



BenGeneering
Studio Tecnico Associato

BONO Ing. GIOVANNI - ORDINE INGEGNERI DI BRESCIA N. 4447

VIA GERA, NIARDO (BS)

PROGETTO:

**SPBS 345 "DELLE TRE VALLI"
INTERVENTO DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA
AL PONTE AL KM 12+250 DI SOVRAPASSO DEL
FIUME MELLA NEL COMUNE DI SAREZZO
FRAZIONE DI ZANANO CUP: H97H19002110003**

TAVOLA:

R2

SCALA: **07/08/2020**

DATA:

OGGETTO:

**Relazione indagini sperimentali
materiali in opera**

AGGIORNAMENTI

1°

2°

3°

4°

5°

COLLABORATORI:

COMMITTENTE:

**PROVINCIA DI BRESCIA SETTORE DELLE
STRADE E DEI TRASPORTI**

PROGETTO ESECUTIVO

IL DIRETTORE DEI LAVORI

IL PROGETTISTA

IMPRESA ESECUTRICE OPERE



Ponte n. 165: SP BS 345 km 12+250-Fiume Mella

RELAZIONE SOPRALLUOGO 2 OTTOBRE 2019 **Indagini Diagnostiche**

COMMITTENTE:
Provincia Di Brescia



Ottobre 2019





SOMMARIO

CAPITOLO 1 INTRODUZIONE	1
CAPITOLO 2 DESCRIZIONE DEL MANUFATTO	1
CAPITOLO 3 INDAGINI DIAGNOSTICHE	4
CAPITOLO 4 CONCLUSIONI	16



Capitolo 1 INTRODUZIONE

Il giorno 2 ottobre 2019 è stato effettuato un secondo sopralluogo presso il manufatto al km 12+250 della SPBS345 (sovrappasso sul Fiume Mella, Comune di Sarezzo, BSSPEXSS345_P006) al fine di meglio approfondire le caratteristiche geometriche e meccaniche dell'impalcato (in precedenza indagate il 16 ottobre 2018). In questa seconda uscita ispettiva sono state eseguite:

- 3 carote in corrispondenza dell'anima di altrettante nervature (in prossimità della mezzeria) per fornire un dato più accurato sulla resistenza del calcestruzzo e per comprendere il grado di carbonatazione del conglomerato;
- 3 scassi per confermare il numero e la tipologia di armature presenti.

Le indagini, in entrambi i sopralluoghi, hanno visto la partecipazione, oltre del personale della Provincia di Brescia, anche dei tecnici del Laboratorio Prove Materiali "Pietro Pisa" e dell'Università degli Studi di Brescia.

La presente relazione ripropone i risultati dei rilievi e delle indagini condotte il 16 ottobre 2018 corretti e integrati con le informazioni dedotte da questo secondo sopralluogo.

Capitolo 2 DESCRIZIONE DEL MANUFATTO

L'opera oggetto di indagine, di competenza della Provincia di Brescia, costituisce la prima campata (procedendo da Brescia verso Gardone Val Trompia) del manufatto che consente alla SPBS345 il superamento del fiume Mella nella frazione Ponte Zanano del comune di Sarezzo (sigla manufatto Provincia di Brescia: BSSPEXSS345_P006). Come è possibile apprezzare dalle Figura 1 e Figura 2, si osserva che la prima campata (a sinistra nella Figura 1) è costituita da un graticcio di travi (ponte a travata) mentre le altre due campate sono realizzate con un arco ribassato in C.A. In prossimità della prima pila intermedia si riscontra una discontinuità tra le nervature e il successivo "arco"; pertanto, la prima campata può essere considerata come un singolo manufatto (indipendente). Ad oggi non è stata trovata alcuna documentazione progettuale inerente al manufatto in questione.





Figura 1: Vista complessiva dell'opera

Il manufatto indagato è costituito da 6 travi principali con luce netta (da spalla a spalla) pari a 9,94 m. Trasversalmente sono presenti due ripartitori in campata, aventi un interasse variabile (procedendo da Brescia verso Gardone Val Trompia): 3,35 m – 3,60 m – 3,00 m. Tutti gli elementi strutturali sono in calcestruzzo armato gettato in opera.



Figura 2: dettaglio prima campata

Per agevolare l'individuazione della posizione delle indagini, le nervature sono state numerate a partire da nord-est verso sud-ovest; i ripartitori, seguendo l'asse stradale, sono stati numerati procedendo da Brescia verso Gardone Val Trompia.

In Figura 3 e Figura 4 sono riportate le sezioni trasversali della trave con la soprastante soletta e dei ripartitori, con le relative misure geometriche ottenute da un rilievo in sito.



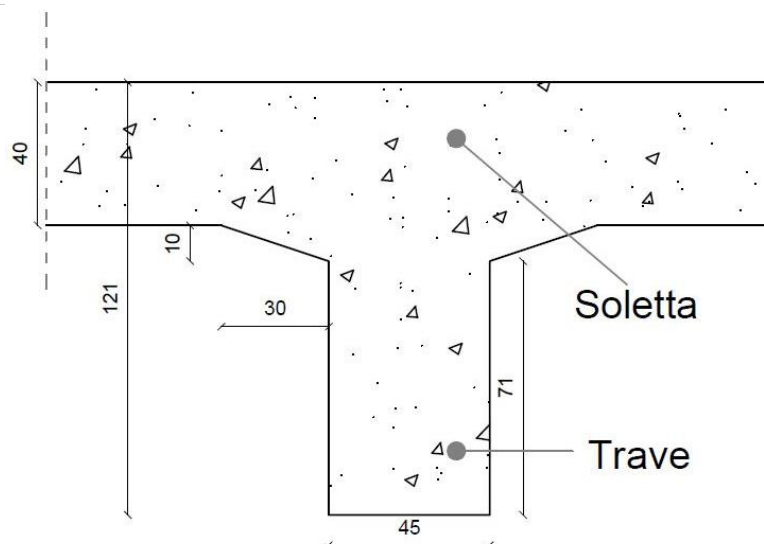


Figura 3: Sezione trasversale trave e soletta

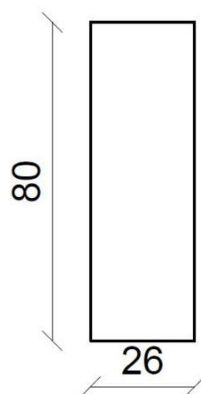


Figura 4: Sezione trasversale ripartitore

In Figura 5 è riportata la pianta dell'impalcato con indicate le principali grandezze geometriche. Come è possibile osservare il manufatto è caratterizzato da un'obliquità importante ($\approx 58^\circ$).



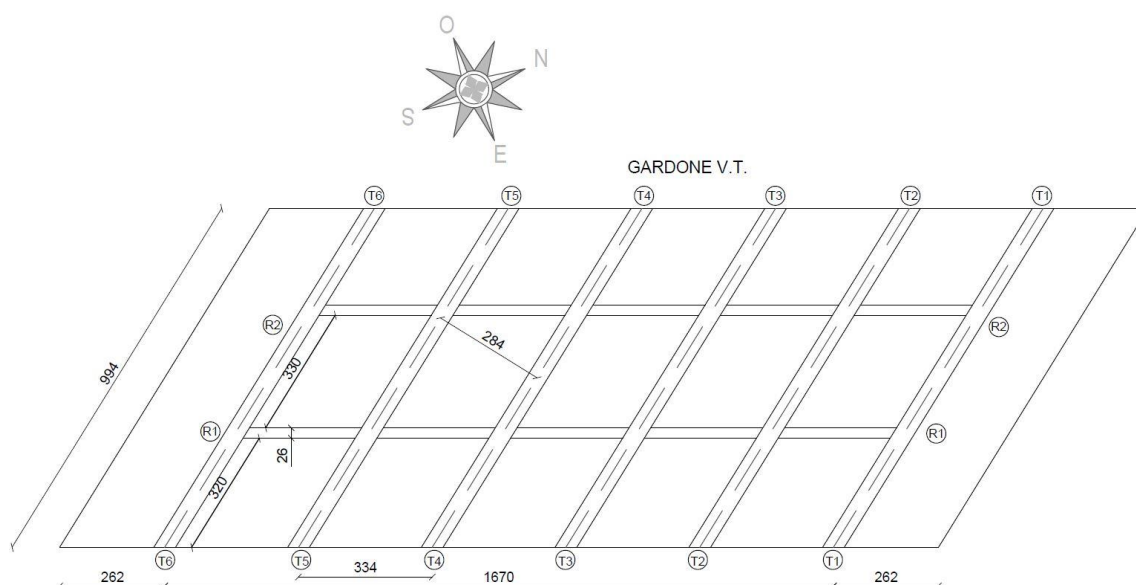


Figura 5: Pianta impalcato

Capitolo 3 INDAGINI DIAGNOSTICHE

Nel seguito vengono riproposte le indagini condotte il 16 ottobre 2018 integrate con le informazioni dedotte il 2 ottobre 2019. In particolare, rispetto alla relazione riguardante il solo sopralluogo del 16 ottobre 2018, è stata superata l'incertezza in merito al secondo strato di armature flessionali; le geometrie e la tipologia di armature sono rimaste pressoché invariate. Per maggiore chiarezza si rimanda alle tavole allegate. Queste sono parte integrante del presente documento.

Il 16 ottobre 2018, per definire la resistenza caratteristica degli elementi in conglomerato cementizio gettati in opera, è stata effettuata un'indagine diagnostica da parte del "Laboratorio Prove Materiali Pietro Pisa". Sono state condotte delle prove empiriche in situ non distruttive e semi-distruttive di tipo meccanico. Le prime sono state eseguite utilizzando uno sclerometro (Figura 7), le seconde con una sonda Windsor (Figura 8).

Le nervature oggetto di indagini sono state le travi T5 e T6, ed il ripartitore R1 (si veda pianta in Figura 6). Sul ripartitore R1 è stata effettuata solo la prova sclerometrica.

Il calcestruzzo con il quale sono realizzate le travi è di notevole resistenza; infatti la sonda Windsor è andata a rifiuto e le battute sclerometriche hanno restituito un indice di rimbalzo elevato, intorno a 50 (per un maggior dettaglio si veda la relazione del Laboratorio Pietro Pisa).

Preliminarmente allo svolgimento delle suddette prove è stato utilizzato un pacometro al fine di individuare la posizione delle armature.



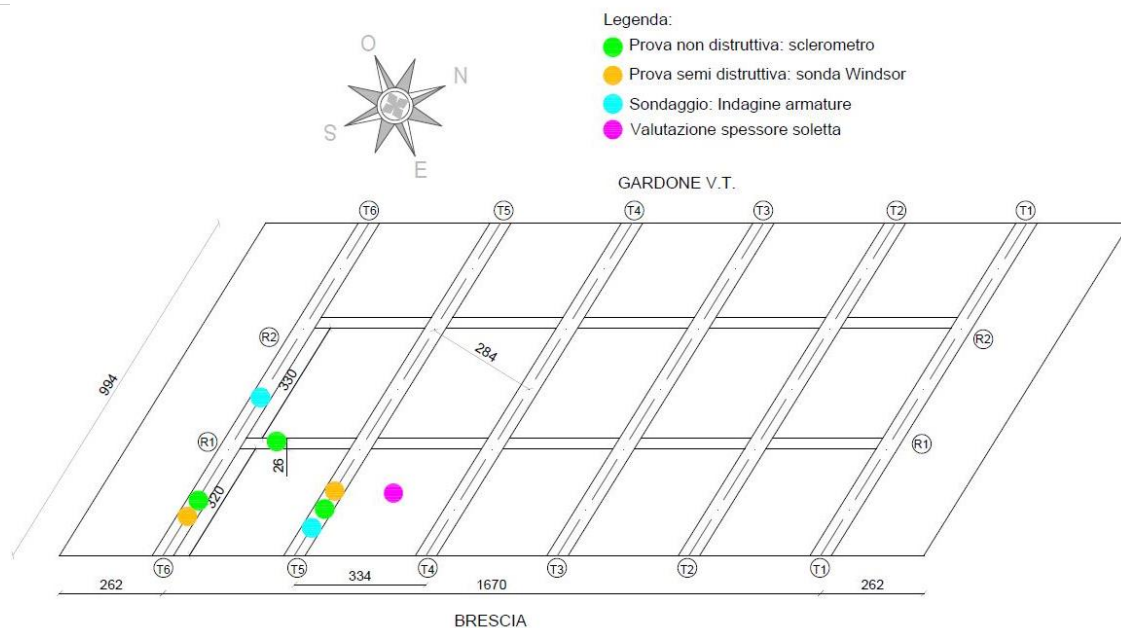


Figura 6: Indicazione in pianta dell'ubicazione dei sondaggi del 16/10/2018

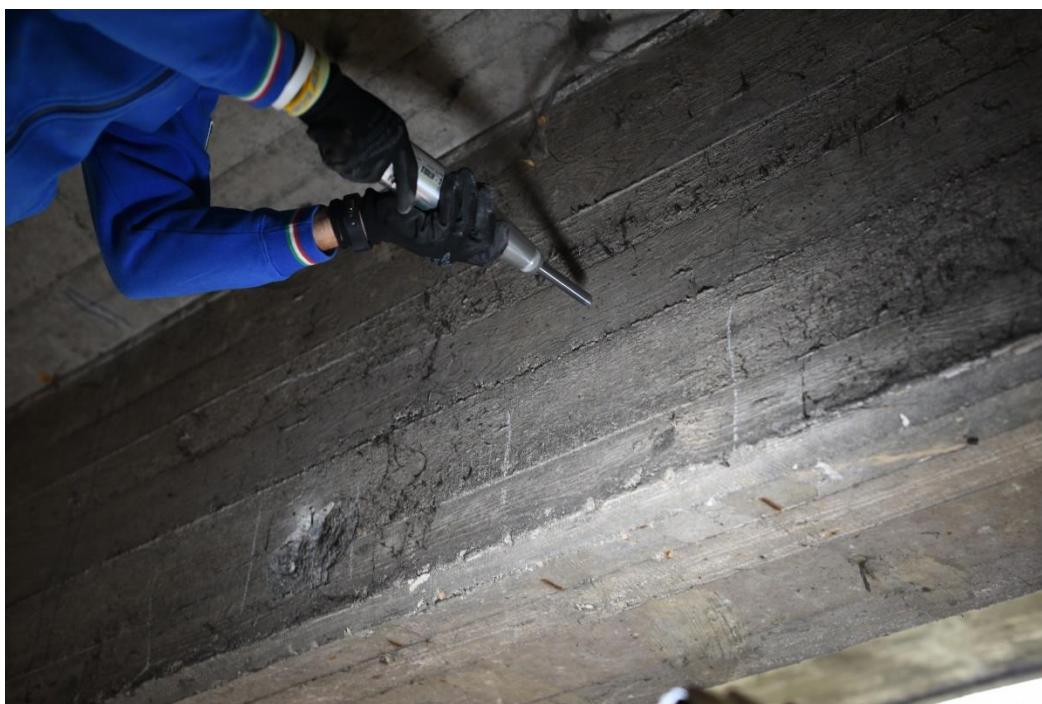


Figura 7: Esecuzione prova sclerometrica





Figura 8: Esecuzione prova Windsor



Figura 9: Utilizzo del pacometro

Sempre grazie ad un pacometro si è quantificato il passo delle armature verticali presenti nelle nervature; per la trave T6 (trave di bordo sud-ovest) in prossimità dell'appoggio sud (direzione Brescia) si è riscontrato un passo pari a 20 cm; medesime considerazioni possono essere fatte per la trave T5, la quale ha mostrato lo stesso passo delle staffe, tranne per le prime due armature più prossime all'appoggio le quali distano 14 cm (Figura 13).

Per poter ricavare maggiori informazioni circa le armature, sono stati effettuati degli scassi nelle travi; in particolare, sulla T5 è stato rimosso il copriferro inferiore al fine di



determinare il diametro delle staffe, il loro passo effettivo e il numero di bracci (Figura 10).



Figura 10: Scasso trave T5 per la valutazione delle armature trasversali

Come si osserva in Figura 12 le armature utilizzate per le staffe sono dei tondini $\phi 10$ lisci; il numero di braccia schematizzato è 4. I bracci in colore rosso sono ipotizzati come meglio spiegato nel seguito.

Benché vi sia la certezza dello sviluppo verticale dei bracci esterni (rilevati con pacometro), lo stesso non vale per le due braccia interne. Il rilievo di queste è infatti risultato difficoltoso.

Tuttavia, l'ipotesi di un'unica staffa piegata al lembo inferiore in modo da sovrapporsi in corrispondenza di tre armature longitudinali (si veda Figura 11) è da escludersi.

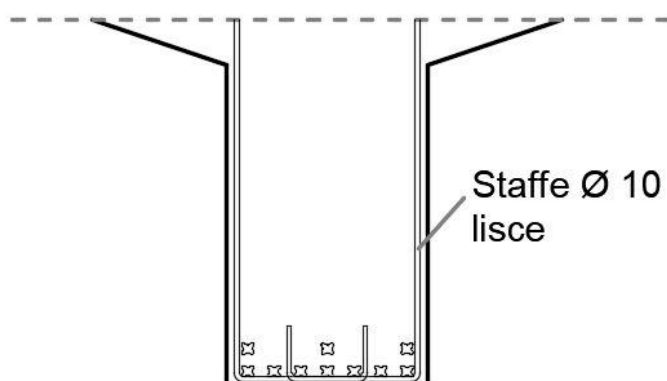


Figura 11: possibile interpretazione delle staffe (NON attendibile)

Difatti, due aspetti fanno presupporre che lo sviluppo verticale dei bracci continui per tutta l'anima della trave e che quindi i bracci siano effettivamente quattro:

- Solitamente l'uncino di ancoraggio delle staffe viene realizzato al lembo compresso che, in questo caso di semplice appoggio, corrisponde con il lembo superiore;



- La posizione sfalsata, rilevata in alcune travi, fa presupporre la presenza di due staffe differenti. A tal proposito può essere una valida indicazione la Figura 10 in cui si vede nettamente lo sfalsamento del “gruppo di staffe”.

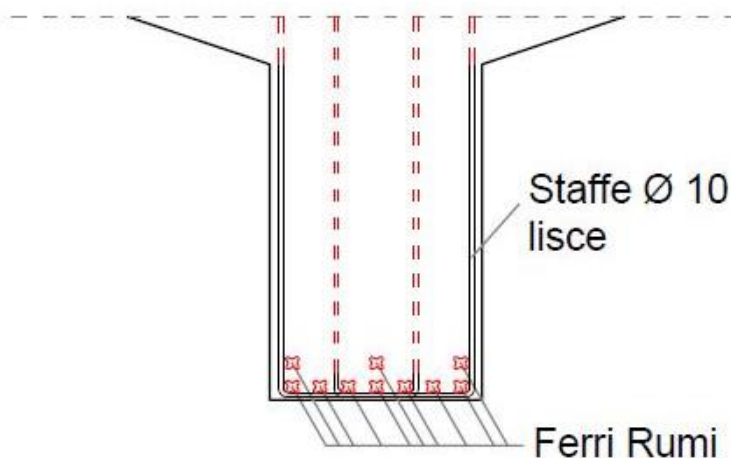


Figura 12: Sezione trasversale trave con staffe

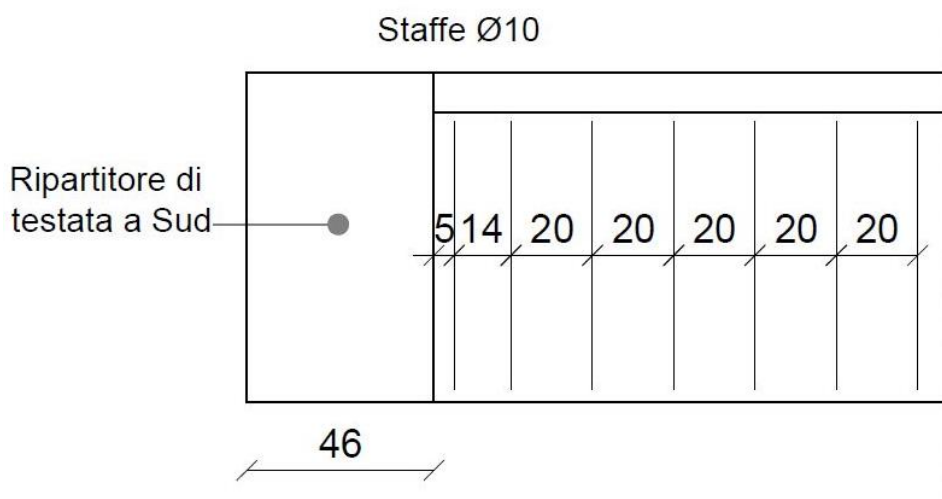


Figura 13: Sezione longitudinale trave

Per indagare l'armatura flessionale è stato effettuato uno scasso trasversale all'asse della trave T6, a circa metà della luce della nervatura. Il sondaggio ha consentito di individuare 7 barre “Rumi” aventi le dimensioni mostrate in Figura 16 (rispetto al documento del 2018 la dimensione è stata incrementata di 1 mm a seguito dei rilievi eseguiti il 2 ottobre 2019). Si è riscontrato un altro strato di armatura al di sopra delle sette barre già indicate; si tratta di un'integrazione necessaria ad assorbire le maggiori sollecitazioni flettenti che si hanno a metà campata in uno schema statico di semplice appoggio. Il loro effettivo numero è stato meglio indagato nel sopralluogo del 2 ottobre del 2019. Infatti, le ulteriori indagini hanno evidenziato il raddoppio di solo 3 barre rumi: le due alle estremità e quella centrale.





Figura 14: Scasso trave T6 per valutazione armature flessionali (16/10/18)

Per verificare che tali armature siano presenti solo nelle sezioni maggiormente impegnate a flessione è stato effettuato, il 16 ottobre 2018, uno scacco analogo sulla trave T5 ma nelle vicinanze dell'appoggio; come prevedibile, in questa sezione, sono stati riscontrati i soli sette ferri inferiori.

In Figura 15 è rappresentata la sezione trasversale della trave. Sono indicate le armature riscontrate in sede di sopralluogo; questo schema tiene conto del rilievo del 2019, difatti, le sette armature del secondo strato (ipotizzate nel documento del 2018) sono state ridotte a 3. Nel dettaglio, l'armatura centrale è rappresentata in colore rosso in quanto non direttamente osservata nello scacco del 16 ottobre del 2018 bensì individuata nell'indagine sulla trave T2 eseguita nell'ottobre del 2019.

L'utilizzo del pacometro ha inoltre evidenziato la presenza di un ulteriore ferro longitudinale a circa metà altezza della trave, come lecito attendersi in un elemento avente un'altezza considerevole (armatura di parete). Tale armatura è stata riscontrata anche in altre sezioni della trave.

Questo non è stato comunque indagato con uno scacco in quanto non ritenuto fondamentale per la resistenza flessionale.



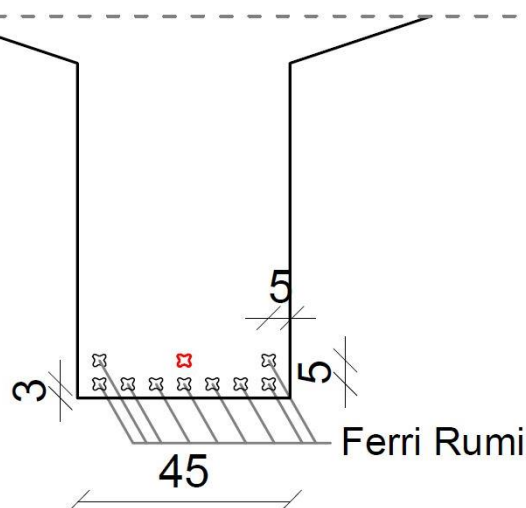


Figura 15: Sezione trasversale T6 con armature longitudinali (indagini 16/10/18 e 02/10/2019)

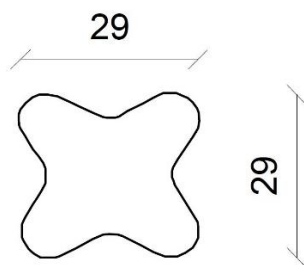


Figura 16: Sezione armature "Rumi"

Il 16 ottobre 2018, per la definizione dello spessore del pacchetto stradale e della soletta, è stato effettuato un sondaggio all'estradosso del manufatto. Il pacchetto stradale è stato quindi rimosso con l'ausilio di un martello demolitore; questa operazione ha permesso di quantificare il suo spessore, pari a 17 cm (Figura 17).

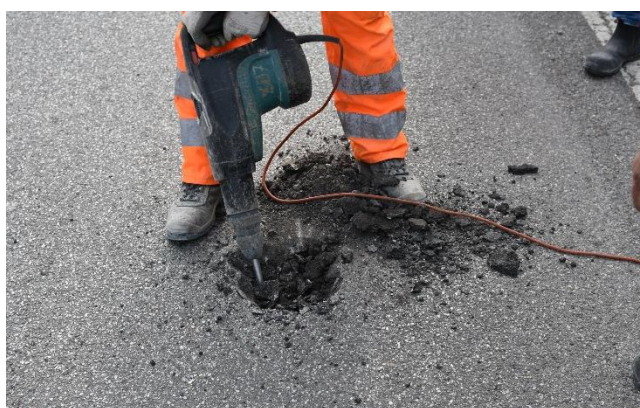


Figura 17: Sondaggio pacchetto stradale

Giunti all'interfaccia tra soletta e pacchetto stradale è stato eseguito un foro con un trapano avente una punta di piccolo diametro (circa 2 cm). L'intera soletta è stata quindi attraversata per tutta la sua altezza; il suo spessore è stato quantificato in 40 cm.





Figura 18: Perforazione soletta

Si rappresenta di seguito una sezione trasversale dell'impalcato con indicati gli spessori dei diversi elementi.

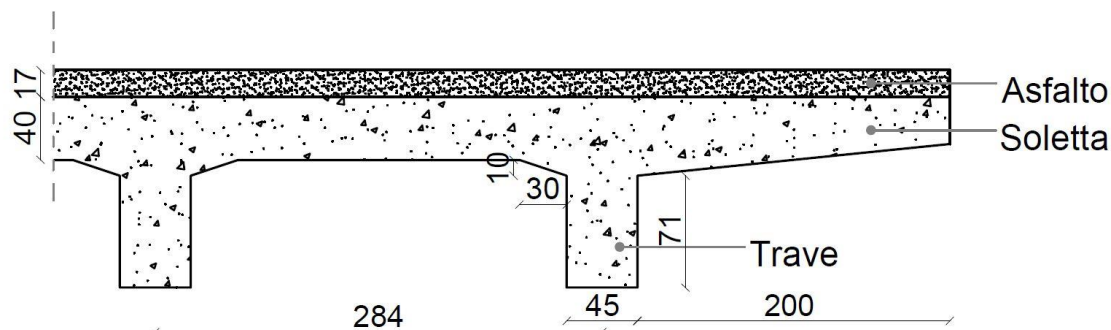


Figura 19: Sezione trasversale impalcato, in corrispondenza dello sbalzo

I risultati delle prove del 16 ottobre 2018 sono riportati nella documentazione allegata rilasciata dal "Laboratorio Prove Materiali Pietro Pisa".

Come anticipato, in data 2 ottobre 2019, è stato condotto un secondo sopralluogo. Questo ha permesso: la valutazione delle armature presenti nelle travi (particolare attenzione è stata rivolta al numero delle armature flessionali nella mezzeria) e l'esecuzione di tre carotaggi.





Figura 20: carotaggio trave T3

Gli scassi sono stati effettuati nella nervatura T2. Nello specifico, sono state indagate le armature flessionali (sia in mezzeria sia ad una distanza pari a $l/3$) e le staffe in prossimità dell'appoggio. La posizione delle indagini è riportata in Figura 21.

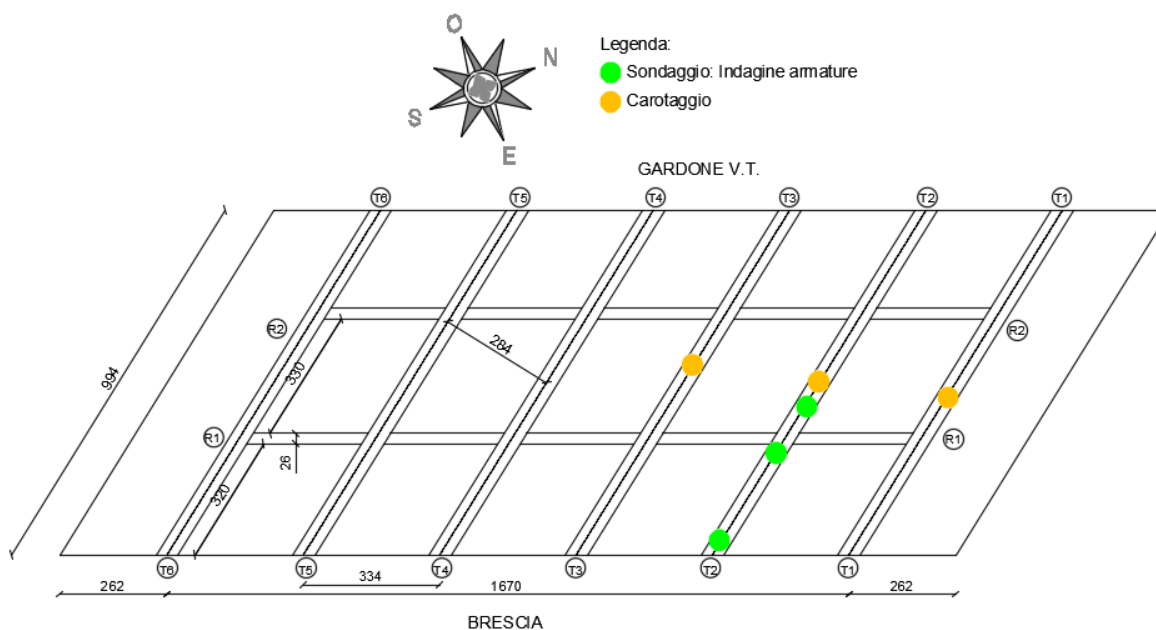


Figura 21: posizione indagini 02/10/2019

Lo scasso in mezzeria, in accordo con le indagini del 16 ottobre del 2018, ha messo in evidenza le sette barre rumi al lembo inferiore; inoltre, come anticipato, è stata verificata la presenza di sole 3 barre di armature sul secondo strato: alle estremità e in posizione centrale.





Figura 22: scasso mezzeria T2, vista laterale

Sebbene sia stato relativamente facile indagare la presenza delle armature esterne (è bastato rimuovere lo strato di copriferro), la ricerca dell'armatura centrale è stata più ostica. Quest'ultima, per evitare eccessive rimozioni di calcestruzzo, è stata rilevata con un foro ispettivo realizzato con trapano e successivamente allargato con martello demolitore. Un sondaggio orizzontale, realizzato all'altezza del secondo strato ed eseguito fino ad una distanza corrispondente alla posizione della terza armatura del primo strato (si veda la Figura 22), non ha evidenziato alcuna armatura (ad eccezione ovviamente di quella più esterna). Nella seguente immagine si scorge, al di sopra dell'armatura del primo strato, l'armatura del secondo strato a circa metà larghezza della base della trave (per agevolare l'individuazione è cerchiata in rosso). Lo schema delle armature è quindi il medesimo di Figura 15.





Figura 23: scasso mezzeria T2, dettaglio armatura centrale secondo livello

Durante il secondo sopralluogo è stato indagato il passo delle staffe, in prossimità degli appoggi, di alcune nervature in precedenza non analizzate. A titolo di esempio si riporta, nella seguente figura, la disposizione delle staffe della trave T1 (appoggio sud-est). Gli schemi delle armature trasversali delle altre nervature sono invece riportati nelle tavole allegate. In Figura 24, per agevolare l'interpretazione, è schematizzato anche un sistema di appoggio (verosimilmente in neoprene). Questo elemento tuttavia non è stato direttamente rilevato.



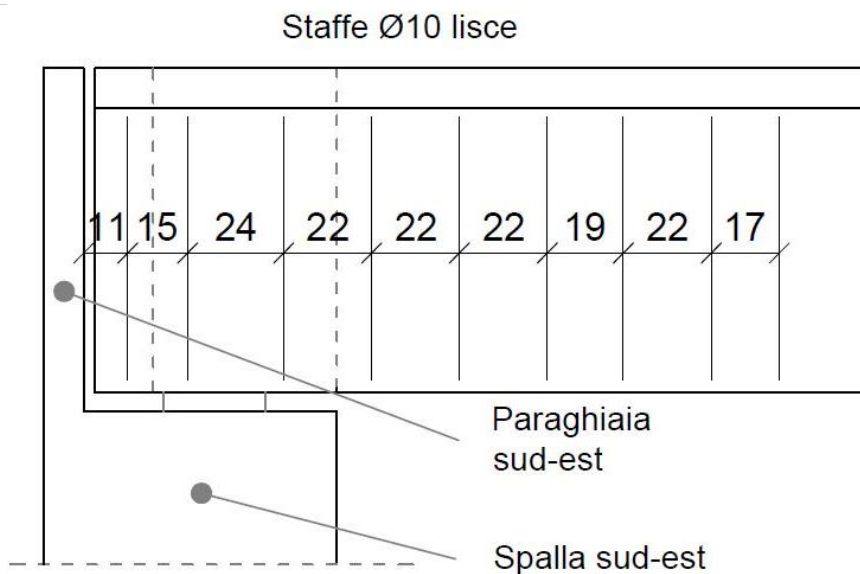


Figura 24: dettaglio passo staffe trave T1

Le carote, eseguite nell'anima delle travi T1, T2 e T3 (a circa metà luce), hanno permesso di comprendere la resistenza cubica del conglomerato cementizio. Si riportano in Tabella 1 i valori di resistenza cubica delle carote; per maggiore dettaglio si rimanda alla relazione del Laboratorio P. Pisa.



Figura 25: carote estratte dalle travi T1, T2 e T3

Carota	Massa [g]	Massa vol. [kg/m ³]	Dimensioni provino [mm]		Carico kN	Sperimentale	H/D
			Diametro	Altezza		R _{c,car} MPa	
T1	1661	2393	94	100	538.5	77.6	1.1
T2	1701	2501	94	98	635.4	91.6	1.0
T3	1866	2490	94	108	592.7	85.4	1.1

Tabella 1: valori di resistenza cubica delle carote



Sulle stesse carote è stata valutata la profondità di carbonatazione del calcestruzzo. Questa è risultata praticamente assente in tutte e tre le carote. Pertanto, le armature a flessione sono, apparentemente, ancora protetta dal possibile fenomeno corrosivo. Ne è una valida conferma l'ottimo stato di conservazione delle stesse riscontrato negli scassi.



Figura 26: carbonatazione calcestruzzo carote

Capitolo 4 Conclusioni

La presente relazione sostituisce per intero il precedente documento emesso nel 2018. Come visto, le principali variazioni riguardano il numero di barre flessionali considerate nella sezione di mezzeria. Il passo delle staffe è risultato pressoché conforme con quanto rilevato in precedenza. Per i valori di resistenza del calcestruzzo si rimanda alle relative relazioni emesse dal Laboratorio prove materiali Pietro Pisa. Per un maggior dettaglio in merito ai rilievi geometrici e alla posizione delle indagini si rimanda alle tavole allegate.

