

ITINERARIO INTERNAZIONALE E78 S.G.C. GROSSETO – FANO
Tratto Selci Lama (E45) – S. Stefano di Gaifa
Adeguamento a 2 corsie della Galleria della Guinza (lotto 2)
e del tratto Guinza – Mercatello Ovest (lotto 3)
1° stralcio

PROGETTO ESECUTIVO

COD. AN58

PROGETTAZIONE:
RAGGRUPPAMENTO
TEMPORANEO PROGETTISTI

MANDATARIA:



MANDANTI:



sinergo

IL RESPONSABILE DELL'INTEGRAZIONE DELLE PRESTAZIONI
SPECIALISTICHE:

Ing. Riccardo Formichi – Società Pro Iter Srl
Ordine Ingegneri Provincia di Milano n. 18045

IL PROGETTISTA:

Ing. Alberto Rinaldi – Società Erre.via. Srl
Ordine Ingegneri Provincia di Milano n. 16951

IL GEOLOGO:

Dott. Geol. Massimo Mezzanzanica – Società Pro Iter Srl
Albo Geol. Lombardia n. A762

IL COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE:

Ing. Massimo Mangini – Società Erre.via Srl
Ordine Ingegneri Provincia di Varese n. 1502

VISTO: IL RESP. DEL PROCEDIMENTO:

Dott. ing. Vincenzo Catone

PROTOCOLLO:

DATA:



**08 - INTERVENTI SULLE OPERE D'ARTE ESISTENTI
08.05 - ST.01 - SOTTOVIA SCATOLARE LATO MARCHE)**

Relazione tecnica e di calcolo

CODICE PROGETTO			NOME FILE		REVISIONE	SCALA
PROGETTO	LIV. PROG.	N. PROG.	T00ST01STRRE01A.pdf			
LO702M	E	2101	CODICE ELAB. T00ST01STRRE01		A	-
D						
C						
B						
A	EMISSIONE		FEBBRAIO 2023	BONASIO	BONASIO	RINALDI
REV.	DESCRIZIONE		DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO

INDICE

1.	PREMESSA.....	1
1.1	ESITI DELLA CAMPAGNA D'INDAGINE SULLE PROPRIETÀ DEI MATERIALI ESISTENTI	1
1.1.1	<i>CALCESTRUZZO</i>	1
1.1.2	<i>ACCIAIO ARMATURE</i>	1
1.1.3	<i>ASSUNZIONI DI PROGETTO</i>	2
1.2	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	3
1.3	INQUADRAMENTO DEGLI INTERVENTI NELL'AMBITO NORMATIVO VIGENTE	4
1.4	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI	4
2.	PROGETTO CORDOLO LATERALE.....	5
2.1	VERIFICHE DEL CORDOLO	8
2.1.1	<i>VERIFICHE TENSIONE TANGENZIALE ALL'INTERFACCIA CORDOLO-SOLETTA ESISTENTE</i>	8
2.1.2	<i>VERIFICHE A FLESSIONE E TAGLIO DEL CORDOLO</i>	10
2.1.3	<i>VERIFICA A TENSO-FLESSIONE DELLA SEZIONE VERTICALE DI ATTACCO CORDOLO-SOLETTA</i>	11

Titolo relazione

RTP di progettazione:

Mandataria:

Mandanti:



1. PREMESSA

La presente relazione descrive il progetto esecutivo per l'adeguamento a quattro corsie della Strada di Grande Comunicazione (S.G.C.) sull'itinerario internazionale E78 nel tratto Grosseto-Siena dal km 27.200 al km 30+040 – Lotto 4.

Si prevede in progetto l'adeguamento funzionale del sottovia tramite l'intervento relativo al cordolo laterale (bordo soletta).

1.1 ESITI DELLA CAMPAGNA D'INDAGINE SULLE PROPRIETÀ DEI MATERIALI ESISTENTI

Le resistenze dei materiali ottenute dalla campagna d'indagine effettuata, volta al raggiungimento di un livello di conoscenza LC3 (FC = 1.00), vengono confrontate con quelle considerate in PD (livello LC1 e FC =1.35).

1.1.1 CALCESTRUZZO

Dalle prove di laboratorio si sono ottenuti i seguenti valori di resistenza a compressione sulle carote in calcestruzzo prelevate da soletta e cordolo d'impalcato interessati dall'installazione della nuova barriera.

PROVA	ELEMENTO INDAGATO	DATA PRELIEVO	DIMENSIONI		SEZIONE (cm ²)	PESO (kg)	MASSA VOLUMICA (kg/m ³)	TIPO DI ROTTURA	RESISTENZA A COMPRESSIONE - Rc (N/mm ²)
			D (mm)	H (mm)					
PC8	Soletta	28/07/2022	94,1	94,3	69,54	1,290	1967,0	Sfaldamento piramidale	20,5
PC9	Cordolo	28/07/2022	94,6	94,9	70,29	1,407	2109,4	Bipiramidale	35,2
PC10	Soletta	28/07/2022	94,2	94,5	69,69	1,375	2087,8	Bipiramidale	26,9

La media dei risultati vale $f_{ck} = (20.5+35.2+26.9)/3 = 27.53\text{MPa}$

1.1.2 ACCIAIO ARMATURE

Dalle prove di laboratorio si sono ottenuti i seguenti valori di resistenza a trazione sulle barre d'armatura prelevate dalla soletta d'impalcato.

PROVA	ELEMENTO INDAGATO	DATA PRELIEVO	DIAMETRO (mm)	SEZIONE (So) (mm ²)	Temp. (°C)	Re H (N/mm ²)	Re L (N/mm ²)	Rm (N/mm ²)	ALLUNG. (%)
PA14	Soletta	28/07/2022	15,95	199,70	Amb	542,60	534,70	645,90	22,18
PA15	Soletta	28/07/2022	9,93	77,40	Amb	531,80	520,40	634,20	23,68

La media dei risultati vale $f_{yk} = (542.6+531.8)/2 = 537.2\text{MPa}$

1.1.3 ASSUNZIONI DI PROGETTO

Confrontando la resistenza cilindrica del calcestruzzo ottenuta (27.5Mpa) e la resistenza dell'acciaio d'armatura ottenuta (537.2Mpa) con quelle considerate in PD nelle verifiche degli elementi esistenti ($f_{ck} = 30/1.35 = 22.2\text{Mpa}$ e $f_{yk} = 430/1.35 = 318.5\text{MPa}$), si ritengono valide le analisi e le verifiche di PD, di seguito riproposte.

1.2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Il progetto è stato eseguito nel rispetto della normativa tecnica vigente, e in particolare delle seguenti normative:

- ◆ Legge 5/11/1981 n. 1086: “Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio armato normale, precompresso ed a struttura metallica”.
- ◆ Legge 2 febbraio 1974 n. 64: “Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche”.
- ◆ D.M. 17 gennaio 2018 – Aggiornamento delle “Norme Tecniche per le Costruzioni”.
- ◆ CIRCOLARE 21 Gennaio 2019 n° 7/C.S.LL.PP. – Istruzioni per l’applicazione delle “Norme tecniche per le costruzioni” di cui al decreto ministeriale 17.01.2018.

1.3 INQUADRAMENTO DEGLI INTERVENTI NELL'AMBITO NORMATIVO VIGENTE

L'intervento descritto nella presente relazione è progettato secondo la vigente normativa e più precisamente è disciplinato dal capitolo 8 "Costruzioni esistenti" delle NTC2018: nel caso specifico la categoria di interventi in cui ricade il ponte è quella di cui al paragrafo 8.4.1 "Riparazione o intervento locale" in quanto lo stato di fatto delle opere comporta l'effettuazione di interventi locali, che non prevedono sostanziali modifiche al comportamento delle altre parti e della struttura nel suo insieme e non comportano una riduzione dei livelli di sicurezza preesistenti.

1.4 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

CALCESTRUZZO e ACCIAIO per NUOVO CORDOLO:

Calcestruzzo

- Classe di resistenza: C30/37
- Classe di esposizione: XC4 + XD1
- Classe di consistenza: S5
- Diametro massimo dell'aggregato: 25mm

Acciaio in tondi ad aderenza migliorata per armatura lenta

- Acciaio B450C.

CALCESTRUZZO e ACCIAIO per ELEVAZIONE ESISTENTE:

Calcestruzzo

- Classe di resistenza: C30/37

Acciaio

- Acciaio FeB 44 k.

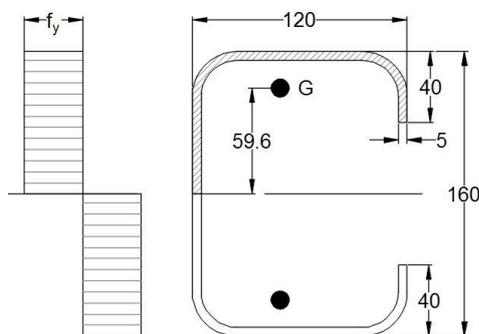
Si farà riferimento ad un livello di conoscenza LC=1 (FC=1.35).

2. PROGETTO CORDOLO LATERALE

Considerato che l'interasse tra i montanti della barriera è di 1500 mm, nella procedura di progettazione del cordolo e dei connettori dello stesso alla soletta, si considera collaborante al trasferimento del carico generato dall'urto, una porzione di cordolo pari all'interasse tra i montanti.

Montante 160x120x40 di spessore 5mm

Tipo Acciaio S275 JR



Calcolo Momento plastico

Area 1053 mm²

Dg 59.6 mm

Mpla 34.52 kNm

Il momento plastico è relativo alla sezione a C filante. In prossimità del piede la barriera ha un'ulteriore irrigidimento tale da imporre ai fini della ricerca del valore plastico il seguente calcolo:

$B1 = 0.77 \text{ m}; B2 = 0.985 \text{ m};$

$Fed = M_{plas} / B1 = 34.52 / 0.77 = 44.83 \text{ kN}$

$Med, \text{urto} = 44.16 \text{ kNm}$

L'azione, valutata a quota estradosso soletta esistente, è pari a:

$H = H_{\text{cordolo}} - 4 \text{ cm} = 50 - 46 \text{ cm}$ H_{cordolo} assunto conservativamente solo per il calcolo delle sollecitazioni pari a 50cm, quindi

$Ved = 44.83 \times 1.5 = 67.25 \text{ kN}$

$Med = 44.83 \times 1.5 \times (1 + 0.46) = 98.18 \text{ kNm}$

Si prevede di eseguire:

- rimozione rete di protezione;
- demolizione pavimentazione per una larghezza di circa 2m;
- demolizione cordolo esistente di dimensioni 0.44x1.60m;
- demolizione strato superiore della soletta per h=5cm (scarifica);

STATO ATTUALE DEMOLIZIONI

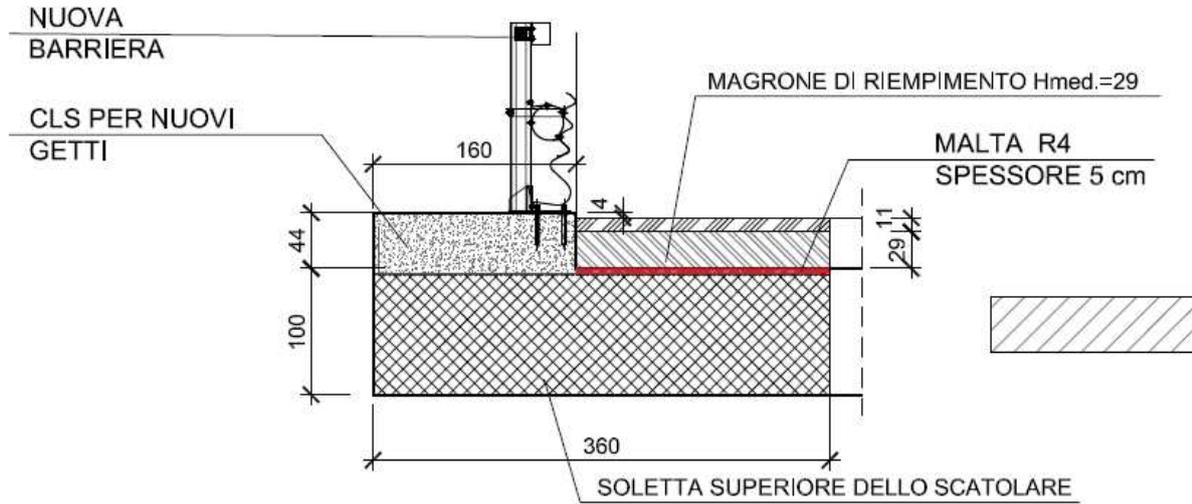
Scala 1:50



- Inghisaggio di barre d'armature 9 ϕ 14/m, con distanza minima dal filo esterno di circa 15cm;
- Posa in opera delle armature del cordolo e delle armature sullo strato superiore della soletta;
- Realizzazione del cordolo di dimensioni 0.44x1.60m e chiusura getto con malta R4 dell'estradosso della soletta;
- Installazione barriere di progetto (H3BP tripla onda).

SITUAZIONE FINALE CON NUOVO CORDOLO

Scala 1:50



2.1 VERIFICHE DEL CORDOLO

2.1.1 VERIFICHE TENSIONE TANGENZIALE ALL'INTERFACCIA CORDOLO-SOLETTA ESISTENTE

Nel seguito si riportano le verifiche della sezione di ripresa tra estradosso superiore della soletta esistente e base inferiore cordolo.

I dati di input sono:

- Si considera cautelativamente una piastra di base di 25 cm ed una diffusione a 45° nel cls del cordolo fino a quota estradosso soletta (conservativamente si assume $h_{\text{cordolo}} = 40\text{cm}$);
- $V_{sd} = 44.83 \times 1.5 = 67.25 \text{ kN}$ (arrotondato a 70kN);
- Per quanto riguarda le caratteristiche di resistenza del supporto, si farà riferimento ad una classe di calcestruzzo C30/37 come da risultanze della documentazione di progetto dell'epoca.

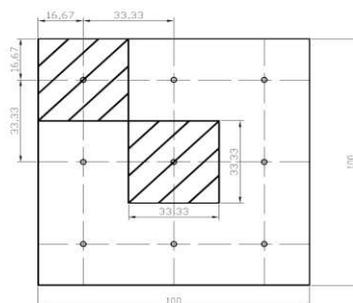
Tranciamento	
fi Ferri Verticali	14
n Ferri Verticali	9
Area Ferri [mm^2]	1385
f_{yk} [MPa]	450
f_{yd} [MPa]	391,3
$f_{yd}/\sqrt{3}$ [MPa]	225,9
Resistenza [kN]	313
V_{Ed} [kN]	70,0
	VERIFICA SODDISFATTA
FS=	4,47

Per la verifica si seguono le indicazioni del paragrafo 6.2.5 "Azione tagliante nell'interfaccia tra calcestruzzi gettati in tempi diversi" della UNI EN 1992-1-1.

CALCOLO DEL VALORE DI PROGETTO DELLA TENSIONE TANGENZIALE ALL'INTERFACCIA		
Valore di progetto della tensione tangenziale all'interfaccia allo SLU urto:		
$\tau_{Ed(V)} = \beta \times V_{Ed} / (z \times b_i)$		0,06 [Mpa]
dove:		
V_{Ed} = forza di taglio trasversale		70 [kN]
z = braccio della coppia interna della sezione composta		1,12 [m]
b_i = larghezza dell'interfaccia		1,00 [m]
β = rapporto tra la forza long. nell'ultimo getto di cls e la forza long. totale in zona compressa o tesa		1

La forza di taglio trasversale è diffusa su una larghezza pari a 1m e il coefficiente β è assunto unitario, entrambe le scelte risultano conservative.

CALCOLO DELLA RESISTENZA DI PROGETTO A TAGLIO ALL'INTERFACCIA ALLO SLU		
<u>Caratteristiche della superficie del giunto:</u>		
a= larghezza superfice di giunto	100	[cm]
b= altezza superfice di giunto	100	[cm]
Superficie: scabra		
Azioni: presenza di fatica o carichi dinamici		
μ = caratteristiche scabrezza superfice del getto anziano	0,7	
c= caratteristiche scabrezza superfice del getto anziano	0,225	
α = inclinazione superfice giunto da 45° a 90°	90	[°]
	1,571	[rad]
<u>Armatura che attraversa l'interfaccia del giunto</u>		
Maglia: 33,33cm x 33,33cm		
ϕ = diametro barra	14	[mm]
n°= numero barre	9	[-]
A_{ϕ} = area armatura	1385	[mm ²]
A_V = area ordinaria armatura a taglio	0	[mm ²]
A_s = armatura che attraversa l'interfaccia del giunto	13,85	[cm ²]
A_i = area del giunto	10000	[cm ²]
ρ = rapporto A_s/A_i	0,0014	
σ_n = tensione normale prodotta da forza esterna	0	[Mpa]
<u>Valore di progetto della resistenza a taglio all'interfaccia:</u>		
τ_{Rd} = resistenza di progetto a taglio	0,61	[Mpa]
VERIFICA TAGLIO INTERFACCIA GETTI IN TEMPI DIVERSI		
τ_{Rd} = valore di progetto resistente	0,61	[Mpa]
τ_{Ed} = valore di progetto agente	0,06	[Mpa]
esito della verifica:		VERIFICATO
		FS= 9,73



Disposizione dei connettori

2.1.2 VERIFICHE A FLESSIONE E TAGLIO DEL CORDOLO

Nel seguito si riportano le verifiche relative alla sezione di interfaccia cordolo-soletta, sollecitata a taglio e flessione per effetto dell'urto del veicolo in svio:

$$V_{sd} = 44.83 \times 1.5 = 67.25 \text{ kN}$$

$$M_{sd} = V_{sd} \times h = 67.25 \times 1.46 = 98.18 \text{ kNm}$$

$$h = 100 \text{ cm} + 50 \text{ cm} - 4 \text{ cm} = 146 \text{ cm} \quad (\text{quota di applicazione della forza d'urto rispetto alla sezione di attacco cordolo-soletta})$$

Avendo la piastra di base del montante una larghezza di 25 cm, e diffondendo verticalmente a 45° sino alla quota di estradosso soletta (si assume conservativamente $h_{\text{cordolo}} = 40 \text{ cm}$), si individua una larghezza reagente pari a:

$$B = 25 + 2 \times 40 = 105 \text{ cm}$$

Le sollecitazioni per metro lineare di cordolo si assumono conservativamente su una larghezza unitaria, quindi:

$$V_{sd} = 67.25 \text{ kN}$$

$$M_{sd} = 98.18 \text{ kNm}$$

Si verifica a flessione una sezione $b \times h = 100 \times 160 \text{ cm}$ con un'armatura costituita da 3 ϕ 14 superiori ed inferiori. Si precisa che è stato applicato alla resistenza del cls il coefficiente riduttivo di 1.35:

$$M_{rd} = 282.8 \text{ kNm} > M_{sd} = 98.18 \text{ kNm} \quad \rightarrow \text{verificato}$$

Si riporta di seguito la verifica a taglio della medesima sezione:

$$V_{rd} = 354.46 \text{ kN} > V_{sd} = 67.25 \text{ kN} \quad \rightarrow \text{verificato}$$

Verifiche tensionali sulle staffe (tratto emergente nella soletta) della trave ipotizzando la presenza di staffe Φ 12/10 per i trasferimento delle trazioni dai tirafondi alle staffe stesse

Pertanto per quanto riguarda le verifiche lato cls si è proceduto a determinare la rottura del cls per taglio laterale e a determinare le azioni di trazione da trasferire alle staffe presenti nel cono di rottura per trazione.

In sintesi:

Relazione tecnica e di calcolo

10

RTP di progettazione:

Mandataria:

Mandanti:



$V_{ed} = 1.5 \times 44.83 = 67.25 \text{ kN}$ (agente cautelativamente su soli due bulloni);

$N_{trazione} = 1.5 \times M_{plast} / b = 1.5 \times 44.83 / 0.19 = 353.92 \text{ kN}$

Ipotizzando una coppia di tirafondi M24 di lunghezza pari a 250mm risulta che:

- $F/A = 35392 / 2 / 4.54 / 1 = 3897 \text{ kg/cm}^2$;

- Le staffe coinvolte nel cono di rottura sono:

○ $N = 5$ (staffe $\Phi 12/10$)

Si ha quindi =

$F/A = 35392 / 2 / 5 / 1.14 = 3104 \text{ kg/cm}^2$;

2.1.3 VERIFICA A TENSO-FLESSIONE DELLA SEZIONE VERTICALE DI ATTACCO CORDOLO-SOLETTA

Nel seguito si riporta la verifica relativa alla sezione verticale di attacco cordolo-soletta, sollecitata a trazione e flessione per effetto dell'urto del veicolo in svio:

$N_{sd} = 44.83 \times 1.5 = 67.25 \text{ kN}$

$M_{sd} = N_{sd} \times h = 67.25 \times 1.96 = 132 \text{ kNm}$

$h = 100 \text{ cm} + 50 \text{ cm} - 4 \text{ cm} + 100\text{cm}/2 = 196 \text{ cm}$ (quota di applicazione della forza d'urto rispetto alla linea media della soletta)

Avendo la piastra di base del montante una larghezza di 25 cm, e diffondendo verticalmente a 45° sino alla quota di estradosso soletta ($h_{cordolo} = 40 \text{ cm}$), si individua una larghezza reagente pari a:

$B = 25 + 2 \times 40 + 2 \times 50 = 205 \text{ cm}$

Poiché l'interasse tra i montanti di supporto delle barriere di sicurezza risulta pari a 1.5m si assume quale larghezza reagente tale valore:

$B = 150 \text{ cm}$

Le sollecitazioni per metro lineare di cordolo sono pertanto pari a:

$N_{sd} = 67.25/1.5 = 45 \text{ kN}$

$M_{sd} = 98.18/1.5 = 66 \text{ kNm}$

Si riporta il contributo fornito dal peso del cordolo per metro lineare:

$$P = 1.5\text{m} \times 1.6\text{m} \times 25\text{kN/m}^3 = 60 \text{ kN}$$

$$b = 1.6/2 = 0.8 \text{ m}$$

$$M = 60\text{kN} \times 0.8\text{m} = 48 \text{ kN}$$

Le sollecitazioni di verifica per metro lineare di cordolo sono pertanto pari a:

$$N_{sd} = 45 \text{ kN}$$

$$M_{sd} = 66 \text{ kNm} + 48 \text{ kNm} = 114 \text{ kNm}$$

Si verifica a tenso-flessione una sezione $b \times h = 100 \times 100 \text{ cm}$ con un'armatura costituita da $5\phi 14$ superiori ed inferiori (posizione 14 e 36 dell'elaborato di contabilità). Si precisa che è stato applicato alle resistenze dei materiali il coefficiente riduttivo di 1.35.

$$M_{rd} = 181 \text{ kNm} > M_{sd} = 114 \text{ kNm} \quad \rightarrow \text{verificato}$$