



# ANAS S.p.A.

DIREZIONE REGIONALE PER LA SICILIA

## PA17/08

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotatoria Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 - Svincolo Manganaro incluso) compresi raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121

### Bolognetta S.c.p.a.

Contraente Generale:  
Ing. Pierfrancesco Paglini

Il Responsabile Ambientale:  
Ing. Claudio Lamberti

## - PERIZIA DI VARIANTE N.1 -

BOLOGNETTA S.c.p.a.



Titolo elaborato:

### MODIFICA TECNICA N. 155

## INTERVENTI SU PONTI E VIADOTTI ESISTENTI - Lotto 2a VIADOTTO FRATTINA 2

### Interventi locali - Relazione di calcolo

Codice Unico Progetto (CUP) : F41B03000230001

Codice elaborato:	OPERA	ARGOMENTO	DOC. E PROG.	FASE	REVISIONE
PA17/08	PE	VE01	RC01	5	0

CARTELLA:	FILE NAME:	NOTE:	PROT.	SCALA:
0 7	PEVE01RC01_50_4137.dwg	1=1	4 1 3 7	-
5				
4				
3				
2				
1				
0	PRIMA EMISSIONE		Dicembre 2015	D. Storai S. Fortino D. Tironi
REV.	DESCRIZIONE		DATA	REDATTO VERIFICATO APPROVATO

A.T.I. Progettisti :

Capogruppo:

Mandante:

### POLITECNICA

INGEGNERIA E ARCHITETTURA

Viale Amendola, 6 - 50121 Firenze  
tel 055/2001660 fax 055/2344856  
e-mail poliff@politecnica.it

### ACS ingegneri

Via Catani, 28/c - 59100 Prato  
tel 0574.527864 fax 0574.568066  
E-mail acs@acsingegneri.it

Il Progettista Responsabile  
Ing. Alberto Antonelli



Il Geologo  
dott. Pietro Accolti Gil



Il Coordinatore per la Sicurezza  
in fase di esecuzione:  
Ing. Francesco Coccante

Il Coordinatore per la sicurezza  
in fase di Esecuzione  
Ing. Francesco Coccante

Il Direttore dei Lavori:  
Ing. Sandro Favero

Il Direttore dei Lavori  
Ing. Sandro Favero

ANAS S.p.A.

DATA: \_\_\_\_\_ PROTOCOLLO: \_\_\_\_\_

VISTO: IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO

CODICE PROGETTO **L O 4 1 0 C E 1 1 0 1**

Dott. Ing. Ettore de Cesbron de la Grennelais

## SOMMARIO

1	PREMESSA.....	2
2	DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO.....	2
3	INQUADRAMENTO NORMATIVO.....	2
3.1	NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....	2
4	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI.....	3
4.1	MATERIALI ESISTENTI .....	3
4.2	MATERIALI PER IL RINFORZO E RESISTENZE DI CALCOLO.....	7
5	MODELLO DI CALCOLO DELLA SOLETTA IN c.A.....	8
6	ANALISI DEI CARICHI.....	9
7	SOLLECITAZIONI DI VERIFICA.....	12
8	VERIFICHE .....	13
8.1	VERIFICA DELLA SOLETTA ( parametri di resistenza di un calcestruzzo C25/30) .....	13
8.2	VERIFICA DELL'ANCORAGGIO DEL CORDOLO.....	15
9	CONCLUSIONI .....	16

## 1 PREMESSA

L'oggetto della presente relazione di calcolo è l'analisi e la verifica degli interventi locali previsti sull'estradosso della soletta del viadotto esistente Frattina 2, nell'ambito dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo-Lercara Friddi

## 2 DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO

Gli interventi locali, previsti sul viadotto esistente Frattina 2, consistono nel restauro conservativo delle strutture in calcestruzzo armato, nel rinforzo estradosso della soletta in prossimità dello sbalzo e nel rifacimento dei cordoli.

In seguito ai sopralluoghi effettuati e dei rilievi eseguiti nella fase esecutiva, sia in termini di verifica in campo degli spessori degli elementi strutturali (cordolo e soletta), sia in termini di armatura presente, si è potuto constatare come lo stato dei luoghi sia, in parte, diverso rispetto all'originario scenario, studiato in fase di PEA. Al fine di superare tale difficoltà, nella presente fase di redazione del progetto esecutivo di dettaglio (PED), si propone una revisione delle modalità esecutive previste in sede di redazione del PEA, orientando la progettazione verso una soluzione di intervento più classica, che preveda la demolizione del cordolo in c.a. esistente, con il mantenimento delle armature esistenti, la scarifica superficiale della soletta in c.a., spessore 20 cm, la posa di nuove barre di armatura (integrativa), efficacemente ancorate alla soletta esistente, ed il getto finale, di soletta e cordolo, utilizzando un calcestruzzo tradizionale ( $R_{ck} 40 \text{ N/mm}^2$ ). In particolare la scarifica è estesa a tutta la larghezza (per fasi su metà corsia per volta come da elaborati grafici) ed inserendo le armature integrative (senza perfori) affidando l'ancoraggio alle prese inserite tra nuovo getto e soletta esistente.

Dal punto di vista progettuale, l'obiettivo principale è quello di garantire il soddisfacimento delle verifiche a taglio ed a flessione, sulle sezioni di interesse. Si fa presente, tuttavia, che con la nuova progettazione non potranno essere proposte convergenze rispetto ai fattori di sicurezza ottenuti in sede di verifiche di PEA, dal momento che queste ultime sono state condotte presupponendo una sezione di maggiore spessore, e con un quantitativo diverso di armatura, rispetto alle reali condizioni riscontrate oggi.

## 3 INQUADRAMENTO NORMATIVO

**L'intervento viene classificato in PEA come intervento locale, ai sensi del cap. 8.4.3 del Dm 14/01/2008 e, pertanto, le verifiche da condurre riguardano esclusivamente le parti di struttura oggetto di intervento, soggette all'azione dei carichi previsti in verifica e, nella fattispecie, relativi unicamente alla combinazione dovuta all'urto del veicolo**

### 3.1 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

I calcoli delle sollecitazioni e le verifiche sono stati eseguiti in accordo alle seguenti disposizioni normativo-tecniche.

Legge n.1086 del 05.11.1971 – Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica.

D.M 14.01.2008 Norme tecniche per le costruzioni

D.M. 31 Luglio 2012 – Approvazione delle Appendici Nazionali recanti i parametri tecnici per l'applicazione degli Eurocodici

Circolare esplicativa n°617 del 2/2/2009 delle Norme Tecniche per le costruzioni

UNI-EN 1991 – Eurocodice 1: azioni sulle strutture

UNI-EN 1992 – Eurocodice 2: progettazione strutture in calcestruzzo

Linee guida ETAG 001 – Annex 5: Design Method for Anchorages (Amendment Agosto 2010)

## 4 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

La valutazione della sicurezza va condotta secondo i principi fondamentali ed i metodi precisati al Cap. 2 della norma per quanto riguarda i materiali di nuova costruzione e ai Cap. C8A.1.B.3 e C8A.8 della circolare per quanto riguarda i materiali esistenti.

### 4.1 MATERIALI ESISTENTI

Secondo quanto riportato negli elaborati progettuali di PEA, ed in particolare la "Relazione tecnica e di calcolo sugli interventi locali" (elaborato "PE\_VERT\_02\_31\_4137"), la progettazione dell'intervento locale sul viadotto Frattina 2, e quindi le relative verifiche strutturali di sicurezza, erano state condotte assumendo come resistenza a compressione del calcestruzzo esistente della soletta d'impalcato, i risultati ottenuti dalle campagne di indagini eseguite nel periodo 2009/2010 e nel 2011, e a corredo della progettazione definitiva. A pag 12 quindi dell'elaborato "PE\_VERT\_02\_31\_4137", si evince che per il calcestruzzo della soletta d'impalcato del viadotto esistente Frattina 2, i risultati delle indagini avevano indicato un valore di resistenza  $R_{cm}$  pari a 27 MPa, e tale valore era stato dunque utilizzato per le verifiche. In aggiunta ai saggi e alle prove già eseguite, è stato deciso di effettuare ulteriori 5 prelievi, e in data 03 dicembre 2015 sono quindi state condotte ulteriori 5 prove di schiacciamento del calcestruzzo, i cui risultati sono riportati in seguito:

- Campata 5 Frattina 2 (sigla C6)	$R_c$ 35,09 MPa
- Campata 4 Frattina 2 (sigla C7)	$R_c$ 35,89 MPa
- Campata 6 Frattina 2 (sigla C8)	$R_c$ 38,29 MPa
- Campata 2 Frattina 2 (sigla C9)	$R_c$ 34,80 MPa
- Campata 3 Frattina 2 (sigla C10)	$R_c$ 38,07 MPa

Sulla base dei risultati precedentemente illustrati si assume che i parametri di resistenza adottati per il calcestruzzo esistente sono quelli corrispondenti ad un calcestruzzo di classe C25/30.

Come indicato nella "Relazione tecnica e di calcolo sugli interventi locali" (elaborato "PE\_VERT\_02\_31\_4137"), le sole indagini eseguite per la progettazione definitiva nel periodo 2009/2010 hanno caratterizzato comportamento e resistenze dell'acciaio per cemento armato portando a concludere che lo stesso possa essere assimilato ad un acciaio tipo AQ50, con resistenza caratteristica a snervamento pari a 310 N/mm<sup>2</sup>.

Il livello di conoscenza determina un fattore di sicurezza che penalizza ulteriormente le caratteristiche meccaniche di progetto dei materiali:

LC1	livello di conoscenza limitato	FC=1,35
LC2	livello di conoscenza adeguato	FC=1,20

Relazione di calcolo intervento locale Viadotto esistente Frattina 2

LC3 livello di conoscenza accurato FC=1,00

Per cui il coefficiente di sicurezza parziale diventa

$$\gamma_c = \gamma'_c * FC$$

Si attribuisce al viadotto esistente Frattina 2 un livello di conoscenza LC1, ovvero un fattore di confidenza FC=1.35 da applicarsi al calcestruzzo e un fattore di confidenza FC=1.0 da applicarsi all'acciaio che, secondo il punto 8.5.4 del DM2008 deve essere " [ ] utilizzato come ulteriore coefficiente parziale di sicurezza che tiene conto della carenza nella conoscenza dei parametri del modello."

Le resistenze di calcolo  $f_d$  indicano le resistenze dei materiali, ottenute mediante l'espressione:

$$f_d = f_k / (\gamma_M * FC)$$



dove:

$f_k$  sono le resistenze caratteristiche del materiale;

$\gamma_M$  sono i coefficienti parziali per le resistenze, comprensivi delle incertezze del modello e della geometria, che possono variare in funzione del materiale, della situazione di progetto e della particolare verifica in esame.

<b>PONTE ESISTENTE BOLOGNETTA</b>	<b>Lotto 2a</b>	<b>Rcm= 30.0 MPa</b>
<b>VIADOTTO ESISTENTE FRATTINA2</b>	<b>Lotto 2a</b>	<b>Rcm= 27.0 MPa</b>
<b>VIADOTTO ESISTENTE FRATTINA1</b>	<b>Lotto 2a</b>	<b>Rcm= 27.0 MPa</b>
<b>PONTE ESISTENTE FRATTINA</b>	<b>Lotto 2a</b>	<b>Rcm= 31.0 MPa</b>
<b>VIADOTTO ESISTENTE S.LEONARDO</b>	<b>Lotto 2a</b>	<b>Rcm= 15.6 MPa</b>
<b>VIADOTTO ESISTENTE PECORARO2</b>	<b>Lotto 2a</b>	<b>Rcm= 27.0 MPa</b>
<b>VIADOTTO ESISTENTE PECORARO1</b>	<b>Lotto2b</b>	<b>Rcm= 15.0 MPa</b>
<b>VIADOTTO ESISTENTE FERRUZZE 2</b>	<b>Lotto2b</b>	<b>Rcm= 35.0 MPa</b>
<b>VIADOTTO ESISTENTE FERRUZZE 1</b>	<b>Lotto2b</b>	<b>Rcm= 27.0 MPa</b>
<b>VIADOTTO ESISTENTE COMUNE</b>	<b>Lotto2b</b>	<b>Rcm= 25.5 MPa</b>
<b>VIADOTTO ESISTENTE SANTA MARIA 2</b>	<b>Lotto2b</b>	<b>Rcm= 29.0 MPa</b>
<b>VIADOTTO ESISTENTE SANTA MARIA 1</b>	<b>Lotto2b</b>	<b>Rcm= 29.0 MPa</b>
<b>VIADOTTO ESISTENTE MONTAGNOLA 2</b>	<b>Lotto2b</b>	<b>Rcm= 18.0 MPa</b>
<b>VIADOTTO ESISTENTE MONTAGNOLA 1</b>	<b>Lotto2b</b>	<b>Rcm= 18.0 MPa</b>

Figura 1 – Estratto da elaborato PAVERT02\_31\_4137

GRUPPO P.L.P. ai sensi della legge n.1080/71 con D.M. n. 3494 del 28/05/2014

LABORATORIO TECNOLOGICO SPERIMENTALE

<b>DIVISIONE CALCESTRUZZI</b>	<b>RAPPORTO DI PROVA A COMPRESIONE</b> (D.M.14 Gennaio 2008 - UNI EN 12390-3:2009)
<p>Racalmuto : 03/12/2015</p> <p>Rapporto n.: 141/02    Del : 03/12/2015    Data Consegna in Laboratorio : 25/11/2015</p> <p>Richiedente : BOLOGNETTA S.c.p.a.</p> <p>Indirizzo : .....</p> <p>Cantiere : Itinerario Palermo-Agrigento. Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal Km 14.4 compreso il tratto di raccordo della rotatoria Bolognetta, al Km 48.0, compresi i raccordi con le attuali S.S.189 e S.S.121. <b>Rif. Ordine:</b> Bolognetta S.c.p.a. n°81-Bol del 18/06/2013 <b>Affidatario:</b> P.L.P. S.r.l.</p> <p>Proprietario o Ente Appaltante : ANAS S.p.a. Direzione Regionale per la Sicilia</p> <p>Impresa Esecutrice : BOLOGNETTA S.c.p.a.</p> <p>Direttore dei Lavori : ING. FULVIO GIOVANNINI</p>	
<p>Natura Campione : V.tto Frattina 2 - Campata 5 (C6) - V.tto Frattina 2 - Campata 4 (C7)                      V.tto Frattina 2 - Campata 6 (C8) - V.tto Frattina 2 - Campata 2 (C9)                      V.tto Frattina 2 - Campata 3 (C10)</p>	
<p>R'ck Dichiarato : ****    Dos. Dichiarato : ****    Cemento Dichiarato : ****</p>	

(\*) 1MPa = 1N/mm<sup>2</sup>    **RISULTATI DELLE PROVE**

Sigla	Camp. Rettificato (***)	Dimensioni (mm)	Peso (gr)	Area (mmq)	Resistenza Unitaria MPa(*)	Tipo di Rottura (**)	Data Prelievo Dichiarata	Data Prova
C6	SI	113.5    115.1	2788	10112.57	35.09	1	****	02/12/2015
C7	SI	113.5    116.2	2852	10112.57	35.89	1	****	02/12/2015
C8	SI	113.5    115.3	2762	10112.57	38.29	1	****	02/12/2015
C9	SI	113.5    116.5	2799	10112.57	34.80	1	****	02/12/2015
C10	SI	113.5    117.1	2841	10112.57	38.07	1	****	02/12/2015

**Attrezzatura di Prova:** Macchina Matest Tipo C068 SN C068\*1\*04 Centralina Mod. C068 SN C14\*49\*04  
 (\*\*)Tipo di Rottura: 1) Soddisfacente; 2) Non Soddisfacente.  
 (\*\*\*) La rettifica viene eseguita se il campione non rispetta le tolleranze dimensionali UNI EN 12390-1:2012

Note : Estrazione eseguita a cura della Committenza

Lo Sperimentatore  
*(Gemy Eduardo Romano)*

IL Direttore del Laboratorio  
*Arch. Rosario Gajdi*

**SEDE LEGALE:** Via Cutinelli, 121/C (Parco del Ciliegio) – 84081 BARONISSI(SA) – Casella postale n.41  
**LABORATORIO AUTORIZZATO:** C.da Zaccanello S.S. 640 km 25 – 92020 RACALMUTO (AG) n.41  
 Tel. 0922 942718 – Fax 0922 837845 – Cell. 348 3617323 – 342 8094006  
 R.E.A. SA n. 381187 – P. IVA/C.F.: 0461790 065 1  
 E-mail: info@laboratoriopl.p.l.p.it – www.plpgroup.it

Numero Verde  
800.04 05 06

Figura 2 - Certificati prove a compressione dicembre 2015 – saggi viadotto esistente Frattina 2

### **Resistenza di calcolo a compressione del calcestruzzo**

Per il calcestruzzo la resistenza di calcolo a compressione  $f_{cd}$  é:

$$f_{cd} = \alpha_{cc} f_{ck} / (\gamma_C \times FC)$$

dove:

$\alpha_{cc}$  è il coefficiente riduttivo per le resistenze di lunga durata;

$\gamma_C$  è il coefficiente parziale di sicurezza relativo al calcestruzzo;

$f_{ck}$  è la resistenza caratteristica cilindrica a compressione del calcestruzzo a 28 giorni.

Il coefficiente  $\gamma_C$  è pari ad 1,5.

Il fattore di confidenza  $FC=1,35$ .

Il coefficiente  $\alpha_{cc}$  è pari a 0,85.

### **Resistenza a trazione dell'acciaio**

Passando alle barre di acciaio presenti nella sezione esistente, si ottiene un valore della resistenza caratteristica a snervamento  $f_{yk}$ .

Seguendo i medesimi livelli di conoscenza citati per il calcestruzzo, si procede con il calcolo del coefficiente di sicurezza parziale

$$\gamma_s = \gamma'_s * FC$$

in modo da ottenere conseguentemente il valore di progetto

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma'_s}$$

Il fattore di confidenza  $FC=1.00$ .

## 4.2 MATERIALI PER IL RINFORZO E RESISTENZE DI CALCOLO

Per il rinforzo della soletta e per la ricostruzione e l'ampliamento dei cordoli esistenti si utilizzano i seguenti materiali:

Calcestruzzo C 32/40

Classe		<b>C 32/40</b>	
Resistenza caratteristica cilindrica	$f_{ck}$	32	[N/mm <sup>2</sup> ]
Resistenza caratteristica cubica	$R_{ck}$	40	[N/mm <sup>2</sup> ]
Resistenza media a compressione	$f_{cm}$	40,0	[N/mm <sup>2</sup> ]
Resistenza media a trazione semplice	$f_{ctm}$	3,02	[N/mm <sup>2</sup> ]
Resistenza caratteristica a trazione semplice	$f_{ctk}$	2,12	[N/mm <sup>2</sup> ]
Resistenza media a trazione (per flessione)	$f_{cfm}$	3,63	[N/mm <sup>2</sup> ]
Resistenza caratteristica di aderenza	$f_{bk}$	4,76	[N/mm <sup>2</sup> ]
Fattore di sicurezza parziale	$\gamma_c$	1,5	
Coefficiente per carichi di lunga durata	$\alpha_{cc}$	0,85	
Resistenza cilindrica di progetto	$f_{cd}$	18,13	[N/mm <sup>2</sup> ]
Resistenza a trazione semplice di progetto	$f_{ctd}$	1,41	[N/mm <sup>2</sup> ]
Resistenza di aderenza di progetto	$f_{bd}$	3,18	[N/mm <sup>2</sup> ]
Modulo elastico istantaneo	$E_c$	33346	[N/mm <sup>2</sup> ]
Coefficiente di Poisson		0 (cls fessurato) < $\nu$ < 0,2 (cls non fessurato)	
Deformazione ultima	$\epsilon_{cu}$		

Acciaio da armatura lenta

Tipo		<b>B450C</b>	
Resistenza caratteristica a snervamento	$f_{yk}$	450	[N/mm <sup>2</sup> ]
Fattore di sicurezza parziale	$\gamma_s$	1,15	
Resistenza di progetto a snervamento	$f_{yd}$	391,3	[N/mm <sup>2</sup> ]
Modulo elastico	$E_s$	206000	[N/mm <sup>2</sup> ]



## 5 MODELLO DI CALCOLO DELLA SOLETTA IN C.A.

Le sollecitazioni di calcolo e di verifica del cordolo e della soletta d'impalcato si determinano in base all'applicazione del seguente sistema di carico:

- Forze trasversali: si assumono cinque forze orizzontali pari a 50kN in corrispondenza dei montanti della barriera, la cui interdistanza è stabilita in 1.25 m. Tutte le forze agiscono trasversalmente ad un'altezza di 1.00 m dal piano viabile e sono dirette verso l'esterno dell'impalcato;
- Carichi verticali: oltre al peso proprio della struttura, si considera lo Schema di Carico 2 previsto nelle NTC e costituito da due impronte di carico di dimensioni 0.35 x 0.60 m su ciascuna delle quali è applicata una forza di 200 kN; le impronte sono collocate longitudinalmente in mezzeria della zona di impalcato interessata dall'applicazione del sopraindicato carico orizzontale mentre trasversalmente una è posta all'estremità della piattaforma stradale ed una distante 2.00 m da essa. Si considera un solo carico verticale da 200kN nel caso in cui tale combinazione risulti maggiormente gravosa.

Così come indicato anche nell'elaborato "PE\_VERT\_02\_31\_4137", la zona d'influenza del carico verticale degli assi delle ruote assume valore rilevante in una larghezza di appunto circa 300 cm, per cui il calcolo delle sollecitazioni è stato condotto tramite un modello a trave assumendo una porzione di soletta pari a 300 cm. La verifica a flessione è stata quindi eseguita assumendo un comportamento a trave di sezione 300x300 considerando le armature esistenti e di rinforzo (debitamente progettate in relazione alla domanda di resistenza). La verifica è stata eseguita determinando i momenti resistenti mediante il software VcaSlu Versione 7.7 del Prof. Piero Gelfi.

Per la verifica a taglio appare più adeguato un modello resistente che tenga in conto dell'effettivo comportamento a piastra della soletta, e si adotta lo stesso modello di calcolo specificato nel capitolo 3 della "Relazione tecnica e di calcolo sugli interventi locali" (elaborato "PE\_VERT\_02\_31\_4137").

## 6 ANALISI DEI CARICHI

Si riporta in seguito l'analisi dei carichi per la sezione di verifica considerata, ovvero 300 cm x 20 cm, in cui vi è la presenza dell'asse di ruote e delle due forze d'urto. La sezione di verifica è assunta con una larghezza di 300 cm, in quanto,

Carichi permanenti

Peso proprio soletta  $25 \text{ kN/m}^3 \times 0,20 \text{ m} \times 3,00 \text{ m} = 22,50 \text{ kN/m}$

Peso proprio cordolo  $25 \text{ kN/m}^3 \times 0,31 \text{ m} \times 3,00 \text{ m} = 23,25 \text{ kN/m}$

Peso guard rail e finiture  $2,00 \text{ kN} \times 3,00 \text{ m} = 6 \text{ kN}$

Peso pavimentazione strato d'usura (4 cm)  $22 \text{ kN/m}^3 \times 0,04 \text{ m} \times 3,00 \text{ m} = 2,64 \text{ kN/m}$

Strato di binder (4/19/22 cm)  $19,6 \text{ kN/m}^3 \times 0,04 \text{ m} \times 3,00 \text{ m} = 7,06 \text{ kN/m}$

$19,6 \text{ kN/m}^3 \times 0,19 \text{ m} \times 3,00 \text{ m} = 11,17 \text{ kN/m}$

$19,6 \text{ kN/m}^3 \times 0,22 \text{ m} \times 3,00 \text{ m} = 12,94 \text{ kN/m}$

Carichi accidentali

$M_{urto} = 50 \text{ kN} \times 2 \times (1,00 \text{ m} + 0,31 \text{ m} + (0,20/2 \text{ m})) \cong 150 \text{ kNm}$

$V_{assi} = 2 \times 200 \text{ kN}$

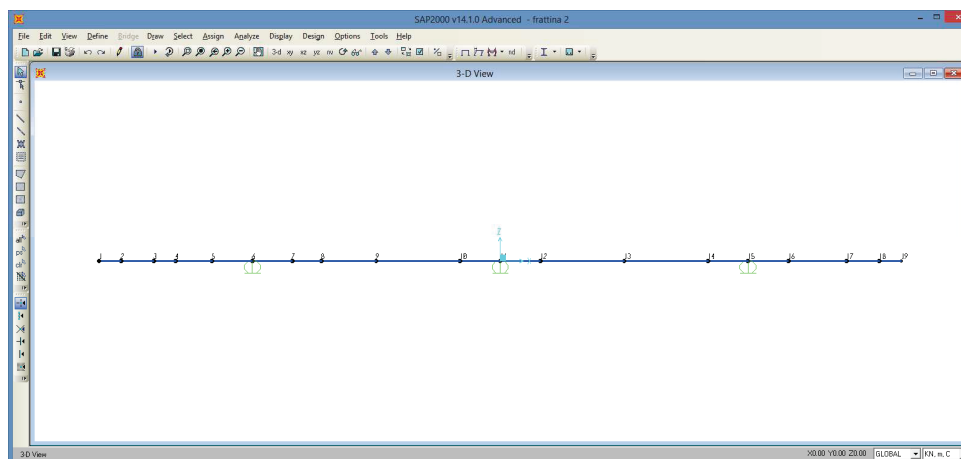


Figura 3 - modello di calcolo FEM

## Relazione di calcolo intervento locale Viadotto esistente Frattina 2

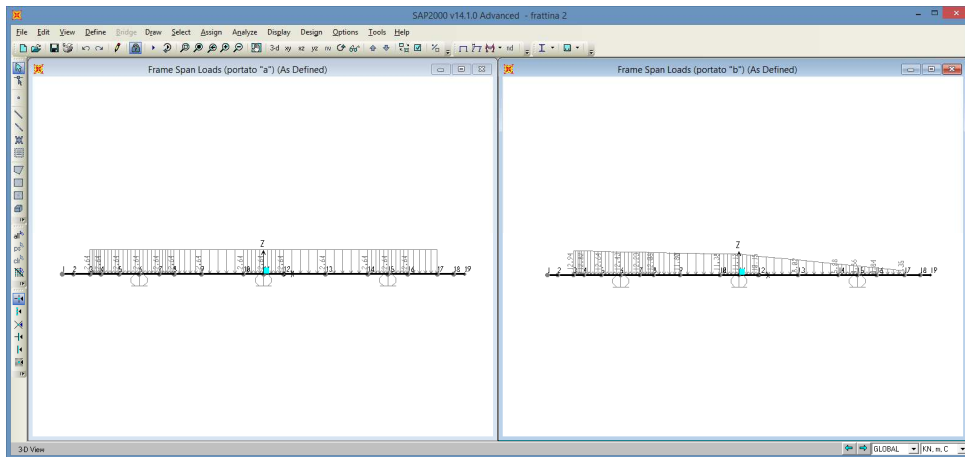


Figura 4 - carichi permanenti portati

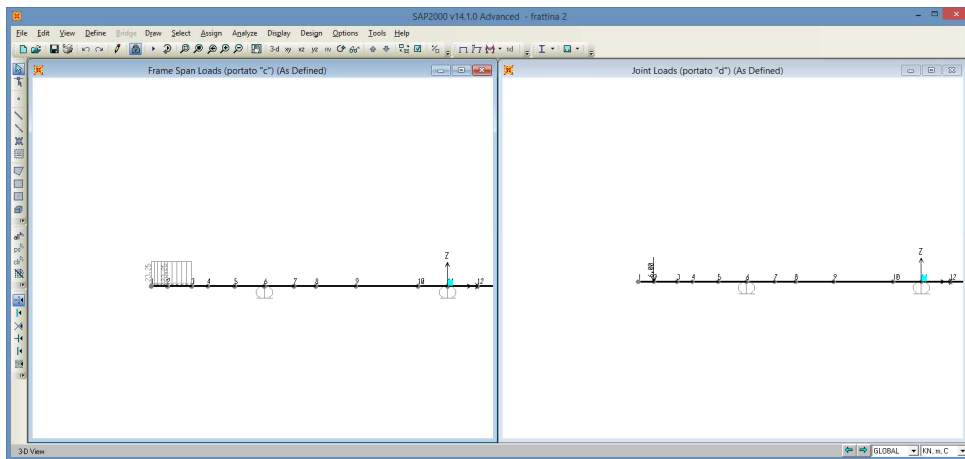


Figura 5 - carichi permanenti portati

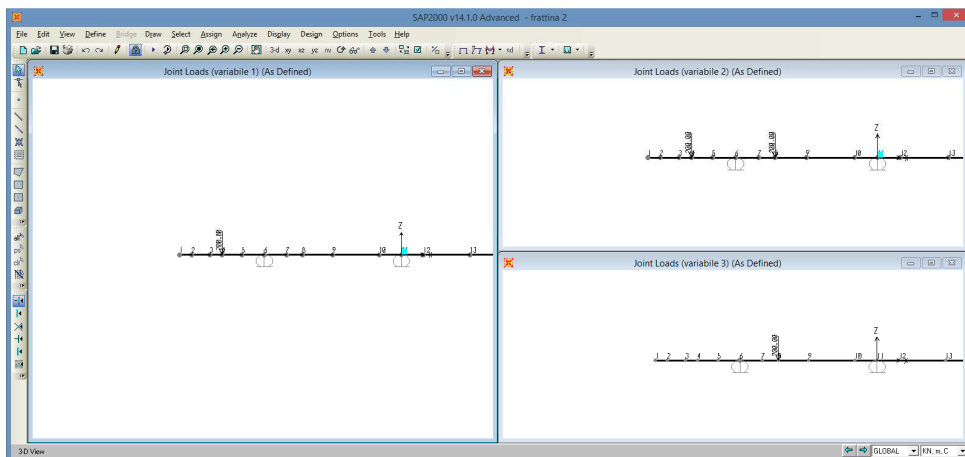


Figura 6 - carichi verticali variabili ( Schema di carico 2 previsto dalle NTC 2008)

## Relazione di calcolo intervento locale Viadotto esistente Frattina 2

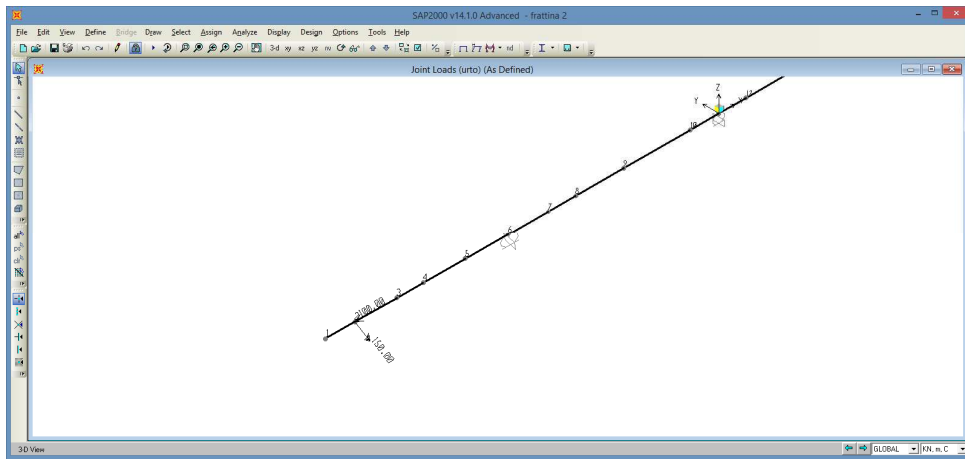


Figura 7 – Azioni sollecitanti dovute all'urto di un veicolo in svio

## 7 SOLLECITAZIONI DI VERIFICA

Si riportano in seguito di diagrammi delle sollecitazioni di calcolo ( momento flettente e taglio)

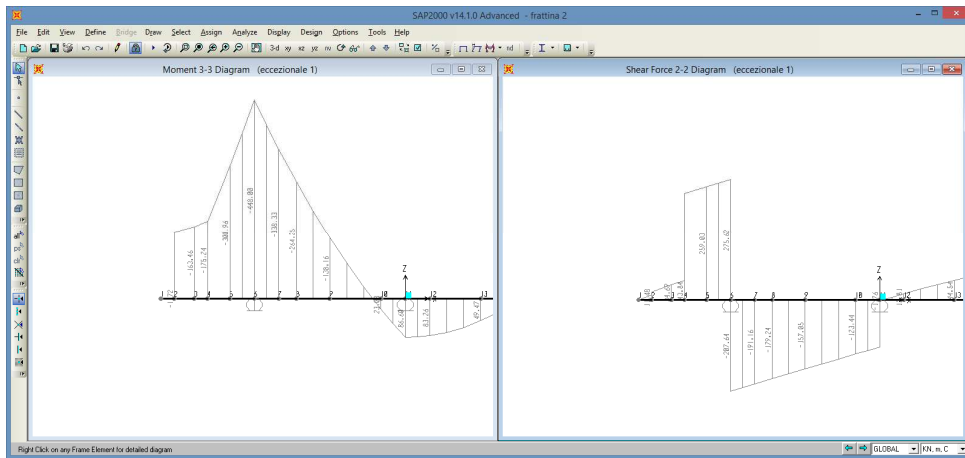


Figura 8 - Diagrammi momento flettente / taglio - combinazione 1

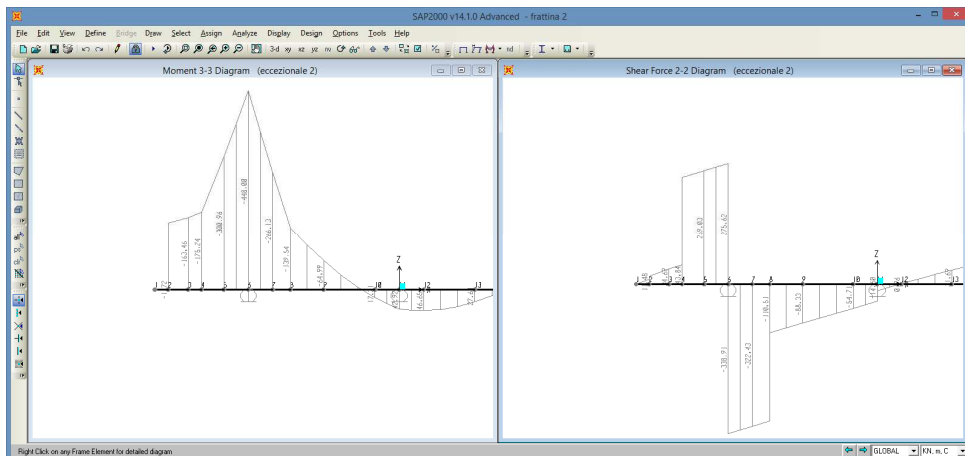


Figura 9 - Diagrammi momento flettente / taglio - combinazione 2

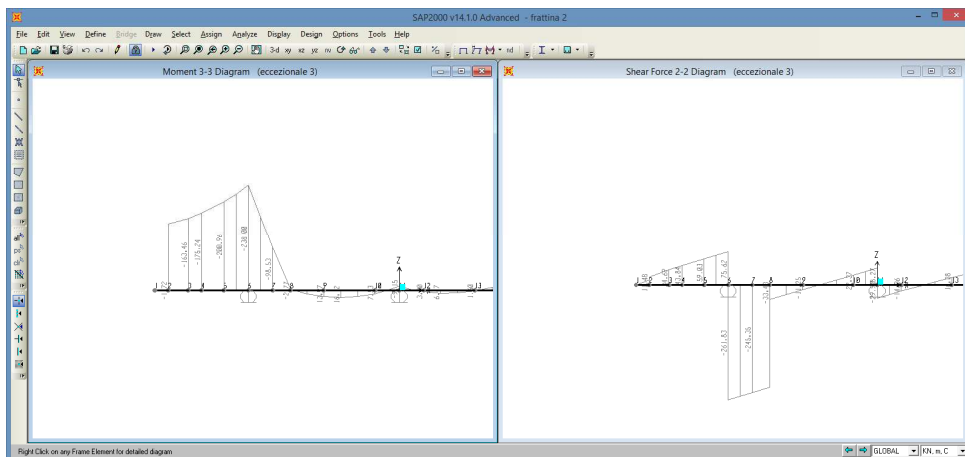


Figura 10 - Diagrammi momento flettente / taglio - combinazione 3

## 8 VERIFICHE

Si riportano in seguito le verifiche condotte sulla soletta d'impalcato considerando le caratteristiche resistenti dei materiali (calcestruzzo e acciaio) indicate nel precedente capitolo 4. In particolare come emerge dalle prove condotte e precedentemente illustrate, i parametri di resistenza adottati per il calcestruzzo esistente sono quelli corrispondenti ad un calcestruzzo di classe C25/30.

### 8.1 VERIFICA DELLA SOLETTA (parametri di resistenza di un calcestruzzo C25/30)

Per il calcolo dei momenti resistenti della soletta d'impalcato si considerano i seguenti dati:

- Armatura esistente superiore della soletta sarà costituita da  $1\Phi 12/25$  cm nella sezione corrente e da  $1\Phi 16/50$  cm +  $1\Phi 12/25$  cm +  $1\Phi 12/25$  cm sullo sbalzo della soletta.
- Il calcolo dei momenti resistenti viene condotto considerando che la sezione risulta soggetta ad uno sforzo di trazione pari a 100 kN, per cui si svolge una verifica a tensoflessione.



Figura 11 - momenti resistenti nella sezione corrente (immagine a sx) e sullo sbalzo (immagine a dx) della soletta - stato attuale



Figura 12 - momento resistente nelle sezioni di sbalzo della soletta con armatura aggiuntiva (acciaio B450C) costituita da  $\Phi 20/10$  cm - post intervento

Relazione di calcolo intervento locale Viadotto esistente Frattina 2

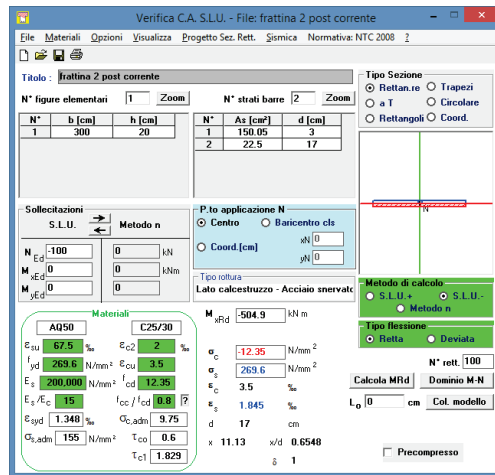


Figura 13 - momento resistente nella sezione corrente della soletta con armatura aggiuntiva (acciaio B450C) costituita da  $\Phi 20/10$  cm - post intervento

Nella seguente tabelle si riportano le verifiche a flessione della sezione in asse alla trave di impalcato.

sezione di riferimento	momenti sollecitanti			$M_{Sd}$ (kNm)	$M_{Rd}$ (kNm)	FS
	Comb 1	Comb 2	Comb 3			
Sezione "A"	-301,29	-202,84	-50,65	-301,29	-504,90	<b>1,68</b>
Sezione "B"	-448,00	-448,00	-238,00	-448,00	-534,00	<b>1,19</b>

dove

Sezione "A" posta a 0,20m dal bordo interno della trave esterna d'impalcato

Sezione "B" posta in asse della trave esterna d'impalcato

Nella seguente tabelle si riportano invece le verifiche a taglio delle principali sezioni caratteristiche. Il taglio resistente si determina secondo lo stesso modello di calcolo specificato nel capitolo 3 della "Relazione tecnica e di calcolo sugli interventi locali" (elaborato "PE\_VERT\_02\_31\_4137").

$$V_{Rd} = \frac{0.34}{\gamma_c \times FC} \times f_{ck}^{1/2} \times b \times d = 428,15 kN$$

sezione di riferimento	tagli sollecitanti			$T_{Sd}$ (kN)	$T_{Rd}$ (kN)	FS
	Comb 1	Comb 2	Comb 3			
Sezione "A" (dx)	259,03	259,03	59,03	259,03	+/-428,15	<b>1,65</b>
Sezione "B" (sx)	257,63	275,63	75,63	257,63	+/-428,15	<b>1,55</b>
Sezione "C" (dx)	-207,64	-338,91	-261,83	-338,91	+/-428,15	<b>1,26</b>

Sezione "D" (sx)      -191,16      -322,43      -245,35                      -322,43      +/-428,15      **1,33**

dove

Sezione "A" (dx)      posta sul bordo esterno della trave esterna d'impalcato in direzione del cordolo

Sezione "B" (sx)      posta in asse della trave esterna d'impalcato

Sezione "C" (dx)      posta in asse della trave esterna d'impalcato

Sezione "D" (sx)      posta sul bordo interno della trave esterna d'impalcato in direzione della mezzeria

## 8.2 VERIFICA DELL'ANCORAGGIO DEL CORDOLO

Per la verifica dell'ancoraggio del cordolo alla soletta d'impalcato, si considerano efficaci gli inghisaggi previsti dall'intervento, e costituiti da armature  $\Phi 14$  a passo 20 cm fissate con ancoranti chimici Hilti HY-200-A per una profondità efficace di ancoraggio pari 120 mm. La sollecitazione di verifica risulta la seguente:

$$M_{sd} = \frac{50 \text{ kN} \cdot 1,5 \text{ m}}{1,25 \text{ m}} = -60 \text{ kNm} / \text{m}$$

Prevedendo una lunghezza efficace di ancoraggio pari a 12 cm, il valore minimo di resistenza dell'ancoraggio risulta quello legato alla sfilamento della barra piuttosto che quello relativo alla rottura dell'acciaio.

Rottura dell'acciaio                      resistenza pari a 60235 N

Rottura combinata conica  
 del calcestruzzo e per sfilamento      resistenza pari a 42223 N

Per determinare il momento resistente della sezione in c.a. occorre limitare il valore massimo della trazione che si sviluppa nelle barre  $\Phi 14$  inghisate, al valore per cui si ha lo sfilamento delle stesse. Il momento resistente  $M_{Rd}$  risulta quindi pari a -82,16 kNm/m, superiore al valore sollecitante.

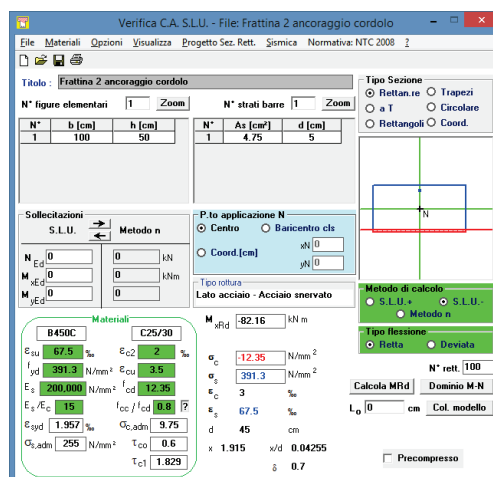


Figura 14 - momento resistente sezione del cordolo



## 9 CONCLUSIONI

Fatto presente che il fattore di sicurezza FS in termini flessionali pari a 1.16 e riportato al punto 5.1.3 della relazione di calcolo di PEA sugli interventi locali sulle solette dei viadotti esistenti (elaborato PAVERT02\_31\_4137), secondo quanto deducibile dalla stessa, è determinato assumendo come sezione di verifica quella posta in asse alla trave esterna dell'impalcato, si vuol evidenziare come per il Frattina 2 (FS=1.19), il fattore di sicurezza che si riesce ad ottenere con l'intervento proposto con la relativa M.T. risulta superiore al valore di FS indicato in P.E.A.

Nelle relazioni di calcolo dell'intervento del viadotto sono riportate le verifiche di sicurezza di un ulteriore sezione di controllo (vedi sez. "A" delle relazioni) garantendo in esse il rispetto delle verifiche di sicurezza previste.

Per quanto riguarda il fattore di sicurezza FS in termini di taglio pari a 1.57 e riportato al punto 5.1.3 dell'elaborato PARERT02\_31\_4137, risulta superiore, per il Frattina 2 (FS=1.26), al fattore di sicurezza che si riesce ad ottenere con l'intervento proposto con la relativa M.T. E' assolutamente evidente, che poiché la relazione di calcolo utilizzata per la valutazione del valore del taglio resistente per elementi non armati a taglio, è legata esclusivamente alla geometria e alle caratteristiche resistenti del calcestruzzo della sezione di verifica, riducendo la geometria (altezza variabile – larghezza costante), mantenendo costante le caratteristiche resistenti del calcestruzzo, il taglio resistente di una sezione non armata a taglio di altezza pari a 20 cm è inferiore al taglio resistente di una sezione alta 30 cm.