

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 <sup>2</sup> )	PESO (kg)	MASSA VOLUMICA (kg/m <sup>3</sup> )	TIPO DI ROTTURA	RESISTENZA A COMPRESSIONE - Rc (N/mm <sup>2</sup> )
			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 <sup>2</sup> )	Temp. (°C)	Re H (N/mm <sup>2</sup> )	Re L (N/mm <sup>2</sup> )	Rm (N/mm <sup>2</sup> )	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.

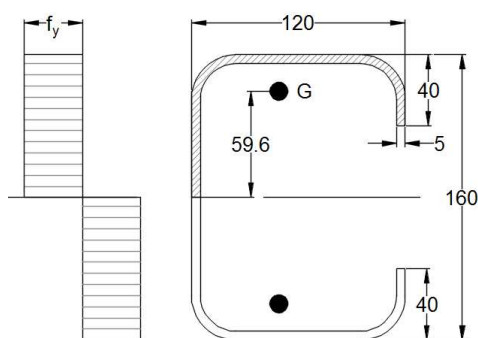
Si farà riferimento ad un livello di conoscenza LC=1 (FC=1.35).

## 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 mm<sup>2</sup>

D<sub>g</sub> 59.6 mm

M<sub>pl</sub> 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:

B<sub>1</sub>= 0.77 m; B<sub>2</sub>= 0.985 m;

F<sub>ed</sub>= M<sub>pl</sub> / B<sub>1</sub> = 34.52 / 0.77 = 44.83 kN

M<sub>ed, urto</sub> = 44.16 kNm

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

H= H<sub>cordolo</sub> - 4 cm = 50 - 46 cm H<sub>cordolo</sub> assunto conservativamente solo per il calcolo delle sollecitazioni pari a 50cm, quindi

V<sub>ed</sub> = 44.83 x 1.5 = 67.25 kN

M<sub>ed</sub> = 44.83 x 1.5 x (1+0.46) = 98.18 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

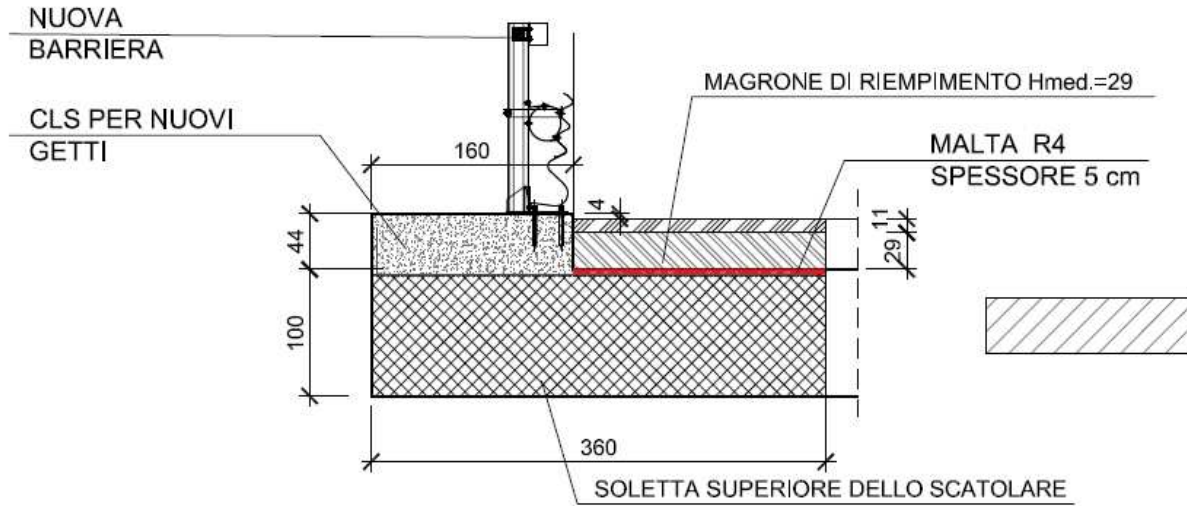


- Inghisaggio di barre d'armature 9  $\phi$ 14/m, con distanza minima dal filo esterno di circa 15cm;
- Posa in opera delle armature del cordolo e delle armature sullo strato superiore della soletta;
- Realizzazione del cordolo di dimensioni 0.44x1.60m e chiusura getto con malta R4 dell'estradosso della 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.

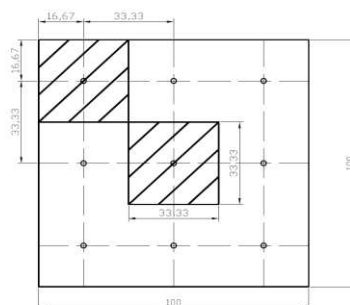
Tranciamento	
fi Ferri Verticali	14
n Ferri Verticali	9
Area Ferri [ $\text{mm}^2$ ]	1385
$f_{yk}$ [MPa]	450
$f_{yd}$ [MPa]	391,3
$f_{yd}/\sqrt{3}$ [MPa]	225,9
Resistenza [kN]	313
$V_{Ed}$ [kN]	70,0
	<b>VERIFICA SODDISFATTA</b>
FS=	4,47

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:		
$\tau_{Ed(V)} = \beta \times V_{Ed} / (z \times b_i)$		<b>0,06</b> [Mpa]
dove:		
$V_{Ed}$ = forza di taglio trasversale		<b>70</b> [kN]
$z$ = braccio della coppia interna della sezione composita		<b>1,12</b> [m]
$b_i$ = larghezza dell'interfaccia		<b>1,00</b> [m]
$\beta$ = rapporto tra la forza long. nell'ultimo getto di cls e la forza long. totale in zona compressa o tesa		<b>1</b>

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

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



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 $\phi$ 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  $\Phi$ 12/10 per il 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.

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