

COMMITTENTE:



**PROVINCIA
DI BRESCIA**

PROVINCIA DI BRESCIA

AREA TECNICA E DELL'AMBIENTE
SETTORE DELLE STRADE E DEI TRASPORTI



**PROVINCIA
DI BRESCIA**

PROGETTO

S.P. 11 "ORZINUOVI - ACQUAFREDDA"

PROGETTO DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA DEL CAVALCAFERROVIA AL KM 16+750 IN
COMUNE DI VEROLANUOVA.

CUP: H37H20002300002

FASE

DATA

PROGETTO ESECUTIVO

Gennaio 2023

PROGETTISTA ARCHITETTONICO E STRUTTURALE



GUERINI INGEGNERIA SRL

Ing. Guerini Alessandro

Via Italia, 76 C - 25069 Villa Carcina (Brescia)

Tel. 030.8368592-3 - Cell. 348.8867329

www.gueriniingegneria.it - tecnico@gueriniingegneria.it

C.F. e P.IVA 03711710982

Collaboratori:

Arch.I. Mandis Simona

Ing. Valentini Monica

OGGETTO

ELABORATO

**Indagini sperimentali sui materiali
in opera**

PE-R03

SCALA

**PONTE AL KM 16+750 SULLA SP11
“ORZINUOVI-ACQUAFREDDA”
NEL COMUNE DI VEROLANUOVA (BS)**

Indagini diagnostiche conoscitive

ALLEGATI

- 1. PIANO DELLE INDAGINI**
- 2. DETTAGLI COSTRUTTIVI**
- 3. RAPPORTI DI PROVA**

p.c.: Provincia di Brescia

RAPPORTO TECNICO DI PROVA

**PONTE AL KM 16+750 SULLA SP11 ORZINUOVI-ACQUAFREDDA
NEL COMUNE DI VEROLANUOVA (BS)**

Indagini Diagnostiche e Conoscitive



p.c.: Provincia di Brescia

| | | |
|----------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>Documento</i> RdP-393-2021 | <i>Data</i> Agosto 2021 | <i>Pagine relazione</i> 15 |
| <i>Revisione</i> - | <i>Data revisione</i> - | <i>Allegati</i> 1. Piano delle indagini 2. Dettagli costruttivi 3. Rapporti di prova |
| <i>Il Responsabile</i> ing. Paolo Panzeri |  | |

INDICE

| | | |
|----------|------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 1 | PREMESSE E SCOPI | 2 |
| 2 | RILIEVO GEOMETRICO STRUTTURALE E DETTAGLI COSTRUTTIVI | 3 |
| 2.1 | INDAGINI GEOMETRICHE E TIPOLOGICHE SU ELEMENTI IN C.A. | 3 |
| 2.1.1 | <i>Rilievo mediante scassi localizzati.....</i> | <i>3</i> |
| 2.1.2 | <i>Rilievo con pacometro</i> | <i>4</i> |
| 3 | CARATTERIZZAZIONE DEL CALCESTRUZZO ARMATO..... | 6 |
| 3.1 | PROPRIETÀ MECCANICHE DELL'ACCIAIO D'ARMATURA | 6 |
| 3.1.1 | <i>Prelievo di barre d'armatura e prove di trazione.....</i> | <i>6</i> |
| 3.1.2 | <i>Prove con durometro</i> | <i>8</i> |
| 3.2 | PROPRIETÀ MECCANICHE DEL CALCESTRUZZO | 10 |
| 3.2.1 | <i>Prelievo e prove di compressione su carote di calcestruzzo.....</i> | <i>10</i> |
| 3.2.2 | <i>Prove sclerometriche</i> | <i>12</i> |

ALLEGATI

Allegato 1: Tav.01 - Piano delle indagini

Allegato 2: Tav.01 - Dettagli costruttivi

Allegato 3: Rapporti di prova

1 PREMESSE E SCOPI

La presente relazione riferisce in merito ai risultati delle indagini diagnostiche e conoscitive condotte presso il ponte al km 16+750 della SP11, nel comune di Verolanuova (BS).

Gli esami e le analisi hanno riguardato gli elementi che costituiscono le strutture portanti del manufatto.

Le indagini sono state eseguite durante la giornata del 15 luglio 2021 dai tecnici specializzati della P&P LMC di Seriate (BG) secondo quanto preventivamente concordato con la Committenza.

Nella tabella di seguito si elencano in sintesi le indagini effettuate e la relativa nomenclatura.

| PIANO DELLE INDAGINI | | |
|----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|----------|
| ID | Tipologia di indagine | Quantità |
| C | Prelievo di calcestruzzo mediante carotaggio e prove di compressione di laboratorio | 6 |
| ARM | Prelievo di barre d'armatura e prove di trazione | 4 |
| SC | Scassi su impalcato per rilievo armatura | 8 |
| DUR | Prove con durometro su barre d'armatura | 10 |
| PAC | Indagini con pacometro su elementi strutturali | 8 |
| SCL | Indagini con sclerometro su elementi strutturali | 10 |

L'ubicazione delle indagini effettuate è riportata in specifico allegato alla presente relazione.

Nei successivi paragrafi vengono espone le modalità di rilievo geometrico, le tecniche di prova, le modalità di analisi e si riportano i risultati ottenuti dalle indagini.

2 RILIEVO GEOMETRICO STRUTTURALE E DETTAGLI COSTRUTTIVI

Nell'ambito della campagna di indagine sono stati effettuati rilievi degli elementi strutturali del ponte. Le modalità di rilievo e le informazioni raccolte sono contenute nei paragrafi seguenti.

2.1 INDAGINI GEOMETRICHE E TIPOLOGICHE SU ELEMENTI IN C.A.

Di seguito si descrivono le indagini effettuate per il rilievo geometrico strutturale degli elementi in c.a. del fabbricato.

2.1.1 *Rilievo mediante scassi localizzati*

Nei punti indicati nel piano di indagine con la sigla "SC" è stato effettuato un rilievo geometrico dell'elemento indagato mediante le seguenti operazioni.

Le indagini sulle pile sono state eseguite attraverso i seguenti passi:

- determinazione delle dimensioni dell'elemento;
- scarifica del copriferro determinandone lo spessore e mettendo a nudo le armature di taglio (staffe) e quelle verticali;
- determinazione della tipologia, diametro e passo delle armature verticali e delle staffe.

Per le indagini sulle travi di impalcato si è proceduto come di seguito:

- per indagine eseguita a estradosso, eliminazione dello strato di pavimentazione/asfalto e di massetto in modo da portare l'estradosso della trave in esame al rustico, rilevando la misura dello spessore dello strato comprendente massetto e pavimentazione/asfalto;
- per indagine eseguita a intradosso rilievo della trave;
- scarifica del copriferro determinandone lo spessore e mettendo a nudo le armature di taglio (staffe) e quelle orizzontali correnti;
- determinazione della tipologia, diametro e passo delle staffe e delle armature orizzontali;
- rilievo dell'altezza della sezione della trave stessa e la misura della base;



Gli scassi sono stati integrati ove ritenuto opportuno da indagini pacometriche.

Il rilievo dei ferri d'armatura è stato effettuato compatibilmente con l'effettiva possibilità di raggiungere le varie facce degli elementi in c.a..

Al termine delle indagini il copriferro rimosso è stato ricostruito mediante apposita malta per ripristini strutturali.

I risultati delle indagini eseguite in sito sono riportati nelle tavole dei dettagli costruttivi in allegato alla presente relazione.

Di seguito si raccolgono alcune foto esemplificative delle fasi di rilievo dei dettagli costruttivi.

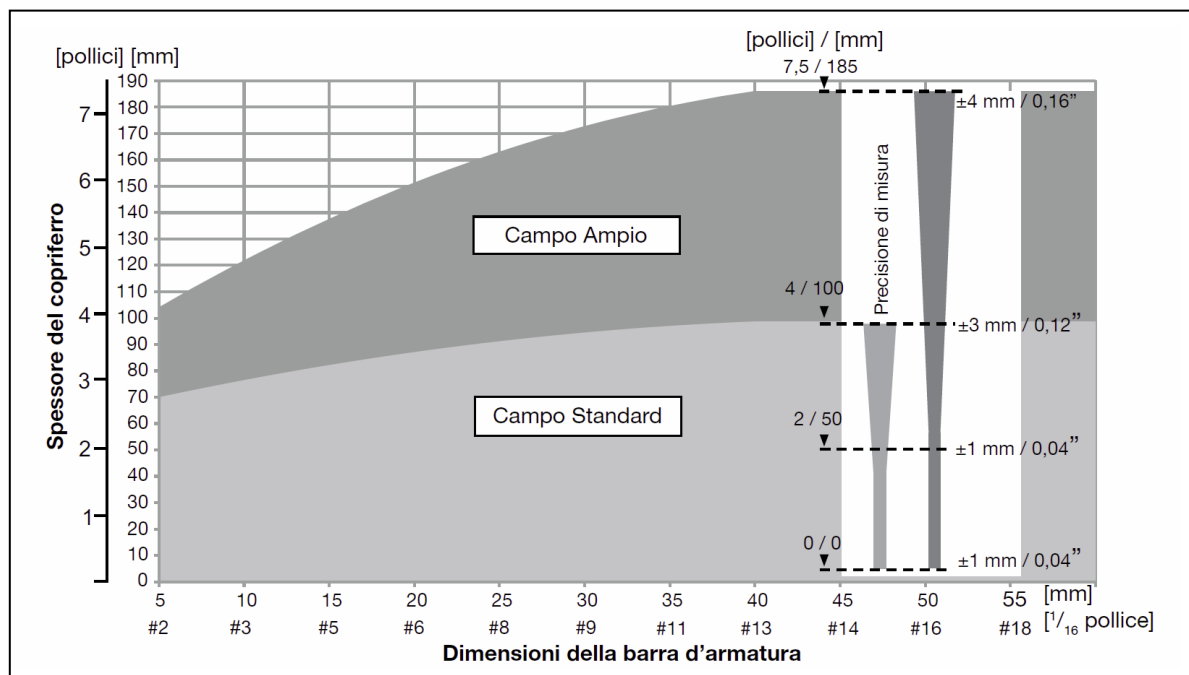
| RILIEVO DEI DETTAGLI COSTRUTTIVI | |
|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|
| SC5 | SC6 |
|  |  |

2.1.2 Rilievo con pacometro

I punti indagati con indagine pacometrica sono identificati nel piano delle indagini in allegato con la sigla "PAC" e i risultati delle indagini sono state rappresentati nelle tavole dei dettagli costruttivi in allegato alla presente relazione.

Lo strumento per l'indagine pacometrica si basa sull'applicazione della tecnica induttiva, che sfrutta la variazione del flusso magnetico generato da un magnete posto sulla superficie del calcestruzzo perturbato dalla presenza delle barre metalliche incluse nel conglomerato. L'intensità del flusso magnetico dipende non solo della presenza delle barre ma anche dallo spessore del copriferro e dal diametro delle stesse barre. Ne deriva pertanto che l'intensità del segnale e conseguentemente la capacità di individuare barre d'armatura e l'incertezza di misura, risultano condizionate dall'eventuale presenza di altro materiale conduttore posto in vicinanza (ad esempio presenza di armature vicine a quelle in esame e poste a distanza indicativamente inferiore a 400 mm). Altri fattori che possono influenzare l'incertezza di misura sono la profondità del ricoprimento di calcestruzzo (ovvero il copriferro) e la stessa consistenza del calcestruzzo investigato.

Di seguito si fornisce un grafico che illustra indicativamente la capacità della strumentazione di individuare la presenza di barre d'armatura in funzione della profondità di copertura, indicando anche l'accuratezza attesa dalla misurazione. Si osserva che il grafico vale nell'ipotesi che non vi siano errori indotti dalla presenza di armature vicine. Pertanto, nel caso di presenza di armature entro il raggio d'influenza (circa 400 mm), la capacità dello strumento di individuare correttamente la presenza e il diametro delle armature e la relativa accuratezza di misurazione, può risultare ulteriormente condizionata.



Campi di misura e precisione nella determinazione del copriferro

Il rilievo nei punti indagati è stato eseguito mediante le seguenti modalità:

- determinazione delle dimensioni dell'elemento strutturale;
- determinazione della posizione, diametro e passo delle armature verticali e delle staffe (se presenti);
- misura del copriferro delle armature longitudinali e trasversali.

L'indagine pacometrica è stata integrata, in alcuni punti, da rilievi mediante scassi localizzati.

Il rilievo dei ferri d'armatura è stato effettuato compatibilmente con l'effettiva possibilità di raggiungere le varie facce dell'elemento in c.a..

3 CARATTERIZZAZIONE DEL CALCESTRUZZO ARMATO

Per quanto concerne i materiali, sono state condotte prove sperimentali distruttive e non distruttive su elementi strutturali in calcestruzzo armato. Le tipologie di indagini condotte e i risultati ottenuti sono descritti nei successivi paragrafi.

3.1 PROPRIETÀ MECCANICHE DELL'ACCIAIO D'ARMATURA

Per caratterizzare il tipo di acciaio utilizzato per le strutture in c. a. si sono effettuate prove non distruttive di durezza e prelievi di spezzoni di barre d'armatura per l'esecuzione delle prove di trazione in laboratorio.

3.1.1 Prelievo di barre d'armatura e prove di trazione

Sono stati eseguiti n. 4 prelievi di barre d'armatura da un elemento in calcestruzzo armato. I punti di indagine sono segnalati nelle tavole tecniche in allegato con la sigla "ARM". I prelievi sono stati eseguiti secondo le prescrizioni della normativa UNI EN ISO 6892 assicurandosi una lunghezza utile per essere sottoposti a prova di trazione.

Le prove di trazione sui campioni prelevati sono state condotte presso il Laboratorio Ufficiale Min. LL.PP. Legge 1086/71 di P&P LMC.

Il rapporto di prova di trazione sulle barre d'armatura è riportato in allegato alla presente relazione.

Nella tabella seguente vengono raccolte le caratteristiche principali degli spezzoni estratti. Contestualmente si presentano in sintesi i risultati ottenuti dalle prove di laboratorio in termini di tensione di snervamento (f_y), tensione a rottura (f_{st}), allungamento percentuale (A_{gt}).

| PROVE DI TRAZIONE SU BARRE D'ARMATURA | | | | | | | |
|-------------------------------------------------|----------------------|-------------|---------|--------|-------------|----------------|--------------|
| ID | Elemento strutturale | ϕ [mm] | Tipo* | L [mm] | f_y [MPa] | f_{st} [MPa] | A_{gt} [%] |
| ARM1 | Impalcato | 14 | AM | 330 | 492,3 | 737,5 | 13,7 |
| ARM2 | Spalla | 10 | AM | 320 | 405,9 | 581,9 | 17,7 |
| ARM3 | Pila | 12 | AM (st) | 400 | 539,2 | 764,4 | 8,9 |
| ARM4 | Trave | 14 | AM (st) | 340 | 488 | 736,0 | 9,4 |
| * Tondini aderenza migliorata (AM), staffe (st) | | | | | | | |

Al termine delle indagini i punti di prelievo sono stati ripristinati mediante saldatura di spezzoni di barra sostitutivi e ricostruzione del copriferro mediante utilizzo di malta per ripristini strutturali.

Di seguito si riportano le immagini dei provini sottoposti a prova di trazione e dei punti di prelievo.

PRELIEVI DI BARRE D'ARMATURA

ARM1 | Impalcato



ARM2 | Spalla



ARM3 | Pilastro pila



ARM4 | Trave



3.1.2 Prove con durometro

Per estendere la caratterizzazione dell'acciaio delle strutture oggetto di verifica sono state effettuate prove non distruttive con durometro secondo normativa UNI EN ISO 16859. I punti di indagine sono indicati nel piano delle indagini in allegato con la sigla "DUR".

La misura della durezza superficiale in sito dell'acciaio (resistenza che la superficie del materiale oppone alla sua penetrazione) consente di dedurre la classe di resistenza meccanica di rottura a trazione del materiale. Per l'esecuzione delle prove è stato utilizzato un durometro in grado di fornire direttamente a display la resistenza del materiale attraverso diverse scale di durezza.

Di seguito alcune caratteristiche tecniche della strumentazione:

- area di visualizzazione: da 0 fino a 999 HLD;
- precisione: $\pm 6\text{HL}$ (prossimità 800 HLD);
- direzione di misura: possibile in tutte le direzioni;
- LCD: ampio, (128 x 64 dot) LCD retroilluminato;
- memoria dati: 500 gruppi di misura;
- i risultati di misura: HRC, HRB, HB, HV, HSD;
- energia di impatto: 11N;
- peso del corpo di rimbalzo: 5,5 g;
- diametro della punta del sensore: 3mm, carburo di tungsteno;
- durezza della punta del sensore: $\geq 1600\text{ HV}$;
- temperatura operativa: da -10°C fino a $+60^{\circ}\text{C}$ e umidità: dal 5% fino al 95%.

Una prima fase di ricerca dei tondini d'armatura mediante l'impiego di un pacometro permette di individuare la maglia d'armatura nell'elemento strutturale. Si esegue a questo punto la messa a nudo

di una barra mediante demolizione controllata del copriferro e successiva levigatura dell'acciaio impiegando una smerigliatrice angolare con disco abrasivo. Sulla superficie a lucido viene eseguita la prova durometrica con almeno cinque battiture.

Nella tabella che segue vengono sintetizzati i risultati delle prove con durometro forniti secondo la scala Rockwell B “HRB” e riportati come media di più battute di misura per ogni elemento esaminato. I valori medi vengono quindi correlati alla resistenza caratteristica a rottura (f_{st}) dell'elemento metallico indagato tramite opportune tabelle di conversione.

| PROVE DI DUREZZA SU BARRE D'ARMATURA | | | | | | | | | | | |
|------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|-----------------------|------------|---------|---------------------|-------|-------|------|------|-------|--------------------------|
| ID | Prova di trazione | Elemento strutturale | Ø - L [mm] | Tipo* | Battute (scala HRB) | | | | | Media | $f_{st_armatura}$ [MPa] |
| | | | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | | |
| DUR1 | ARM2 | Spalla | 12 | AM (c) | 77,1 | 85,1 | 77,9 | 84,7 | 84,6 | 81,9 | 510 |
| DUR2 | | Pila | 24 | AM (c) | 87,5 | 93,6 | 88,1 | 95,0 | 88,2 | 90,5 | 620 |
| DUR3 | ARM4 | Trave | 14 | AM (st) | 88,3 | 86,4 | 88,9 | 82,8 | 84,6 | 86,2 | 560 |
| DUR4 | | Pulvino | 16 | AM (st) | 99,6 | 92,6 | 88,8 | 96,9 | 88,6 | 93,3 | 670 |
| DUR5 | | Trave | 12 | R | 77,4 | 83,2 | 77,9 | 76,7 | 82,9 | 79,6 | 490 |
| DUR6 | | Travetto ripartizione | 10 | AM (st) | 78,9 | 76,0 | 82,3 | 80,2 | 77,9 | 79,0 | 480 |
| DUR7 | | Trave | | | 102,5 | 103,4 | 101,0 | 88,8 | 89,0 | 96,9 | 740 |
| DUR8 | | Travetto ripartizione | | | 88,2 | 86,2 | 88,8 | 82,9 | 87,6 | 86,7 | 570 |
| * (AM) barra aderenza migliorata, rumi (R) - correnti (c), staffe (st) e (o) orizzontale | | | | | | | | | | | |

Di seguito si riportano alcune immagini delle prove realizzate.



Prove con durometro su barre d'armatura

3.2 PROPRIETÀ MECCANICHE DEL CALCESTRUZZO

Per la caratterizzazione delle proprietà meccaniche del calcestruzzo sono state eseguite sia prove distruttive che non distruttive. Di seguito si riportano le modalità di indagine e i risultati ottenuti.

3.2.1 *Prelievo e prove di compressione su carote di calcestruzzo*

Per caratterizzare la resistenza meccanica a compressione del calcestruzzo sono stati effettuati n. 6 prelievi costituiti da un provino cilindrico avente diametro nominale pari a 80 mm. L'ubicazione dei punti di indagine è indicata nel piano di indagine in allegato con la sigla "C".

Il carotaggio è stato eseguito secondo le prescrizioni della norma UNI EN 12504-1 procedendo in profondità in modo da assicurare il prelievo di carota di lunghezza utile per l'esecuzione della prova di compressione con l'accortezza di non intercettare barre di armatura. Prima dell'esecuzione del carotaggio è stata, al proposito, eseguita la ricerca della posizione di eventuali ferri d'armatura tramite pacometro.

Sul provino appena estratto dalla struttura è stata eseguita (secondo norma UNI EN 14630) la prova di carbonatazione con il metodo del viraggio chimico, utilizzando come indicatore una soluzione acquosa di fenolftaleina all'1% in alcool etilico al 70%. Tale soluzione vira al rosso-violetto a contatto con materiali aventi un pH superiore a 9.2, mentre rimane incolore per valori di pH inferiori. In queste condizioni il ferro d'armatura perde la sua passività ed è quindi in grado di subire la corrosione.

La carota estratta, previo condizionamento con taglio (per eliminare la testa del campione) e successiva spianatura, è stata sottoposta a prova di resistenza a compressione presso il Laboratorio Ufficiale Min. LL.PP. Legge 1086/71 di P&P LMC.

Il rapporto di prova di compressione sulle carote è riportato in allegato alla presente relazione.

Di seguito alcune immagini delle operazioni di carotaggio in situ.



Fasi di esecuzione dei carotaggi

Nella tabella seguente vengono raccolte in sintesi le caratteristiche dei provini estratti e contestualmente si presentano i risultati ottenuti dalle prove di compressione e di carbonatazione.

| PROVE DI COMPRESSIONE SU CAROTE IN CALCESTRUZZO | | | | | | | | | |
|-------------------------------------------------|-----------------------|-----------------------------------------|--------------------------------|-----------|---------------------|-----|-------------------------------------------|-----------------------------------|------------------|
| ID | Elemento strutturale | L _{carota} estratta [cm] | P _{carbonat.} [cm] | Ø [mm] | H carota [mm] | Ø/H | Massa volumica [kg/m ³] | R _c carota [Mpa] | Tipo rottura* |
| C1 | Impalcato | 11 | NA** | 74 | 74 | 1/1 | 2330 | 53,7 | S |
| C2 | Pila | 15,5 | 6 | 74 | 74 | 1/1 | 2240 | 31,5 | S |
| C3 | Trave | 13 | 3 | 74 | 74 | 1/1 | 2290 | 45,7 | S |
| C4 | Pulvino | 15 | 0 | 74 | 74 | 1/1 | 2320 | 55,1 | S |
| C5 | Trave | 9,5 | 1,5 per lato | 55 | 54 | 1/1 | 2260 | 40,1 | S |
| C6 | Travetto ripartizione | 15 | 5 | 74 | 74 | 1/1 | 2170 | 27,8 | S |

* Tipo di rottura: S = soddisfacente (bitronco-conica); A÷K = non soddisfacente.
 ** Prova carbonatazione non eseguita

Di seguito si mostrano le immagini del campione estratto in sito su cui è stata eseguita la prova di carbonatazione.

| PRELIEVI DI CAROTE IN CALCESTRUZZO | |
|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| C1 Impalcato | C2 Pila |
|  |  |

| C3 Trave | C4 Pulvino |
|------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
|  |  |
| C5 Trave | C6 Travetto ripartizione |
|  |  |

3.2.2 Prove sclerometriche

Il metodo dell'indice di rimbalzo utilizza lo sclerometro per misurare l'energia elastica assorbita dal calcestruzzo a seguito di un impatto. Il metodo consiste nel provocare l'impatto di una massa standardizzata contro la superficie del materiale sottoposto a prova e nel misurare l'altezza del rimbalzo, la misura è espressa in termini di percentuale dell'altezza di rimbalzo rispetto alla distanza percorsa della massa in movimento tra l'istante in cui è rilasciata e quando colpisce la superficie del calcestruzzo. Questa percentuale è detta indice di rimbalzo N. Dato che l'energia cinetica della massa battente è standardizzata, l'altezza di rimbalzo dipende dall'energia dissipata durante l'impatto, che a sua volta dipende dalla resistenza meccanica della superficie del calcestruzzo.

Occorre ricordare che l'indice di rimbalzo è influenzato da fattori tra cui:

- le condizioni di umidità del calcestruzzo in superficie (una superficie umida conduce ad un indice di rimbalzo più basso);
- la presenza di uno strato superficiale carbonatato (aumenta l'indice di rimbalzo);
- la tessitura superficiale (una superficie ruvida fornisce generalmente un indice di rimbalzo più basso);
- l'orientazione dello strumento rispetto alla verticale (sono disponibili fattori di correzione approssimati);
- l'età del calcestruzzo;
- la dimensione e il tipo degli aggregati.

Poiché solo il calcestruzzo vicino al punto dell'impatto influenza sensibilmente il valore dell'indice di rimbalzo, la metodologia di prova è sensibile alle condizioni locali, quali la presenza di aggregati di grosso diametro in prossimità della superficie, presenza di barre d'armatura oppure di vuoti all'interno dell'elemento strutturale. Per mitigare gli effetti di alcune delle cause che alterano le misure nell'intorno di ogni punto di prova sono state eseguite più battute, adeguatamente distanziate fra di loro.

La taratura dello sclerometro è stata effettuata prima e dopo ogni giornata di lavoro o sequenze di prove utilizzando l'apposita incudine di taratura.

L'esecuzione delle prove si è svolta secondo le seguenti modalità:

a) individuazione di una zona di misura che presenti le seguenti caratteristiche:

- assenza di ferri armature in prossimità della superficie;
- superficie priva di evidenti vespai, forti porosità o rilevanti irregolarità superficiali, ecc.;
- superficie non ricoperta da intonaco, o da vernice, ecc.;
- superficie possibilmente asciutta;

b) pulizia e lisciatura della superficie con pietra abrasiva;

c) esecuzione di 12 battute sclerometriche all'interno della zona di misura, secondo una griglia preliminarmente definita, mantenendo lo sclerometro perpendicolare alla superficie di misura. Nel caso in cui tale orientamento non sia perpendicolare, l'angolo di inclinazione dello strumento rispetto alla superficie è stato annotato per le successive elaborazioni.

d) calcolo della media dei valori degli indici di rimbalzo e verifica dell'accettabilità del risultato.

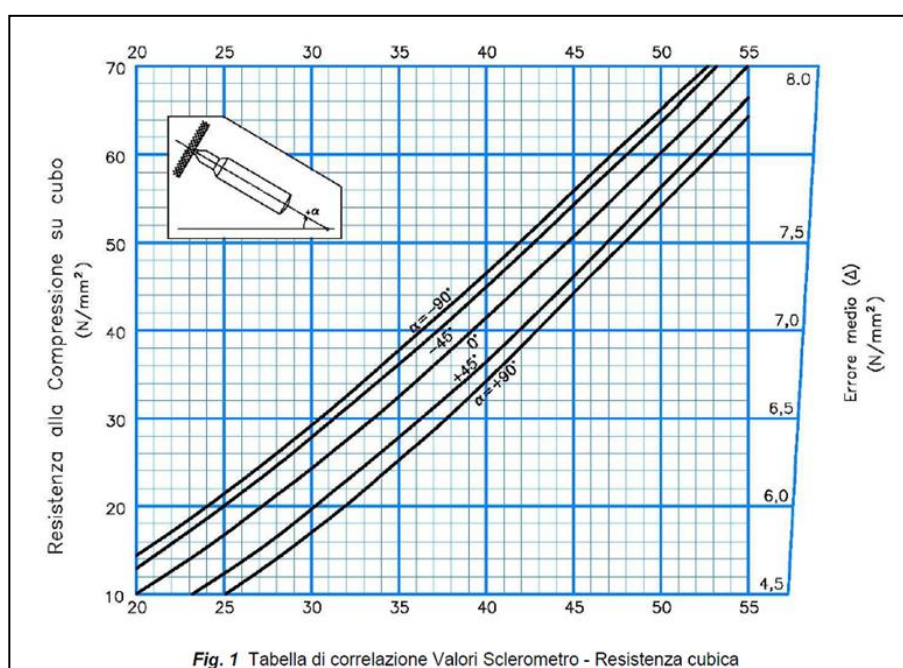
L'elaborazione delle misure sclerometriche consiste nelle seguenti fasi:

- correzione degli indici di rimbalzo rilevati in funzione dell'angolo d'azione dello strumento, utilizzando le correlazioni fornite in proposito dal fabbricante dello strumento;
- calcolo della media degli indici di rimbalzo rilevati per ciascuna zona. Il risultato relativo ad una zona corrisponde al valore medio delle misure arrotondate all'intero più prossimo.

La correlazione tra indice di rimbalzo N e resistenza a compressione R_c è del tipo rappresentato nel grafico seguente e definito dalla:

$$R_c = A \cdot N^B$$

In cui i coefficienti A e B sono opportunamente calibrati mediante prove distruttive su carote.



Di seguito alcune fotografie esemplificative delle fasi di prova con relativa strumentazione.

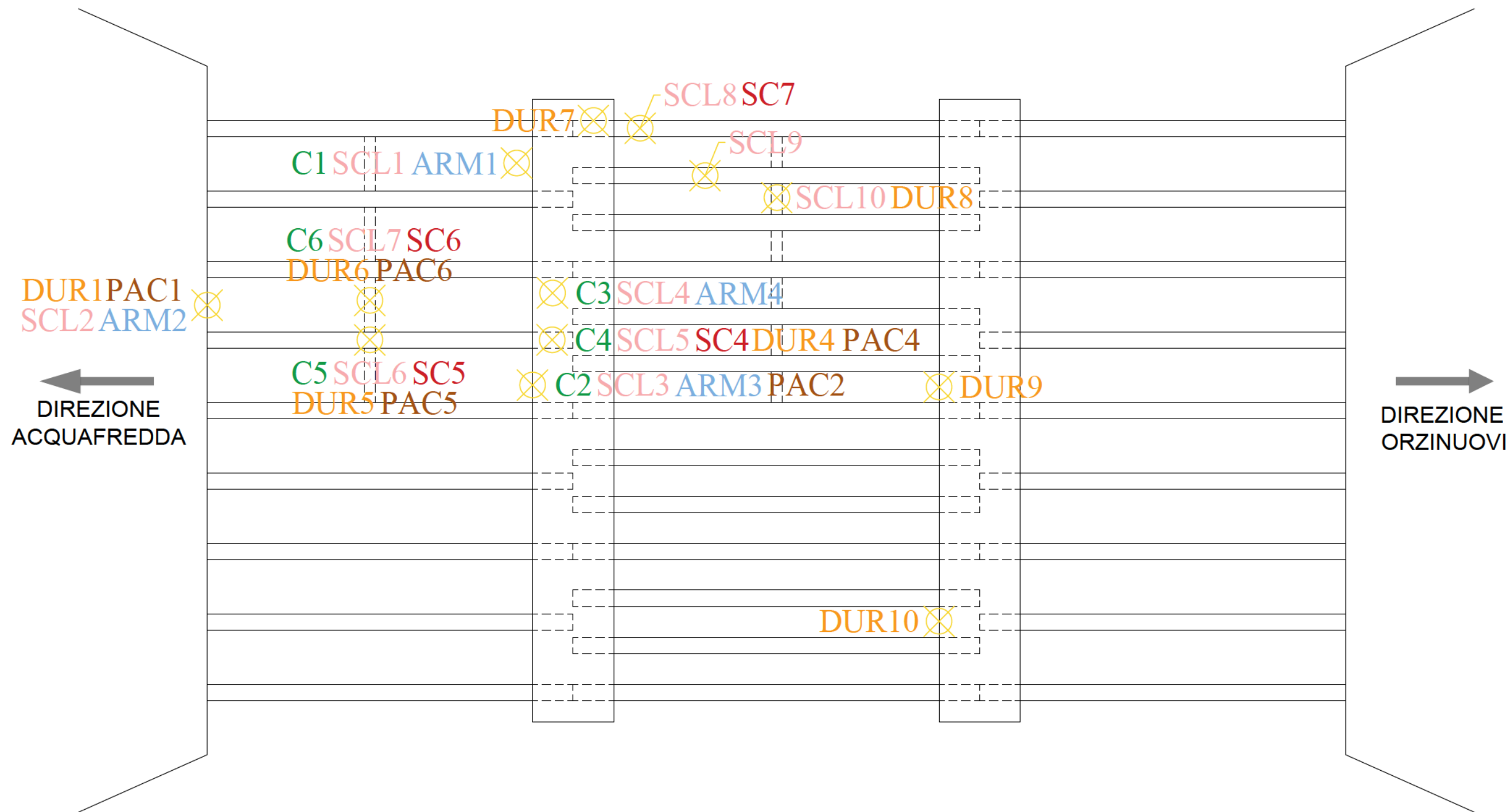


Prove con sclerometro

Di seguito si raccolgono i risultati delle prove sclerometriche eseguite, indicando con MIR la media indice di rimbalzo depurata dei valori di lettura massimo e minimo.

| PROVE SCLEROMETRICHE SU CLS | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------------|-----------------------|------|---------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|------|------|----------------|----------------------|
| ID | Elemento strutturale | Dir. | Battute | | | | | | | | | | | | min | max | MIR statistico | R _c [MPa] |
| SCL1 | Cordolo impalcato | 0° | 41 | 40 | 44 | 35 | 38 | 37 | 38 | 35 | 40 | 33 | 41 | 33 | 32,5 | 44,2 | 38 | 38 |
| SCL2 | Spalla | 0° | 43 | 45 | 45 | 44 | 43 | 41 | 40 | 43 | 43 | 46 | 44 | 43 | 40 | 45,8 | 44 | 49 |
| SCL3 | Pila | 0° | 38 | 37 | 35 | 38 | 38 | 37 | 38 | 38 | 40 | 38 | 38 | 36 | 35 | 40 | 37 | 36 |
| SCL4 | Trave | -90° | 50 | 52 | 53 | 50 | 50 | 52 | 46 | 42 | 56 | 50 | 42 | 52 | 41,7 | 55,8 | 50 | 54 |
| SCL5 | Pulvino | 0° | 46 | 42 | 43 | 44 | 46 | 42 | 43 | 45 | 42 | 42 | 46 | 43 | 41,7 | 45,8 | 44 | 49 |
| SCL6 | Trave | -90° | 48 | 48 | 50 | 50 | 50 | 49 | 45 | 50 | 52 | 53 | 49 | 48 | 45 | 52,5 | 49 | 52 |
| SCL7 | Travetto ripartizione | 0° | 41 | 41 | 43 | 40 | 42 | 43 | 42 | 40 | 41 | 43 | 42 | 40 | 40 | 43,3 | 41 | 44 |
| SCL8 | Trave | 0° | 42 | 53 | 50 | 49 | 46 | 49 | 50 | 53 | 50 | 50 | 46 | 53 | 41,7 | 53,3 | 50 | 60 |
| SCL9 | Trave | -90° | 58 | 58 | 58 | 58 | 57 | 54 | 58 | 57 | 58 | 57 | 58 | 58 | 54,2 | 58,3 | 58 | 64 |
| SCL10 | Travetto ripartizione | 0° | 43 | 37 | 41 | 42 | 45 | 44 | 42 | 43 | 42 | 41 | 41 | 43 | 36,7 | 45 | 42 | 45 |

PIANO DELLE INDAGINI

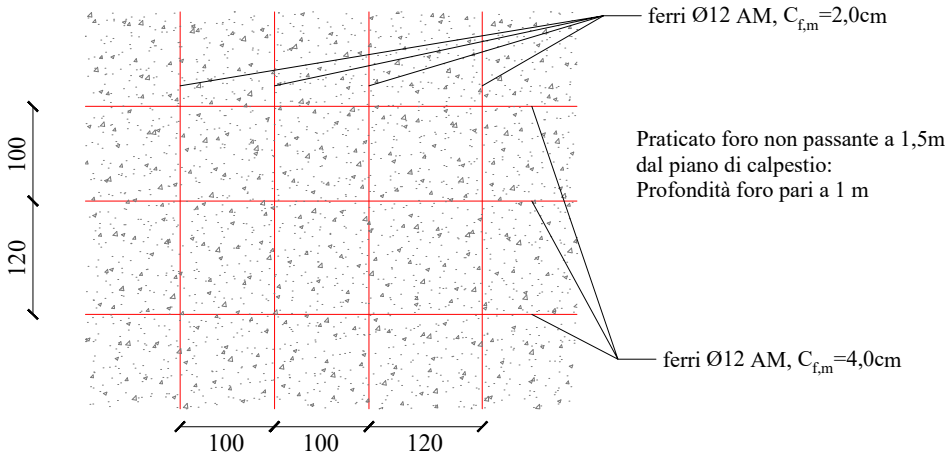


LEGENDA:

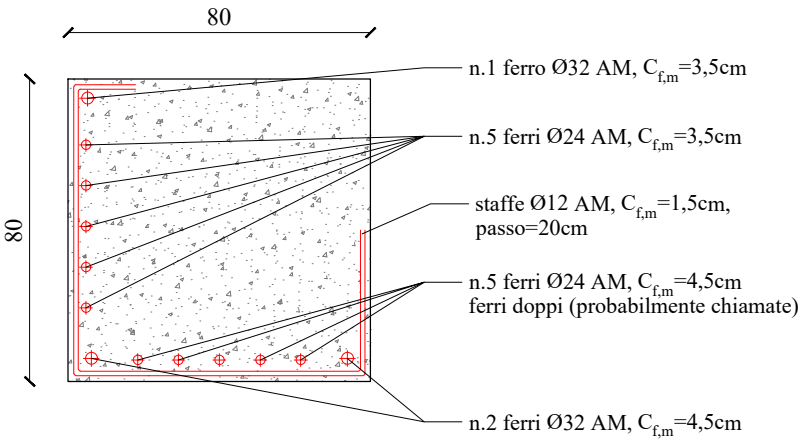
| | | | | | |
|------------------------|-----|------------------------|-----|----------------------|-----|
| Prelievo carote cls | C | Prelievo barre | ARM | Indagine con scasso | SC |
| Prelievo durezza barre | DUR | Indagine con pacometro | PAC | Prove sclerometriche | SCL |

DETTAGLI COSTRUTTIVI

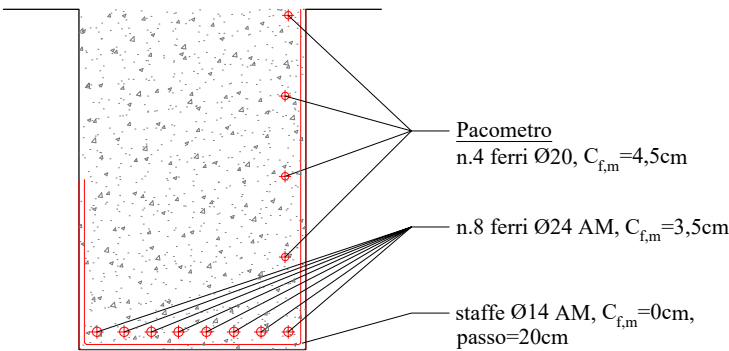
SC1 | Elemento: SPALLA | LATO ACQUAFREDDA
Indagine e/o prova: RILIEVO, PACOMETRIA, SCASSO



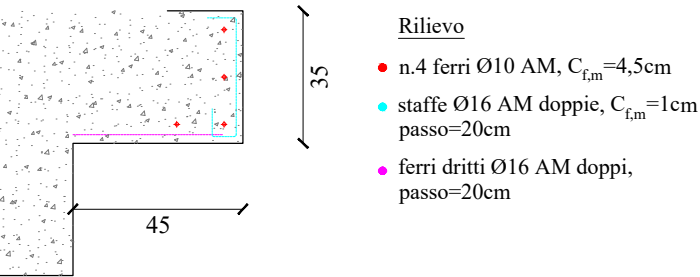
SC2 | Elemento: PILA CENTRALE | LATO ACQUAFREDDA
Indagine e/o prova: RILIEVO, PACOMETRIA, SCASSO



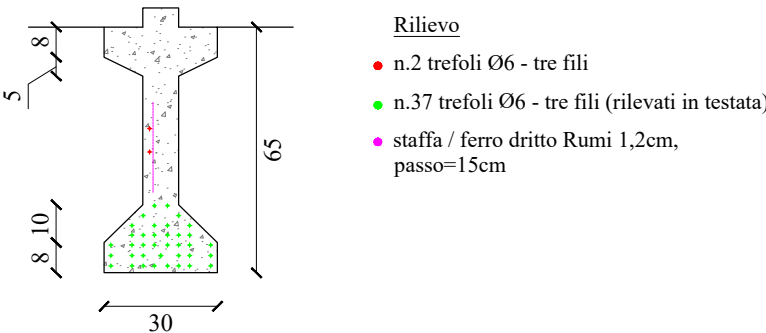
SC3 | Elemento: TRAVE DI COLLEGAMENTO PILE
Indagine e/o prova: RILIEVO, PACOMETRIA, SCASSO



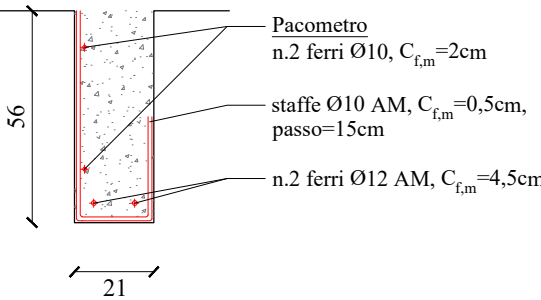
SC4 | Elemento: PULVINO APPOGGIO TRAVI
Indagine e/o prova: RILIEVO, PACOMETRIA, SCASSO



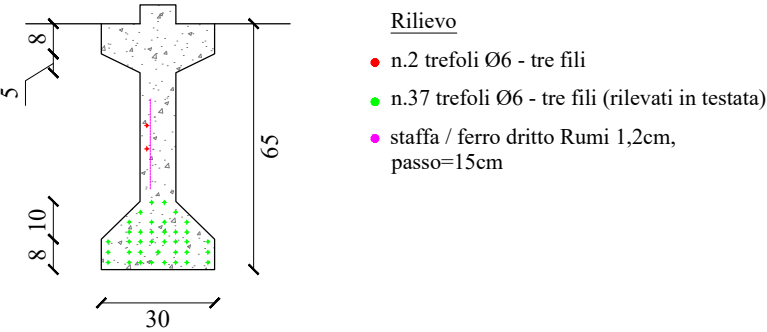
SC5 | Elemento: TRAVE PREFABBRICATA
Indagine e/o prova: RILIEVO, PACOMETRIA, SCASSO



SC6 | Elemento: TRAVETTO RIPRATIZIONE
Indagine e/o prova: RILIEVO, PACOMETRIA, SCASSO



SC7 | Elemento: TRAVE PREFABBRICATA | SOPRA LINEA FERROVIARIA
Indagine e/o prova: RILIEVO, PACOMETRIA, SCASSO



Laboratorio Prove Materiali
Pag. 1 di 1**RAPPORTO DI PROVA**
n. RdP/21/1052/CS-02Autorizzazione
Decreto Ministeriale n. 0000012
Art. 20 - Legge 5-11-71 n. 1086
Art. 59 - D.P.R. 06-06-01 n. 380**PROVA DI COMPRESSIONE**

su provini di calcestruzzo

Committente: PROVINCIA DI BRESCIA – AREA TECNICA E DELL'AMBIENTE – SETTORE DELLE STRADE E DEI TRASPORTI

Richiesta : Lettera del 27.07.2021 Accettazione n. : 1052

Oggetto : N. 6 carote di calcestruzzo Resistenza caratteristica dichiarata [MPa] : NON DICHIARATO

Cemento dichiarato : Dosaggio [kg/m³] :

Luogo del prelievo : Ponte della SP 11 "ORZINUOVI-ACQUAFREDDA" al km 16+750

..... Comune di VEROLANUOVA (BS) - Commessa 041_21_SC

Opera: C1: IMPALCATO – C2: PILA – C3, C5: TRAVE – C6: EL. GIUNZIONE TRAVI – C4: PULVINO

.....

Committente dell'opera : PROVINCIA DI BRESCIA – PALAZZO BROLETTO – PIAZZA PAOLO VI, 29 – 25121 BRESCIA

Impresa costruttrice :

Denuncia:

Direttore lavori : Richiesta prove firmata dal Direttore Lavori : NO

Data ricevimento provini : 28.07.2021 Data di prova : 30.07.2021

Norma di riferimento : NTC 2018 - UNI EN 12390-1:2012 - UNI EN 12390-7:2019 - UNI EN 12390-3:2019 – UNI EN 12504-1:2019

| PROVINO n. | DATA PRELIEVO DICHIARATA | CONTRASSEGNI SUI PROVINI | SPIANATURA PROVINI (*) | DIMENSIONI [mm] | | MASSA VOLUMICA [kg/m ³] | RESISTENZA A COMPRESSIONE [MPa] | TIPO DI ROTTURA (**) |
|---------------|-----------------------------|-----------------------------|------------------------------|--------------------|----|-------------------------------------------|---------------------------------------|----------------------------|
| | | | | Ø | h | | | |
| 1 | 14.07.2021 | C1 | SI | 74 | 75 | 2330 | 53,7 | S |
| 2 | 15.07.2021 | C2 | SI | 74 | 75 | 2240 | 31,5 | S |
| 3 | 15.07.2021 | C3 | SI | 74 | 74 | 2290 | 45,7 | S |
| 4 | 15.07.2021 | C5 | SI | 55 | 54 | 2260 | 40,1 | S |
| 5 | 15.07.2021 | C6 | SI | 74 | 74 | 2170 | 27,8 | S |
| 6 | 15.07.2021 | C4 | SI | 74 | 74 | 2320 | 55,1 | S |

(*) Spianatura provini: SI = effettuata; NO = provino conforme alla norma di riferimento.

(**) Tipo di rottura : S = soddisfacente (bitronco-conica); A+K = non soddisfacente (UNI EN 12390-3, fig. 4)

Note:

Seriate, li 02.08.2021

Lo Sperimentatore

Il Direttore del Laboratorio
(Belotti Gian)

Il presente Rapporto di prova non costituisce certificato utile ai fini della procedura prevista dalla legge 1086/71.
I risultati contenuti nel presente Rapporto si riferiscono esclusivamente all'oggetto provato.
Il documento non può essere riprodotto parzialmente, salvo approvazione scritta del Laboratorio.

Laboratorio Prove Materiali
Pag. 1 di 1**RAPPORTO DI PROVA**
n. RdP/21/1052/FE-01Autorizzazione
Decreto Ministeriale n. 0000012
Art. 20 - Legge 5-11-71 n. 1086
Art. 59 - D.P.R. 06-06-01 n. 380**PROVE SU BARRE D'ARMATURA**

Committente : PROVINCIA DI BRESCIA – AREA TECNICA E DELL'AMBIENTE – SETTORE DELLE STRADE E DEI TRASPORTI

Richiesta : Lettera del 27.07.2021 Accettazione n. : 1052

Oggetto : n.2 barre nervate da c.a. normale: Produttore : NON DICHIARATO

Tipo di acciaio : N.D. Diametro nominale: 14 - 10 mm

Luogo del prelievo : Ponte della SP 11 "ORZINUOVI-ACQUAFREDDA" al km 16+750

..... Comune di VEROLANUOVA (BS) - Commessa 041_21_SC

Opera : ARM1: IMPALCATO – ARM2: SPALLA

Committente dell'opera : PROVINCIA DI BRESCIA – PALAZZO BROLETTO – PIAZZA PAOLO VI, 29 – 25121 BRESCIA

Impresa costruttrice :

Denuncia:

Direttore lavori : Richiesta prove firmata dal Direttore Lavori : NO

Data ricevimento provini: 28.07.2021 Data di prova: 28.07.2021

Norma di riferimento: NTC 2018 – UNI EN ISO 15630-1:2019

Marchio di identificazione: Ø
Ø
Ø

| BARRA | | CONTROLLO DIMENSIONALE | | PROVA DI TRAZIONE | | | | | PROVA DI PIEGAMENTO | | AREA RELATIVA DI NERVATURA [f] |
|-------|------|------------------------|--------------|-------------------------------------|---------------------------------|----------------|-------------|------------------------|------------------------|-------|--------------------------------|
| Ø | n° | Sezione [mm²] | Massa [kg/m] | Tensione di snervamento f_y [MPa] | Tensione di rottura f_t [MPa] | f_y / f_{yk} | f_t / f_y | Allungamento A_g [%] | Diametro mandrino [mm] | Esito | |
| 14 | ARM1 | 151,7 | 1,191 | 492,3 | 737,5 | 1,09 | 1,50 | 13,7 | | | |
| 10 | ARM2 | 77,8 | 0,611 | 405,9 | 581,9 | 0,90 | 1,43 | 17,7 | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |

Note : Prelievi in data 14-15.07.2021

Seriate, li 02.08.2021

Lo Sperimentatore

Il Direttore del Laboratorio
(Belotti ing. Ivan)

Il presente Rapporto di prova non costituisce certificato utile ai fini della procedura prevista dalla legge 1086/71.
I risultati contenuti nel presente Rapporto si riferiscono esclusivamente all'oggetto provato.
Il documento non può essere riprodotto parzialmente, salvo approvazione scritta del Laboratorio.

Laboratorio Prove Materiali
Pag. 1 di 1**RAPPORTO DI PROVA**
n. RdP/21/1052/FE-02Autorizzazione
Decreto Ministeriale n. 0000012
Art. 20 - Legge 5-11-71 n. 1086
Art. 59 - D.P.R. 06-06-01 n. 380**PROVE SU BARRE D'ARMATURA**

Committente : PROVINCIA DI BRESCIA – AREA TECNICA E DELL'AMBIENTE – SETTORE DELLE STRADE E DEI TRASPORTI

Richiesta : Lettera del 27.07.2021 Accettazione n. : 1052

Oggetto : n.2 barre nervate da c.a. normale: Produttore : NON DICHIARATO

Tipo di acciaio : N.D. Diametro nominale: 12 - 14 mm

Luogo del prelievo : Ponte della SP 11 "ORZINUOVI-ACQUAFREDDA" al km 16+750

..... Comune di VEROLANUOVA (BS) - Commessa 041_21_SC

Opera : ARM3: PILA – ARM4: TRAVE

Committente dell'opera : PROVINCIA DI BRESCIA – PALAZZO BROLETTO – PIAZZA PAOLO VI, 29 – 25121 BRESCIA

Impresa costruttrice :

Denuncia:

Direttore lavori : Richiesta prove firmata dal Direttore Lavori : NO

Data ricevimento provini: 28.07.2021 Data di prova: 28.07.2021

Norma di riferimento: NTC 2018 – UNI EN ISO 15630-1:2019

Marchio di identificazione: Ø.....

Ø.....

Ø.....

| BARRA | | CONTROLLO DIMENSIONALE | | PROVA DI TRAZIONE | | | | | PROVA DI PIEGAMENTO | | AREA RELATIVA DI NERVATURA [f] |
|-------|------|------------------------|--------------|-------------------------------------|---------------------------------|----------------|-------------|------------------------|------------------------|-------|--------------------------------|
| Ø | n° | Sezione [mm²] | Massa [kg/m] | Tensione di snervamento f_y [MPa] | Tensione di rottura f_t [MPa] | f_y / f_{yk} | f_t / f_y | Allungamento A_g [%] | Diametro mandrino [mm] | Esito | |
| 12 | ARM3 | 126,1 | 0,990 | 539,2 | 764,4 | 1,20 | 1,42 | 8,9 | | | |
| 14 | ARM4 | 151,2 | 1,187 | 488,0 | 736,0 | 1,08 | 1,51 | 9,4 | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |

Note : Prelievi in data 14-15.07.2021

Seriate, li 02.08.2021

Lo Sperimentatore

Il Direttore del Laboratorio
(Belotti ing. Ivan)

Il presente Rapporto di prova non costituisce certificato utile ai fini della procedura prevista dalla legge 1086/71.
I risultati contenuti nel presente Rapporto si riferiscono esclusivamente all'oggetto provato.
Il documento non può essere riprodotto parzialmente, salvo approvazione scritta del Laboratorio.

