruzzo	$= 1,5^{a)}$	$= 1,2^{a)}$
Rottura per blow-out, rottura per pry-out del calcestruzzo	γ_c per la riparazione sismica e il rafforzamento delle strutture esistenti vedere le norme della serie EN 1998	per la riparazione sismica e il rafforzamento delle strutture esistenti vedere le norme della serie EN 1998
	$\gamma_{est} = 1,0$ per ancoranti a piolo e profili di ancoraggio che soddisfano i requisiti del punto 4.6 (in trazione e taglio) $\geq 1,0$ per ancoranti post-inseriti in trazione, vedere la pertinente Specifica tecnica di prodotto europea $= 1,0$ per ancoranti post-inseriti in taglio	
Rottura per splitting (spacco) del calcestruzzo:	$\gamma_{Ms,p} = \gamma_{Mc}$	
Rottura per sfilamento e combinata per sfilamento e rottura del calcestruzzo	$\gamma_{Mp} = \gamma_M$	

a) I valori sono in conformità alla EN 1992-1-1.

Figura 5-1: Prospetto 4.1. UNI EN 1992-4:2018

5.2. Momento di plasticizzazione

La trasmissione del carico sul cordolo, derivante dall'impatto del veicolo con la barriera di sicurezza, avviene tramite il montante della stessa. L'azione che il singolo palo è in grado di trasferire agli ancoraggi dipende strettamente dalla sua capacità di plasticizzazione: essa rappresenta la massima sollecitazione che il montante può trasmettere durante l'urto. Il momento di plasticizzazione viene ricavato ipotizzando che tutte le fibre della sezione del palo raggiungano la tensione di snervamento; la determinazione del momento permette poi l'identificazione della forza d'urto, applicata ad una determinata altezza. Le norme tecniche affermano, al §5.1.3.10, "il sistema di forze orizzontali...deve essere applicato ad una quota h , misurata dal piano viario, pari alla minore delle dimensioni $h1$ e $h2$, dove ($h1$ =altezza della barriera-0,10m) e $h2=1m$ ".



La barriera tipo H4 BP W4 (W4 per prova senza pannello rete, W5 con pannello) utilizzata per il dimensionamento è caratterizzata da un'altezza massima di 1,40 m e da un passo dei montanti di 1,50 m. Il palo della barriera è costituito da un montante HEA 100. Rifacendosi a quanto riportato nella norma sopracitata, la forza d'urto verrà applicata all'altezza h_2 , ovvero di 1,00 m. Si consideri poi un fattore di sovrarresistenza pari a $F_s = 1.5$ (paragrafo 5.1.3.10 delle NTC 2018, "Azioni sui parapetti e urto di veicolo in svio q_s ") da applicare al momento di plasticizzazione trovato. L'estradosso del cordolo risulta rialzato di 0,07 m rispetto al piano viario, e si consideri inoltre lo spessore della piastra pari a 0,02 m, comportando l'innalzamento della forza d'urto a causa della riduzione del braccio.

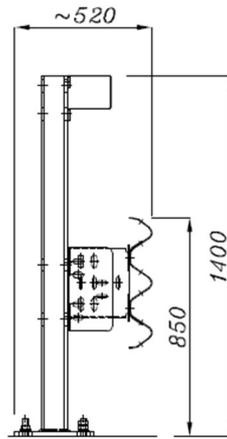


Figura 5-2: Barriera di sicurezza tipo H4 BP

Premesso ciò, assumendo che l'urto venga applicato ad una quota di 1,00 m dal piano viario, ed interessi il montante con le caratteristiche appena descritte, si avrà:

$$M_{pl}^{H4} = W_{pl} \cdot f_{y,s} \cdot F_s = 22,83 \cdot 1,5 = 34,25 \text{ kNm}$$

$$F_{urto}^{H4} = V_{ed}^{H4} = \frac{M_{pl}^{H4}}{(1 - 0,09)} = 37,64 \text{ kN}$$

Dove al denominatore è presente il braccio della forza, ottenuto sottraendo al punto di applicazione della stessa, l'altezza della piastra e dello scalino.

5.3. Combinazione di carico

Considerando una combinazione di carico eccezionale agli SLU (DM2018 §2.5.3) si avrà:

$$G1 + G2 + Ad$$



Con

G_1 : pesi propri strutturali

G_2 : pesi propri non strutturali

Ad : azione d'urto veicolare con carico mobile concomitante

Per il calcolo dei pesi permanenti si considera una densità del calcestruzzo di 25 kN/m^3 .

5.4. Intensità delle sollecitazioni soletta

Si determinano ora i carichi agenti nella porzione di interesse, che va dall'estremità della soletta a ridosso dell'anima della trave longitudinale, alla fine del cordolo lato strada, per un totale di circa 0,63 m: in quel caso, la soletta, di spessore 0,16 m, sarà identificata come un incastro, al fine di analizzarne il comportamento sotto i carichi agenti. La normativa, al §5.1.3.3.3, impone l'utilizzo, contemporaneo all'urto, di un carico mobile derivante dal passaggio dei veicoli pesanti; in questo caso, la sezione di verifica ricade 0,03 m prima del cordolo, non permettendo all'impronta di 0,60x0,35 m di applicare il proprio carico penalizzante: a fronte di ciò, non verrà considerato il carico $Q=200 \text{ kN}$.

Come suggerisce la normativa NTC 2018, i carichi andranno poi ripartiti lungo l'asse della soletta, ipotizzando un angolo di diffusione a 45° sia orizzontalmente che verticalmente.

Lo schema statico ipotizzato è quello di mensola incastrata al piede; il momento massimo è di segno negativo ed in corrispondenza dell'incastro. Le sollecitazioni saranno pertanto:

$$V_{ed} = 5,33 \text{ kN/ml}$$

$$M_{ed} = 37,97 \text{ kNm/ml}$$

$$N_{ed-} = 31,63 \text{ kN/ml}$$

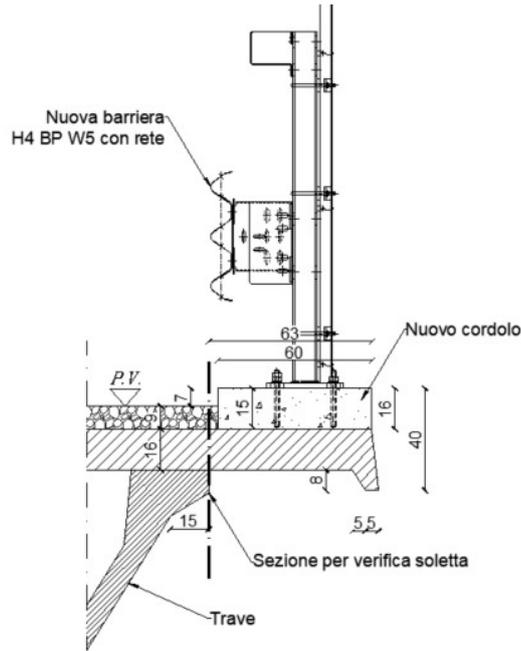


Figura 5-3: Sezione di verifica

MATERIALI		
	CLS	PAVIMENTAZIONE
Peso specifico (kN/mc)	25	22

CARICHI					
	kN	$L_{diff} 45^\circ$	Forza (kN/ml)	Braccio	Momento agente (kNm/ml)
Carico da ponte Q	0	0,69	0,00	0,00	0,00
Peso barriera P_b	0,64	1,19	0,53	0,30	0,16
Taglio base montante	37,64	1,19	31,63	0,24	7,59
Peso Cordolo	4,8	1	4,80	0,30	1,44
Peso soletta	0	1	0,00	0,00	0,00
Peso veletta	0	1	0,00	0,60	0,00
Peso pavimentazione	0,00	1	0,00	0,00	0,00

Momento Plastico	kNm	$L_{diff} 45^\circ$	kNm/ml
	34,25	1,19	28,78

GEOMETRIA DELLO SBALZO		
DESCRIZIONE	DIMENSIONE	m
Larghezza cordolo	$B_{CORDOLO}$	0,6
Altezza cordolo	$H_{CORDOLO+soletta}$	0,32
Altezza soletta	$h_{soletta}$	0,16
Estensione soletta da sezione a filo cordolo	l_{sol}	0
Altezza veletta	$h_{veletta}$	0
Spessore veletta	$s_{veletta}$	0
Altezza pavimentazione	H_{pav}	0,09
Estensione pavimentazione da linea sezione a filo cordolo	l_{pav}	0
Distanza tra posizione tirafondo e linea sezione	l_{diff}	0,23
Distanza tra estradosso cordolo e mezzera soletta	h_{diff}	0,24
Distanza totale	L_{tot}	0,6
Distanza applicazione Q	L_Q	0
Base piastra	B_p	0,25

SOLLECITAZIONI RISULTANTI	
N_{ed}	31,63 kN/ml
V_{ed}	5,33 kN/ml
M_{ed}	37,97 kNm/ml

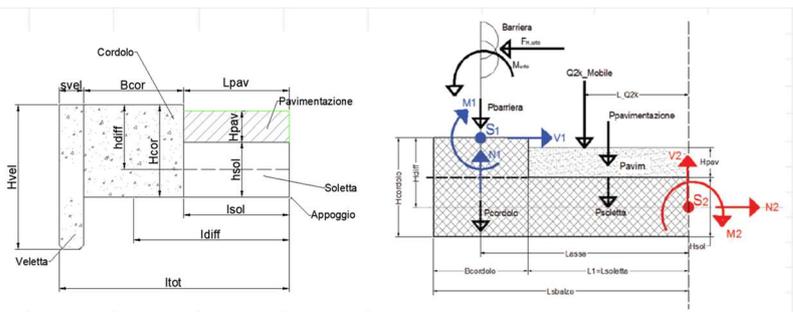


Figura 5-4: Sollecitazioni risultanti soletta



6. Verifiche di resistenza della soletta

Si procede ora con la verifica della soletta ipotizzando uno schema statico di mensola incastrata al piede idealizzato in corrispondenza dell'appoggio sulla trave di bordo. La larghezza dello sbalzo è pari a 0,63 m, con dimensioni del cordolo pari a 0,60x0,16 m. La soletta è costituita da uno strato di calcestruzzo armato di 0,16 m di spessore. L'armatura è stata ricavata dagli elaborati progettuali del ponte (vedere Figura seguente): le barre oggetto di analisi sono quelle trasversali della soletta, identificate come $3\phi 10/\text{ml}$ (POS.4), $3\phi 12/\text{ml}$ (POS.7) e $3\phi 14/\text{ml}$ (POS.8).

La verifica sarà svolta senza conteggiare il contributo dei ferri inferiori, andando a favore di sicurezza.

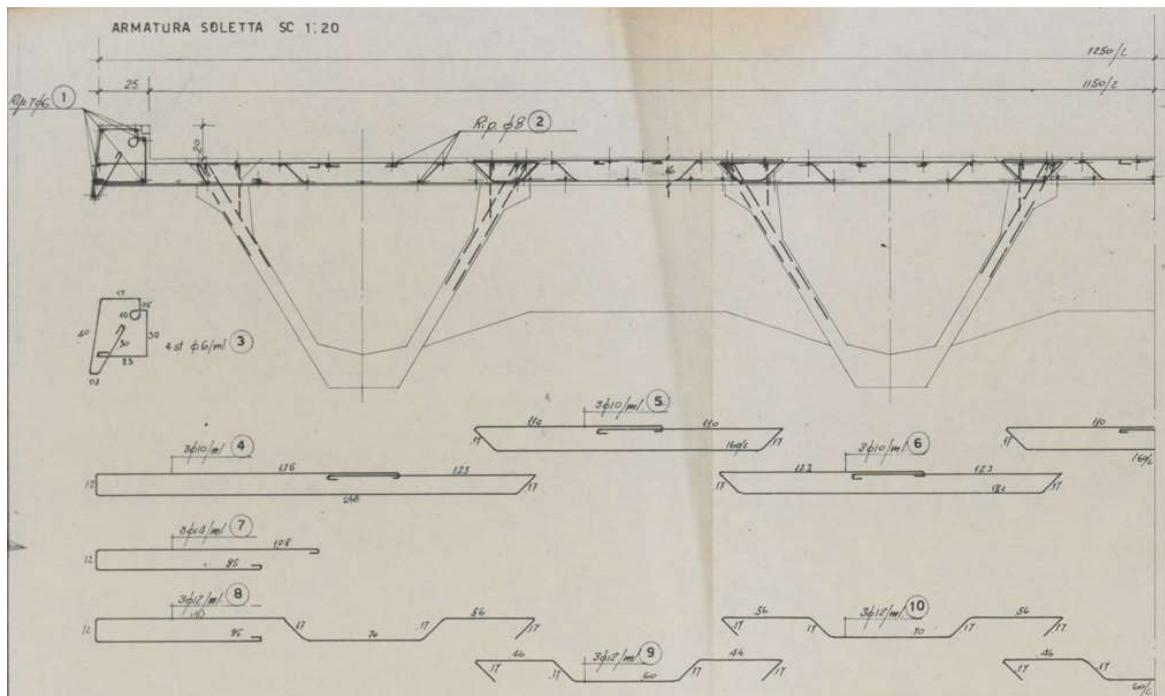


Figura 6-1: Stralcio elaborato progettuale ponte

6.1. Verifica a tensoflessione

Nella verifica si schematizza la soletta come una trave di 1,00 m di larghezza, con spessore pari a quello della soletta stessa, ovvero 0,16 m: in questo caso, l'armatura superiore in un metro di soletta è pari a $A_s = 1037 \text{ mm}^2$ ($3\phi 10 + 3\phi 12 + 3\phi 14$). Il copriferro medio è di 0,02 m.

I materiali della soletta sono quelli assunti, a titolo cautelativo, nel §3.1 con fattore di confidenza $FC=1,35$.



Titolo: Soletta

N° figure elementari 1 Zoom N° strati barre 1 Zoom

N°	b [mm]	h [mm]	N°	As [mm²]	d [mm]
1	1000	160	1	1037	20

Tipologia sezione:
 Rettan.re Trapezi
 a T Circolare
 Rettangoli Coord.

Diagramma della sezione:

Sollecitazioni: S.L.U. Metodo n

N_{Ed} 31,63 kN
M_{xEd} -37,97 kNm
M_{yEd} 0 kNm

P.to applicazione N: Centro Baricentro cls
 Coord.[mm] xN 0 yN 0

Tipologia rottura: Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

Metodo di calcolo: S.L.U.+ S.L.U.- Metodo n

Tipologia flessione: Retta Deviata

N° rett. 100

Calcola MRd Dominio M-N

L_o 0 mm Col. modello

Precompresso

Materiali:

Acciaio sol		CLS soletti	
ε _{su}	67,5 ‰	ε _{c2}	2 ‰
f _{yd}	318,52 N/mm²	ε _{cu}	3,5 ‰
E _s	200 000 N/mm²	f _{cd}	8,39
E _s /E _c	15	f _{cc} /f _{cd}	0,8
ε _{syd}	1,593 ‰	σ _{c,adm}	8,5
σ _{s,adm}	255 N/mm²	τ _{co}	0,5333
		τ _{c1}	1,686

M_{xRd} -40,75 kNm

σ_c -8,39 N/mm²
σ_s 318,5 N/mm²
ε_c 3,5 ‰
ε_s 5,697 ‰
d 140 mm
x 53,28 x/d 0,3806
δ 0,9157

Figura 6-2: Verifica a tensoflessione della soletta

Il momento resistente della sezione, sottoposta ad un momento negativo, è di -40,75 kNm/ml, maggiore della sollecitazione agente pari a -37,97 kNm/ml. Si vuole precisare che lo schema statico è a vantaggio di sicurezza, in quanto non tiene conto della continuità strutturale della lastra/soletta.

6.2. Verifica a taglio con meccanismi secondari

La soletta viene verificata al taglio senza il supporto di armatura trasversale, poiché elemento bidirezionale: si procede quindi alla verifica di resistenza a taglio sfruttando i meccanismi secondari che si sviluppano all'interno dell'elemento in calcestruzzo armato. Il calcolo viene eseguito in una sezione da 1m di larghezza, seguendo la formulazione proposta nel DM2018, senza considerare il contributo dell'armatura trasversale.

$$V_{Rd} = 0.18 \cdot k \cdot \left(100 \cdot \rho_1 \cdot \frac{f_{ck}}{FC}\right)^{\frac{1}{3}} / \gamma_c + 0.15 \cdot \sigma_{cp} \cdot b_w \cdot d \geq (v_{min} + 0.15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d$$

$$k = 1 + (200/d)^{1/2} = 2$$

$$FC = 1,35$$

$$v_{min} = 0.035 \cdot k^2 \cdot \left(\frac{f_c}{FC}\right)^{\frac{1}{2}} = 0,381$$

$$\rho_1 = \frac{A_{sl}}{b_w \cdot d} = 0,0074$$

$$A_{sl} = 1036,73 \text{ mm}^2$$

armatura longitudinale tesa superiore, 3φ10 + 3φ12 + 3φ14

$$d = 160 - 20 = 140 \text{ mm}$$



$$b_w = 1000 \text{ mm}$$

$$\sigma_{cp} = 0 \quad (\text{non c'è l'influenza della precompressione})$$

$$V_{rd} = 111,99 \text{ kN}$$

Il valore risulta maggiore del taglio massimo agente rilevato in appoggio, ovvero 5,33 kN/ml.

7. Dimensionamento e verifica del nuovo cordolo

Il cordolo in questione viene dimensionato in modo da garantire l'installazione di una barriera tipo H4 BP W5. La larghezza del cordolo risulta pari a 0,60 m e l'altezza è pari a 0,16 m, fuoriuscente dal piano stradale di 0,07 m. Il calcestruzzo presenta un $R_{ck}=45$ MPa, XF4, mentre l'armatura è composta da 4 + 4 ϕ 16 longitudinali, legati con staffe ϕ 10/250mm a quattro bracci.

7.1. Verifica di resistenza a taglio

Si procede alla verifica di resistenza a taglio sfruttando i meccanismi secondari che si sviluppano all'interno dell'elemento in calcestruzzo armato: viene eseguita secondo la formulazione proposta nel DM2018, senza considerare il contributo dell'armatura trasversale.

$$V_{Rd} = 0.18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_1 \cdot f_c)^{\frac{1}{3}} / \gamma_c + 0.15 \cdot \sigma_{cp} \cdot b_w \cdot d \geq (v_{min} + 0.15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d$$

$$k = 1 + (200/d)^{1/2} = 2$$

$$v_{min} = 0.035 \cdot k^{\frac{3}{2}} \cdot (f_c)^{\frac{1}{2}} = 0,586$$

$$\rho_1 = \frac{A_{sl}}{b_w \cdot d} = 0,0097$$

$$A_{sl} = 804,25 \text{ mm}^2 \quad \text{armatura longitudinale tesa, 4}\phi 16$$

$$d = 160 - 40 = 120 \text{ mm}$$

$$b_w = 600 \text{ mm}$$

$$\sigma_{cp} = 0 \quad (\text{non c'è l'influenza della precompressione})$$

$$V_{rd} = 87,97 \text{ kN}$$

Avendo un taglio agente di 25,09 kN/ml (37,64 kN a montante), la verifica risulta soddisfatta. La normativa impone comunque un quantitativo minimo in relazione alla geometria del cordolo: si predispongono quindi staffe ϕ 10/250mm a quattro bracci.



7.2. Dimensionamento armatura aggiuntiva per resistenza a torsione e a scorrimento

Il cordolo in esame è ancorato alla soletta sottostante tramite dei ferri piegati ad U rovesciata, i quali vengono inghisati con resina tipo HILTI HIT RE 500 V3 o equivalente. Questa armatura aggiuntiva permette l'assorbimento dei fenomeni torcenti e di scorrimento, che si instaurano a seguito dell'urto veicolare. Non viene effettuata la verifica a torsione del cordolo in quanto questo, essendo vincolato alla soletta, non è soggetto a fenomeni di torsione primaria: tali meccanismi si manifestano solo nel caso in cui l'equilibrio della struttura dipenda dalla resistenza torsionale dell'elemento: in questo caso, l'equilibrio è garantito dalla presenza delle barre ad U inghisate nella soletta, le quali vincolano il cordolo e assorbono le sollecitazioni torcenti. Per il dimensionamento è necessario ricavare il momento torcente calcolato sul baricentro del cordolo: esso è dato dalla forza d'urto ricavata al §5.2, moltiplicata per il braccio che va dal punto di applicazione della forza alla mezzzeria del cordolo.

$$M_t = F_{urto}^{H4} \cdot b = 38,02 \text{ kNm}$$

Con $b=1,01$ m.

La sollecitazione appena calcolata verrà affidata al sistema di barre a U: si predispongono l'inserimento di barre $\phi 12$ con passo 0,25 m, con infissione pari a 0,12 m. In tal modo, in un metro di sezione si avranno 4 ferri ad U reagenti, per un totale di 8 barre verticali. La sollecitazione di riferimento andrà pertanto ricondotta al metro lineare: utilizzando una barriera con interasse $i=1,50$ m si ha:

$$M_t = \frac{38,02}{1,50} = 25,35 \text{ kNm/ml}$$

Modellando un concio di cordolo di lunghezza unitaria, si ottiene la sollecitazione agente sulle barre; per la fila lato strada si avrà:

$$N_{ed,1} = \sigma \cdot A = 13,03 \text{ kN}$$

Per la fila esterna si ha:

$$N_{ed,2} = \sigma \cdot A = 5,11 \text{ kN}$$

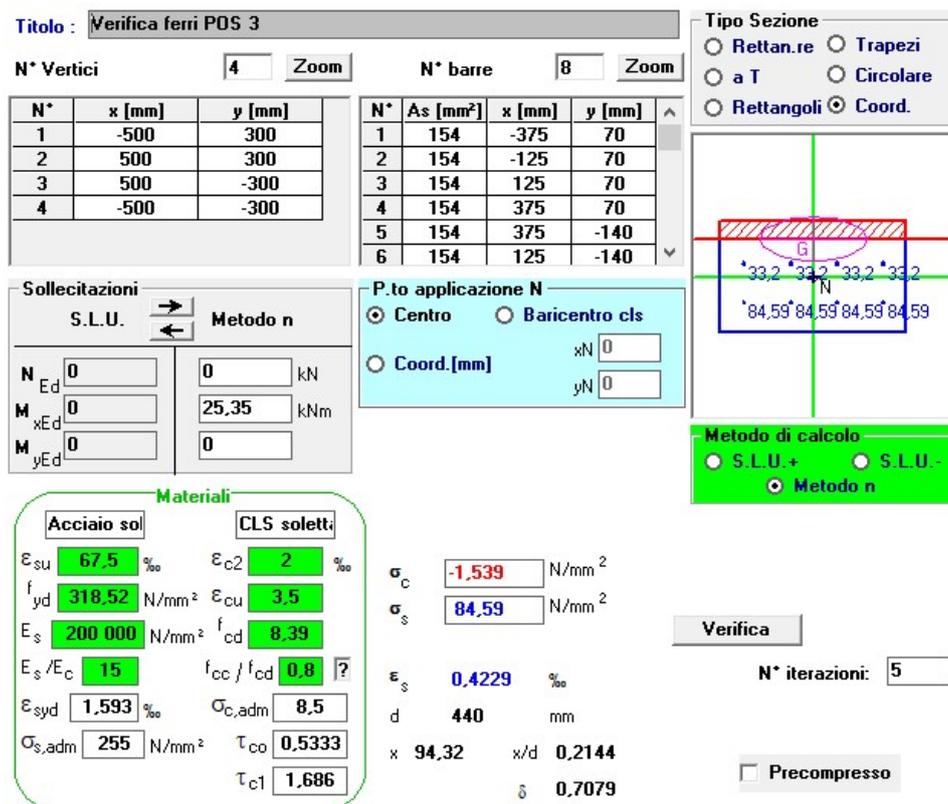


Figura 7-1: Tensioni agenti su ferri Pos.3

Per quanto riguarda lo sforzo di taglio, esso sarà pari alla forza generata dall'urto veicolare e si suppone distribuita sulle 4 barre meno sollecitate a trazione. Il taglio agente per barra sarà quindi:

$$V_{ed,barra} = \frac{25,08}{4} = 6,27 \text{ kN}$$

Le barre verranno inghisate con resina tipo HILTI HIT RE 500 V3 o equivalente: la scheda tecnica riporta che, per un diametro 12 mm, lo sforzo di progetto a trazione è di 38,7 kN, maggiore di quanto riscontrato, e il taglio pari a 20,7 kN.

Resistenza di progetto	ETA-16/0143, edizione 18/04/2016										Dati tecnici Hilti supplementari	
	Ø10	Ø12	Ø14	Ø16	Ø20	Ø25	Ø28	Ø30	Ø32	Ø36	Ø40	
Calcestruzzo non fessurato												
Trazione NRd BSt 500 S [kN]	26,4	38,7	47,1	47,1	74,6	102,5	149,4	166,3	174,9	168,2	191,6	
Taglio VRd BSt 500 S [kN]	14,7	20,7	28,0	36,7	57,3	90,0	112,7	129,3	147,3	186,6	230,5	
Calcestruzzo fessurato												
Trazione NRd BSt 500 S [kN]	16,0	26,3	33,5	33,5	53,2	73,0	106,5	118,5	124,7	-	-	
Taglio VRd BSt 500 S [kN]	14,7	20,7	28,0	36,7	57,3	90,0	112,7	129,3	147,3	-	-	

Figura 7-2: Valori di resistenza a taglio e sforzo normale della resina



Essendo un sistema di ancoraggio, deve essere controllato secondo la normativa UNI EN 1992-4:2018; come valori del calcestruzzo verranno presi quelli relativi alla soletta, divisi per il fattore di confidenza $FC=1,35$ (secondo quanto riportato nel §3.1).

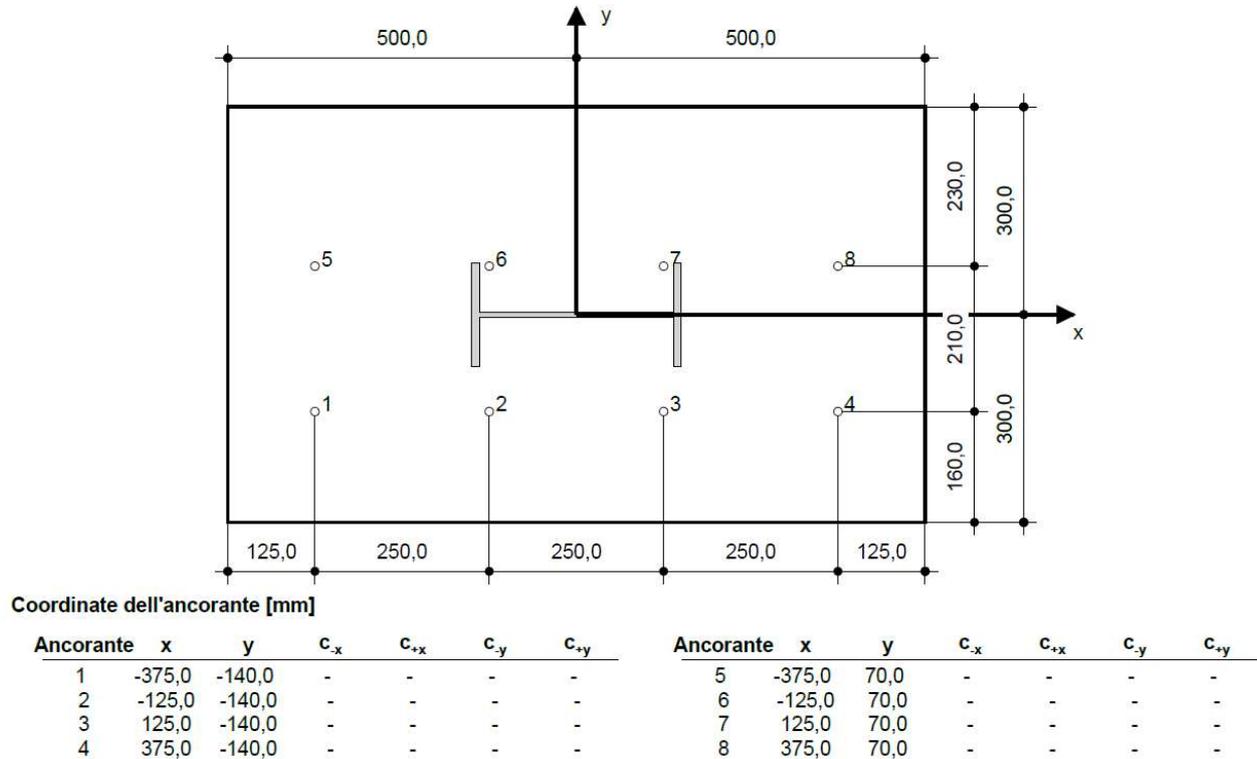


Figura 7-3: ferri Pos.3

7.2.1. Verifica a trazione della barra

Per la verifica di resistenza a trazione, si utilizzerà come azione sollecitante $N_{ed}^h = 13,03 \text{ kN}$, ed $N_{ed}^g = 72,56 \text{ kN}$; sono previsti ferri $\phi 12$ ad aderenza migliorata B450C, che offrono una resistenza pari a:

$$N_{Rd,s} = A_{res} \cdot \frac{f_{uk}}{\gamma_{Ms}} = 48 \text{ kN}$$

$$N_{Rd,s} > N_{ed}$$

$$48 > 13,03 \text{ kN}$$

VERIFICATO

$$\frac{N_{ed}}{N_{Rd,s}} = 0,27$$

7.2.2. Verifica a sfilamento e a rottura conica

$$h_{eff} = 120 \text{ mm} \quad \text{inghisaggio minimo delle barre}$$

$$h_{min} = h_{ef} + 2d_0 = 152 \text{ mm} \quad \text{valore minimo elemento in calcestruzzo (} d_0=16 \text{ mm secondo specifica tecnica della resina ipotizzata)}$$



$h = 160 \text{ mm}$ altezza utile calcolata come lo spessore minimo offerto dalla soletta

Ipotizzando l'uso della resina tipo Hilti HIT RE 500 V3 o equivalenti, si avranno i seguenti dati:

$$\tau_{ucr} = \tau_{ucr,20/25} \cdot \psi_c = 15,00 \text{ MPa}$$

Con $\tau_{ucr,20/25} = 15 \text{ MPa}$ (resistenza caratteristica della resina per calcestruzzo C20/25 data dalla specifica tecnica di prodotto) e $\psi_c = 1,00 \text{ MPa}$ (coefficiente correttivo per calcestruzzo non fessurato).

$$s_{cr,Np} = 7,3 \cdot d \cdot (\tau_{Rk,ucr})^{0,5} < 3h_{ef} = 339 \text{ mm} \quad c_{cr,Np} = \frac{s_{cr,Np}}{2} = 170 \text{ mm}$$

$$N_{Rk,p}^0 = \pi \cdot d \cdot h_{ef} \cdot \tau_{Rk} = 67,9 \text{ kN}$$

$$A_{p,N}^0 = s_{cr,Np} \cdot s_{cr,N} = 115106 \text{ mm}^2$$

$$A_{p,N} = 598309 \text{ mm}^2$$

$$\psi_{s,Np} = 0,7 + 0,3 \cdot \frac{c}{c_{cr,Np}} = 1$$

$$\psi_{g,Np} = 1$$

$$\psi_{ec,Np} = 0,81$$

$$\psi_{re,Np} = 1$$

$$N_{Rk,p} = N_{Rk,p}^0 \cdot \frac{A_{p,N}}{A_{p,N}^0} \cdot \psi_{s,Np} \cdot \psi_{g,Np} \cdot \psi_{ec,Np} \cdot \psi_{re,Np} = 286 \text{ kN}$$

$$N_{Rd,p} = \frac{N_{Rk,p}}{\gamma_c} = 286 \text{ kN}$$

$$N_{Rd,p} > N_{ed} \quad 434 > 72,56 \text{ kN}$$

VERIFICATO

$$\frac{N_{ed}}{N_{Rd,p}} = 0,25$$

7.2.3. Verifica di resistenza a rottura conica

$$k_1 = 11$$

$$s_{cr,N} = 3 h_{eff} = 360 \text{ mm} \quad c_{cr,N} = \frac{s_{cr,N}}{2} = 180 \text{ mm}$$

$$A_{c,N}^0 = s_{cr,N} \cdot s_{cr,N} = 129600 \text{ mm}^2$$

$$A_{c,N} = (\min(c_2; c_{cr}) + s_2 + \min(c_1; c_{cr})) \cdot (c_{cr,N} + 3s_1 + c_{cr,N}) = 632700 \text{ mm}^2$$

$$N_{Rk,c}^0 = k_1 \cdot \sqrt{f_{ck}} \cdot h_{ef}^{1,5} = 55,66 \text{ kN}$$

$$\psi_{s,N} = 0,7 + 0,3 \cdot \frac{c}{c_{cr,N}} = 1$$



$$\psi_{re,N} = 1$$

$$\psi_{ec,N} = 0,82$$

$$N_{Rk,c} = N_{Rk,c}^0 \cdot \frac{A_{c,N}}{A_{c,N}^0} \cdot \psi_{s,N} \cdot \psi_{re,N} \cdot \psi_{ec,N} = 222,5 \text{ kN}$$

$$N_{Rd,c} = \frac{N_{Rk,c}}{\gamma_c} = 222,5 \text{ kN}$$

$$N_{Rd,c} > N_{ed}$$

$$222,5 > 72,56 \text{ kN}$$

VERIFICATO

$$\frac{N_{ed}}{N_{Rd,c}} = 0,33$$

7.2.4. Verifica di resistenza alla frantumazione

La resistenza a frantumazione del calcestruzzo è data dalla seguente espressione:

$$N_{Rk,sp} = N_{Rk,sp}^0 \cdot \frac{A_{c,N}}{A_{c,N}^0} \cdot \psi_{s,N} \cdot \psi_{re,N} \cdot \psi_{ec,N} \cdot \psi_{h,sp} = 161,5 \text{ kN}$$

Dove:

$$N_{Rk,sp}^0 = \min(N_{rk,p}^0; N_{rk,c}^0) = 55,66 \text{ kN}$$

$c_{cr,sp} = 264 \text{ mm}$ come definite nella specifica tecnica di prodotto europea della resina

$$\psi_{h,sp} = \left(\frac{h}{h_{min}}\right)^{2/3} \leq \max \left\{ 1; \left(\frac{(h_{eff} + 1,5c_1)}{h_{min}}\right)^{2/3} \right\} = 1,03$$

$$\psi_{s,N} = 0,7 + 0,3 \cdot \frac{c_1}{c_{cr,N}} = 1$$

$$N_{Rd,sp} = \frac{N_{Rk,sp}}{\gamma_c} = 161,5 \text{ kN}$$

$$N_{Rd,sp} > N_{ed}$$

$$161,5 > 72,56 \text{ kN}$$

VERIFICATO

$$\frac{N_{ed}}{N_{Rd,sp}} = 0,45$$

7.2.5. Verifica di rottura a taglio dell'ancorante

Si procede ora al calcolo delle resistenze al taglio; il meccanismo di rottura a taglio nella sezione d'acciaio della barra viene considerato senza il braccio di leva.

$$f_{uk} = 540 \text{ MPa} \quad (\text{resistenza ultima della barra})$$

$$A_s = 113 \text{ mm}^2 \quad (\text{area resistente della barra } \phi 12)$$



$$V_{Rd,s} = 0.5 \cdot A_s \cdot f_{uk} / \gamma_{Ms} = 23 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,s} > V_{ed}$$

$$23 > 6,27 \text{ kN}$$

VERIFICATO

$$\frac{V_{ed}}{V_{Rd,s}} = 0,27$$

7.2.6. Verifica di resistenza allo strappo del calcestruzzo (pry-out)

La resistenza alla rottura per *pry out* del calcestruzzo la si ricava con la seguente espressione:

$$V_{rk,cp} = k_8 \cdot \min(N_{Rk,p}; N_{Rk,c}) = 445 \text{ kN}$$

In cui $k_8 = 2$ per calcestruzzo non fessurato.

$$V_{Rd,cp} = \frac{V_{Rk,cp}}{\gamma_c} = 445 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,cp} > V_{ed}$$

$$445 > 25,08 \text{ kN}$$

VERIFICATO

$$\frac{V_{ed}}{V_{Rk,cp}} = 0,06$$

7.2.7. Verifica di resistenza a rottura del bordo di calcestruzzo

Si vuole verificare il meccanismo a rottura del cordolo sottoposto a taglio di bordo. La normativa impone di utilizzare gli ancoranti più vicini al bordo esterno: la sollecitazione sarà equamente divisa tra i quattro ancoranti posteriori in quanto sono ugualmente distanti dal bordo.

$$c_1 = 230 \text{ mm}$$

$$A_{c,v}^0 = 4.5 \cdot c_1^2 = 238050 \text{ mm}^2$$

$$A_{c,v} = (1.5 c_1 + 3s_1 + 1.5 c_1) \min(1.5c_1; h) = 230400 \text{ mm}^2$$

$$k_9 = 2,4$$

$$\alpha = 0,1 \cdot \left(\frac{h_{ef}}{c_1}\right)^{0.5} = 0,07$$

$$\beta = 0,1 \cdot \left(\frac{d}{c_1}\right)^{0.2} = 0,06$$

$$V_{Rk,c}^0 = k_9 \cdot d^\alpha \cdot h_{ef}^\beta \cdot \sqrt{f_{ck}} \cdot c_1^{1.5} = 50,27 \text{ kN}$$

$$V_{Rk,c} = V_{Rk,c}^0 \cdot \frac{A_{c,v}}{A_{c,v}^0} \cdot \psi_{s,v} \cdot \psi_{h,v} \cdot \psi_{\alpha,v} \cdot \psi_{ec,v} \cdot \psi_{re,v} = 71,4 \text{ kN}$$

$$\psi_{s,v} = 1$$

(fattore correttivo dovuto alla vicinanza ai bordi)



$\psi_{h;V} = 1,47$ (fattore correttivo per spessore elemento)

$\psi_{a;V} = 1$ (fattore correttivo angolo di taglio)

$\psi_{ec;V} = 1$ (fattore correttivo per eccentricità)

$\psi_{er;V} = 1$ (fattore correttivo armatura di rinforzo)

$$V_{Rd,c} = \frac{V_{Rk,c}}{\gamma_c} = 71,4 \text{ kN}$$

$$V_{Rk,c} > V_{ed}$$

$$71,4 > 25,08 \text{ kN}$$

VERIFICATO

$$\frac{V_{ed}}{V_{Rd,c}} = 0,35$$

7.2.8. Verifica combinata a taglio e trazione

Essendo sottoposti a sollecitazioni sia di taglio che di trazione, le barre devono essere verificate anche nella soluzione combinata dei due sforzi; verranno quindi utilizzati i massimi rapporti precedentemente trovati nelle varie verifiche:

$$\beta_N + \beta_V$$

Dove β_N rappresenta il rapporto relativo agli sforzi di trazione (differenziati se agenti su acciaio o su calcestruzzo) e β_V relativo agli sforzi di taglio.

MATERIALE	VERIFICA	RAPPORTO TRA SOLLECITAZIONE AGENTE E RESISTENTE
CALCESTRUZZO	Rottura combinata data da sfilamento +rottura conica	$\beta_{N,p} = 0,25$
	Rottura conica del calcestruzzo	$\beta_{N,c} = 0,33$
	Rottura splitting	$\beta_{N,sp} = 0,45$
ACCIAIO	Rottura ancorante sottoposto a trazione	$\beta_{N,s} = 0,27$
ACCIAIO	Rottura a taglio dell'ancorante	$\beta_{V,s} = 0,27$
CALCESTRUZZO	Rottura per pry-out	$\beta_{V,cp} = 0,06$
	Rottura bordo di calcestruzzo	$\beta_{V,c} = 0,35$



per l'acciaio si avrà:

$$\frac{N_{ed}}{N_{Rd,s}} = \beta_{N,s} = 0,27$$

$$\frac{V_{ed}}{V_{Rd,s}} = \beta_{V,s} = 0,27$$

$$\beta_N^2 + \beta_V^2 = 0,15 \leq 1$$

VERIFICA SODDISFATTA

Per quanto riguarda il calcestruzzo:

$$\frac{N_{ed}}{N_{Rd,p}} = \beta_{N,sp} = 0,45$$

$$\frac{V_{ed}}{V_{Rd,c}} = \beta_{V,c} = 0,35$$

$$\beta_N + \beta_V = 0,80 < 1,2$$

VERIFICA SODDISFATTA

7.3. Verifica sistema di ancoraggio barriera tipo H4 BP - cordolo

Si vogliono ora proporre le verifiche necessarie a stabilire l'idoneità del sistema di ancoraggio: esse consistono in verifiche a trazione e a taglio sui tirafondi della barriera oggetto di installazione. Il dispositivo tipo H4 BP considerato presenta una piastra rettangolare 300x250 mm con 4 tirafondi M20 cl.8.8 con infissione $h_{eff}=150$ mm. La resina utilizzata è del tipo HILTI HIT-RE 500 V3. Il cordolo verrà realizzato in calcestruzzo R_{ck} 45 MPa.

I calcoli verranno svolti con i coefficienti dei materiali pari a $\gamma_{Mc} = 1 \cdot \gamma_{inst}$, e γ_{MS} che dipenderà dal prospetto 4.1 della UNI EN 1992-4:2018. γ_{inst} dipende dal livello di sicurezza dell'installazione; esso, per ancoraggi con alto livello di sicurezza di installazione, come in questo caso, può essere assunto unitario.

7.3.1. Determinazione dei carichi agenti sui tirafondi

Sottoponendo il montante ad un momento di $M_{pl}^{H4} = 34,24$ kNm e alla $F_{urto}^{H4} = 37,64$ kN visti nei paragrafi precedenti, si può ricavare il valore della tensione agente sui tirafondi d'acciaio tramite l'utilizzo del metodo n. La resistenza a trazione verrà affidata interamente ai due tirafondi anteriori tesi M20 cl. 8.8. Per la resistenza a taglio solitamente si considerano resistenti tutti i tirafondi, ma in questo caso si decide di escludere dal calcolo i tirafondi posteriori imputando il carico solo ai due ancoranti anteriori, assunzione possibile secondo la "Nota 1" del §6.2.2.2 dell'UNI EN 1992-4:2018: riempiendo con malta di sufficiente resistenza a compressione (>40



MPa) l'intercapedine tra i due tirafondi anteriori e la piastra, si rendono solidali gli ancoranti con il collegamento, permettendo di escludere dal calcolo i tirafondi posteriori liberi da tale vincolo.

Per quanto riguarda la forza di trazione, applicando il metodo n, si registrano delle tensioni di 306,2 MPa agenti sulla coppia di tirafondi anteriori. Moltiplicando la tensione per l'area resistente del tirafondo M20 ($A_{res}=245 \text{ mm}^2$) si avrà:

$$N_{ed}^h = \sigma_s \cdot A_s = 75,02 \text{ kN}$$

$$N_{ed}^g = 2 \cdot N_{ed}^h = 150,04 \text{ kN}$$

Lo sforzo di taglio suddiviso sui due ancoranti anteriori (secondo la precedente considerazione) sarà:

$$V_{ed}^h = \frac{V_{ed}^{H4}}{2} = 18,82 \text{ kN}$$

$$V_{ed}^g = 37,64 \text{ kN}$$

TITOLO : []

N° Vertici: 4 Zoom N° barre: 4 Zoom

N°	x [mm]	y [mm]
1	-125	-150
2	125	-150
3	125	150
4	-125	150

N°	As [mm²]	x [mm]	y [mm]
1	245	-90	-110
2	245	90	-110
3	245	90	110
4	245	-90	110

Sollecitazioni
S.L.U. Metodo n

N_{Ed} 0 0 kN
M_{xEd} 0 34,24 kNm
M_{yEd} 0 0

P.to applicazione N
 Centro Baricentro cls
 Coord.[mm] xN 0 yN 0

Tipo Sezione
 Rettan.re Trapezi
 a T Circolare
 Rettangoli Coord.

Metodo di calcolo
 S.L.U.+ S.L.U.-
 Metodo n

Materiali
 8,8 C35/45
 ε_{su} 67,5 ‰ ε_{c2} 2 ‰
 f_{yd} 640 N/mm² ε_{cu} 3,5 ‰
 E_s 200 000 N/mm² f_{cd} 19,83
 E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 0,8
 ε_{syd} 3,2 ‰ σ_{c,adm} 13,5
 σ_{s,adm} 0 N/mm² τ_{co} 0,8
 τ_{c1} 2,257

σ_c -10,17 N/mm²
 σ_s 306,2 N/mm²
 ε_s 1,531 ‰
 d 260 mm
 x 86,45 x/d 0,3325
 δ 0,8556

Verifica
 N° iterazioni: 4
 Precompresso

Figura 7-4: Tensioni sui tirafondi

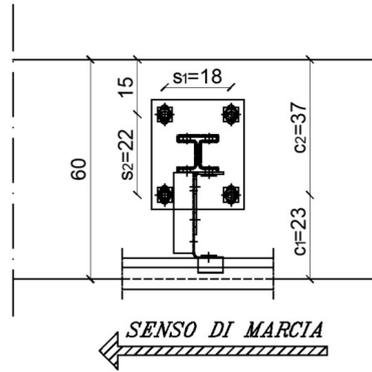


Figura 7-5: Posizione ancoranti per verifica

7.3.2. Verifica di resistenza a trazione del tirafondo

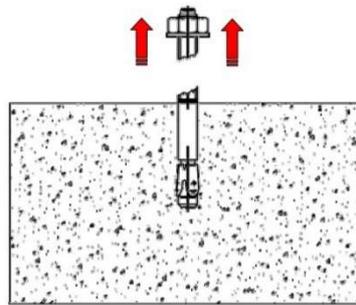


Figura 7-6: meccanismo di rottura per trazione del tassello meccanico

Per la verifica di resistenza a trazione, si utilizzerà quindi come azione sollecitante $N_{ed}^h = 75,02 \text{ kN}$; sono previste barre filettate M20 8.8 che offrono una resistenza pari a:

$$N_{Rd,s} = A_{res} \cdot \frac{f_{uk}}{\gamma_{Ms}} = 149 \text{ kN}$$

Con γ_{Ms} ricavato secondo il prospetto 4.1 dell'UNI EN 1992-4:2018.

$$N_{Rd,s} > N_{ed}$$

$$149 > 75,02 \text{ kN}$$

VERIFICATO

$$\frac{N_{ed}}{N_{Rd,s}} = 0,50$$

7.3.3. Verifica di resistenza per la sollecitazione combinata a sfilamento e rottura conica

Si calcola il valore di resistenza a trazione considerando l'aderenza della resina in combinazione con il cono di calcestruzzo:

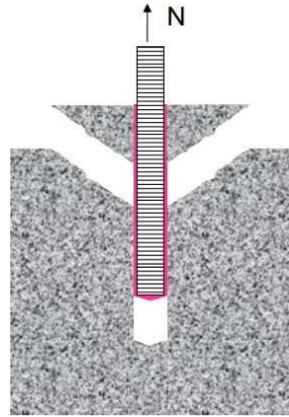


Figura 7-7: meccanismo di rottura per sfilamento e rottura conica

$h_{eff} = 150 \text{ mm}$ inghisaggio minimo dei tirafondi anteriori sottoposti a trazione

$h_{min} = h_{eff} + 2d_0 = 194 \text{ mm}$ valore minimo elemento in calcestruzzo

$h = 320 \text{ mm}$ altezza utile calcolata come lo spessore minimo offerto dal cordolo + soletta

Ipotizzando l'uso della resina tipo Hilti HIT RE 500 V3, si avranno i seguenti dati:

$$\tau_{ucr} = \tau_{ucr,20/25} \cdot \psi_c = 16,64 \text{ MPa}$$

Con $\tau_{ucr,20/25} = 16 \text{ MPa}$ (resistenza caratteristica della resina per calcestruzzo C20/25 data dalla specifica tecnica di prodotto) e $\psi_c = 1,04 \text{ MPa}$ (coefficiente correttivo per calcestruzzo non fessurato).

$$s_{cr,Np} = 7,3 \cdot d \cdot (\tau_{Rk,ucr})^{0,5} < 3h_{eff} = 450 \text{ mm} \quad c_{cr,Np} = \frac{s_{cr,Np}}{2} = 225 \text{ mm}$$

$$N_{Rk,p}^0 = \pi \cdot d \cdot h_{eff} \cdot \tau_{Rk} = 156,8 \text{ kN}$$

$$A_{p,N}^0 = s_{cr,Np} \cdot s_{cr,N} = 202500 \text{ mm}^2$$

$$A_{p,N} = (\min(c_2; c_{cr}) + \min(c_1; c_{cr})) \cdot (c_{cr,N} + s_1 + c_{cr,N}) = 283500 \text{ mm}^2$$

$$\psi_{s,Np} = 0,7 + 0,3 \cdot \frac{c}{c_{cr,Np}} = 1$$

$$\psi_{g,Np} = 1$$

$$\psi_{ec,Np} = 1$$

$$\psi_{re,Np} = 1$$

$$N_{Rk,p} = N_{Rk,p}^0 \cdot \frac{A_{p,N}}{A_{p,N}^0} \cdot \psi_{s,Np} \cdot \psi_{g,Np} \cdot \psi_{ec,Np} \cdot \psi_{re,Np} = 220 \text{ kN}$$

$$N_{Rd,p} = \frac{N_{Rk,p}}{\gamma_c} = 220 \text{ kN}$$



$$N_{RD,p} > N_{ed}$$

$$220 > 150,04 \text{ kN}$$

VERIFICATO

$$\frac{N_{ed}}{N_{RD,p}} = 0,68$$

7.3.4. Verifica di resistenza alla rottura conica del calcestruzzo

Si procede ora al calcolo della resistenza del cono di calcestruzzo come schematizzato in figura:

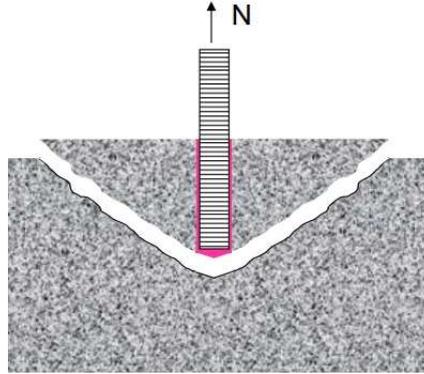


Figura 7-8: meccanismo di rottura del cono di calcestruzzo

$$k_1 = 11$$

$$s_{cr,N} = 3 h_{eff} = 450 \text{ mm}$$

$$c_{cr,N} = \frac{s_{cr,N}}{2} = 225 \text{ mm}$$

$$A_{c,N}^0 = s_{cr,N} \cdot s_{cr,N} = 202500 \text{ mm}^2$$

$$A_{c,N} = (\min(c_2; c_{cr}) + \min(c_1; c_{cr})) \cdot (c_{cr,N} + s_1 + c_{cr,N}) = 283500 \text{ mm}^2$$

$$N_{Rk,c}^0 = k_1 \cdot \sqrt{f_{ck}} \cdot h_{eff}^{1.5} = 119,55 \text{ kN}$$

$$\psi_{s,N} = 0.7 + 0.3 \cdot \frac{c}{c_{cr,N}} = 1$$

$$\psi_{re,N} = 1$$

$$\psi_{ec,N} = 1$$

$$N_{Rk,c} = N_{Rk,c}^0 \cdot \frac{A_{c,N}}{A_{c,N}^0} \cdot \psi_{s,N} \cdot \psi_{re,N} \cdot \psi_{ec,N} = 167,4 \text{ kN}$$

$$N_{RD,c} = \frac{N_{Rk,c}}{\gamma_c} = 167,4 \text{ kN}$$

$$N_{RD,c} > N_{ed}$$

$$196,4 > 150,04 \text{ kN}$$

VERIFICATO

$$\frac{N_{ed}}{N_{RD,c}} = 0,90$$

7.3.5. Verifica di resistenza a frantumazione del calcestruzzo

La resistenza a frantumazione del calcestruzzo è data dalla seguente espressione:



$$N_{Rk,sp} = N_{Rk,sp}^0 \cdot \frac{A_{c,N}}{A_{c,N}^0} \cdot \psi_{s,N} \cdot \psi_{re,N} \cdot \psi_{ec,N} \cdot \psi_{h,sp} = 267 \text{ kN}$$

Dove:

$$N_{Rk,sp}^0 = \min(N_{rk,p}^0; N_{rk,c}^0) = 119,55 \text{ kN}$$

$c_{cr,sp} = 150 \text{ mm}$ come definite nella specifica tecnica di prodotto europea della resina

$$\psi_{h,sp} = \left(\frac{h}{h_{min}}\right)^{2/3} \leq \max\left\{1; \left(\frac{(h_{eff} + 1,5c_1)}{h_{min}}\right)^{2/3}\right\} = 1,40$$

$$\psi_{s,N} = 0,7 + 0,3 \cdot \frac{c_1}{c_{cr,N}} = 1$$

$$N_{Rd,sp} = \frac{N_{Rk,sp}}{\gamma_c} = 267 \text{ kN}$$

$$N_{Rd,sp} > N_{ed}$$

$$267 > 150,04 \text{ kN}$$

VERIFICATO

$$\frac{N_{ed}}{N_{Rd,sp}} = 0,56$$

7.3.6. Verifica di resistenza al taglio dell'ancorante

Si procede ora al calcolo delle resistenze al taglio; il meccanismo di rottura a taglio nella sezione d'acciaio del tirafondo viene considerato senza il braccio di leva.

$$f_{uk} = 800 \text{ MPa} \quad (\text{resistenza ultima del tirafondo})$$

$$A_s = 245 \text{ mm}^2 \quad (\text{area resistente del tirafondo M20})$$

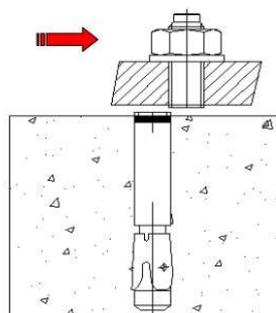


Figura 7-9: meccanismo di rottura a taglio del tassello

$$V_{Rd,s} = 0,5 \cdot A_s \cdot f_{uk} / \gamma_{Ms} = 78 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,s} > V_{ed}$$

$$78 > 18,82 \text{ kN}$$

VERIFICATO

$$\frac{V_{ed}}{V_{Rd,s}} = 0,24$$



7.3.7. Verifica di resistenza allo strappo del calcestruzzo (pry-out)

La resistenza alla rottura per *pry out* del calcestruzzo la si ricava con la seguente espressione:

$$V_{rk,cp} = k_8 \cdot \min(N_{Rk,p}; N_{Rk,c}) = 335 \text{ kN}$$

In cui $k_8 = 2$ per calcestruzzo non fessurato.

$$V_{Rd,cp} = \frac{V_{Rk,cp}}{\gamma_c} = 335 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,cp} > V_{ed}$$

$$335 > 37,64 \text{ kN}$$

VERIFICATO

$$\frac{V_{ed}}{V_{Rk,cp}} = 0,11$$

7.3.8. Verifica di resistenza a rottura del bordo di calcestruzzo

Si vuole verificare il meccanismo a rottura del cordolo sottoposto a taglio di bordo: la normativa impone che la sollecitazione sia affidata agli ancoranti più vicini al bordo in direzione del carico ma, visto le assunzioni fatte al §7.3, si affida il carico agli ancoranti anteriori.

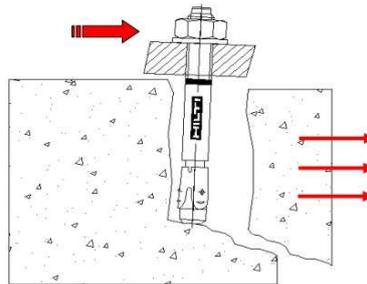


Figura 7-10: meccanismo di rottura del bordo di calcestruzzo

$$c_1 = c_2 = 370 \text{ mm}$$

$$A_{c,v}^0 = 4.5 \cdot c_1^2 = 616050 \text{ mm}^2$$

$$A_{c,v} = (1.5 c_1 + s_1 + 1.5 c_1) \min(1.5c_1; h) = 412800 \text{ mm}^2$$

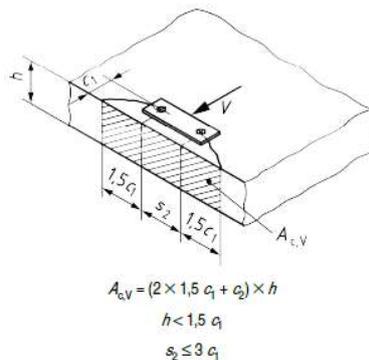


Figura 7-11: illustrazione area di calcestruzzo interessata dalle tensioni



$$k_9 = 2,4$$

$$\alpha = 0,1 \cdot \left(\frac{h_{ef}}{c_1}\right)^{0.5} = 0,06$$

$$\beta = 0,1 \cdot \left(\frac{d}{c_1}\right)^{0.2} = 0,06$$

$$V_{Rk,c}^0 = k_9 \cdot d^\alpha \cdot h_{ef}^\beta \cdot \sqrt{f_{ck}} \cdot c_1^{1.5} = 154,64 \text{ kN}$$

$$V_{Rk,c} = V_{Rk,c}^0 \cdot \frac{A_{c,V}}{A_{c,V}^0} \cdot \psi_{s,V} \cdot \psi_{h,V} \cdot \psi_{\alpha,V} \cdot \psi_{ec,V} \cdot \psi_{re,V} = 136,5 \text{ kN}$$

$$\psi_{s,V} = 1 \quad (\text{fattore correttivo dovuto alla vicinanza ai bordi})$$

$$\psi_{h,V} = 1,32 \quad (\text{fattore correttivo per spessore elemento})$$

$$\psi_{\alpha,V} = 1 \quad (\text{fattore correttivo angolo di taglio})$$

$$\psi_{ec,V} = 1 \quad (\text{fattore correttivo per eccentricità})$$

$$\psi_{re,V} = 1 \quad (\text{fattore correttivo armatura di rinforzo})$$

$$V_{Rd,c} = \frac{V_{Rk,c}}{\gamma_c} = 136,5 \text{ kN}$$

$$V_{Rk,c} > V_{ed} \quad 136,5 > 37,64 \text{ kN} \quad \text{VERIFICATO}$$

$$\frac{V_{ed}}{V_{Rd,c}} = 0,28$$

7.3.9. Verifica combinata a taglio e trazione

Essendo sottoposti a sollecitazioni sia di taglio che di trazione, i tirafondi devono essere verificati anche nella soluzione combinata dei due sforzi; verranno quindi utilizzati i massimi rapporti precedentemente trovati nelle varie verifiche:

$$\beta_N + \beta_V$$

Dove β_N rappresenta il rapporto relativo agli sforzi di trazione (differenziati se agenti su acciaio o su calcestruzzo) e β_V relativo agli sforzi di taglio.

MATERIALE	VERIFICA	RAPPORTO TRA SOLLECITAZIONE AGENTE E RESISTENTE
CALCESTRUZZO	Rottura combinata data da sfilamento +rottura conica	$\beta_{N,p} = 0,68$



	Rottura conica del calcestruzzo	$\beta_{N,c} = 0,90$
	Rottura splitting	$\beta_{N,sp} = 0,56$
ACCIAIO	Rottura ancorante sottoposto a trazione	$\beta_{N,s} = 0,50$
ACCIAIO	Rottura a taglio dell'ancorante	$\beta_{V,s} = 0,24$
CALCESTRUZZO	Rottura per pry-out	$\beta_{V,cp} = 0,11$
	Rottura bordo di calcestruzzo	$\beta_{V,c} = 0,28$

per l'acciaio si avrà:

$$\frac{N_{ed}}{N_{Rd,s}} = \beta_{N,s} = 0,50$$

$$\frac{V_{ed}}{V_{Rd,s}} = \beta_{V,s} = 0,24$$

$$\beta_N^2 + \beta_V^2 = 0,31 \leq 1$$

VERIFICA SODDISFATTA

Per quanto riguarda il calcestruzzo:

$$\frac{N_{ed}}{N_{Rd,c}} = \beta_{N,c} = 0,90$$

$$\frac{V_{ed}}{V_{Rd,c}} = \beta_{V,c} = 0,28$$

$$\beta_N + \beta_V = 1,18 \leq 1,2$$

VERIFICA SODDISFATTA

8. Giudizio motivato di accettabilità dei risultati e delle verifiche

La presente relazione è stata realizzata con il supporto di semplici fogli di calcolo elettronici basati sulla normativa NTC2018 e sulla UNI EN 1992-4:2018, senza avvalersi di software di calcolo agli elementi finiti (FEM). Al fine del giudizio di attendibilità dei risultati, si ritiene che gli schemi di calcolo assunti siano conformi alla pratica comune: le formulazioni si basano sulla teoria della scienza delle costruzioni e non



permettono di ricondurre i calcoli ad ulteriori schemi semplificati. Per ogni singolo punto trattato sono state espressamente enunciate le formule adottate, permettono quindi una rapida interpretazione del calcolo.

In virtù di quanto esposto nei paragrafi precedenti, avvalorato da risultati numerici, è possibile ritenere che il nuovo cordolo possa resistere alla sollecitazione indotta da un veicolo in svio impattante contro la barriera di sicurezza analizzata.

Quanto sopra espresso rappresenta l'attività di competenza del progettista esecutivo. In fase di esecuzione l'appaltatore, all'interno del progetto costruttivo, avrà l'onere di verificare che il dispositivo da lui proposto risulti compatibile con le assunzioni precedenti. Ove ciò non fosse verificato, sarà tenuto all'integrazione delle verifiche effettuate, in funzione del dispositivo proposto.



9. Appendice: Ancoraggi barriera tipo H2 BP – plinto esistente

Verrà eseguita la verifica degli ancoraggi di un dispositivo tipo bordo ponte di classe H2 W4, il quale sarà installato sul lato sinistro della viabilità di uscita, in corrispondenza dei plinti di fondazione dei due portali segnaletici presenti (uscita 13), sia in direzione nord che in direzione sud.



Figura 9-1: Zona di intervento portali segnaletici

Per quanto riguarda i plinti di fondazione dei due portali segnaletici in corrispondenza degli svincoli di uscita, si è rilevato che essi sono lunghi circa 5,30 m ciascuno.

Per quanto riguarda le larghezze dei plinti, si assume che il portale segnaletico sia stato installato in posizione circa centrata, quindi si assume che il plinto si estenda occupando una piccola parte della sede stradale dello svincolo.



Figura 9-2: Plinto portale segnaletico (direzione nord)



Figura 9-3: Plinto portale segnaletico (direzione sud)

I dispositivi considerati per il dimensionamento e le verifiche sono puramente tipologici, assumendo determinate caratteristiche degli stessi in funzione a dispositivi esistenti sul mercato. Le verifiche che verranno effettuate considereranno delle ipotesi e delle condizioni geometriche minime, affinché esse risultino soddisfatte. Si sottolinea che l'appaltatore, nella libertà di scelta dei dispositivi commerciali esistenti sul mercato, dovrà verificare la compatibilità di questi ultimi con i supporti esistenti, verificando anche la compatibilità geometrica dei supporti stessi.

Di seguito verrà svolta l'analisi dei collegamenti delle barriere ai sensi della normativa UNI EN 1992-4:2018.

Per quanto riguarda le caratteristiche del calcestruzzo dei plinti, non avendo a disposizione prove sul materiale o elaborati progettuali, si fa un'assunzione, a favore di sicurezza, ovvero quella di considerare un $R_{ck}=30$ MPa. Si ipotizza quindi un calcestruzzo con le seguenti caratteristiche di resistenza, le quali andranno ulteriormente divise per il suddetto fattore di confidenza $FC=1,35$ (ipotizzando un livello di conoscenza LC1):

<i>Classe del calcestruzzo:</i>	<i>C25/30</i>
<i>Resistenza caratteristica a compressione cilindrica:</i>	<i>$f_{ck} = 25$ MPa</i>
<i>Resistenza caratteristica a compressione cubica:</i>	<i>$R_{ck} = 30$ MPa</i>

La barriera di sicurezza tipo H2 BP W4 considerata è caratterizzata da un'altezza massima di 0,89 m, per cui la normativa impone di applicare la forza dell'urto ad un'altezza h_1 pari a 0,79 m rispetto al piano viabile.

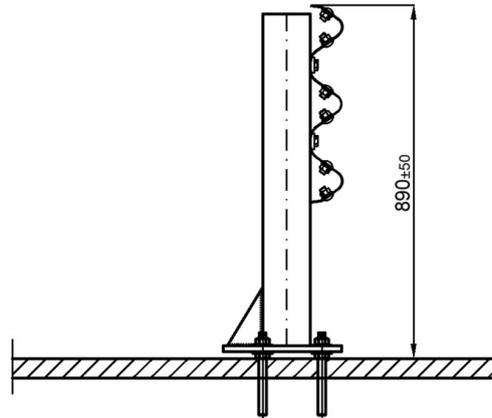


Figura 9-4: Barriera di sicurezza tipo H2 BP

La barriera è inoltre dotata di irrigidimenti alla base, per cui il montante non subirà lo snervamento della sezione in corrispondenza dell'attacco alla piastra, ma in corrispondenza della sezione immediatamente sopra gli elementi di irrigidimento; si può quindi desumere che la forza in questione è data dal momento plastico diviso il braccio di applicazione.

Il momento che porta alla plasticizzazione di una sezione C 120x60x20x4 in acciaio S355JR è pari a:

$$M_{pl} = W_{pl} \cdot f_{yk} = 15,50 \text{ kNm}$$

In ottemperanza alle prescrizioni da normativa, si impone l'uso di un coefficiente di sovraresistenza pari a $F_s=1.5$ (paragrafo 5.1.3.10 delle NTC 2018, "Azioni sui parapetti e urto di veicolo in svio q_s "), in modo da ottenere un valore di:

$$M_{pl}^* = 1,5 \cdot 15,50 = 23,26 \text{ kNm}$$

Per ottenere la forza d'urto, applicata a 0,79 m d'altezza dal piano viario, si deve dividere il momento plastico per il braccio della forza: in questo caso, considerando che la piastra ha uno spessore di 0,015 m e che gli elementi di irrigidimento si estendono per un'altezza di 0,15 m dal piede del montante, il braccio per sviluppare un momento di 23,26 kNm in corrispondenza della sezione di plasticizzazione (immediatamente sopra agli elementi di irrigidimento) è pari a $b = 0,79 - (+0,15 + 0,015 + 0,017) = 0,608 \text{ m}$.

Di conseguenza si avrà un taglio di:

$$F_{urto}^{H2} = V_{ed}^{H2} = \frac{M_{pl}^*}{b} = \frac{23,26}{0,608} = 38,25 \text{ kN}$$

Il momento agente al piede del palo è dato dalla F_{urto}^{H2} calcolata precedentemente per il braccio:

$$M_{pl}^{H2} = F_{urto}^{H2} \cdot 0,79 = 30,22 \text{ kNm}$$



9.1. Verifica sistema di ancoraggio barriera tipo H2 BP – plinto esistente

Si vogliono ora proporre le verifiche necessarie a stabilire l'idoneità del sistema di ancoraggio, secondo l'UNI EN 1992-4:2018: esse consistono in verifiche a trazione e a taglio sui tirafondi della barriera oggetto di installazione.

Il dispositivo tipo H2 BP considerato presenta un palo C120x60x20x4, ancorato mediante 4 tirafondi M16 classe 8.8. Le seguenti verifiche verranno svolte in accordo con la normativa UNI EN 1992-4:2018. La resina utilizzata è del tipo HILTI HIT-RE 500 V3. La lunghezza di infissione (maggiorata) per i tirafondi è pari a $h_{eff} = 200mm$.

I calcoli verranno svolti con i coefficienti dei materiali pari a $\gamma_{Mc} = 1 \cdot \gamma_{inst}$, e γ_{MS} che dipenderà dal prospetto 4.1 della UNI EN 1992-4:2018. γ_{inst} dipende dal livello di sicurezza dell'installazione; esso, per ancoraggi con alto livello di sicurezza di installazione, come in questo caso, può essere assunto unitario.

Il calcestruzzo dei plinti di fondazione dei portali esistenti è quello assunto nel §9 con fattore di confidenza $FC=1,35$.

9.1.1. Determinazione dei carichi agenti sui tirafondi

Sottoponendo la piastra di dimensioni 300x300x15mm ad un momento $M_{pl}^{H2} = 30,22 kNm$ e alla $F_{urto}^{H2} = 38,25 kN$, si può ricavare il valore della tensione agente sui tirafondi d'acciaio tramite l'utilizzo del metodo n. La resistenza a trazione verrà affidata interamente ai due tirafondi tesi M16 cl. 8.8, mentre quella di taglio viene distribuita sui quattro ancoranti in maniera uguale.

Quindi, per quanto riguarda la forza di trazione, applicando il metodo n, si registrano delle tensioni di 412,3 MPa agenti sulla coppia di tirafondi anteriori (tralasciando la tensione agente sui tirafondi posteriori in quanto molto bassa). Moltiplicando la tensione per l'area resistente del tirafondo M16 ($A_{res}=157 mm^2$) si avrà:

$$N_{ed}^h = 64,73 kN$$

$$N_{ed}^g = 129,46 kN$$

Lo sforzo di taglio verrà suddiviso tra i quattro tirafondi con un'intensità di:

$$V_{ed}^h = \frac{V_{ed}}{4} = 9,56 kN$$

$$V_{ed}^g = 38,25 kN$$

Nel caso in cui venga proposta dall'appaltatore una barriera con differenti prestazioni, sarà suo onere, e del produttore del dispositivo, verificare l'adeguatezza dell'installazione con il dimensionamento qui proposto.

Titolo : _____
 N° Vertici Zoom N° barre Zoom

N°	x [mm]	y [mm]
1	-150	150
2	150	150
3	150	-150
4	-150	-150

N°	As [mm²]	x [mm]	y [mm]
1	157	100	50
2	157	100	-100
3	157	-100	-100
4	157	-100	50

Sollecitazioni: S.L.U. Metodo n
 N_{Ed} kN
 M_{xEd} kNm
 M_{yEd}

P.to applicazione N: Centro Baricentro cls
 Coord.[mm] xN yN

Tipo Sezione: Rettan.re Trapezi
 a T Circolare
 Rettangoli Coord.

Metodo di calcolo: S.L.U.+ S.L.U.-
 Metodo n

Materiali:

ε _{su} <input type="text" value="67,5"/> ‰	ε _{c2} <input type="text" value="2"/> ‰	σ _c <input type="text" value="-12,47"/> N/mm ²
f _{yd} <input type="text" value="640"/> N/mm ²	ε _{cu} <input type="text" value="3,5"/> ‰	σ _s <input type="text" value="412,3"/> N/mm ²
E _s <input type="text" value="200 000"/> N/mm ²	f _{cd} <input type="text" value="22,67"/> ‰	ε _s <input type="text" value="2,061"/> ‰
E _s /E _c <input type="text" value="15"/>	f _{cc} /f _{cd} <input type="text" value="0,8"/> [?]	d <input type="text" value="250"/> mm
ε _{syd} <input type="text" value="3,2"/> ‰	σ _{c,adm} <input type="text" value="14,75"/>	x <input type="text" value="78,03"/> x/d <input type="text" value="0,3121"/>
σ _{s,adm} <input type="text" value="0"/> N/mm ²	τ _{co} <input type="text" value="0,8667"/>	δ <input type="text" value="0,8302"/>
	τ _{c1} <input type="text" value="2,4"/>	

Verifica: N° iterazioni:

Precompresso

Figura 9-5: Tensione sui tirafondi

9.1.2. Verifica di resistenza a trazione del tirafondo

Per la verifica di resistenza a trazione, si utilizzerà quindi come azione sollecitante $N_{ed}^h = 64,73 \text{ kN}$; sono previste barre filettate M16 8.8 che offrono una resistenza pari a:

$$N_{Rd,s} = A_{res} \cdot \frac{f_{uk}}{\gamma_{Ms}} = 96 \text{ kN}$$

Con γ_{Ms} ricavato secondo il prospetto 4.1 dell'UNI EN 1992-4:2018.

$$N_{Rd,s} > N_{ed} \qquad 96 > 64,73 \text{ kN} \qquad \text{VERIFICATO}$$

$$\frac{N_{ed}}{N_{Rd,s}} = 0,68$$

9.1.3. Verifica di resistenza per la sollecitazione combinata a sfilamento e rottura conica

Si calcola il valore di resistenza a trazione considerando l'aderenza della resina in combinazione con il cono di calcestruzzo:

$h_{eff} = 200 \text{ mm}$ inghisaggio (maggiorato) dei tirafondi anteriori sottoposti a trazione

$h_{min} = h_{ef} + 2d_0 = 236 \text{ mm}$ valore minimo elemento in calcestruzzo (dove $d_0 = 18 \text{ mm}$, diametro nominale del foro, secondo specifica tecnica di prodotto europea della resina ipotizzata)

$h = 500 \text{ mm}$ altezza utile ipotizzata (a vantaggio di sicurezza, legittimamente supponendo che l'altezza del plinto sia superiore).



Ipotizzando l'uso della resina tipo Hilti HIT RE 500 V3, si avranno i seguenti dati:

$$\tau_{ucr} = \tau_{ucr,20/25} \cdot \psi_c = 17,00 \text{ MPa}$$

Con $\tau_{ucr,20/25} = 17 \text{ MPa}$ (resistenza caratteristica della resina per calcestruzzo C25/30 data dalla specifica tecnica di prodotto) e $\psi_c = 1,00 \text{ MPa}$ (coefficiente correttivo per calcestruzzo non fessurato).

Si assumono le seguenti distanze:

- Distanza dal tirafondo anteriore al bordo libero interno plinto: $c_1 = 200 \text{ mm}$
- Distanza dal tirafondo anteriore al bordo libero esterno plinto: $c_2 = 1470 \text{ mm}$

$$s_{cr,Np} = 7,3 \cdot d \cdot (\tau_{Rk,ucr})^{0,5} < 3h_{ef} = 482 \text{ mm} \quad c_{cr,Np} = \frac{s_{cr,Np}}{2} = 241 \text{ mm}$$

$$N_{Rk,p}^0 = \pi \cdot d \cdot h_{ef} \cdot \tau_{Rk} = 170,9 \text{ kN}$$

$$A_{p,N}^0 = s_{cr,Np} \cdot s_{cr,N} = 231918 \text{ mm}^2$$

$$A_{p,N} = (\min(c_2; c_{cr}) + \min(c_1; c_{cr})) \cdot (c_{cr,N} + s_1 + c_{cr,N}) = 300433 \text{ mm}^2$$

$$\psi_{s,Np} = 0,7 + 0,3 \cdot \frac{c}{c_{cr,Np}} = 0,949$$

$$\psi_{g,Np} = 1$$

$$\psi_{ec,Np} = 1$$

$$\psi_{re,Np} = 1$$

$$N_{Rk,p} = N_{Rk,p}^0 \cdot \frac{A_{p,N}}{A_{p,N}^0} \cdot \psi_{s,Np} \cdot \psi_{g,Np} \cdot \psi_{ec,Np} \cdot \psi_{re,Np} = 210 \text{ kN}$$

$$N_{Rd,p} = \frac{N_{Rk,p}}{\gamma_c} = 210 \text{ kN}$$

$$N_{Rd,p} > N_{ed}$$

$$210 > 129,46 \text{ kN}$$

VERIFICATO

$$\frac{N_{ed}}{N_{Rd,p}} = 0,62$$

9.1.4. Verifica di resistenza alla rottura conica del calcestruzzo

Si procede ora al calcolo della resistenza del cono di calcestruzzo come schematizzato in figura:

$$k_1 = 11$$

$$s_{cr,N} = 3 h_{eff} = 600 \text{ mm}$$

$$c_{cr,N} = \frac{s_{cr,N}}{2} = 300 \text{ mm}$$

$$A_{c,N}^0 = s_{cr,N} \cdot s_{cr,N} = 360000 \text{ mm}^2$$

$$A_{c,N} = (\min(c_2; c_{cr}) + \min(c_1; c_{cr})) \cdot (c_{cr,N} + s_1 + c_{cr,N}) = 400000 \text{ mm}^2$$



$$N_{Rk,c}^0 = k_1 \cdot \sqrt{f_{ck}} \cdot h_{ef}^{1.5} = 133,89 kN$$

$$\psi_{s,N} = 0.7 + 0.3 \cdot \frac{c}{c_{cr,N}} = 0,90$$

$$\psi_{re,N} = 1$$

$$\psi_{ec,N} = 1$$

$$N_{Rk,c} = N_{Rk,c}^0 \cdot \frac{A_{c,N}}{A_{c,N}^0} \cdot \psi_{s,N} \cdot \psi_{re,N} \cdot \psi_{ec,N} = 133,9 kN$$

$$N_{Rd,c} = \frac{N_{Rk,c}}{\gamma_c} = 133,9 kN$$

$$N_{Rd,c} > N_{ed} \quad 133,9 > 129,46 kN \quad \text{VERIFICATO}$$

$$\frac{N_{ed}}{N_{Rd,c}} = 0,97$$

9.1.5. Verifica di resistenza a frantumazione del calcestruzzo

La resistenza a frantumazione del calcestruzzo è data dalla seguente espressione:

$$N_{Rk,sp} = N_{Rk,sp}^0 \cdot \frac{A_{c,N}}{A_{c,N}^0} \cdot \psi_{s,N} \cdot \psi_{re,N} \cdot \psi_{ec,N} \cdot \psi_{h,sp} = 331,3 kN$$

Dove:

$$N_{Rk,sp}^0 = \min(N_{rk,p}^0; N_{rk,c}^0) = 133,89 kN$$

$c_{cr,sp} = 200 mm$ come definite nella specifica tecnica di prodotto europea della resina

$$\psi_{h,sp} = \left(\frac{h}{h_{min}} \right)^{2/3} \leq \max \left\{ 1; \left(\frac{(h_{eff} + 1,5c_1)}{h_{min}} \right)^{2/3} \right\} = 1,65$$

$$\psi_{s,N} = 0.7 + 0.3 \cdot \frac{c_1}{c_{cr,N}} = 0,8$$

$$N_{Rd,sp} = \frac{N_{Rk,sp}}{\gamma_c} = 331,3 kN$$

$$N_{Rd,sp} > N_{ed} \quad 331,3 > 129,46 kN \quad \text{VERIFICATO}$$

$$\frac{N_{ed}}{N_{Rd,sp}} = 0,39$$

9.1.6. Verifica di resistenza al taglio dell'ancorante

Si procede ora al calcolo delle resistenze al taglio; il meccanismo di rottura a taglio nella sezione d'acciaio del tirafondo viene considerato senza il braccio di leva.



$$f_{uk} = 800 \text{ MPa} \quad (\text{resistenza ultima del tirafondo})$$

$$A_s = 157 \text{ mm}^2 \quad (\text{area resistente del tirafondo M16})$$

$$V_{Rd,s} = 0.5 \cdot A_s \cdot f_{uk} / \gamma_{Ms} = 50 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,s} > V_{ed} \quad 50 > 9,56 \text{ kN} \quad \text{VERIFICATO}$$

$$\frac{V_{ed}}{V_{Rd,s}} = 0,19$$

9.1.7. Verifica di resistenza allo strappo del calcestruzzo (pry-out)

La resistenza alla rottura per *pry out* del calcestruzzo la si ricava con la seguente espressione:

$$V_{rk,cp} = k_8 \cdot \min(N_{Rk,p}; N_{Rk,c}) = 268 \text{ kN}$$

In cui $k_8 = 2$ per calcestruzzo non fessurato.

$$V_{Rd,cp} = \frac{V_{Rk,cp}}{\gamma_c} = 268 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,cp} > V_{ed} \quad 268 > 38,25 \text{ kN} \quad \text{VERIFICATO}$$

$$\frac{V_{ed}}{V_{Rk,cp}} = 0,14$$

9.1.8. Verifica di resistenza a rottura del bordo di calcestruzzo

Si vuole verificare il meccanismo a rottura del cordolo sottoposto a taglio di bordo: la normativa impone che la sollecitazione sia affidata agli ancoranti più vicini al bordo in direzione del carico.

$$c_1 = c_2 - s_2 = 1320 \text{ mm}$$

$$A_{c,v}^0 = 4.5 \cdot c_1^2 = 7840800 \text{ mm}^2$$

$$A_{c,v} = (1.5 c_1 + s_1 + 1.5 c_1) \min(1.5 c_1; h) = 2080000 \text{ mm}^2$$

$$k_9 = 2,4$$

$$\alpha = 0,1 \cdot \left(\frac{h_{ef}}{c_1}\right)^{0,5} = 0,07$$

$$\beta = 0,1 \cdot \left(\frac{d}{c_1}\right)^{0,2} = 0,05$$

$$V_{Rk,c}^0 = k_9 \cdot d^\alpha \cdot h_{ef}^\beta \cdot \sqrt{f_{ck}} \cdot c_1^{1,5} = 684,33 \text{ kN}$$

$$V_{Rk,c} = V_{Rk,c}^0 \cdot \frac{A_{c,v}}{A_{c,v}^0} \cdot \psi_{s,v} \cdot \psi_{h,v} \cdot \psi_{\alpha,v} \cdot \psi_{ec,v} \cdot \psi_{re,v} = 361,3 \text{ kN}$$

$$\psi_{s,v} = 1 \quad (\text{fattore correttivo dovuto alla vicinanza ai bordi})$$



$\psi_{h;V} = 1,99$ (fattore correttivo per spessore elemento)

$\psi_{a;V} = 1$ (fattore correttivo angolo di taglio)

$\psi_{ec;V} = 1$ (fattore correttivo per eccentricità)

$\psi_{er;V} = 1$ (fattore correttivo armatura di rinforzo)

$$V_{Rd,c} = \frac{V_{Rk,c}}{\gamma_c} = 361,3 \text{ kN}$$

$$V_{Rk,c} > V_{ed}$$

$$361,3 > 38,25 \text{ kN}$$

VERIFICATO

$$\frac{V_{ed}}{V_{Rd,c}} = 0,11$$

9.1.9. Verifica combinata a taglio e trazione

Essendo sottoposti a sollecitazioni sia di taglio che di trazione, i tirafondi devono essere verificati anche nella soluzione combinata dei due sforzi; verranno quindi utilizzati i massimi rapporti precedentemente trovati nelle varie verifiche:

$$\beta_N + \beta_V$$

Dove β_N rappresenta il rapporto relativo agli sforzi di trazione (differenziati se agenti su acciaio o su calcestruzzo) e β_V relativo agli sforzi di taglio.

MATERIALE	VERIFICA	RAPPORTO TRA SOLLECITAZIONE AGENTE E RESISTENTE
CALCESTRUZZO	Rottura combinata data da sfilamento +rottura conica	$\beta_{N,p} = 0,62$
	Rottura conica del calcestruzzo	$\beta_{N,c} = 0,97$
	Rottura splitting	$\beta_{N,sp} = 0,39$
ACCIAIO	Rottura ancorante sottoposto a trazione	$\beta_{N,s} = 0,68$
ACCIAIO	Rottura a taglio dell'ancorante	$\beta_{V,s} = 0,19$
CALCESTRUZZO	Rottura per pry-out	$\beta_{V,cp} = 0,14$
	Rottura bordo di calcestruzzo	$\beta_{V,c} = 0,11$

per l'acciaio si avrà:



$$\frac{N_{ed}}{N_{Rd,s}} = \beta_{N,s} = 0,68$$

$$\frac{V_{ed}}{V_{Rd,s}} = \beta_{V,s} = 0,19$$

$$\beta_N^2 + \beta_V^2 = 0,49 \leq 1$$

VERIFICA SODDISFATTA

Per quanto riguarda il calcestruzzo:

$$\frac{N_{ed}}{N_{Rd,sp}} = \beta_{N,c} = 0,97$$

$$\frac{V_{ed}}{V_{Rd,c}} = \beta_{V,cp} = 0,14$$

$$\beta_N + \beta_V = 1,11 < 1,2$$

VERIFICA SODDISFATTA

9.2. Giudizio motivato di accettabilità dei risultati e delle verifiche

La presente relazione è stata realizzata con il supporto di semplici fogli di calcolo elettronici basati sulla normativa NTC2018 e sulla UNI EN 1992-4:2018, senza avvalersi di software di calcolo agli elementi finiti (FEM). Al fine del giudizio di attendibilità dei risultati, si ritiene che gli schemi di calcolo assunti siano conformi alla pratica comune: le formulazioni si basano sulla teoria della scienza delle costruzioni e non permettono di ricondurre i calcoli ad ulteriori schemi semplificati. Per ogni singolo punto trattato sono state espressamente enunciate le formule adottate, permettono quindi una rapida interpretazione del calcolo.

In virtù di quanto esposto nei paragrafi precedenti, avvalorato da risultati numerici, è possibile ritenere che il plinto esistente possa resistere alla sollecitazione indotta da un veicolo in svio impattante contro la barriera di sicurezza analizzata.

Quanto sopra espresso rappresenta l'attività di competenza del progettista esecutivo. In fase di esecuzione l'appaltatore, all'interno del progetto costruttivo, avrà l'onere di verificare che il dispositivo da lui proposto risulti compatibile con le assunzioni precedenti. Ove ciò non fosse verificato, sarà tenuto all'integrazione delle verifiche effettuate, in funzione del dispositivo proposto.



Allegato: Report prove di laboratorio

COMUNE DI PADOVA (PD) – CORSO KENNEDY

Codice commessa: **211202_CPD**



Relazione Tecnica: indagini diagnostiche

Committente: Comune di Padova			Cod. elaborato:	RT-ID
REV	DATA	DESCRIZIONE REVISIONE	LO SPERIMENTATORE	IL DIRETTORE
00	20/05/2022	Emissione	Luca Scancelli	Filippo Casarin

INDICE GENERALE

1	Introduzione	5
2	Descrizione generale del programma di indagini.....	6
3	Note tecniche sulle indagini effettuate.....	7
3.1	Carotaggio su elementi in calcestruzzo e prova di compressione	7
3.2	Prova di trazione sulle barre di acciaio	9
3.3	Analisi chimica - Determinazione della profondità di carbonatazione nel calcestruzzo .	11
	Allegato 1 - certificati o rapporti di prova.....	13
	Allegato 2 – individuazione univoca delle indagini	15
	Allegato 3 – certificati di prova di laboratori ufficiali.....	17

1 INTRODUZIONE

Nella presente relazione tecnica si riportano i risultati ottenuti dalla campagna di indagini sperimentali effettuata presso il ponte di Corso Kennedy su Corso Uniti, Padova (PD) da parte della società EXPIN S.r.l. di Padova.

Si presentano nel seguito il programma generale di prova (capitolo 2) ed un breve cenno teorico per ogni tipologia di indagine condotta (capitolo 3). I certificati o rapporti di prova, che contengono i risultati ottenuti dalle prove sperimentali effettuate, vengono riportati in allegato 1. L'individuazione univoca delle indagini, mediante codice identificativo e localizzazione in pianta, viene fornita in allegato 2. Nei successivi allegati si riportano i certificati di prova di laboratori ufficiali o autorizzati ex art. 59. DPR 380/2001 (allegato 3).

In Figura 1.1 si individua la struttura oggetto delle indagini.



Figura 1.1: vista satellitare della struttura oggetto di indagine, fonte maps.google

2 DESCRIZIONE GENERALE DEL PROGRAMMA DI INDAGINI

Il giorno 6 maggio 2022 si è effettuata una campagna di indagini sperimentali presso il ponte di Corso Kennedy su Corso Uniti, Padova (PD). In relazione alle richieste espresse, si sono eseguite le seguenti prove:

- n. 3 CA - Prelievo in opera di calcestruzzo.
- n. 3 BA - Prelievo in opera di provini di acciaio.
- n. 3 CH - Analisi chimica – carbonatazione su campioni di calcestruzzo.

Si rimanda all'allegato 2 per la localizzazione delle indagini.

3 NOTE TECNICHE SULLE INDAGINI EFFETTUATE

3.1 CAROTAGGIO SU ELEMENTI IN CALCESTRUZZO E PROVA DI COMPRESSIONE

La prova di riferimento per la determinazione delle caratteristiche meccaniche del calcestruzzo in opera è la prova diretta di compressione di campioni cilindrici di conglomerato cementizio estratti mediante carotaggio. La prova consiste nell'estrazione di un idoneo numero di provini cilindrici di calcestruzzo – cui deve essere recato il minor disturbo possibile nella fase di estrazione e manipolazione – ed il successivo schiacciamento degli stessi presso un laboratorio accreditato ai sensi della L1086/71.

Normativa tecnica di riferimento:

- **UNI EN 12504-1: 2019** Prelievo sul calcestruzzo nelle strutture – Carote – Prelievo, esame e prova di compressione;
- **UNI EN 12390-1: 2012** Prova sul calcestruzzo indurito – Forma, dimensioni ed altri requisiti per provini e per casseforme;
- **UNI EN 12390-3: 2019** Prova sul calcestruzzo indurito – Resistenza alla compressione dei Provini;
- **Linee Guida per la valutazione delle caratteristiche meccaniche del calcestruzzo in opera** edite dal Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei LL.PP. – settembre 2017.

3.1.1 DESCRIZIONE DELLA PROVA

I campioni di calcestruzzo vengono prelevati mediante macchina carotatrice vincolata all'elemento strutturale tramite colonna di sostegno. Un carrello – che porta un motore elettrico provvisto di fustella munita all'estremità di una corona diamantata - scorre lungo la guida mediante un sistema a cremagliera azionato da un volantino (Figura 3.3). Il sistema a cremagliera consente l'avanzamento della fustella e quindi la penetrazione nel materiale eseguendo il taglio. Tutta l'operazione deve essere condotta a leggero bagno d'acqua per il raffreddamento della corona, che si surriscalda durante il taglio, e per l'asportazione del materiale residuo di taglio.

Ai fini di una corretta caratterizzazione meccanica del conglomerato cementizio, nell'effettuazione dei prelievi vengono considerati i seguenti aspetti: il diametro delle carote è superiore ad almeno tre volte il diametro massimo degli aggregati (diametri consigliati compresi tra 75 e 150 mm - diametro preferenziale non inferiore a 100 mm); le carote destinate alla valutazione della resistenza non contengono barre d'armatura; le carote che presentano difetti (microfessurazioni, vuoti e disomogeneità, generate da segregazione nella posa in opera) vengono valutate con cautela e separatamente; il rapporto altezza/diametro (snellezza) dei provini è pari ad 1 (resistenza cubica

R_c , rapporto h/d compreso nel range $0,95 \div 1,05$) o 2 (resistenza cilindrica f_c , rapporto h/d compreso nel range $1,95 \div 2,05$).

Prima di sottoporre i campioni alla prova di compressione, i campioni vengono rettificati (taglio o cappatura) con verifica del rispetto della planarità delle superfici d'appoggio secondo le tolleranze previste dalla UNI EN 12390-1. Dopo aver selezionato una velocità di carico costante compresa tra $0,2$ e $1,0 \text{ N/mm}^2/\text{s}$, viene applicato il carico al provino e aumentato in modo continuo, alla velocità costante selezionata $\pm 10\%$, fino a quando non può più sopportare un ulteriore carico.

La resistenza alla compressione è data quindi dall'equazione:

$$R_c \text{ o } f_c = \frac{F}{A_c}$$

dove:

$R_c \text{ o } f_c$ è la resistenza alla compressione cubica/cilindrica [N/mm^2];

F è il carico massimo di rottura [N];

A_c è l'area della sezione trasversale del provino su cui agisce la forza di compressione, calcolata dalla dimensione nominale o da misurazioni del provino [mm^2].

Nel caso di collaudo di edifici di nuova costruzione, si fa notare che la resistenza determinata con i provini estratti per carotaggio, denominata R_{is} (resistenza strutturale data dal prodotto dei valori nominali di prova delle carote estratte per un opportuno coefficiente di peso F_d) è generalmente inferiore a quella della resistenza determinata con i provini preparati nel corso della messa in opera del calcestruzzo, costipati e maturati in condizioni standard, R_c (resistenza potenziale). In generale viene considerato accettabile che il valore caratteristico $R_{ck, is}$ o $f_{ck, is}$ possa essere inferiore del 15% rispetto alla classe di calcestruzzo prescritta. Nel caso di edifici esistenti, il valore medio di prova $R_{m, is}$ o $f_{m, is}$, diviso per il Fattore di Confidenza relativo al Livello di Conoscenza conseguito, corrisponderà al valore di resistenza del conglomerato cementizio da considerare nel calcolo.



Figura 3.1: effettuazione del prelievo di campione cilindrico di calcestruzzo mediante macchina carotatrice, dettaglio della corona diamantata

3.2 PROVA DI TRAZIONE SULLE BARRE DI ACCIAIO

La prova di riferimento per la determinazione delle caratteristiche meccaniche delle barre di armatura in acciaio è la prova di trazione su spezzoni di barre conferite in cantiere o prelevate in sito. Nel caso di verifica di strutture esistenti, si procede al prelievo di un idoneo numero di provini mediante demolizione localizzata – cui deve essere recato il minor disturbo possibile nella fase di estrazione – e la successiva esecuzione della prova presso un laboratorio accreditato ai sensi della L1086/71.

La prova consiste nel sottoporre uno spezzone di barra a uno sforzo di trazione fino a rottura, allo scopo di determinare una o più caratteristiche meccaniche del materiale.

Normativa tecnica di riferimento:

- **UNI EN ISO 15630-1:2019** Acciaio per calcestruzzo armato e calcestruzzo armato precompresso - Metodi di prova - Parte 1: Barre, rotoli e fili per calcestruzzo armato.
- **UNI EN ISO 6892-1:2016** Materiali metallici - Prova di trazione - Parte 1: Metodo di prova a temperatura ambiente;
- **UNI EN ISO 6892-2:2018** Materiali metallici - Prova di trazione - Parte 2: Metodo di prova a temperatura elevata;
- **UNI EN ISO 6892-3:2015** Materiali metallici - Prova di trazione - Parte 3: Metodo di prova a bassa temperatura;

3.2.1 DESCRIZIONE DELLA PROVA

La procedura di prelievo prevede l'iniziale utilizzo del pacometro per l'individuazione dell'esatta posizione della barra di armatura da prelevare per poter eseguire una scarifica localizzata del copriferro. Le barre di armatura vengono messe a nudo con l'impiego di utensili manuali o piccoli demolitori elettrici per poi procedere con il taglio attraverso una smerigliatrice angolare di campioni di lunghezza pari a circa 50 cm. Il prelievo viene effettuato nelle zone di scarsa sollecitazione e cercando di arrecare il minor disturbo possibile all'elemento strutturale. Successivamente, la barra estratta viene sottoposta alla prova di rottura per trazione in conformità alla norma UNI EN ISO 15630-1:2019.

Durante la prova le provette devono essere tenute in posizione da mezzi idonei quali cunei, ganasce filettate di serraggio, ganasce a facce parallele, supporti di spallamento, ecc. Durante la prova si misura il valore del carico e la lunghezza del provino tramite rispettivamente una cella di carico e un estensimetro.

Vengono quindi sperimentalmente determinati:

- **l'allungamento percentuale totale sotto carico massimo (A_{gt}):** allungamento sotto carico massimo sul diagramma carico-estensione ottenuto mediante l'estensimetro, espresso in percentuale della lunghezza iniziale tra i riferimenti:

$$A_{gt} = \frac{\Delta L_m}{L_e} \cdot 100$$

Dove:

L_e è la lunghezza di base dell'estensimetro [mm];

ΔL_m è l'estensione sotto carico massimo [mm].

- **resistenza a trazione (f_t):** carico unitario corrispondente al carico massimo (F_m).
- **resistenza a snervamento (f_y):** valore del carico unitario nell'istante in cui si osserva la prima diminuzione del carico; si manifesta una deformazione plastica senza alcun incremento di carico.

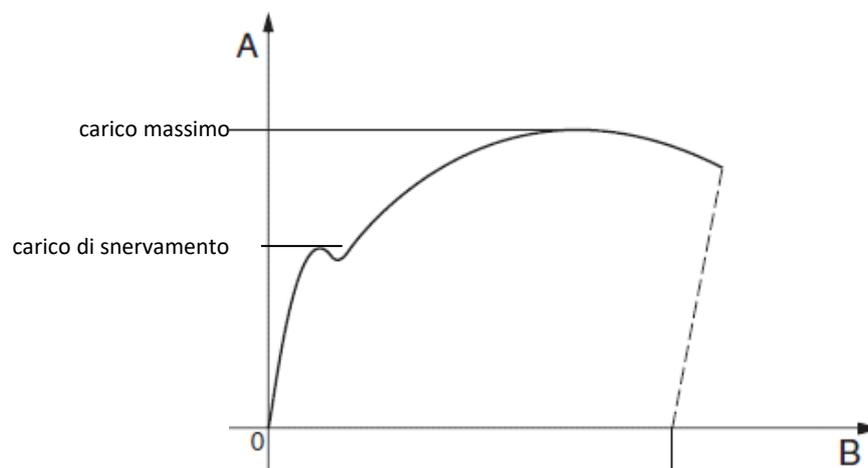


Figura 3.2: curva carico unitario A - allungamento B

3.3 ANALISI CHIMICA - DETERMINAZIONE DELLA PROFONDITÀ DI CARBONATAZIONE NEL CALCESTRUZZO

La prova ha lo scopo di verificare la presenza di strati superficiali di calcestruzzo soggetti al fenomeno della carbonatazione, su provini o carote o frammenti rimossi da strutture di calcestruzzo indurito. La carbonatazione - abbassando il pH dell'impasto da valori di c.a 12-14 (condizioni di alcalinità) a valori inferiori a 9 - è un fenomeno nocivo per la durabilità del cemento armato, in quanto crea le condizioni favorevoli al processo di corrosione delle armature da parte dell'ossigeno e dell'umidità. La presenza di calcestruzzo carbonatato viene determinata con il metodo colorimetrico, ovvero irrorando con una soluzione contenente l'indicatore di fenolftaleina all'1% in alcool etilico la superficie del calcestruzzo: al di sopra di un valore di pH di circa 9, l'indicatore dà al calcestruzzo il tipico colore rosso-violaceo. Ove non si verifica il viraggio al colore violaceo, si è in presenza di calcestruzzo soggetto al fenomeno della carbonatazione.

Normativa tecnica di riferimento:

- **UNI EN 14630:2007** Prodotti e sistemi per la protezione e la riparazione delle strutture di calcestruzzo - Metodi di prova - Determinazione della profondità di carbonatazione di un calcestruzzo indurito con il metodo della fenolftaleina.
- **UNI 9944: 1992** Corrosione e protezione dell'armatura del calcestruzzo. Determinazione della profondità di carbonatazione e del profilo di penetrazione degli ioni cloruro nel calcestruzzo.
- **Linee Guida per la valutazione delle caratteristiche meccaniche del calcestruzzo in opera** edite dal Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei LL.PP. – settembre 2017.

3.3.1 DESCRIZIONE DELLA PROVA

Di norma, la prova di carbonatazione viene effettuata su campioni cilindrici già estratti per esecuzione di prove di caratterizzazione meccanica.



Figura 3.3: campioni di calcestruzzo irrorati con soluzione di fenolftaleina: a sinistra, assenza di carbonatazione; a destra, presenza di circa 10 mm di calcestruzzo superficiale carbonatato

Le carote vengono tagliate lungo l'asse longitudinale, pulite da polvere e da particelle sciolte e spruzzate con soluzione indicatore di fenolftaleina in quantità appena sufficiente a inumidire la superficie. La prova deve essere completata appena possibile dopo aver tagliato il calcestruzzo.

Alternativamente, le prove in sito possono essere effettuate scalpellando dalla struttura in esame una porzione tale da esporre un'area adeguata di calcestruzzo, oppure mediante analisi delle polveri di calcestruzzo campionate a profondità crescente, successivamente irrorate con soluzione di fenolftaleina nebulizzata.

La profondità di carbonatazione in un qualsiasi punto corrisponde alla distanza d_k (misurata in millimetri) dalla superficie esterna del calcestruzzo al confine della regione colorata di rosso violaceo. Nel caso che il fronte di carbonatazione sia irregolare, devono essere misurate, con approssimazione al millimetro più vicino, (Figura 3.4) sia la media $d_{k\text{media}}$ sia la profondità massima $d_{k\text{max}}$.

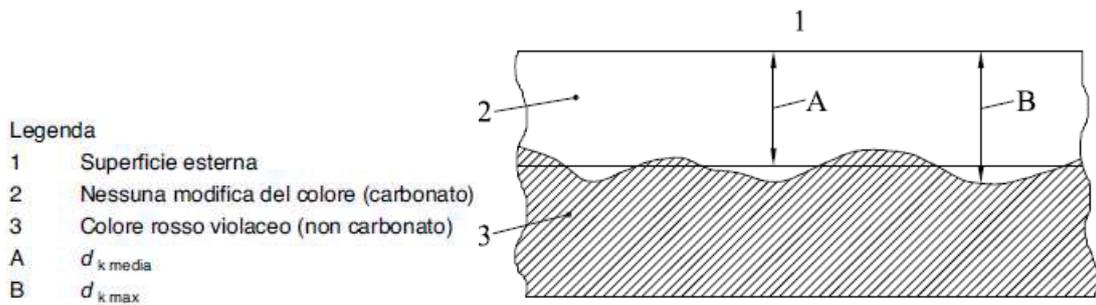


Figura 3.4: fronte di carbonatazione

Se ci sono tasche isolate, per esempio in corrispondenza di fessure, in cui la profondità massima $d_{k\text{max}}$ è in modo significativo maggiore della media $d_{k\text{media}}$ (Figura 3.5), il valore $d_{k\text{max}}$ non verrà compreso nel calcolo di $d_{k\text{media}}$.

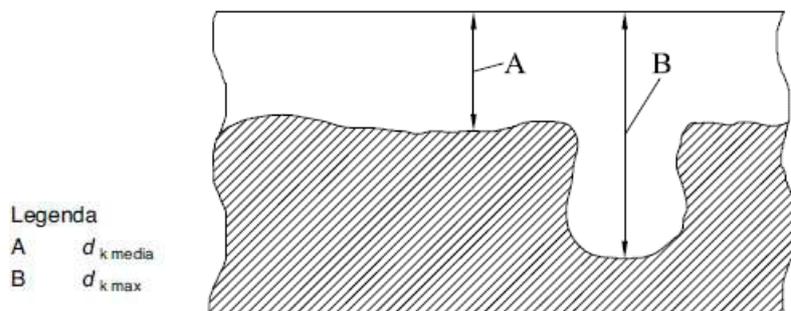


Figura 3.5: tasche isolate di carbonatazione più profonda

ALLEGATO 1 - CERTIFICATI O RAPPORTI DI PROVA

CERTIFICATO DI PROVA N. C2022/0186
 Emendamento del certificato n° ____

N. Pratica: 142/2021 Codice commessa: 211202_CPD
 Committente: Comune di Padova
 Richiedente: Ing. Roberto Piccolo Ruolo ricoperto: RUP
 Cantiere: Ponte di C.so Kennedy su C.so Stati Uniti
 Indirizzo: Corso Kennedy, Padova (PD)

PRELIEVO IN OPERA DI CALCESTRUZZO

UNI EN 12504-1:2009 - Linee Guida D. CONS. SUP. LL.PP. 26/09/2017 n. 361

test n.	Data prelievo	Ora prelievo	Tipo elemento ¹	Diametro [mm]	Lunghezza media [mm]	Diametro max aggregato [mm]	Presenza di armatura ²
CA.01	06/05/2022	8:30	So	74	145	22	NP
CA.02	06/05/2022	9:00	So	74	100	21	NP
CA.03	06/05/2022	9:40	So	74	120	22	NP

Si rimanda all'allegato "Localizzazione dei punti di indagine", parte integrante del presente certificato

 Ispezione visiva³: ND

 Note⁴: ND

 Osservazioni⁵: ND

Strumentazione utilizzata: EXP251, EXP252

Legenda:

- 1) tipo elemento da cui è stato eseguito il prelievo: [P] pilastro; [S] setto; [T] trave; [C] cordolo; [So] soletta; [F] fondazione; [aa] altro
- 2) presenza di armatura: [NP] non presente/ [P] presente (diametro in mm)
- 3) ispezione visiva: descrizione dell'anomalia riscontrata o [ND] nulla da dichiarare
- 4) descrizione degli eventuali scostamenti dal metodo normalizzato, di tutte le variazioni, le aggiunte o le esclusioni rispetto alla specifica di prova e le eventuali anomalie riscontrate o [ND] nulla da dichiarare
- 5) indicazioni fornite dal richiedente o riscontrate dal laboratorio in merito alla documentazione e modalità di identificazione e qualificazione del materiale o [ND] nulla da dichiarare

Padova (PD), li 06/05/2022

 Lo sperimentatore
 Ing. Luca Scancelli

 Il direttore del Laboratorio
 ing. Filippo Casarin

Laboratorio autorizzato ad effettuare e certificare le prove ed i controlli sui materiali da costruzione su strutture e costruzioni esistenti del Settore A e del Settore C della Circolare 633/STC del 03/12/2019, con estensione alle prove facoltative. Per l'elenco completo delle prove ed i controlli per i quali Expin srl è autorizzato ad effettuare certificati si rimanda al seguente link: www.expin.it/autorizzazioni-e-certificazioni.

CERTIFICATO DI PROVA N. C2022/0187
 Emendamento del certificato n° ____

N. Pratica: 142/2021 Codice commessa: 211202_CPD
 Committente: Comune di Padova
 Richiedente: Ing. Roberto Piccolo Ruolo ricoperto: RUP
 Cantiere: Ponte di C.so Kennedy su C.so Stati Uniti
 Indirizzo: Corso Kennedy, Padova (PD)

PRELIEVO IN OPERA DI PROVINI DI ACCIAIO

UNI EN ISO 6892-1:2016 - UNI EN ISO 6892-2:2018 - UNI EN ISO 6892-3:2015 - UNI EN ISO 15630-1:2019

test n.	Data prelievo	Ora prelievo	Tipo elemento ¹	Diametro provino [mm]	Lunghezza provino [mm]	Tipologia barra ²
BA.01	06/05/2022	13:00	So	10	35	AM
BA.02	06/05/2022	14:00	So	15	40	AM
BA.03	06/05/2022	14:40	So	13	40	AM

Si rimanda all'allegato "Localizzazione dei punti di indagine", parte integrante del presente certificato

 Note³: ND

 Osservazioni⁴: per i campioni BA.02 e BA.03 è stata rilevata una tipologia di aderenza migliorata tipica degli anni 60/70.

Strumentazione utilizzata: EXP225

Legenda:

- 1) tipo elemento da cui è stato eseguito il prelievo: [P] pilastro; [S] setto; [T] trave; [C] cordolo; [So] soletta; [F] fondazione; [aa] altro
- 2) tipologia barra: [AM] aderenza migliorata, [L] liscia
- 3) descrizione degli eventuali scostamenti dal metodo normalizzato, di tutte le variazioni, le aggiunte o le esclusioni rispetto alla specifica di prova e le eventuali anomalie riscontrate o [ND] nulla da dichiarare
- 4) indicazioni fornite dal richiedente o riscontrate dal laboratorio in merito alla documentazione e modalità di identificazione e qualificazione del materiale o [ND] nulla da dichiarare

Padova (PD), li 06/05/2022

Lo sperimentatore

Ing. Luca Scancelli

Il direttore del Laboratorio

ing. Filippo Casarin

Laboratorio autorizzato ad effettuare e certificare le prove ed i controlli sui materiali da costruzione su strutture e costruzioni esistenti del Settore A e del Settore C della Circolare 633/STC del 03/12/2019, con estensione alle prove facoltative. Per l'elenco completo delle prove ed i controlli per i quali Expin srl è autorizzato ad effettuare certificati si rimanda al seguente link: www.expin.it/autorizzazioni-e-certificazioni.

CERTIFICATO DI PROVA N. C2022/0188
 Emendamento del certificato n° ____

N. Pratica: 142/2021 Codice commessa: 211202_CPD
 Committente: Comune di Padova
 Richiedente: Ing. Roberto Piccolo Ruolo ricoperto: RUP
 Cantiere: Ponte di C.so Kennedy su C.so Stati Uniti
 Indirizzo: Corso Kennedy, Padova (PD)

ANALISI CHIMICA – PROFONDITA' DI CARBONATAZIONE

UNI14630:2007 - UNI 9944:1992 - Linee Guida D. CONS. SUP. LL.PP. 26/09/2017 n. 361

test n.	Data prova	Ora prova	Tipo elemento ¹	Tipo provino ²	Esposizione ³	Livello di carbonatazione	
						d _{k,media} ⁴ [mm]	d _{k,max} ⁵ [mm]
CH.01	06/05/2022	9:00	So	C (φ74)	E	0	0
CH.02	06/05/2022	9:30	So	C (φ74)	E	0	0
CH.03	06/05/2022	10:00	So	C (φ74)	E	0	0

 Condizioni climatiche⁶: 0°C/67%

 Miscela e età del calcestruzzo⁷: NN

Si rimanda all'allegato "Localizzazione dei punti di indagine", parte integrante del presente certificato

 Note⁸: ND

 Osservazioni⁹: ND

Strumentazione utilizzata: EXP173

Soluzione indicatore utilizzata: Fenoltaleina 1%

Legenda:

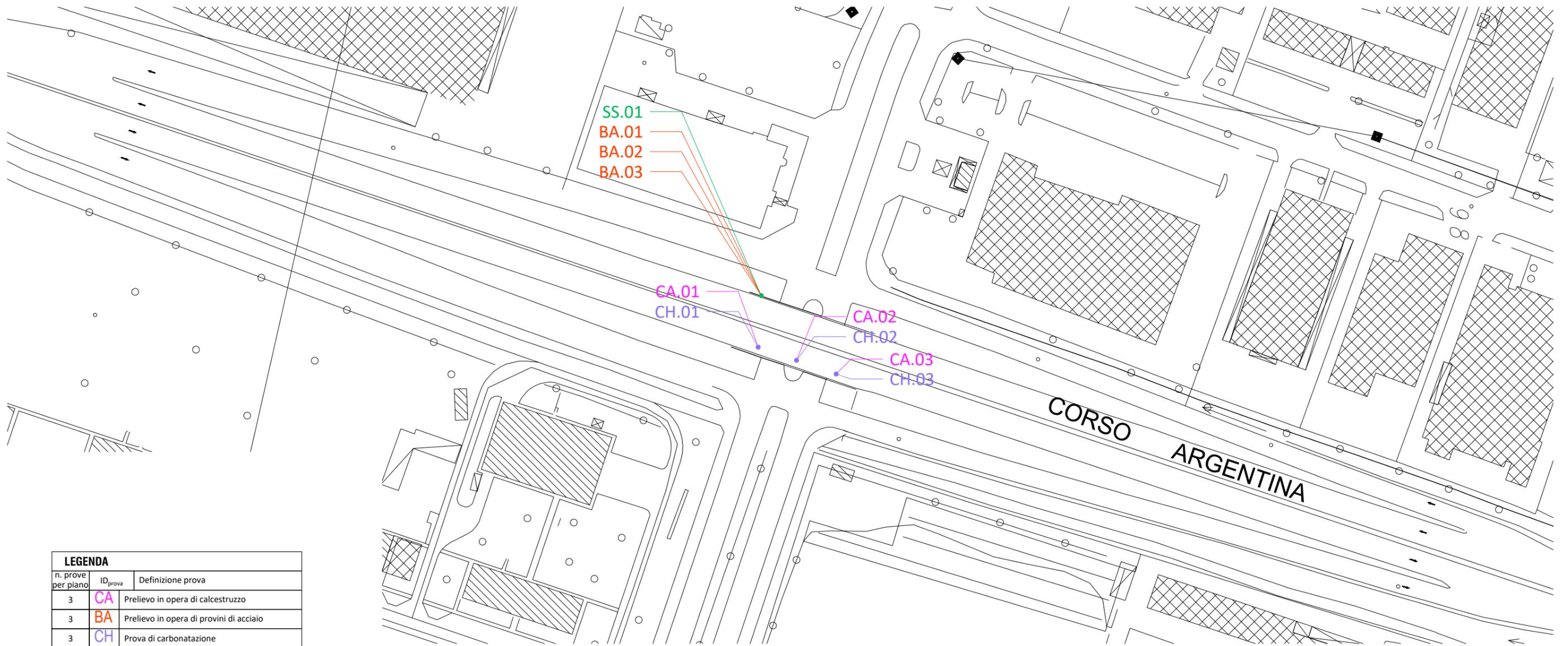
- 1) tipo elemento da cui è stato eseguito il prelievo: [P] pilastro; [S] setto; [T] trave; [C] cordolo; [So] soletta; [F] fondazione; [aa] altro
- 2) tipologia di provino: [F] frammento, [P] polveri, [C] carota (φ in mm), [S] rilievo diretto su scarifica
- 3) esposizione dell'area di prova: [I] interno, [E] esterno
- 4) profondità di carbonatazione media
- 5) profondità di carbonatazione massima per tasche isolate (non pertinente per test eseguito su polveri)
- 6) condizioni climatiche ambientali (T/RH) al momento della prova
- 7) informazioni sulla miscela e sull'età del calcestruzzo testato o [NN] non note
- 8) descrizione degli eventuali scostamenti dal metodo normalizzato, di tutte le variazioni, le aggiunte o le esclusioni rispetto alla specifica di prova e le eventuali anomalie riscontrate o [ND] nulla da dichiarare
- 9) indicazioni fornite dal richiedente o riscontrate dal laboratorio in merito alla documentazione e modalità di identificazione e qualificazione del materiale o [ND] nulla da dichiarare.

Padova (PD), li 06/05/2022

 Lo sperimentatore
Ing. Luca Scancelli

 Il direttore del Laboratorio
ing. Filippo Casarin

ALLEGATO 2 – INDIVIDUAZIONE UNIVOCA DELLE INDAGINI



LEGENDA		
n. prove per piano	ID prova	Definizione prova
3	CA	Prelievo in opera di calcestruzzo
3	BA	Prelievo in opera di provini di acciaio
3	CH	Prova di carbonatazione
1	SS	Saggio per rilievo dell'armatura

ALLEGATO AL CERTIFICATO DI PROVA
INDICAZIONE PLANO-ALTIMETRICA DEI PUNTI DI MISURA

N. Pratica: 142/2021

Committente: Comune di Padova

Richiedente: Ing. Roberto Piccolo

Cantiere: Ponte di C.so Kennedy su C.so Stati Uniti

Codice Commessa: 211202_CPD

Ruolo ricoperto: RUP

Indirizzo: Corso Kennedy, Padova (PD)

Il direttore del laboratorio:
ing. Filippo Casarin

Lo sperimentatore:
Ing. Luca Scancelli

Padova (PD), 06/05/2022

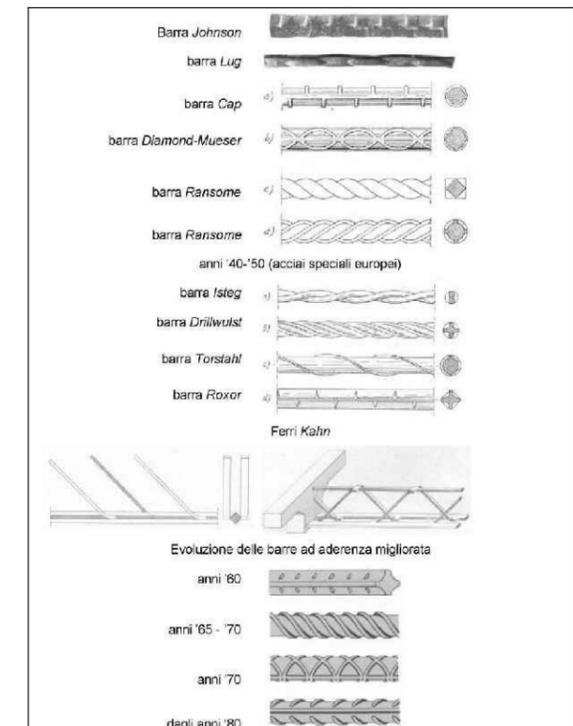


Laboratorio per prove e controlli sui materiali da costruzione su strutture e costruzioni esistenti (c-bis)
art. 59, comma 2, D.P.R. n. 380/2001 e circolare n. 633/STC del 03/12/2019 - Settore A e Settore C.
Autorizzazione M_INF.CSLP n. 0000001 del 03.01.2022

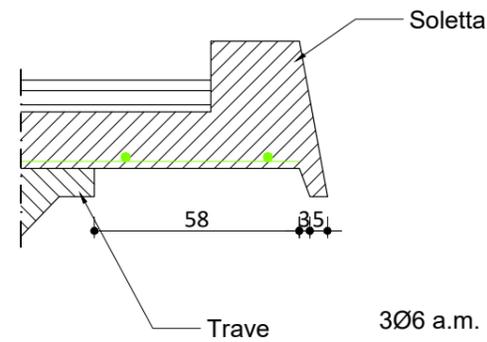


Expin s.r.l., Laboratorio con Sistema Qualità Certificato ISO 9001:2015
Sede Legale: via Pisacane 34, 35138 Padova (PD) - Sede operativa: via Pana' 56ter, 35027 Noventa Padovana (PD) - tel 049761595 - P.I. 04502850284 - PEC: expin@italypec.it - info@expin.it - www.expin.it

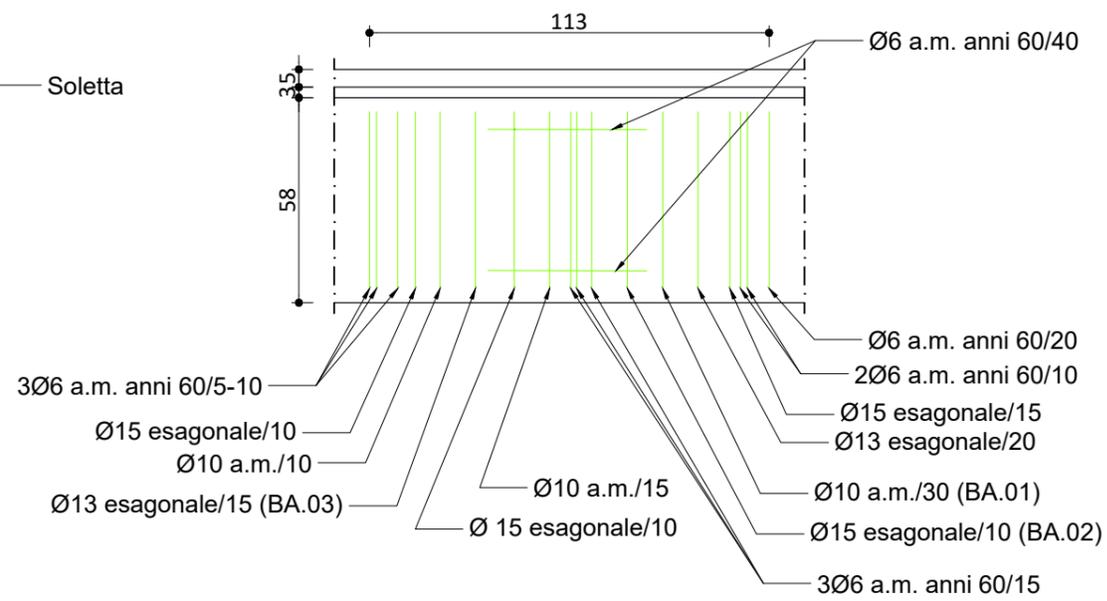
TIPOLOGIE DI ADERENZA MIGLIORATA



SS.01
Soletta, sezione
Scala 1:20



Vista intradossale



LEGENDA	
● —	Armatura rilevata con calibro
● —	Armatura individuata con pacometro
● - -	Barra di difficile localizzazione
● —	Armatura ipotizzata
I. =	barra liscia
a.m. =	barra ad aderenza migliorata
- =	valore non fornito dallo strumento
Ø##/## =	diametro/copriferro

N.B. Ove non rilevato direttamente con calibro, il diametro delle barre di armatura corrisponde a quanto indicato dallo strumento. Quote di carpenteria espresse in cm, diametro e copriferro armatura in mm.

TAVOLA GRAFICA

N. Pratica: 142/2021	Codice Commessa: 211202_CPD	Il direttore del laboratorio: ing. Filippo Casarin Lo sperimentatore: Ing. Luca Scancelli Padova (PD), 06/05/2022
Committente: Comune di Padova		
Richiedente: Ing. Roberto Piccolo	Ruolo ricoperto: RUP	
Cantiere: Ponte di C.so Kennedy su C.so Stati Uniti	Indirizzo: Corso Kennedy, Padova (PD)	



Laboratorio per prove e controlli sui materiali da costruzione su strutture e costruzioni esistenti (c-bis)
art. 59, comma 2, D.P.R. n. 380/2001 e circolare n. 633/STC del 03/12/2019 - Settore A e Settore C.
Autorizzazione M_INF.CSLP n. 0000001 del 03.01.2022



Expin s.r.l., Laboratorio con Sistema Qualità Certificato ISO 9001:2015
Sede Legale: via Pisacane 34, 35138 Padova (PD) - Sede operativa: via Pana' 56ter, 35027 Noventa Padovana (PD) - tel 049761595 - P.I. 04502850284 - PEC: expin@italypec.it - info@expin.it - www.expin.it

ALLEGATO 3 – CERTIFICATI DI PROVA DI LABORATORI UFFICIALI

Cliente
Customer
EXPIN SRL
VIA PANA', 56TER
35027 NOVENTA PADOVANA (PD)
ITALY

Vs. Rif. Your Ref.	Luca Scarmagnan	Ordine n. Order n.	Richiesta cliente	Data: Date:	06/05/22
Ns. Rif. Our Ref.	Verbale accettazione n° 52859	Data Ricev. Sample received Date	06/05/22	Data Camp.: Sampling Date:	-
		Commissa Job	221052	Data: Date:	09/05/22

Note:
Remarks:

Località del cantiere:
Ponte Corso Stati Uniti – Padova (PD)

Norme di collaudo: -
Standard reference

Il presente report comprende n°3 pagine compresa questa cover e quelle di seguito descritte:
This Report is made of n° 3 pages including this cover plus the following pages:

Prova Test	Pag. Pag.
Prove sul calcestruzzo nelle strutture - Parte 1: Carote - Prelievo, esame e prova di compressione.	2
Materiali metallici - Prova di trazione - Parte 1: Metodo di prova a temperatura ambiente.	3

Il presente Rapporto di Prova (RPR) comprende i risultati dei test eseguiti sui seguenti materiali:
This Report (RPR) contains tests results for the following materials:

Rif. Ref.	Identificazione Identification	Materiale dichiarato dal cliente Material declared by client	DN [mm]	Thk [mm]	Note Remarks
MIF 3391	N° 3 carote	Calcestruzzo indurito	--	--	Prelievo ad opera del committente
MIF 3392	N° 3 tondini per c.a.	Acciaio al C	--	--	Prelievo ad opera del committente

Responsabile di Laboratorio / Lab Manager	Cliente / Client	Ispettore / Inspector	Ispettore / Inspector
 Dott. Gianantonio TOLDO			 Laboratorio autorizzato dal Ministero dei Lavori Pubblici per prove secondo legge 1089/71

Condizioni generali:

- Il committente si impegna a sottostare alle condizioni generali e tariffe stabilite dal Laboratorio per l'esecuzione delle prove.
- I risultati delle prove verranno comunicati solo per mezzo di rapporto di prova , salvo diversi accordi contrattuali.
- Il materiale residuo di prova verrà inviato a rottame dopo 30 giorni della stessa, salvo diversa richiesta scritta del Committente.
- Il materiale giacente verrà inviato a rottame dopo 3 mesi dal ricevimento, salvo diversa richiesta scritta del Committente.
- I risultati riportati nel seguente rapporto di prova si riferiscono ai soli oggetti provati citati nel presente.
- La data ricevimento materiale corrisponde alla data di apertura commessa, la data di esecuzione della/e prova/e corrisponde alla data del rapporto di prova , salvo diversa informazione.
- Il Laboratorio ha esaminato i materiali forniti dal Cliente come campionati dal medesimo in accordo agli standard richiesti.
- Questo rapporto di prova non può essere riprodotto se non integralmente, senza preventiva autorizzazione scritta del Laboratorio emittente.
- Salvo diverso accordo, saranno applicati i termini e le condizioni di vendita (MOD20-P1R5E2).
- Se non diversamente specificato, le prove sono state eseguite nella sede di via Visco 7/a, 35010 Limena (PD)
- Opinioni ed interpretazioni rilasciate dal laboratorio si basano su risultati del campione sottoposto a prova e che non potranno essere utilizzate come unico input per la certificazione di prodotto.
- I risultati si riferiscono al campione così come ricevuto

Issue No: 02	Issue Date: 07/04/2010	Review No: 06	Review Date: 12/06/2020
--------------	------------------------	---------------	-------------------------

MOD5-P1R6E2

Descrizione prova/Test description:	Prova di resistenza alla compressione su provini di calcestruzzo indurito		
Metodo di Prova/Test method:	UNI EN 12390-3:2019 – Prova sul calcestruzzo indurito - Resistenza alla compressione dei provini. POI60		
Strumentazione/Equipments:	19 - 1611 – 1428 – 1365 – 1073		
Inizio prova/initial test date:	16/05/22	Fine prova/End test date:	16/05/22

RISULTATI DELLA PROVA / TEST RESULTS
MIF 3391 – N° 3 CAROTE PER PROVA DI COMPRESSIONE
Ponte Corso Stati Uniti – Padova (PD)

Sigla provino Struttura	Data di prelievo	Rck	Data prova	Rettifica	Dimensioni [mm]		Massa totale [g]	Massa volumica [g/cm ³]	Carico Rottura [kN]	Resist. cubica R _c [N/mm ²]	Snellezza carota λ= H / φ	Tipo Rottura	Macchi -na di prova N° Inv.
					φ	H							
CA1 – C.so Kennedy sopra C.so Stati Uniti	n.d.	n.d.	16/05/22	SI	73,3	74,2	736,5	2,352	297,0	70,4	1,012	S	1611
CA2 – C.so Kennedy sopra C.so Stati Uniti	n.d.	n.d.	16/05/22	SI	73,3	73,3	734,9	2,376	286,0	67,8	1,000	S	19
CA3 – C.so Kennedy sopra C.so Stati Uniti	n.d.	n.d.	16/05/22	SI	73,2	73,3	727,6	2,359	247,7	58,9	1,001	S	19

Note Remarks	N.D. NON DICHIARATO NEL MODULO DI RICHIESTA PRELIEVO A CURA DEL COMMITTENTE I PROVINI SOTTOPOSTI ALLA PROVA DI COMPRESSIONE SONO PRIVI DI BARRE D'ARMATURA. LEGENDA PER IL TIPO DI ROTTURA SECONDO UNI EN 12390-3:2019. E= ESPLOSIVO S= SODDISFACENTE NS= NON SODDISFACENTE
-------------------------	---

Operatore / Operator

Cliente / Client

Ispettore / Inspector




Descrizione prova/Test description:	Prova di trazione su tondini per c.a.		
Metodo di Prova/Test method:	UNI EN ISO 6892-1: 2020 POI75		
Strumentazione/Equipments:	1300 – 990 – 1569 – 1570 – 1465		
Inizio prova/Initial test date:	16/05/22	Fine prova/End test date:	16/05/22

RISULTATI DELLA PROVA / TEST RESULTS
MIF 3392 – N° 3 TONDINI PER C.A.
Ponte Corso Stati Uniti – Padova (PD)

SIGLA CAMPIONE	DATA DI PRELIEVO	DATA DI PROVA	ϕ_{eff}	Sezione effettiva	Resistenza allo snervamento	Resistenza alla rottura	Allungamento	Rottura / Snervamento
			(mm)	(mm ²)	f_y (N/mm ²)	f_t (N/mm ²)	A 5% ($L_0=5\phi$)	
BA.1 – Corso Kennedy	n.d.	16/05/22	9,99	78,38	466	669	15,6	1,44
BA.2 – Corso Kennedy	n.d.	16/05/22	14,07	155,48	487	741	20,6	1,52
BA.3 – Corso Kennedy	n.d.	16/05/22	12,07	114,42	501	762	19,7	1,52

Note Remarks	N.D. NON DICHIARATO NEL MODULO DI RICHIESTA. LA RESISTENZA UNITARIA È DETERMINATA CON RIFERIMENTO ALLA SEZIONE NOMINALE. PER LA BARRA IDENTIFICATA BA.01 SI È RILEVATA UNA RESISTENZA ALLO SNERVAMENTO $RP_{0.2}$. PER LE RIMANENTI BARRE SI È RILEVATA UNA RESISTENZA ALLO SNERVAMENTO REH . PRELIEVO A CURA DEL COMMITTENTE.
-------------------------	---

Operatore / Operator

Cliente / client

Ispettore / Inspector

 ing. Davide GIROTTI



