



Provincia Regionale di Ragusa

Ammodernamento del tracciato stradale S.P. n. 46 ISPICA – POZZALLO 1° STRALCIO FUNZIONALE

Responsabile Unico Procedimento

Dott. Ing. Salvatore Dipasquale

Dirigente Pianificazione del Territorio

Dott. Ing. Vincenzo Corallo

PROGETTO ESECUTIVO

OGGETTO: <ul style="list-style-type: none">● STUDI E INDAGINI● INDAGINI DIAGNOSTICHE SULLE STRUTTURE ESISTENTI● REPORT DI SINTESI	ARCHIVIO	PR147
	SCALA	-
	ELABORATO	2.1.2
GRUPPO DI PROGETTAZIONE A.T.I.  TECHNITAL S.p.A. (Mandataria)  I.R. INGEGNERI RIUNITI STUDIO TECNICO ASSOCIATO  STUDIO IUDICE S.r.l.	RESPONSABILE DELLE INTEGRAZIONI SPECIALISTICHE	Dott. Ing. M. Raccosta
	RESPONSABILI DI PROGETTO	Dott. Ing. M. Raccosta
		Dott. Ing. G. Failla
		Dott. Ing. F. Iudice

REV.	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	CONTROLLATO	APPROVATO
0	MARZO 2014	PRIMA EMISSIONE	PIEMONTE	GRASSO	FAILLA

Sommario

1. PREMESSA	1
2. DESCRIZIONE DELLE OPERE	1
2.1. PONTICELLO SCATOLARE TORRENTE GRAFFETTA	1
2.2. PONTE SUL SALVIA.....	2
3. STATO DI CONSERVAZIONE	2
3.1. PONTICELLO SCATOLARE TORRENTE GRAFFETTA	3
3.2. PONTE SUL SALVIA.....	3
4. ANALISI DEI RISULTATI DELLE INDAGINI STRUMENTALI	3
4.1. PONTICELLO SCATOLARE TORRENTE GRAFFETTA	3
4.2. PONTE SUL SALVIA.....	5
1.1.1. <i>Risultati delle prove effettuate nella fase di preliminare</i>	<i>5</i>
1.1.2. <i>Prove Sonreb aggiuntive.....</i>	<i>6</i>
5. CONCLUSIONI.....	9

1. PREMESSA

Questo documento integra quanto consegnato nel corso della redazione del progetto preliminare. Infatti, a seguito della Vostra nota prot. n. 031622 ricevuta il 26/08/2013 e della documentazione tecnica storica del ponte Salvia fornita dall'Amministrazione in data 06/08/2013, il Raggruppamento si è reso disponibile ad effettuare l'attività di indagine integrativa sulle travi centrali del ponte Salvia.

Si precisa che al momento della redazione del progetto preliminare non era nota la disponibilità della documentazione originaria di progetto, quindi non era noto che le travi centrali dell'impalcato fossero in cap. Dati i bassi valori di resistenza riscontrati per tali travi nella prima campagna di indagini - valori poco verosimili per un cemento armato precompresso (seppure risalente agli anni '50) - le misure sono state ripetute adottando una metodologia di indagine più accurata (metodo SONREB), che combina prove sclerometriche con prove ultrasoniche.

Nel presente documento vengono richiamate le conclusioni sulle indagini strutturali condotte sulle opere d'arte esistenti del tracciato della S.P. 46 Ispica – Pozzallo, in particolare il ponte sul Torrente Salvia ed il ponticello scatolare sul Torrente Graffetta ed integrate con le nuove indagini sulle travi del viadotto Salvia.

Nella fase di progettazione preliminare su entrambe le opere sono state condotte le seguenti indagini strumentali:

- Prove di misura della durezza superficiale del getto tramite sclerometro manuale per la stima della resistenza a compressione del calcestruzzo.
- Prelievo di campioni cilindrici di cls di 100 mm di diametro per l'effettuazione di prove di carbonatazione, valutazione del profilo di penetrazione degli ioni cloruro e caratterizzazione meccanica in laboratorio;
- Rilievo geometrico speditivo e fotografico.

Su richiesta della Provincia di Ragusa e a seguito dell'acquisizione della nuova documentazione, sono state eseguite:

- due prove SonReb sulle due travi centrali del ponte Salvia.

2. DESCRIZIONE DELLE OPERE

2.1. Ponticello scatolare Torrente Graffetta

Ad un esame visivo di massima, corredato da un accurato rilievo fotografico, l'opera si presenta un modesto stato di conservazione, con evidenti fenomeni di degrado localizzati prevalentemente in corrispondenza della porzione a sbalzo dell'impalcato, corrispondente alla soletta della sede stradale, quali espulsione del copriferro e corrosione delle armature esposte. Analogamente l'impalcato vero e proprio, in c.a.



gettato in opera, sembra avere subito dei ripristini in alcuni punti, presumibilmente interessati da fenomeni analoghi a quelli afferenti alla soletta sovrastante, ed ancora evidenti, seppure in misura minore, anche in corrispondenza degli appoggi.

L'intradosso dell'impalcato, così come le spalle dell'opera, appaiono invece ben conservati, senza apparenti manifestazioni di degrado, presumibilmente a causa della inferiore esposizione agli agenti atmosferici e all'azione meteorica.

La struttura ha una lunghezza di 11.75 metri complessivi per una larghezza di 7.20 metri. La luce libera è di 2.45 metri.

2.2. Ponte sul Salvia

L'impalcato dell'opera in oggetto, come si evince dagli elaborati grafici del progetto originario, è costituito nella sua porzione centrale da 4 travi a sezione rettangolare in c.a.p. gettate in opera, e lateralmente in maniera simmetrica da 2 x 3 travi a doppia T in c.a.p.

Le spalle del ponte presentano, analogamente, una doppia tipologia costruttiva: la porzione centrale mostra un rivestimento blocchi di materiale calcarenitico, di spessore 10 cm circa, al di sotto del quale è presente un setto in cls con inerti grossolani, mentre lateralmente, in corrispondenza delle travi in c.a.p., le spalle sono costituite da setti in cls con inerti di dimensioni minori. In entrambe le tipologie di setti non è stata intercettata alcuna armatura metallica, ed ulteriori accertamenti pacometrici di dettaglio non ne hanno evidenziato la presenza. Il progetto originario acquisito in data 06/08/2013 riporta effettivamente dei muri a gravità non armati.



La luce netta è di 22.60 metri, l'altezza utile è di 3.30 metri, mentre lo spessore dell'impalcato è di 2.10 metri. (Tavola grafica DS_02_08_02).

3. STATO DI CONSERVAZIONE

Dalla documentazione fotografica fornita a corredo delle indagini strutturali si possono trarre alcune indicazioni di massima sullo stato di conservazione attuale delle opere in esame, ulteriormente corroborate dai risultati delle prove di carbonatazione.

3.1. Ponticello scatolare Torrente Graffetta

- Ammaloramento in corrispondenza dello sbalzo del marciapiede con mancanza di parte del copriferro e completa esposizione delle barre longitudinali di armatura perimetrali e delle staffe;
- Presenza di barre di armatura liscia;
- Profondità di carbonatazione di circa 40 mm (quindi contenuta all'interno del copriferro tipico).

3.2. Ponte sul Salvia

- Buone condizioni (apparenti) di conservazione per le spalle;
- Presenza di schiacciamenti localizzati sui muri delle spalle in corrispondenza dell'appoggio di alcune delle travi esterne (in c.a.p.);
- Ammaloramenti all'intradosso delle travi interne, nonostante siano già state sottoposte ad interventi di ripristino superficiale;
- Profondità di carbonatazione tra i 60 mm e gli 80 mm (quindi superiore al valore tipico del copriferro).

I risultati delle prove di carbonatazione, eseguite per le spalle del ponte sul Salvia nella prima fase, hanno evidenziato un'elevata profondità di carbonatazione, tale da non poter garantire nell'ambito dello spessore tipico del copriferro, un ambiente basico per le armature e quindi la protezione delle stesse dall'ossidazione. Non era stata riscontrata, né attraverso i carotaggi e l'esame visivo, né attraverso gli appositi rilievi pacometrici eseguiti, la presenza di alcuna armatura sulla faccia esposta delle spalle. Successivamente, con l'acquisizione del progetto del ponte esistente, si è potuto accertare che effettivamente le spalle sono state progettate senza armature.

4. ANALISI DEI RISULTATI DELLE INDAGINI STRUMENTALI

Per le indicazioni di carattere strutturale sulle opere in esame si è fatto principalmente riferimento ai risultati delle indagini sclerometriche e di schiacciamento dei provini, che hanno fornito una stima della resistenza a compressione delle diverse parti d'opera.

Tali dati sono riportati nelle tabelle che seguono, riferite a ciascuna opera, affiancando i risultati sperimentali in situ e di laboratorio. Per il ponte Salvia, lo studio, come detto in precedenza è stato integrato con prove Sonreb.

4.1. Ponticello scatolare Torrente Graffetta

Parte d'opera	Provino	Rc [N/mm ²]	Tipo prova
SPALLA 1	S1	25.92	Sclerometro
	S2	18.20	"
	S3	34.07	"
	S4	31.59	"
	S5	35.81	"

	S6	20.04	"
	MEDIA SCLEROMETRO	27,61	
	C1		
	C2	40,32	Schiacciamento
	C3	36.00	"
	MEDIA PROVINI	38.16	
SPALLA 2	S7	30.38	Sclerometro
	S8	32.19	"
	S9	45.63	"
	S10	43.10	"
	S11	41.27	"
	S12	29.58	"
	MEDIA SCLEROMETRO	37,02	
	C4	23,76	Schiacciamento
	C5	27.36	"
	C6		
	MEDIA PROVINI	25.56	
Impalcato lato SUD	S13	39.09	Sclerometro
"	S14	36.30	"
"	S15	40.16	"
Impalcato lato NORD	S16	30.24	"
"	S17	43.19	"
"	S18	38.60	"
	MEDIA SCLEROMETRO	37,93	
Impalcato	C13		
Impalcato	C14	30,84	Schiacciamento
Impalcato	C15	29.64	"
	MEDIA PROVINI	30.24	

Il quadro risultante dall'insieme dei dati disponibili è quello di una struttura che conserva, complessivamente, caratteristiche di resistenza adeguate all'opera (manufatto scatolare di modeste dimensioni).

4.2. Ponte sul Salvia

1.1.1. Risultati delle prove effettuate nella fase di preliminare

Di seguito si riporta una tabella che sintetizza i risultati delle prove effettuate nella fase di preliminare, sono stati eliminati i risultati delle prove effettuate sulle travi centrali del ponte in quanto sostituite da più avanzate prove Sonreb trattate nel paragrafo successivo.

Parte d'opera	Provino	Rck [N/mm ²]	Tipo prova
Spalla 1 lato SUD	S19	12.98	Sclerometro
"	S20	15.20	"
"	S21	12.39	"
Spalla 1 lato NORD	S22	21.03	"
"	S23	16.18	"
"	S24	11.62	"
MEDIA SCLEROMETRO		14,90	
Spalla 1 lato SUD	C10	10,92	Schiacciamento
Spalla 1 Centr.	C11	26,22	"
Spalla 1 lato NORD	C12	15,24	"
MEDIA PROVINI		17,46	
Spalla 2 lato SUD	S25	14.84	Sclerometro
"	S26	10.61	"
"	S27	10.02	"
Spalla 2 lato NORD	S28	15.82	"
"	S29	14.03	"
"	S30	16.57	"
MEDIA SCLEROMETRO		13,65	
Spalla 2 Centr.	C7	21,00	Schiacciamento
Spalla 2 lato NORD	C8	16,08	"
Spalla 2 lato SUD	C9	14,46	"
MEDIA PROVINI		17,18	
Soletta in c.a. impalcato	C16		
"	C17	31,44	Schiacciamento
"	C18	38,64	"
MEDIA PROVINI (C.A.)		35,04	
TRAVI in cap lato SUD	S31	68.74	Sclerometro
TRAVI in cap lato NORD	S33	60.30	"
TRAVI in cap lato NORD	S34	53.19	"
TRAVI in cap lato SUD	S36	63.89	"
MEDIA SCLEROMETRO (C.A.P.)		61,53	

Si osserva che, per le spalle, i valori di resistenza del calcestruzzo misurati (sia con lo sclerometro, sia mediante prove di compressione dei provini) appaiono insoddisfacenti, risultando sempre inferiori ai 20 N/mm², e mediamente dell'ordine di 15 N/mm².

Riguardo all'impalcato, i valori di resistenza misurati sulle travi esterne in c.a.p e sulla sovrastante soletta in c.a. appaiono soddisfacenti.

1.1.2. Prove Sonreb aggiuntive

Sul ponte Salvia le prove sono state integrate con prove SonReb in quanto, a seguito della documentazione acquisita dall'Amministrazione (progetto del 1955), è risultato che le travi centrali sono in precompresso.

Il metodo SonReb è una combinazione tra l'indagine ultrasonica e quella sclerometrica, in cui si correlano i valori del tempo di propagazione delle onde elastiche rilevati dagli ultrasuoni (si considera una media tra 3 valori) con i risultati della resistenza meccanica superficiale ottenuti con lo sclerometro (si considera una media di 10 valori).

Le due tecniche, singolarmente, forniscono risultati parziali e a volte poco attendibili, dal momento che sono facilmente disturbati da molteplici fattori. Infatti, la prova sclerometrica è influenzata dalla presenza di umidità, dal fenomeno della carbonatazione (la quale provoca un indurimento del calcestruzzo, falsando il valore dell'indice di rimbalzo), dalla presenza di armature o materiali grossolani concentrati nel punto di battitura che innalzano il valore della resistenza della superficie, dalla presenza di vuoti in calcestruzzi con un elevato indice di porosità, dalla posizione non perfettamente ortogonale dello sclerometro, dalla mancata taratura dello sclerometro.

I limiti delle prove ultrasoniche sono molto accentuati nel caso di materiali altamente porosi o danneggiati, in quanto le onde elastiche subiscono dei bruschi rallentamenti in corrispondenza di vuoti, lesioni o fratture: infatti le pareti delle cavità producono rifrazioni molteplici delle onde, allungando così il percorso, che non è più quello diretto tra sorgente e ricevitore. In maniera analoga la velocità delle onde è influenzata dal numero di giunti e in generale dalle discontinuità, dalla presenza di acqua e umidità e dalle onde indotte da altre fonti.

La combinazione tra i due metodi consente di superare le incertezze e gli errori derivanti dal loro singolo utilizzo, fornendo un valore della resistenza meccanica del calcestruzzo tramite le seguenti formule sperimentali più comunemente utilizzate in letteratura:

$R_{c,1} = 9,27 \cdot 10^{-11} \cdot I^{1,4} \cdot V_L^{2,6}$	Rilem
$R_{c,2} = 8,06 \cdot 10^{-8} \cdot I^{1,246} \cdot V_L^{1,85}$	Gasparik
$R_{c,3} = 1,20 \cdot 10^{-9} \cdot I^{1,058} \cdot V_L^{2,446}$	Di Leo - Pascale

Dove:

I = indice di rimbalzo sclerometrico

V_L = velocità di propagazione delle onde elastiche (m/s)

Rc = resistenza a compressione del calcestruzzo (N/mm²)

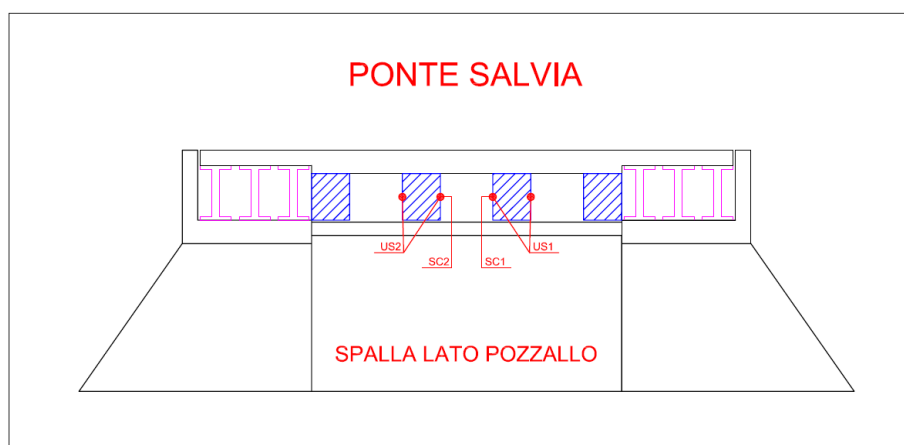
Apparecchiatura di prova

L'apparecchiatura è composta essenzialmente da:

- Una sonda emittente che in sincronismo con un segnale elettrico emette impulsi vibrazionali meccanici ad alta frequenza;
- Una sonda ricevente che ricevendo le vibrazioni meccaniche le trasforma in segnale elettrico;
- Un dispositivo di amplificazione ed elaborazione del segnale emesso dalla sonda ricevente;
- Un dispositivo elettronico capace di misurare l'intervallo di tempo fra l'istante di emissione e quello di ricezione provvisto di display per la lettura in tempo reale delle informazioni desunte e di un segnale out per il trasferimento dei dati ad un personal computer;
- Una barretta di taratura lunga 70 mm corrispondente ad un tempo di transito di 26 μ s.
- Uno sclerometro di SCHMIDT marca Matest matr. 1j0464

Ubicazione delle prove

Nel seguito viene riportata una figura riepilogativa contenente le ubicazioni delle prove SonReb effettuate.



Modalità esecutive e risultati delle prove

Le prove ultrasoniche sono state eseguite secondo le indicazioni della UNI EN 12504-4, utilizzando il metodo della "trasmissione diretta" che prevede il posizionamento della sonda "trasmettitore" e della sonda "ricevitore", su facce opposte della struttura da indagare. In tale maniera l'impulso ultrasonoro emesso dal trasmettitore attraversa l'intero spessore della struttura e viene captato dal ricevitore che si trova sulla faccia opposta (percorrendo quindi la minore distanza tra i due)

Per ogni prova sono state eseguite tre determinazioni di tempo di primo arrivo con conseguente determinazione delle velocità di propagazione delle onde attraverso la struttura (lungo la congiungente le due sonde) e poi si è determinato il valore medio della velocità di propagazione delle onde da inserire nelle formule riportate al par. 4.1 ottenendo:

APPARECCHIATURA ULTRASUONI "MCHA-16 bit" BOVIAR

Struttura:	Ponte Salvia - S.P. Ispica - Pozzallo	data: 15/10/2013
------------	--	------------------

Velocità US -->	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9	V10	V media
<i>Riferimento:</i>	<i>m/s</i>	<i>m/s</i>	<i>m/s</i>	<i>m/s</i>	<i>m/s</i>	<i>m/s</i>	<i>m/s</i>	<i>m/s</i>	<i>m/s</i>	<i>m/s</i>	<i>m/s</i>
SC1 - US1	3490	3471	3509								3490
SC2 - US2	3681	3774	3659								3705

Le prove sclerometriche sono state eseguite secondo le indicazioni della UNI EN 12504-2, quindi sono stati registrati dieci valori dell'indice di rimbalzo sclerometrico e determinato il valore medio da utilizzare nelle formule al par. 1 ovvero:

SCLEROMETRO MECCANICO DI SMIDT

Struttura:	Ponte Salvia - S.P. Ispica - Pozzallo	data: 15/10/2013
------------	--	------------------

Riferimento:	I1	I2	I3	I4	I5	I6	I7	I8	I9	I10	I medio
SC1 - US1	44	48	46	46	48	46	44	46	48	44	46
SC2 - US2	48	50	48	48	48	50	48	46	46	46	48

Successivamente, attraverso le tre espressioni riportate in precedenza, sono stati calcolati i rispettivi valori Rc,1 – Rc,2 ed Rc,3, che successivamente mediati hanno dato modo ottenere il valore Rc,medio assunto come resistenza del conglomerato in sito:

METODO SONREB

Struttura:	Ponte Salvia - S.P. Ispica - Pozzallo	data: 15/10/2013
------------	--	------------------

	I	V	Rc,1	Rc,2	Rc,3	Rc,medio
<i>Riferimento</i>		<i>m/s</i>	<i>N/mm²</i>	<i>N/mm²</i>	<i>N/mm²</i>	<i>N/mm²</i>
SC1 - US1	46	3490	32,1	34,1	31,9	32,7
SC2 - US2	48	3705	39,5	39,9	38,5	39,3

Dalle prove SONREB eseguite sulle travi interne dell'impalcato originario si è misurata una resistenza a compressione del calcestruzzo di circa 33 e 39 N/mm². Dal confronto con la resistenza di progetto, desunta dalla relazione di calcolo dell'epoca, tale resistenza risulta inferiore a quella di progetto, pari a 40 N/mm².

Per l'impalcato, pertanto, il valore critico riguarda le travi dell'impalcato originario, in cui sono stati riscontrati valori di resistenza inferiori a quelli di progetto, mentre appaiono soddisfacenti i valori relativi alla sovrastante soletta in c.a. e alle travi esterne eseguite successivamente (1982).

5. CONCLUSIONI

Alla luce di quanto sopra esposto è possibile trarre le seguenti conclusioni sullo stato di fatto delle opere in esame e, soprattutto, sulle possibili strategie di intervento nell'ottica di un eventuale riutilizzo nell'ambito dei lavori di ammodernamento del tracciato della SP 46.

Per il ponte sul torrente Graffetta il quadro risultante dall'insieme dei dati disponibili è quello di una struttura che conserva, nel suo insieme, caratteristiche di resistenza adeguate all'opera (manufatto scatolare di modeste dimensioni), con necessità d'interventi localizzati di rimozione delle parti di cls ammalorato e conseguente ripristino del copriferro previo trattamento delle armature, che interesseranno le parti più esposte dell'impalcato, usualmente soggette a maggior degrado (bordo impalcato, cordoli, marciapiedi).

Dal punto di vista della resistenza alle azioni sismiche, trattandosi di struttura monolitica interamente gettata in opera e con piedritti interamente interrati, si può affermare che essa presenta comunque una qualche capacità di resistenza alle azioni orizzontali.

Appare pertanto ipotizzabile valutarne l'impiego nell'ambito dell'ammodernamento dell'infrastruttura in oggetto, purché non se ne richieda l'ottemperanza alle nuove norme tecniche per le costruzioni.

Viceversa per il ponte sul Salvia, in ragione della scadente qualità del calcestruzzo delle spalle e dell'assenza di armature nelle stesse, delle criticità riscontrate nella parte centrale dell'impalcato, della maggiore importanza e dimensione dell'opera e del suo più sfavorevole schema strutturale (struttura isostatica a travi semplicemente appoggiate sulle spalle), oltre al fatto che essa ha già subito un intervento di allargamento, sia delle spalle, sia dell'impalcato, presentando oggi diverse caratteristiche di resistenza e di deformabilità delle parti nuove (laterali) rispetto al corpo centrale preesistente e, per ultimo, dell'assoluta inadeguatezza degli appoggi, si ritiene opportuna la demolizione e ricostruzione dell'intera opera secondo i dettami della nuova normativa antisismica e in particolare:

- rispetto della gerarchia delle resistenze o calcolo in campo elastico in presenza di dispositivi antisismici (isolatori);
- maggiore livello di sollecitazioni che le nuove modalità di calcolo dell'azione sismica inducono nelle sottostrutture;
- valutazione della *vita utile dell'opera*.

Inoltre, da punto di vista idraulico, i risultati delle simulazioni effettuate sull'esistente con un tempo di ritorno pari a $T=200$ anni, mostrano un discreto funzionamento idraulico anche se con parametri molto bassi.

La nuova struttura in funzione dell'aumento della sezione idraulica, fornisce invece come risultato delle simulazioni, per un tempo di ritorno pari a $T=200$ anni, un convogliamento in sicurezza delle acque, superfici di esondazione ridotte e riduzione della velocità della corrente, si ottiene così anche un'attenuazione del potere erosivo del torrente.