COMMITTENTE:

RFI RETE FERROVIARIA ITALIANA
GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE

PROGETTAZIONE:

ITALFERR
GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE

U.O. INFRASTRUTTURE SUD

PROGETTO DEFINITIVO

LINEA SALERNO - PONTECAGNANO AEROPORTO
COMPLETAMENTO METROPOLITANA DI SALERNO
TRATTA ARECHI - PONTECAGNANO AEROPORTO

SOTTOVIA

Sottovia esistente SL05 Km 7+905 (Km 66+406 LS)

Relazione di calcolo secondo DM96

SCALA: -

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC.	OPERA/DISCIPLINA	PROGR.	REV.
NN1X	00	D	78	CL	SL0500	002	B

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione Esecutiva	F.Durastanti	Sett-2020	G.Romano	Sett-2020	M.D'Avino	Sett-2020	D.Tiberti Ott-2020
B	Emissione Esecutiva	F.Durastanti	Ott-2020	G.Romano	Ott-2020	M.D'Avino	Ott-2020	

ITALFERR S.p.A. Gruppo Ferrovie dello Stato Direzione Tecnica UO Infrastrutture Sud Dott. Ing. Dario Tiberti Ordine degli Ingegneri Prov. di Napoli n. 10476

NN1X.0.0.D.78.CL.SL.05.0.0.002.B | n. Elab.:

ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	**LINEA SALERNO – PONTECAGNANO AEROPORTO COMPLETAMENTO METROPOLITANA DI SALERNO TRATTA ARECCHI – PONTECAGNANO AEROPORTO PROGETTO DEFINITIVO – SOTTOVIA**					
SOTTOVIA ESISTENTE SL05 KM 7+905 (KM 66+406 LS) Relazione di calcolo secondo DM96	COMMESSA **NN1X**	LOTTO **00 D 78**	CODIFICA **CL**	DOCUMENTO **SL.05.0.0.002**	REV. **A**	FOGLIO **1 di 32**

I N D I C E

1. PREMESSA 2

2. GEOMETRIA DELLA STRUTTURA 3

3. TOMBINO ESISTENTE 4

3.1. VERIFICHE SECONDO LA NORMA ORIGINARIA 4

3.1.1. NORMATIVA DI RIFERIMENTO 4

3.1.2. GEOMETRIA 5

3.1.3. MATERIALI 5

3.1.4. ANALISI DEI CARICHI 5

3.1.5. COMBINAZIONI DI CARICO 14

3.1.6. MODELLAZIONE ADOTTATA 17

3.1.7. CARATTERISTICHE DELLE SOLLECITAZIONI 19

3.1.7.1. INVILUPPO TENSIONI AMMISSIBILI 19

3.1.7.2. INVILUPPO FESSURAZIONI 23

3.1.8. VERIFICHE 26

1. PREMESSA

Nella presente relazione di calcolo sono condotte le verifiche, **ai sensi delle norme vigenti all'epoca della progettazione/costruzione**, relativamente ad un sottopasso esistente lungo la linea ferroviaria "Napoli-battipaglia", già realizzato con una struttura scatolare in c.a.. Lo scatolare in oggetto è situato alla progressiva 66+851.

Si riportano di seguito uno stralcio planimetrico, una sezione longitudinale e una trasversale dello scatolare in oggetto.

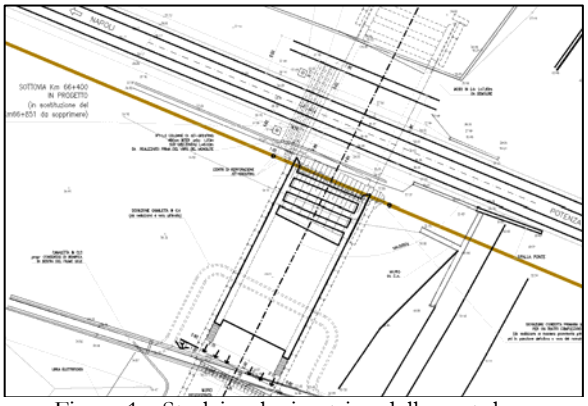


Figura 1a. Stralcio planimetrico dello scatolare

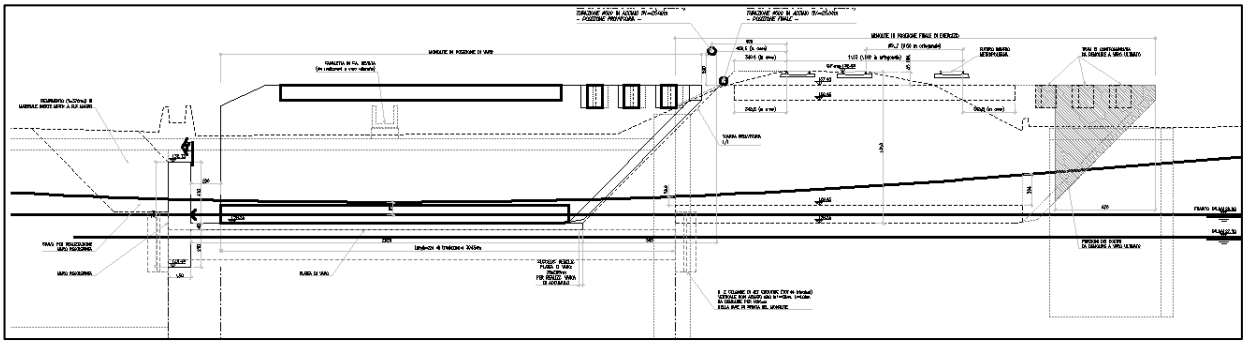


Figura 1b. Sezione longitudinale dello scatolare

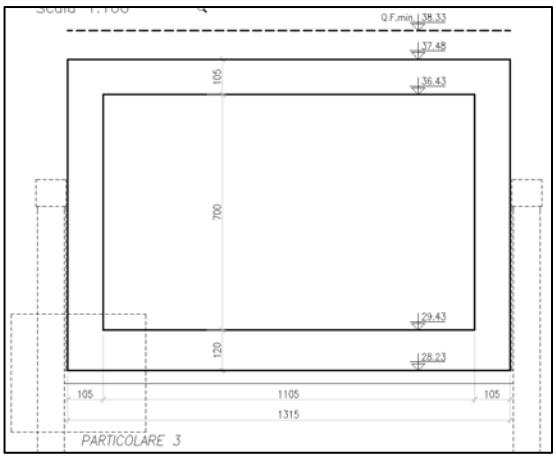


Figura 1c. Sezione trasversale dello scatolare

2. GEOMETRIA DELLA STRUTTURA

Il tombino sottopassa la linea ferroviaria ad una distanza fra piano del ferro ed estradosso soletta pari ad Hric, di cui spessore ballast Hb pari a 0.80 m e la rimanente parte il rinterro Hr. Esso ha dimensioni interne Lint × Hint, con piedritti, soletta superiore e soletta inferiore rispettivamente di spessore Sp, Ss e Sf. Nel seguito verrà esaminata una striscia di scatolare avente lunghezza di 1.00 m. Nella figura [Fig. 2] sono riportate schematicamente la geometria dell'opera e la simbologia adottata.

Le caratteristiche geometriche hanno la seguente simbologia (unità di misura metri):

Spessore medio del ballast + armamento	H_b	[m]
Spessore traversina + rotaie (35 cm)	H_{th}	[m]
Larghezza traversina	L_{th}	[m]
Spessore del rinterro	H_r	[m]
Larghezza totale del sottopasso	L_{tot}	[m]
Larghezza utile del sottopasso	L_{int}	[m]
Spessore della soletta	S_s	[m]
Spessore piedritti	S_p	[m]
Spessore fondazione	S_f	[m]
Altezza libera del sottopasso	H_{int}	[m]
Altezza totale del sottopasso	H_{tot}	[m]
Larghezza striscia di calcolo	b	[m]

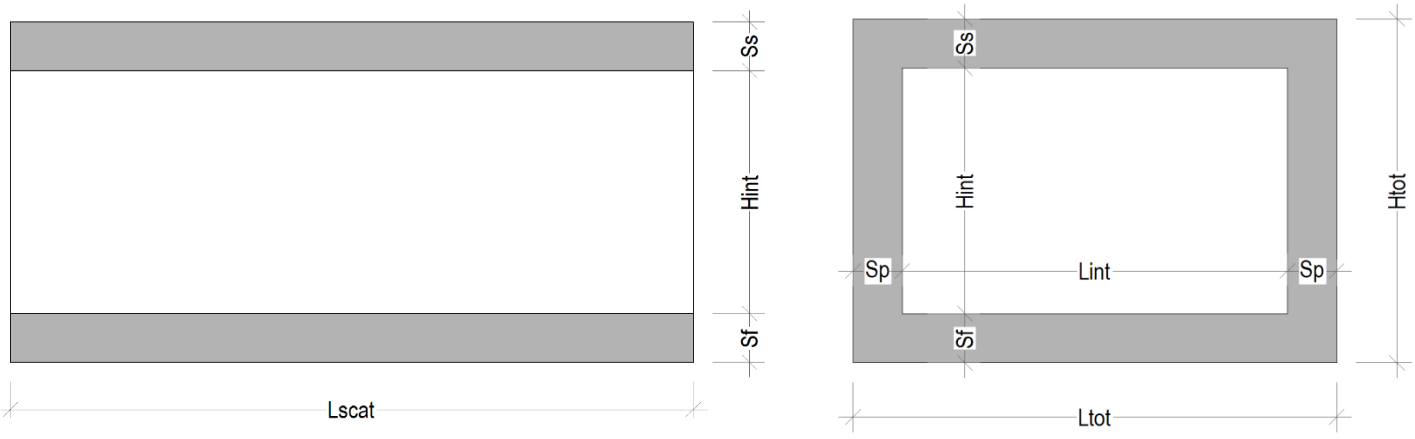


Figura 2. Simbologia adottata

3. TOMBINO ESISTENTE

3.1. VERIFICHE SECONDO LA NORMA ORIGINARIA

Nel presente paragrafo si riportano i calcoli statici relativi allo scatolare esistente, di cui in premessa, eseguiti ripercorrendo quanto previsto dalla normativa vigente al momento della realizzazione.

3.1.1. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Tutte le calcolazioni sono state eseguite nel rispetto delle normative vigente al tempo della realizzazione dello scatolare. In particolare si è fatto riferimento:

- Legge 5 Novembre 1971, n. 1086 “Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica”;
- Circolare 14 Febbraio 1974 del Ministero dei Lavori Pubblici “Istruzioni per l’applicazione della legge 5 Novembre 1971, n. 1086”;
- D.M. 16 Gennaio 1996 - Norme tecniche relative ai criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e dei sovraccarichi;
- Circolare Min. LL.PP. 10 Aprile 1997 n°65 – Istruzioni per l’applicazione delle “Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche” di cui al D.M. 16 Gennaio 1996”;
- Circolare LL.PP. 37406/STC del 24 giugno 1993 “Legge 5 Nov. 1971” n. 1086 - Istruzioni relative alle norme tecniche per l’esecuzione delle opere in C.A. normale e precompresso e per le strutture metalliche, di cui al D.M. 14.02.1992;
- CNR 10012-85 - Istruzioni per la valutazione delle azioni sulle costruzioni;
- Circolare Min. LL.PP. 5 Marzo 1985 n°25882 – Norme tecniche per le costruzioni in zona sismica. Istruzioni – coefficiente di protezione sismica I;
- D.M. 11 Marzo 1988 - Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, la esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione;
- La circolare FS n. 44/b del 9/10/1982 “Istruzioni tecniche per manufatti sotto binario da costruire in zona sismica”.
- I/SC/PS-OM/2298 “Sovraccarichi per il calcolo dei ponti ferroviari - Istruzioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo”

3.1.2. GEOMETRIA

Larghezza utile	Lint	11.05	m	*luce interna scatolare*
Altezza libera	Hint	7.00	m	*altezza interna scatolare*
Numero di canne dello scatolare	n	1.00		
Spessore piedritti	Sp	1.05	m	
Spessore soletta	Ss	1.05	m	
Spessore fondazione	Sf	1.20	m	
Altezza ballast	Hb	0.80	m	
Rinterro (superiore)	Hr	0.00	m	
Lunghezza traversa	Ltb	2.30	m	
Altezza traversa	Htb	0.35	m	
Ricoprimento	Hric	**0.80**	m	*Hb+Hr*
Larghezza totale	Ltot	**13.15**	m	*Lint+2xSPp*
Altezza totale	Htot	**9.25**	m	*Hint+SPs+SPf*

3.1.3. MATERIALI

Per le opere in c.a. si adotta:

- un calcestruzzo C (28/32) le cui caratteristiche principali sono:

Resistenza cilindrica caratteristica: f_{ck} = 28 N/mmq

Resistenza cubica caratteristica: R_{ck}= 35 N/mmq

- acciaio da cemento armato normale FeB44K (controllato) ad aderenza migliorata:

tensione ammissibile: σ = 2550 Kg/cm^2

3.1.4. ANALISI DEI CARICHI

Si riportano di seguito i carichi utilizzati per il calcolo delle sollecitazioni e le verifiche delle sezioni della struttura in esame.

Peso proprio della struttura (condizione DEAD)

Il *peso proprio* delle solette e dei piedritti viene calcolato automaticamente dal programma di calcolo utilizzato considerando per il calcestruzzo γ= 25 kN/m^3.

Peso specifico calcestruzzo armato	γds	25	kN/m^3	
peso singolo piedritto	Pp	**26.25**	kN/m	*γcls x Sp*
peso soletta superiore	Pss	**26.25**	kN/m	*γcls x Ss*
peso soletta inferiore	Psf	**30.00**	kN/m	*γcls x Sf*

Carichi permanenti portati (condizione PERM)

peso specifico ballast	γb	18	kN/m^3	
altezza ballast	Hb	0.80	m	
peso ballast	Pb	**14.40**	kN/m	*γb x Hb*
peso specifico rinterro	γr	19	kN/m^3	
altezza rinterro	Hr	0.00	m	
peso rinterro	Pr	**0.00**	kN/m	*γr x Hr*
peso specifico massetto di protezione	γm	24	kN/m^3	
altezza massetto di protezione	Hm	0.05	m	
peso massetto di protezione	Pm	**1.20**	kN/m	*γmx Hm*
Permanente totale	G2p	**15.60**	kN/m	*Pb + Pr*
Permanente nodi 1 e 2	G2P	**8.19**	kN	*G2p x Sp / 2*

I carichi concentrati nei nodi 1 e 2 (i nodi tra la soletta superiore e i piedritti), rappresentano il carico permanente sulla soletta di copertura dovuto al peso della zona sovrastante la metà dello spessore del piedritto (la modellazione dello scatolare è stata fatta in asse piedritto).

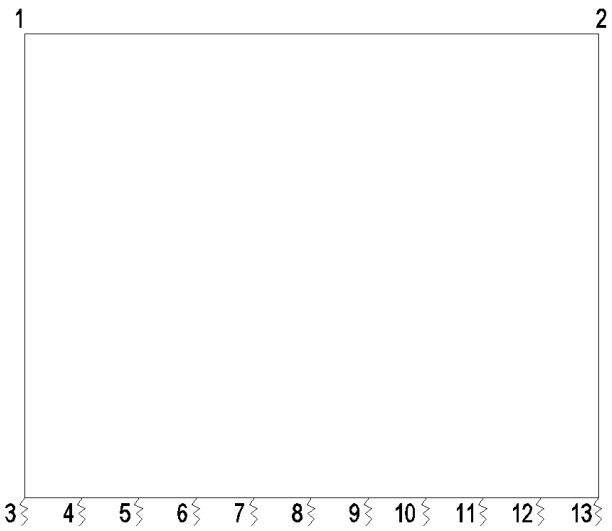


Figura 3. Numerazione dei nodi nel modello strutturale.

Spinta del terreno (condizioni SPTSX e SPTDX)

Le caratteristiche del rinterro, di seguito riportate, sono state determinate con indagini in sito SPT:

Ø=35° angolo di attrito

γ_r= 19 kN/m^3 peso specifico rinterro

C_u = 0 coesione non drenata

angolo di attrito rinterro	Ø'	35 [°]		0.611 [rad]
coefficiente spinta attiva ka	ka	0.271		*(1 - senØ) / (1 + senØ)*
coefficiente spinta riposo ko	ko	**0.426**		*(1 - senØ)*
coefficiente spinta passiva kp	kp	3.690		*(1 + senØ) / (1 - senØ)*
Pressione estradosso soletta superiore	P1	**6.14**	kN/m^2	*ko x (Pb + Pr)*
Pressione asse soletta superiore	P2	**10.39**	kN/m^2	*ko x (Pb + Pr + γr x Ss / 2)*
Pressione asse soletta inferiore	P3	**76.22**	kN/m^2	*ko x [Pb + Pr + γr x (Ss + Hint + Sf / 2)]*
Pressione intradosso soletta inferiore	P4	**81.08**	kN/m^2	*ko x (Pb + Pr + γr x Htot)*
Forza concentrata asse soletta superiore	F1	**4.34**	kN/m	*(P1+ P2) / 2 x Ss / 2*
Forza concentrata asse soletta inferiore	F2	**47.19**	kN/m	*(P3+ P4) / 2 x Sf / 2*

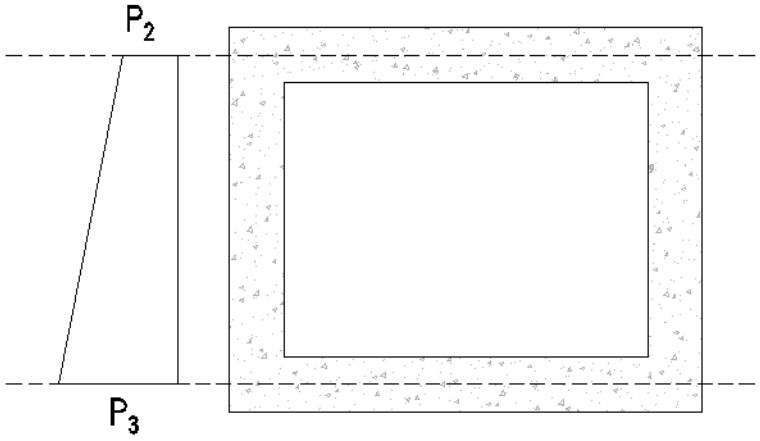


Figura 4. Spinte del terreno

I carichi concentrati nei nodi 1 e 3 (per la SPTSX) oppure 2 e 13 (per la SPTDX) rappresentano la parte di spinta del terreno esercitata su 1/2 spessore della soletta sup. e su 1/2 spessore della soletta inferiore.

Variazione della spinta del terreno in presenza di falda (condizioni SPTWSX e SPTWDX)

In presenza di falda, al termine $\sigma_H = k_0 * \gamma_T * z$ si aggiunge il termine $\Delta\sigma = \gamma_w * (1-k_0) * (z-z_w)$ per tenere conto della pressione efficace del terreno e della spinta idrostatica:

Profondità falda (zw) a partire dal p.c.	zw	8.70	m	
Peso specifico acqua (γ_W)		10.00	kN/m^3	
Altezza falda asse soletta inferiore	h1	-0.05	m	*Htot + Hr - z_W - sf*
Altezza falda intradosso soletta inferiore	h2	0.55	m	*Htot + Hr - z_W*
Pressione alla quota della falda	ΔPw1	**0.00**	kN/m^2	
Pressione asse soletta inferiore	ΔPw2	**0.00**	kN/m^2	
Pressione intradosso soletta inferiore	ΔPw3	**0.00**	kN/m^2	
Forza concentrata asse soletta inferiore	ΔFw3	**0.00**	kN/m	

Carichi accidentali, ripartizione carichi verticali (condizione ACCM)

I carichi ferroviari sono stati desunti in conformità alla specifica RFI DTC INC PO SP IFS 001 A delle Ferrovie dello Stato.

In funzione delle caratteristiche geometriche dell'opera si valuta il più sfavorevole tra il carico dovuto al treno LM 71 e il carico dovuto al treno SW/2. I due schemi di carico sono riportati nel seguito:

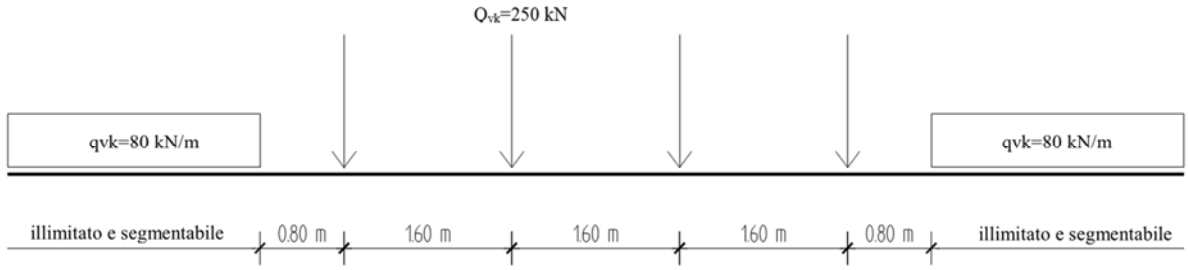


Figura 5. Treno LM71

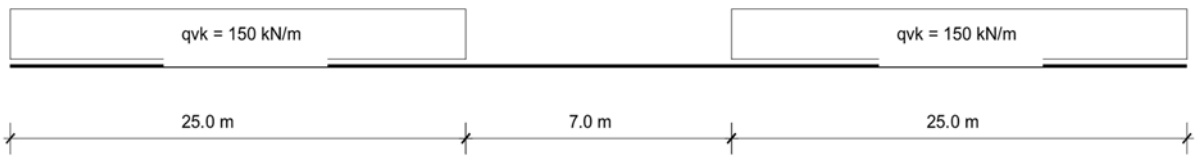


Figura 6. Treno SW/2

Per il calcolo del coefficiente dinamico Φ si fa riferimento al paragrafo 1.4.2 "effetti dinamici" delle istruzioni per la progettazione e l'esecuzione dei ponti ferroviari.
Considerando un normale standard manutentivo si ha:

(b) per linee con** normale **standard manutentivo:

$$\Phi_3 = \frac{2.16}{\sqrt{L_\phi} - 0.2} + 0.73$$

con la limitazione $1.00 \le \Phi_3 \le 2.00$ *(5.2.7)*

Per il calcolo della lunghezza caratteristica Lϕ si fa riferimento alla Tab. 1.4.2.5.3-1 di cui nel seguito se ne riporta un'estratto riguardante il caso in esame:

Caso	Elemento strutturale	Lunghezza L_Φ
	TRAVI PRINCIPALI	
5	5.1Travi e solette semplicemente appoggiate (compresi i solettoni a travi incorporate)	Luce nella direzione delle travi principali
	5.2 Travi e solette continue su n luci, indicando con: $L_m = 1/n \cdot (L_1+L_2+.....+L_n)$	$L_\phi = k \cdot L_m$ dove: n = 2 - 3 - 4 - ≥5 k = 1.2 - 1.3 - 1.4 - 1.5
	5.3 Portali:	
	- a luce singola	da considerare come trave continua a tre luci (usando la 5.2 considerando le altezze dei piedritti e la lunghezza del traverso)
	- a luci multiple	da considerare come trave continua a più luci (usando la 5.2 considerando le altezze dei piedritti terminali e la lunghezza di tutti i traversi)
	5.4 Solette ed altri elementi di scatolari per uno o più binari (sottovia di altezza libera ≤ 5.0 m e luce Per gli scatolari che non rispettano i precedenti limiti vale il punto 5.3, trascurando la presenza della soletta inferiore e considerando un coefficiente riduttivo pari a 0.9, da applicare al coefficiente Φ.	$\Phi_2 = 1.20 = \Phi_3 = 1.35$
	5.5 Travi ad asse curvilineo, archi a spinta eliminata archi senza riempimento.	metà della luce libera
	5.6 Archi e serie di archi con riempimento	due volte la luce libera
	5.7 Strutture di sospensione (di collegamento a travi di irrigidimento)	4 volte la distanza longitudinale fra le strutture di sospensione
	SUPPORTI STRUTTURALI	
6	6.1 Pile con snellezza λ>30	Somma delle lunghezze delle campate adiacenti alla pila
	6.2 Appoggi, calcolo delle tensioni di contatto al di sotto degli stessi e tiranti di sospensione	Lunghezza degli elementi sostenuti

In accordo al §1.4.2.5.2 "Coefficienti dinamici ridotti" tale coefficiente dinamico nei casi di scatolari, con o senza solettone, aventi copertura h>1,0 può essere ridotto nella seguente maniera:

$$\Phi_{rid} = \Phi - \frac{h-1,00}{10} \geq 1,0$$

dove h, in metri, è l'altezza della copertura dall'estradosso della struttura alla faccia superiore delle traverse [Hric]. Per le strutture dotatate di una copertura maggiore di 2,50 m può assumersi un coefficiente di incremeento dinamico unitario.

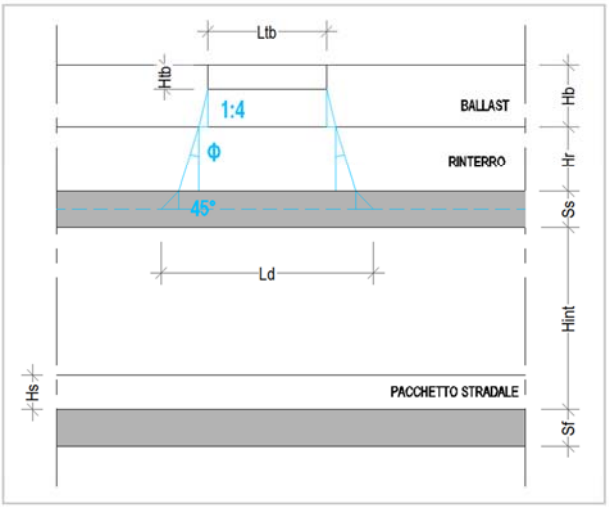


Figura 7. Schema modalità di diffusione dei carichi ferroviari

Carichi accidentali, ripartizione carichi verticali (condizione ACCM)

Standard manutentivo		NORMALE		
Lunghezza media caratteristica	Lm	9.45	m	
Numero di luci	nL	3.00		
Lunghezza caratteristica	Lϕ	12.29	m	
Incremento dinamico	Φ3	1.25		
Incremento dinamico ridotto	Φrid	1.25		
Tipo di treno di carico		SW/2		
Coefficiente di adattamento	α	1.00		
Larghezza di diffusione nel ballast	Ldb	0.23	m	*Diffusione 1:4 nel ballast*
Larghezza di diffusione nel rinterro	Ldr	0.00	m	*Diffusione secondo angolo attrito*
Larghezza di diffusione nel cls	Ldc	1.05	m	*Diffusione 45° nel cls*
Larghezza trasv. di diffusione del carico	Ld	**3.58**	m	*Ltb +Ldb + Ldr + Ldc*
Carico distribuito per treno di carico	q1	150.00	kN/m	
Carico concentrato per treno di carico	Q1	0.00	kN	
N°. carichi concentrati per treno di carico	NQ1	4		
Larghezza distribuzione carichi conc. Q1	LdQ1	**0.00**	m	
Carico ripartito vert. per treno di carico (q1)	Pq1	**52.25**	kN/m^2	*q1 x Φ 3 x α / Ld*
Carico ripartito vert. per treno di carico (Q1)	PQ1	**52.25**	kN/m^2	

Spinta sui piedritti prodotta dal sovraccarico (condizioni SPACCSX e SPACCDX)

Carico dovuto al treno	SQ1	**17.89**	kN/m^2	
Spinta semispessore soletta superiore	Fq1sup	**9.39**	kN/m	*SPQ1 x SPs / 2*
spinta semispessore soletta inferiore	Fq1inf	**10.74**	kN/m	*SPQ1 x SPi / 2*

Frenatura e avviamento (condizione AVV)

Avviamento treno di carico	Av	33.00	kN/m	
Frenatura treno di carico	Av	35.00	kN/m	
Avviamento e frenatura distribuiti	qAv	**9.79**	kN/m	*Av / Ld*

Azioni sismiche

Le sollecitazioni indotte dalle azioni sismiche orizzontali e verticali sono state valutate con un analisi di tipo statico secondo quanto prescritto al §B.4 dell'ISTRUZIONE F.S.44 b.

Le masse interessate sono quelle del peso proprio della struttura, dei sovraccarichi permanenti (condizioni di carico SISMAH e SISMAV) e dei sovraccarichi accidentali (condizione di carico ACCSISM)..

In funzione della lunghezza di calcolo dello scatolare si utilizzano i valori P1S e P2S (vedi tab.B.17.1 norme F.S.44b) dei carichi uniformi equivalenti (flettenti e taglianti) per il caclolo rispettivamente dell'azioni di taglio e flettenti; a tal proposito sono stati sviluppati due appositi modelli di calcolo.

Si considera come direzione orizzontale quella parallela al binario, perche più gravosa.

Alla spinta statica del terreno si aggiunge quella dovuta alla masse del terreno che in fase sismica è una massa oscillante (condizioni SPSDX e SPSSX), tale azione è stata calcolata in accordo con quanto prescritto al §B.13 della suddetta Istruzione.

In aggiunta a queste pressioni sismiche, dobbiamo anche sommare quella indotta, in fase sismica, dal carico del treno, quando esso è sopra il terreno a lato della parete verticale. Questo sovraccarico sul treno induce un incremento di spinta del terreno sulla parete. Quest'incremento di spinta sulla parete è una pressione uniforme il cui valore è dato dal carico accidentale, inteso come pressione verticale, per il coefficiente di spinta sismico k_h (condizioni di carico SPACCSISMDX e SPACCSISMSX).

Parametri sismici

Grado di sismicità	S	9		
Coefficiente di intensità sismica	C	0.07		*(S-2)/100*
Coefficiente di risposta	R	1.0		
Coefficiente di fondazione	ε	1.25		
Coefficiente di struttura	β	1.0		
Coefficiente di protezione sismica	I	1.0		
Coefficiente sismico	**Kh**	**0.09**		*C x R x ε x β x I*

Forze di inerzia (condizione SismaH)

Forza orizz su soletta di copertura (flettente)	F'h	**5.66**	kN/m	*(Pss+Pb+Pr+P1s/Ld) x kh*
Forza orizz su soletta di copertura (tagliante)	F'h	**6.17**	kN/m	*(Pss+Pb+Pr+P2s/Ld) x kh*
Altezza in asse piedritti	Hasse,p	8.125	m	
Forza orizzontale in testa al singolo piedritto	F"h	**4.59**	kN/m^2	*(kh*Pp) * 2*
Forza orizzontale alla base del singolo piedritt	F"h	**0.00**	kN/m^2	

Forze di inerzia (condizione SismaV)

Forza vert su soletta di copertura (flettente)	F"v	**11.33**	kN/m^2	*2 * (Pss+Pb+Pr+Ps1/Ld) x kh*
Forza vert su soletta di copertura (tagliante)	F"v	**12.35**	kN/m^2	*2 * (Pss+Pb+Pr+Ps2/Ld) x kh*

Forza dovuta al treno in fase sismica (condizione ACCSISM)

Sovraccarichi ISTRUZIONE 44b (flettenti)	P1s	86.10	kN/m	*Tabella B.17.1*
Sovraccarichi ISTRUZIONE 44b (taglianti)	P2s	106.90	kN/m	*Tabella B.17.1*
Larghezza trasv. di diffusione del carico	Ld	**3.58**	m	*Ltb +Ldb + Ldr + Ldc*
Carico verticale soletta copertura (flettente)	qsism	**24.08**	kN/m^2	*P1s/Ld*
Carico verticale soletta copertura (tagliante)	qsism	**29.90**	kN/m^2	*P2s/Ld*

Spinta del treno in fase sismica (condizione SPACCSISMDX e SPACCSISMDX)

Increm di spinta treno fase sismica (flettente)	QWsup	**10.27**	kN	*k0 * P1s / Ld*
Spinta semispessore soletta sup (flettente)	Fq1sup	**5.39**	kN/m	*SPQ1 x SPs / 2*
spinta semispessore soletta inf (flettente)	Fq1inf	**6.16**	kN/m	*SPQ1 x SPi / 2*
Increm di spinta treno fase sismica (tagliante)	QWsup	**12.75**	kN	*k0 * P2s / Ld*
Spinta semispessore soletta sup (tagliante)	Fq1sup	**6.69**	kN/m	*SPQ1 x SPs / 2*
spinta semispessore soletta inf (tagliante)	Fq1inf	**7.65**	kN/m	*SPQ1 x SPi / 2*

Spinta sismica terreno - (condizioni SPSDX e SPSSX)

FLETTENTI

Angolo tra superficie terreno e orizzontale	eps	0.0	[°]	
Angolo tra intradosso muro e verticale	beta	0.0	[°]	
Angolo di attrito rinterro	Ø'	35.0	[°]	
Rapp. angoli attrito: δ(muro-rinterro) / Φ'	cfd	0.0		*δ / Ø'*
Angolo incremento sismico	θ	4.0	[°]	*arctg(C)*
Coeff. di spinta sismico (Mononobe Okabe)	ka'	0.310		*ka' = ka [eps + θ; β + θ; Φ' ; cfd ; C]*
Forza di inerzia treno di carico - (%)	%	100%		
Pressione estradosso soletta sup. comb.sismica	P1s	10.43	kN/m^2	*ka x (Pb + Pr + % x qsism)*
Pressione intradosso soletta inf. comb.sismica	P4s	58.06	kN/m^2	*ka x (Pb + Pr+ % x qsism+ γr x Htot)*
Pressione estradosso soletta sup. fase sismica	P1's	11.92	kN/m^2	*ka' x (Pb + Pr + % x qsism)*
Pressione intradosso soletta inf. fase sismica	P4's	66.34	kN/m^2	*ka' x (Pb + Pr+ % x qsism + γr x Htot)*
Spinta orizzontale combinazione sismica	F	316.74	kN/m	*(P1s + P4s) / 2 x Htot*
Spinta orizzontale fase sismica	F'	361.96	kN/m	*(P1's + P4's) / 2 x Htot*
Coefficiente moltiplicativo spinta fase sismica	A	0.998		*cos^2(β + θ) / (cos^2(β) x cos(θ))*
Spinta orizzontale fase sismica	Fs	361.08	kN/m	*A x F'*
Incremento sismico spinta	ΔF	44.34	kN/m	*Fs - F*
Incremento distrib. estradosso soletta superiore	ΔP1	9.59	kN/m^2	*ΔF x 2 / Htot*
Incremento distrib. asse soletta superiore	ΔP2	**9.04**	kN/m^2	*ΔP1 / Htot x (Sf + Hint + Ss / 2)*
Incremento distrib. asse soletta inferiore	ΔP3	**0.62**	kN/m^2	*ΔP1 / Htot x (Sf / 2)*
Incremento distrib. intradosso soletta inferiore	ΔP4	0.00	kN/m^2	
Incremento concentrato asse soletta superiore	ΔF1	**4.89**	kN/m	*(ΔP1 + ΔP2) / 2 x Ss / 3*
Incremento concentrato asse soletta inferiore	ΔF2	**0.19**	kN/m	*(ΔP4 + ΔP3) / 2 x Sf / 2*

Spinta sismica terreno - (condizioni SPSDX e SPSSX)

TAGLIANTI

Angolo tra superficie terreno e orizzontale	eps	0.0	[°]	
Angolo tra intradosso muro e verticale	beta	0.0	[°]	
Angolo di attrito rinterro	Ø'	35.0	[°]	
Rapp. angoli attrito: δ(muro-rinterro) / Φ'	cfd	0.0		*δ / Ø'*
Angolo incremento sismico	θ	4.0	[°]	*arctg(C)*
Coeff. di spinta sismico (Mononobe Okabe)	ka'	0.310		*ka' = ka [eps + θ; β + θ; Φ' ; cfd ; C]*
Forza di inerzia treno di carico - (%)	%	100%		
Pressione estradosso soletta sup. comb.sismica	P1s	12.01	kN/m^2	*ka x (Pb + Pr + % x qsism)*
Pressione intradosso soletta inf. comb.sismica	P4s	59.63	kN/m^2	*ka x (Pb + Pr+ % x qsism+ γr x Htot)*
Pressione estradosso soletta sup. fase sismica	P1's	13.72	kN/m^2	*ka' x (Pb + Pr + % x qsism)*
Pressione intradosso soletta inf. fase sismica	P4's	68.15	kN/m^2	*ka' x (Pb + Pr+ % x qsism + γr x Htot)*
Spinta orizzontale combinazione sismica	F	331.32	kN/m	*(P1s + P4s) / 2 x Htot*
Spinta orizzontale fase sismica	F'	378.63	kN/m	*(P1's + P4's) / 2 x Htot*
Coefficiente moltiplicativo spinta fase sismica	A	0.998		*cos^2(β + θ) / (cos^2(β) x cos(θ))*
Spinta orizzontale fase sismica	Fs	377.70	kN/m	*A x F'*
Incremento sismico spinta	ΔF	46.38	kN/m	*Fs - F*
Incremento distrib. estradosso soletta superiore	ΔP1	10.03	kN/m^2	*ΔF x 2 / Htot*
Incremento distrib. asse soletta superiore	ΔP2	**9.46**	kN/m^2	*ΔP1 / Htot x (Sf + Hint + Ss / 2)*
Incremento distrib. asse soletta inferiore	ΔP3	**0.65**	kN/m^2	*ΔP1 / Htot x (Sf / 2)*
Incremento distrib. intradosso soletta inferiore	ΔP4	0.00	kN/m^2	
Incremento concentrato asse soletta superiore	ΔF1	**5.12**	kN/m	*(ΔP1 + ΔP2) / 2 x Ss / 3*
Incremento concentrato asse soletta inferiore	ΔF2	**0.20**	kN/m	*(ΔP4 + ΔP3) / 2 x Sf / 2*

3.1.5. COMBINAZIONI DI CARICO

Le azioni descritte nel paragrafo precedente ed utilizzate nelle combinazioni di carico vengono di seguito riassunte:

Peso proprio	DEAD
Carichi permanenti	PERM
Spinta del terreno sulla parete sinistra	SPTSX
Spinta del terrenno sulla parete destra	SPTDX
Variazione spinta terreno per falda parete sinistra	SPTWSX
Variazione spinta terreno per falda parete destra	SPTWDX
Carico Accidentale	ACCM

Spinta del carico acc. sulla parete sinistra	SPACCSX
Spinta del carico acc. sulla parete destra	SPACCDX
Avviamento e frenatura	AVV
Ritiro	RITIRO
Azioni dovute al sisma in direzione orizzontale	SISMA_H
Azioni dovute al sisma in direzione verticale	SISMA_V
Treno di carico in fase sismica	ACCSISM
Incremento di spinta dovuto al treno in fase sismica parete sinistra	SPACCSISMSX
Incremento di spinta dovuto al treno in fase sismica parete destra	SPACCSISMDX
Incremento di spinta del terreno dovuto al sisma parete sinistra	SPSSX
Incremento di spinta del terreno dovuto al sisma parete destra	SPSDX

	ESERCIZIO							FESSURAZIONE						SISMA		
	TA01	TA02	TA03	TA04	TA05	TA06	TA07	TA08	TA09	TA10	TA11	TA12	TA13	SISMA_1_ORIZZ	SISMA_2_VERT	SISMA_3_ORIZZ+VERT
DEAD	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
PERM	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
SPTSX	0.6	0.6	0.6	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
SPTDX	0.6	0.6	0.6	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
SPTWSX	0.6	0.6	0.6	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
SPTWDX	0.6	0.6	0.6	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
ACCM	1	1	1	1	1	0	0	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0	0	0
SPACCSX	1	0	1	1	1	1	1	0.8	0	0.8	0.8	0	0.8	0	0	0
SPACCDX	0	1	1	0	1	0	1	0	0.8	0.8	0	0.8	0.8	0	0	0
AVV	1	1	0	1	1	0	0	0.8	0.8	0.8	0	0	0	0	0	0
ENV_TERM	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0	0	0
RITIRO	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0
SISMA_H	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
SISMA_V	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
ACCSISM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
SPACCSISMDX	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
SPACCSISMSX	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
SPSDX	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
SPSSX	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1

Le combinazioni di carico TA01, TA021, TA03, TA04, TA05, TA06, TA07, SISMA_1_ORIZZ, SISMA_2_VERT, SISMA_3_ORIZZ+VERT sono riferite alle verifiche tensionali alle Tensioni Ammissibili. Le combinazioni dei carico TA08, TA09, TA10, TA11, TA12, TA13 sono riferite alle verifiche di fessurazione.

3.1.6. MODELLAZIONE ADOTTATA

Il modello di calcolo attraverso il quale viene schematizzata la struttura è quello di telaio chiuso su letto di molle alla Winkler. Il programma di calcolo utilizzato è un programma ad elementi finiti, il Sap 2000.

Le caratteristiche delle aste modellate con elementi frame sono le seguenti:

Aste 1 = Sezione 100 x 120 cmq (soletta inferiore)

Aste 2¸4 = Sezione 100 x 105 cmq (piedritti)

Asta 3 = Sezione 100 x 105 cmq (soletta superiore)

L'opera è stata considerata vincolata alla base mediante dei vincoli cedevoli in funzione delle caratteristiche elastiche del terreno di sottofondo.

La soletta inferiore viene divisa in 10 elementi per poter schematizzare, tramite le molle applicate, l'interazione terreno-struttura. Per la rigidezza delle molle, nel il caso in esame, si assume il valore del Modulo di reazione verticale desunto dalla relazione geotecnica:

K_s = 10000 kN/m^3

Rigidezza molle nodali SAP

ks		10000	kN/m^3
nodi centrali (6,7,8,9,10)			
Linfl		1.210	m
Kcentrale	ks x Linfl x 1	**12100**	kN/m
nodi intermedi (4,5,11,12)			
Linfl		1.210	m
Kintermedio	1,5 x ks x Linfl x 1	**18150**	kN/m
nodi estremità (3,13)			
Linfl		1.130	m
Kestremità	2,0 x ks x Linfl x 1	**22600**	kN/m

Nodi

N.nodi	13
N.nodi sup	2
N.nodi inf	11
N.spazi inf	10
Linterasse	12.10 m
Hinterasse	8.13 m

Nodo	X	Z
1	0.000	8.125
2	12.100	8.125
3	0.000	0.000
4	1.210	0.000
5	2.420	0.000
6	3.630	0.000
7	4.840	0.000
8	6.050	0.000
9	7.260	0.000
10	8.470	0.000
11	9.680	0.000
12	10.890	0.000
13	12.100	0.000

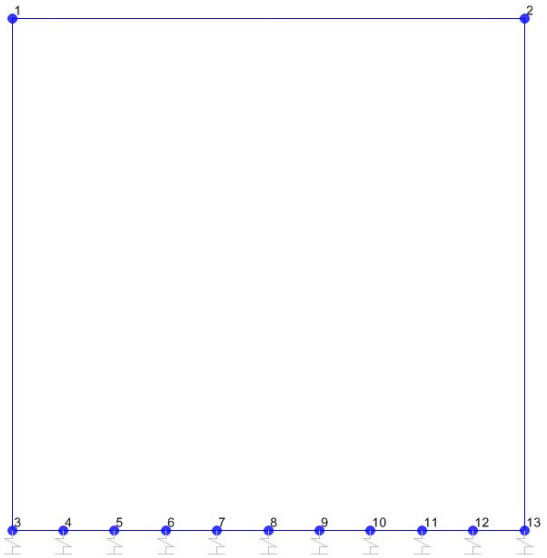


Figura 7. Numerazione nodi modello SAP

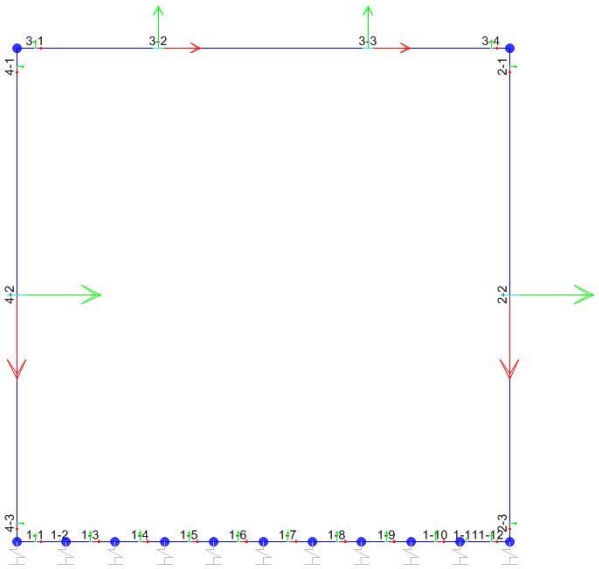


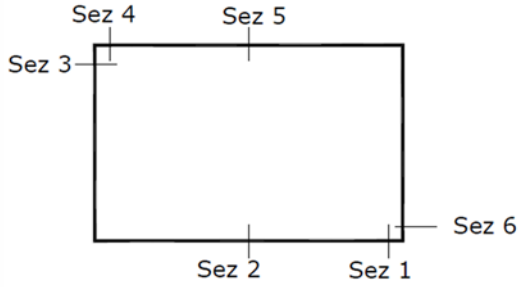
Figura 8: Individuazione elementi modello SAP

3.1.7. CARATTERISTICHE DELLE SOLLECITAZIONI

3.1.7.1. Inviluppo Tensioni Ammissibili

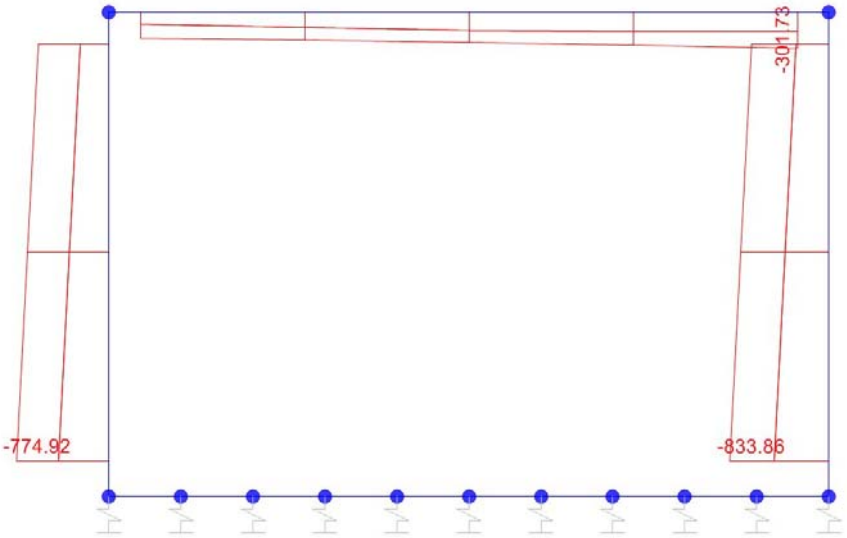
Text	m	Text	Text	Text	KN	KN	KN-m
Frame	Station	OutputCase	CaseType	StepType	P	V2	M3
1	0.525	ENVELOPE TA	Combination	Max	0.0	548.3	892.2
1	1.21	ENVELOPE TA	Combination	Max	0.0	568.9	509.6
1	1.21	ENVELOPE TA	Combination	Max	0.0	407.7	509.6
1	2.42	ENVELOPE TA	Combination	Max	0.0	444.0	67.9
1	2.42	ENVELOPE TA	Combination	Max	0.0	281.0	67.9
1	3.63	ENVELOPE TA	Combination	Max	0.0	317.3	-126.0
1	3.63	ENVELOPE TA	Combination	Max	0.0	207.5	-126.0
1	4.84	ENVELOPE TA	Combination	Max	0.0	243.8	-267.9
1	4.84	ENVELOPE TA	Combination	Max	0.0	131.5	-267.9
1	6.05	ENVELOPE TA	Combination	Max	0.0	167.8	-347.6
1	6.05	ENVELOPE TA	Combination	Max	0.0	51.3	-347.6
1	7.26	ENVELOPE TA	Combination	Max	0.0	87.6	-319.3
1	7.26	ENVELOPE TA	Combination	Max	0.0	-35.8	-319.3
1	8.47	ENVELOPE TA	Combination	Max	0.0	0.5	-233.6
1	8.47	ENVELOPE TA	Combination	Max	0.0	-94.7	-233.6
1	9.68	ENVELOPE TA	Combination	Max	0.0	-58.4	-88.5
1	9.68	ENVELOPE TA	Combination	Max	0.0	-204.1	-88.5
1	10.89	ENVELOPE TA	Combination	Max	0.0	-167.8	172.3
1	10.89	ENVELOPE TA	Combination	Max	0.0	-322.1	172.3
1	11.575	ENVELOPE TA	Combination	Max	0.0	-301.6	401.6
1	0.525	ENVELOPE TA	Combination	Min	0.0	313.1	389.6
1	1.21	ENVELOPE TA	Combination	Min	0.0	333.6	31.0
1	1.21	ENVELOPE TA	Combination	Min	0.0	197.4	31.0
1	2.42	ENVELOPE TA	Combination	Min	0.0	233.7	-409.6
1	2.42	ENVELOPE TA	Combination	Min	0.0	101.8	-409.6
1	3.63	ENVELOPE TA	Combination	Min	0.0	138.1	-660.5
1	3.63	ENVELOPE TA	Combination	Min	0.0	52.7	-660.5
1	4.84	ENVELOPE TA	Combination	Min	0.0	89.0	-816.8
1	4.84	ENVELOPE TA	Combination	Min	0.0	5.3	-816.8
1	6.05	ENVELOPE TA	Combination	Min	0.0	41.5	-880.3
1	6.05	ENVELOPE TA	Combination	Min	0.0	-58.2	-880.3
1	7.26	ENVELOPE TA	Combination	Min	0.0	-21.9	-964.4
1	7.26	ENVELOPE TA	Combination	Min	0.0	-139.7	-964.4
1	8.47	ENVELOPE TA	Combination	Min	0.0	-103.4	-943.0
1	8.47	ENVELOPE TA	Combination	Min	0.0	-225.5	-943.0
1	9.68	ENVELOPE TA	Combination	Min	0.0	-189.2	-802.7
1	9.68	ENVELOPE TA	Combination	Min	0.0	-382.3	-802.7
1	10.89	ENVELOPE TA	Combination	Min	0.0	-346.0	-436.1
1	10.89	ENVELOPE TA	Combination	Min	0.0	-554.8	-436.1
1	11.575	ENVELOPE TA	Combination	Min	0.0	-534.2	-77.4

2	0.525	ENVELOPE TA	Combination	Max	-275.1	-149.0	-352.4
2	4.025	ENVELOPE TA	Combination	Max	-367.0	-23.3	49.4
2	7.525	ENVELOPE TA	Combination	Max	-458.8	285.7	-175.3
2	0.525	ENVELOPE TA	Combination	Min	-650.2	-277.2	-1090.8
2	4.025	ENVELOPE TA	Combination	Min	-742.0	-153.8	-449.5
2	7.525	ENVELOPE TA	Combination	Min	-833.9	3.8	-562.0
3	0.525	ENVELOPE TA	Combination	Max	-98.8	-200.4	-164.7
3	3.2875	ENVELOPE TA	Combination	Max	-125.8	-84.9	693.4
3	6.05	ENVELOPE TA	Combination	Max	-152.9	58.9	889.6
3	8.8125	ENVELOPE TA	Combination	Max	-160.0	318.9	511.6
3	11.575	ENVELOPE TA	Combination	Max	-160.0	578.8	-328.5
3	0.525	ENVELOPE TA	Combination	Min	-218.1	-519.9	-565.5
3	3.2875	ENVELOPE TA	Combination	Min	-230.6	-259.9	150.5
3	6.05	ENVELOPE TA	Combination	Min	-247.6	0.0	310.2
3	8.8125	ENVELOPE TA	Combination	Min	-274.7	115.6	76.2
3	11.575	ENVELOPE TA	Combination	Min	-301.7	231.2	-910.4
4	0.525	ENVELOPE TA	Combination	Max	-244.4	188.4	760.0
4	4.025	ENVELOPE TA	Combination	Max	-336.2	46.6	460.7
4	7.525	ENVELOPE TA	Combination	Max	-428.1	-122.2	942.4
4	0.525	ENVELOPE TA	Combination	Min	-591.2	68.3	194.9
4	4.025	ENVELOPE TA	Combination	Min	-683.1	-55.8	-49.4
4	7.525	ENVELOPE TA	Combination	Min	-774.9	-355.0	362.0

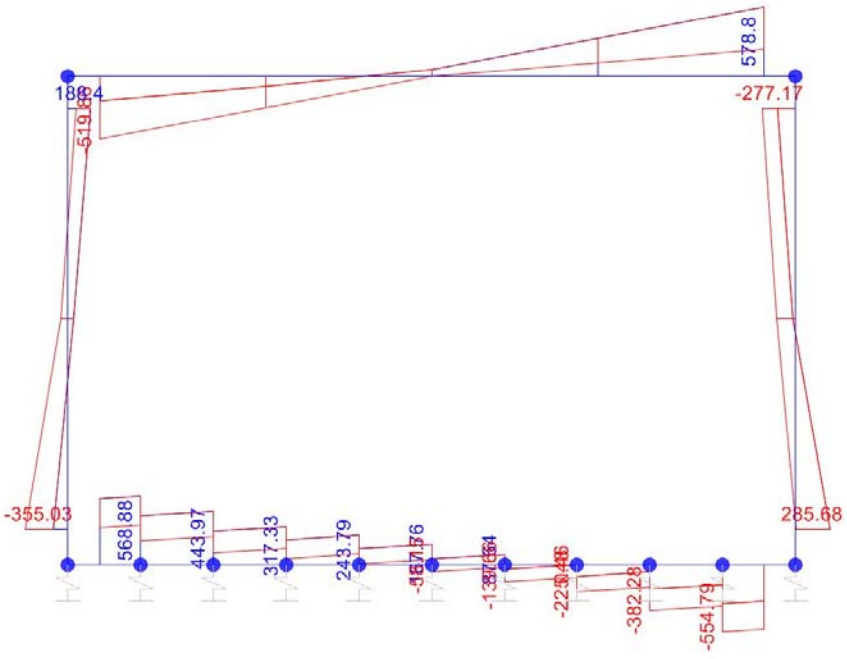


SEZIONE	P	V2	M3
01	0.0	568.9	892.2
02	0.0	0.0	964.4
03	-244.4	355.0	1090.8
04	-98.8	578.8	910.4
05	-98.8	0.0	889.6
06	-428.1	355.0	942.4

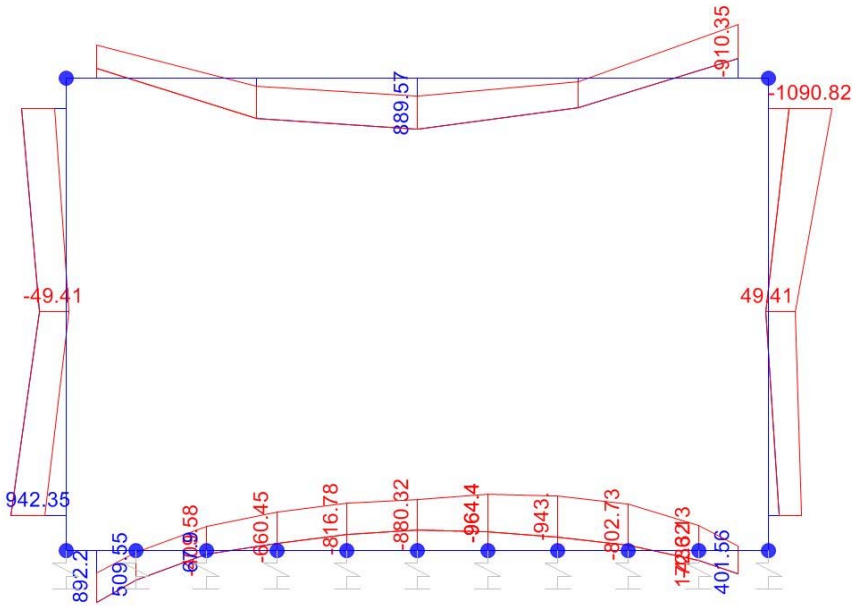
Diagrammi di inviluppo delle sollecitazioni: ENVELOPE TA



Sforzo normale



Taglio



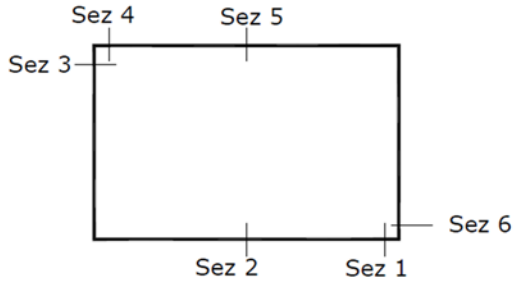
Momento Flettente

I valori V e M dei diagrammi corrispondono a quelli riportati nella tabella, mentre il valore dello sforzo normale P nei diagrammi (valore massimo) differisce da quello di verifica della tabella, pari a quello di compressione minimo.

3.1.7.2. Inviluppo Fessurazioni

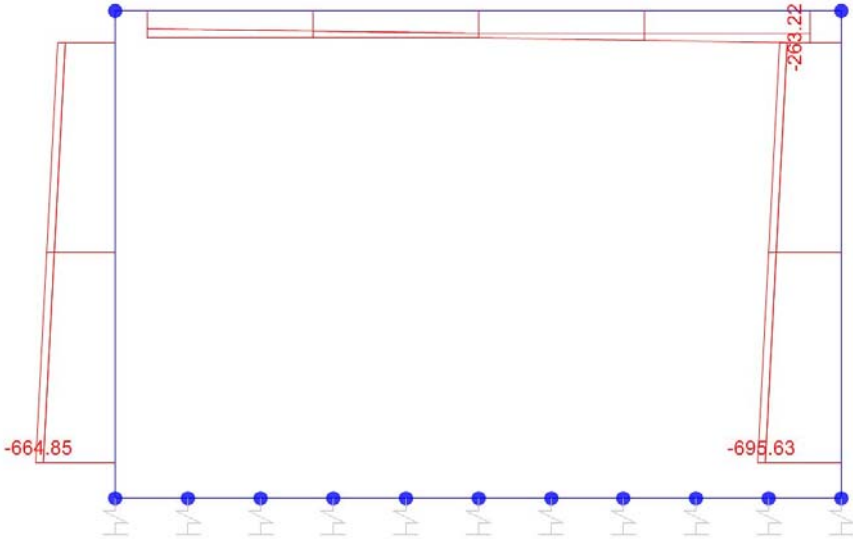
Text Frame	m Station	Text OutputCase	Text CaseType	Text StepType	KN P	KN V2	KN-m M3
1	0.525	ENVELOPE FESS	Combination	Max	0.0	456.8	765.1
1	1.21	ENVELOPE FESS	Combination	Max	0.0	477.3	445.2
1	1.21	ENVELOPE FESS	Combination	Max	0.0	334.7	445.2
1	2.42	ENVELOPE FESS	Combination	Max	0.0	371.0	18.2
1	2.42	ENVELOPE FESS	Combination	Max	0.0	226.7	18.2
1	3.63	ENVELOPE FESS	Combination	Max	0.0	263.0	-278.1
1	3.63	ENVELOPE FESS	Combination	Max	0.0	165.7	-278.1
1	4.84	ENVELOPE FESS	Combination	Max	0.0	202.0	-500.6
1	4.84	ENVELOPE FESS	Combination	Max	0.0	102.7	-500.6
1	6.05	ENVELOPE FESS	Combination	Max	0.0	139.0	-627.2
1	6.05	ENVELOPE FESS	Combination	Max	0.0	35.8	-627.2
1	7.26	ENVELOPE FESS	Combination	Max	0.0	72.1	-559.6
1	7.26	ENVELOPE FESS	Combination	Max	0.0	-37.1	-559.6
1	8.47	ENVELOPE FESS	Combination	Max	0.0	-0.8	-392.6
1	8.47	ENVELOPE FESS	Combination	Max	0.0	-118.6	-392.6
1	9.68	ENVELOPE FESS	Combination	Max	0.0	-82.3	-144.4
1	9.68	ENVELOPE FESS	Combination	Max	0.0	-275.3	-144.4
1	10.89	ENVELOPE FESS	Combination	Max	0.0	-239.0	252.0
1	10.89	ENVELOPE FESS	Combination	Max	0.0	-451.5	252.0
1	11.575	ENVELOPE FESS	Combination	Max	0.0	-431.0	568.8
1	0.525	ENVELOPE FESS	Combination	Min	0.0	435.6	242.2
1	1.21	ENVELOPE FESS	Combination	Min	0.0	456.1	-63.2
1	1.21	ENVELOPE FESS	Combination	Min	0.0	264.3	-63.2
1	2.42	ENVELOPE FESS	Combination	Min	0.0	300.6	-405.0
1	2.42	ENVELOPE FESS	Combination	Min	0.0	122.0	-405.0
1	3.63	ENVELOPE FESS	Combination	Min	0.0	158.3	-574.6
1	3.63	ENVELOPE FESS	Combination	Min	0.0	46.7	-574.6
1	4.84	ENVELOPE FESS	Combination	Min	0.0	83.0	-653.0
1	4.84	ENVELOPE FESS	Combination	Min	0.0	-23.3	-653.0
1	6.05	ENVELOPE FESS	Combination	Min	0.0	13.0	-646.8
1	6.05	ENVELOPE FESS	Combination	Min	0.0	-90.2	-646.8
1	7.26	ENVELOPE FESS	Combination	Min	0.0	-53.9	-712.0
1	7.26	ENVELOPE FESS	Combination	Min	0.0	-156.2	-712.0
1	8.47	ENVELOPE FESS	Combination	Min	0.0	-119.9	-689.1
1	8.47	ENVELOPE FESS	Combination	Min	0.0	-223.3	-689.1
1	9.68	ENVELOPE FESS	Combination	Min	0.0	-187.0	-567.6
1	9.68	ENVELOPE FESS	Combination	Min	0.0	-345.8	-567.6
1	10.89	ENVELOPE FESS	Combination	Min	0.0	-309.5	-256.4
1	10.89	ENVELOPE FESS	Combination	Min	0.0	-472.8	-256.4
1	11.575	ENVELOPE FESS	Combination	Min	0.0	-452.2	45.8

2	0.525	ENVELOPE FESS	Combination	Max	-448.4	-162.3	-505.2
2	4.025	ENVELOPE FESS	Combination	Max	-540.3	-9.7	-154.9
2	7.525	ENVELOPE FESS	Combination	Max	-632.1	286.8	-176.1
2	0.525	ENVELOPE FESS	Combination	Min	-511.9	-241.4	-858.7
2	4.025	ENVELOPE FESS	Combination	Min	-603.8	-122.2	-224.8
2	7.525	ENVELOPE FESS	Combination	Min	-695.6	124.2	-610.1
3	0.525	ENVELOPE FESS	Combination	Max	-144.9	-357.2	-210.3
3	3.2875	ENVELOPE FESS	Combination	Max	-166.6	-155.0	497.2
3	6.05	ENVELOPE FESS	Combination	Max	-188.2	47.2	646.3
3	8.8125	ENVELOPE FESS	Combination	Max	-188.2	249.3	412.2
3	11.575	ENVELOPE FESS	Combination	Max	-188.2	451.5	-380.4
3	0.525	ENVELOPE FESS	Combination	Min	-219.9	-420.8	-561.3
3	3.2875	ENVELOPE FESS	Combination	Min	-219.9	-218.6	321.8
3	6.05	ENVELOPE FESS	Combination	Min	-219.9	-16.4	631.1
3	8.8125	ENVELOPE FESS	Combination	Min	-241.6	185.8	236.7
3	11.575	ENVELOPE FESS	Combination	Min	-263.2	388.0	-731.4
4	0.525	ENVELOPE FESS	Combination	Max	-417.6	194.0	697.4
4	4.025	ENVELOPE FESS	Combination	Max	-509.5	74.8	229.3
4	7.525	ENVELOPE FESS	Combination	Max	-601.3	-171.5	780.4
4	0.525	ENVELOPE FESS	Combination	Min	-481.2	114.9	343.9
4	4.025	ENVELOPE FESS	Combination	Min	-573.0	-37.7	159.3
4	7.525	ENVELOPE FESS	Combination	Min	-664.8	-334.1	346.4

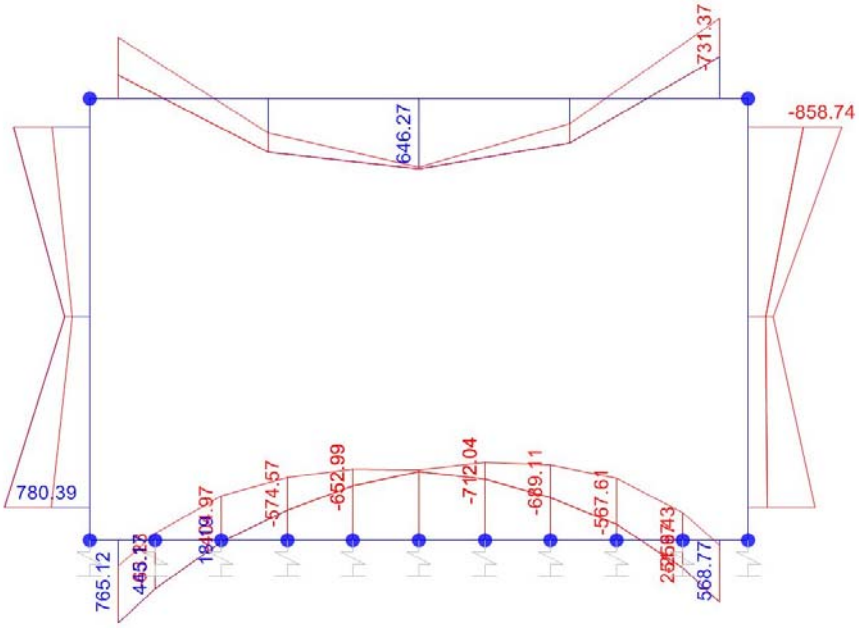


SEZIONE	P	M3
01	0.0	765.1
02	0.0	712.0
03	-417.6	858.7
04	-144.9	731.4
05	-144.9	646.3
06	-601.3	780.4

Diagrammi di inviluppo delle sollecitazioni: ENVELOPE FESS



Sforzo normale



Momento Flettente

Il valore M dei diagrammi corrisponde a quello riportato nella tabella, mentre il valore dello sforzo normale P nei diagrammi (valore massimo) differisce da quello di verifica della tabella, pari a quello di compressione minimo.

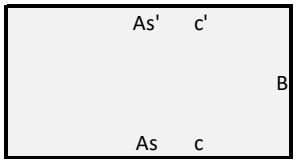
3.1.8. VERIFICHE

Oggetto:

TOMBINO SL05_Km.66+851 - Esistente Norma originaria
Sezione n°. 01

Dati di Input:

B	Base sezione rettangolare	1000	mm	**Geometria della Sezione:**
H	Altezza sezione rettangolare	1200	mm	
c'	Copriferro armatura sup. compressa	40	mm	
c	Copriferro armatura inf. Tesa	40	mm	
d	Altezza utile = H-c	1160	mm	
Rck	Resistenza caratt. Cubica calcestruzzo	35	MPa	
sa-adm	Tensione ammissibile acciaio	255	MPa	
sc-adm	Tensione ammissibile cls compressione	11.00	MPa	
tau-co	Tensione limite no armatura taglio	0.67	MPa	
N	Sforzo normale [(+)Trazione]	0.0	kN	
M	Momento flettente [(+)]	892.2	kNm	
V	Taglio [(+)]	568.9	kN	
Fi1	1° diametro armatura tesa	26		
Fi2	2° diametro armatura tesa	12		
n1	N°. Barre 1° armatura tesa	10		
n2	N°. Barre 2° armatura tesa	10		
As'	Armatura superiore compressa	3142	mmq	
As	Armatura inferiore tesa	6440	mmq	
Fi Staffe	Diametro staffe	0	mm	
s. Staffe	Passo staffe	200	mm	
bracci	Numero Bracci staffe	0		
cotθ	(proiez.orizz.)/(proiez.vert.) puntone cls	1.0	[range: 1,0-2,5]	
alpha	angolo staffe/piegati rispetto all'orizzonta	90.0°		
Asw	Area a taglio per unità di lunghezza	0	mmq/m	0.00 cmq/m
M-fess	Momento per fessurazione [(+)]	765.1	kNm	
N-fess	Sforzo normale per fessurazione [(+)Traz.]	0.0	kN	
wk-lim	Stato limite apertura fessure (Freq.Perm)	0.20	mm	



Dati di Output:

TA - Tensioni e ampiezza fessure

Sigs-sup	Tensione barre superiori [(-)Compresso]	**-51**	Mpa	Coeff.Sfrutt.	**20%**
Sigs-inf	Tensione barre inferiori [(+)Teso]	**131**	Mpa	Coeff.Sfrutt.	**51%**
Sigc-sup	Tensione cls superiore [(-)Compresso]	**-4**	Mpa	Coeff.Sfrutt.	**35%**
tau-c	Tensione tangenziale calcestruzzo	**0.54**	Mpa	Coeff.Sfrutt.	**82%**
Mcr	Momento di prima fessurazione	**886**	kNm		
wk	Ampiezza di fessura	**0.07**	mm	Coeff.Sfrutt.	**34%**

Oggetto:

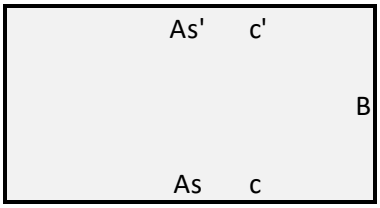
TOMBINO SL05_Km.66+851 - Esistente Norma originaria

Sezione n°. 02

Dati di Input:

B	Base sezione rettangolare	1000	mm	
H	Altezza sezione rettangolare	1100	mm	
c'	Copriferro armatura sup. compressa	40	mm	
c	Copriferro armatura inf. Tesa	40	mm	
d	Altezza utile = H-c	1060	mm	
Rck	Resistenza caratt. Cubica calcestruzzo	35	MPa	
sa-adm	Tensione ammissibile acciaio	255	MPa	
sc-adm	Tensione ammissibile cls compressione	11.00	MPa	
tau-co	Tensione limite no armatura taglio	0.67	MPa	
N	Sforzo normale [(+)Trazione]	0.0	kN	
M	Momento flettente [(+)]	964.4	kNm	
V	Taglio [(+)]	0.0	kN	
Fi1	1° diametro armatura tesa	26		
Fi2	2° diametro armatura tesa	12		
n1	N°. Barre 1° armatura tesa	10		
n2	N°. Barre 2° armatura tesa	10		
As'	Armatura superiore compressa	3142	mmq	
As	Armatura inferiore tesa	6440	mmq	
Fi Staffe	Diametro staffe	0	mm	
s. Staffe	Passo staffe	200	mm	
bracci	Numero Bracci staffe	0		
cotθ	(proiez.orizz.)/(proiez.vert.) puntone cls	1.0	[range: 1,0-2,5]	
alpha	angolo staffe/piegati rispetto all'orizzonta	90.0°		
Asw	Area a taglio per unità di lunghezza	0	mmq/m	0.00 cmq/m
M-fess	Momento per fessurazione [(+)]	712.0	kNm	
N-fess	Sforzo normale per fessurazione [(+)Traz.]	0.0	kN	
wk-lim	Stato limite apertura fessure (Freq.Perm)	0.20	mm	

Geometria della Sezione:



Dati di Output:

TA - Tensioni e ampiezza fessure

Sigs-sup	Tensione barre superiori [(-)Compresso]	**-63**	Mpa	Coeff.Sfrutt.	**25%**
Sigs-inf	Tensione barre inferiori [(+)Teso]	**156**	Mpa	Coeff.Sfrutt.	**61%**
Sigc-sup	Tensione cls superiore [(-)Compresso]	**-5**	Mpa	Coeff.Sfrutt.	**44%**
tau-c	Tensione tangenziale calcestruzzo	**0.00**	Mpa	Coeff.Sfrutt.	**0%**
Mcr	Momento di prima fessurazione	**753**	kNm		
wk	Ampiezza di fessura	**0.07**	mm	Coeff.Sfrutt.	**35%**

Oggetto:

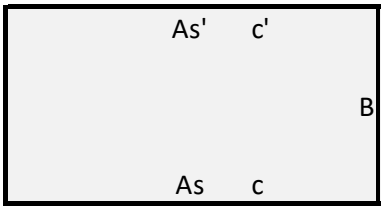
TOMBINO SL05_Km.66+851 - Esistente Norma originaria

Sezione n°. 03

Dati di Input:

B	Base sezione rettangolare	1000	mm	
H	Altezza sezione rettangolare	1050	mm	
c'	Copriferro armatura sup. compressa	40	mm	
c	Copriferro armatura inf. Tesa	40	mm	
d	Altezza utile = H-c	1010	mm	
Rck	Resistenza caratt. Cubica calcestruzzo	35	MPa	
sa-adm	Tensione ammissibile acciaio	255	MPa	
sc-adm	Tensione ammissibile cls compressione	11.00	MPa	
tau-co	Tensione limite no armatura taglio	0.67	MPa	
N	Sforzo normale [(+)Trazione]	-244.4	kN	
M	Momento flettente [(+)]	1090.8	kNm	
V	Taglio [(+)]	355.0	kN	
Fi1	1° diametro armatura tesa	26		
Fi2	2° diametro armatura tesa	26		
n1	N°. Barre 1° armatura tesa	5		
n2	N°. Barre 2° armatura tesa	5		
As'	Armatura superiore compressa	2655	mmq	
As	Armatura inferiore tesa	5309	mmq	
Fi Staffe	Diametro staffe	8	mm	
s. Staffe	Passo staffe	333	mm	
bracci	Numero Bracci staffe	2		
cotθ	(proiez.orizz.)/(proiez.vert.) puntone cls	1.0	[range: 1,0-2,5]	
alpha	angolo staffe/piegati rispetto all'orizzonta	90.0°		
Asw	Area a taglio per unità di lunghezza	302	mmq/m	3.02 cmq/m
M-fess	Momento per fessurazione [(+)]	858.7	kNm	
N-fess	Sforzo normale per fessurazione [(+)Traz.]	-417.6	kN	
wk-lim	Stato limite apertura fessure (Freq.Perm)	0.20	mm	

Geometria della Sezione:



Dati di Output:

TA - Tensioni e ampiezza fessure

Sigs-sup	Tensione barre superiori [(-)Compresso]	**-87**	Mpa	Coeff.Sfrutt.	**34%**
Sigs-inf	Tensione barre inferiori [(+)Teso]	**204**	Mpa	Coeff.Sfrutt.	**80%**
Sigc-sup	Tensione cls superiore [(-)Compresso]	**-7**	Mpa	Coeff.Sfrutt.	**60%**
tau-c	Tensione tangenziale calcestruzzo	**0.39**	Mpa	Coeff.Sfrutt.	**59%**
Mcr	Momento di prima fessurazione	**753**	kNm		
wk	Ampiezza di fessura	**0.10**	mm	Coeff.Sfrutt.	**49%**

Oggetto:

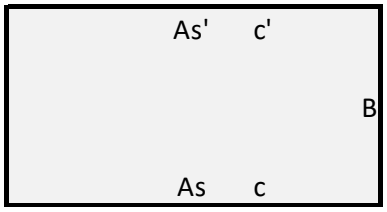
TOMBINO SL05_Km.66+851 - Esistente Norma originaria

Sezione n°. 04

Dati di Input:

B	Base sezione rettangolare	1000	mm	
H	Altezza sezione rettangolare	1050	mm	
c'	Copriferro armatura sup. compressa	40	mm	
c	Copriferro armatura inf. Tesa	40	mm	
d	Altezza utile = H-c	1010	mm	
Rck	Resistenza caratt. Cubica calcestruzzo	35	MPa	
sa-adm	Tensione ammissibile acciaio	255	MPa	
sc-adm	Tensione ammissibile cls compressione	11.00	MPa	
tau-co	Tensione limite no armatura taglio	0.67	MPa	
N	Sforzo normale [(+)Trazione]	-98.8	kN	
M	Momento flettente [(+)]	910.4	kNm	
V	Taglio [(+)]	578.8	kN	
Fi1	1° diametro armatura tesa	26		
Fi2	2° diametro armatura tesa			
n1	N°. Barre 1° armatura tesa	10		
n2	N°. Barre 2° armatura tesa			
As'	Armatura superiore compressa	3142	mmq	
As	Armatura inferiore tesa	5309	mmq	
Fi Staffe	Diametro staffe	0	mm	
s. Staffe	Passo staffe	200	mm	
bracci	Numero Bracci staffe	0		
cotθ	(proiez.orizz.)/(proiez.vert.) puntone cls	1.0	[range: 1,0-2,5]	
alpha	angolo staffe/piegati rispetto all'orizzonta	90.0°		
Asw	Area a taglio per unità di lunghezza	0	mmq/m	0.00 cmq/m
M-fess	Momento per fessurazione [(+)]	731.4	kNm	
N-fess	Sforzo normale per fessurazione [(+)Traz.]	-144.9	kN	
wk-lim	Stato limite apertura fessure (Freq.Perm)	0.20	mm	

Geometria della Sezione:



Dati di Output:

TA - Tensioni e ampiezza fessure

Sigs-sup	Tensione barre superiori [(-)Compresso]	**-69**	Mpa	Coeff.Sfrutt.	**27%**
Sigs-inf	Tensione barre inferiori [(+)Teso]	**178**	Mpa	Coeff.Sfrutt.	**70%**
Sigc-sup	Tensione cls superiore [(-)Compresso]	**-5**	Mpa	Coeff.Sfrutt.	**48%**
tau-c	Tensione tangenziale calcestruzzo	**0.64**	Mpa	Coeff.Sfrutt.	**96%**
Mcr	Momento di prima fessurazione	**704**	kNm		
wk	Ampiezza di fessura	**0.10**	mm	Coeff.Sfrutt.	**52%**

Oggetto:

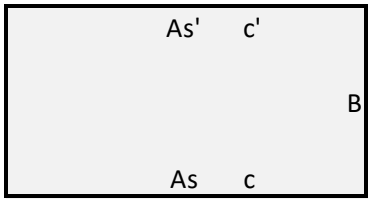
TOMBINO SL05_Km.66+851 - Esistente Norma originaria

Sezione n°. 05

Dati di Input:

B	Base sezione rettangolare	1000	mm	
H	Altezza sezione rettangolare	1050	mm	
c'	Copriferro armatura sup. compressa	40	mm	
c	Copriferro armatura inf. Tesa	40	mm	
d	Altezza utile = H-c	1010	mm	
Rck	Resistenza caratt. Cubica calcestruzzo	35	MPa	
sa-adm	Tensione ammissibile acciaio	255	MPa	
sc-adm	Tensione ammissibile cls compressione	11.00	MPa	
tau-co	Tensione limite no armatura taglio	0.67	MPa	
N	Sforzo normale [(+)Trazione]	-98.8	kN	
M	Momento flettente [(+)]	889.6	kNm	
V	Taglio [(+)]	0.0	kN	
Fi1	1° diametro armatura tesa	26		
Fi2	2° diametro armatura tesa	26		
n1	N°. Barre 1° armatura tesa	5		
n2	N°. Barre 2° armatura tesa	5		
As'	Armatura superiore compressa	2262	mmq	
As	Armatura inferiore tesa	5309	mmq	
Fi Staffe	Diametro staffe	0	mm	
s. Staffe	Passo staffe	200	mm	
bracci	Numero Bracci staffe	0		
cotθ	(proiez.orizz.)/(proiez.vert.) puntone cls	1.0	[range: 1,0-2,5]	
alpha	angolo staffe/piegati rispetto all'orizzonta	90.0°		
Asw	Area a taglio per unità di lunghezza	0	mmq/m	0.00 cmq/m
M-fess	Momento per fessurazione [(+)]	646.3	kNm	
N-fess	Sforzo normale per fessurazione [(+)Traz.]	-144.9	kN	
wk-lim	Stato limite apertura fessure (Freq.Perm)	0.20	mm	

Geometria della Sezione:



Dati di Output:

TA - Tensioni e ampiezza fessure

Sigs-sup	Tensione barre superiori [(-)Compresso]	**-71**	Mpa	Coeff.Sfrutt.	**28%**
Sigs-inf	Tensione barre inferiori [(+)Teso]	**175**	Mpa	Coeff.Sfrutt.	**68%**
Sigc-sup	Tensione cls superiore [(-)Compresso]	**-5**	Mpa	Coeff.Sfrutt.	**49%**
tau-c	Tensione tangenziale calcestruzzo	**0.00**	Mpa	Coeff.Sfrutt.	**0%**
Mcr	Momento di prima fessurazione	**699**	kNm		
wk	Ampiezza di fessura	**0.08**	mm	Coeff.Sfrutt.	**39%**

Oggetto:

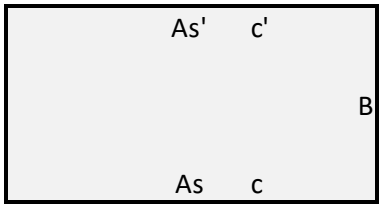
TOMBINO SL05_Km.66+851 - Esistente Norma originaria

Sezione n°. 06

Dati di Input:

B	Base sezione rettangolare	1000	mm	
H	Altezza sezione rettangolare	1050	mm	
c'	Copriferro armatura sup. compressa	40	mm	
c	Copriferro armatura inf. Tesa	40	mm	
d	Altezza utile = H-c	1010	mm	
Rck	Resistenza caratt. Cubica calcestruzzo	35	MPa	
sa-adm	Tensione ammissibile acciaio	255	MPa	
sc-adm	Tensione ammissibile cls compressione	11.00	MPa	
tau-co	Tensione limite no armatura taglio	0.67	MPa	
N	Sforzo normale [(+)Trazione]	-428.1	kN	
M	Momento flettente [(+)]	942.4	kNm	
V	Taglio [(+)]	355.0	kN	
Fi1	1° diametro armatura tesa	20		
Fi2	2° diametro armatura tesa	26		
n1	N°. Barre 1° armatura tesa	10		
n2	N°. Barre 2° armatura tesa	5		
As'	Armatura superiore compressa	2655	mmq	
As	Armatura inferiore tesa	5796	mmq	
Fi Staffe	Diametro staffe	8	mm	
s. Staffe	Passo staffe	333	mm	
bracci	Numero Bracci staffe	2		
cotθ	(proiez.orizz.)/(proiez.vert.) puntone cls	1.0	[range: 1,0-2,5]	
alpha	angolo staffe/piegati rispetto all'orizzonta	90.0°		
Asw	Area a taglio per unità di lunghezza	302	mmq/m	3.02 cmq/m
M-fess	Momento per fessurazione [(+)]	780.4	kNm	
N-fess	Sforzo normale per fessurazione [(+)Traz.]	-601.3	kN	
wk-lim	Stato limite apertura fessure (Freq.Perm)	0.20	mm	

Geometria della Sezione:



Dati di Output:

TA - Tensioni e ampiezza fessure

Sigs-sup	Tensione barre superiori [(-)Compresso]	**-77**	Mpa	Coeff.Sfrutt.	**30%**
Sigs-inf	Tensione barre inferiori [(+)Teso]	**147**	Mpa	Coeff.Sfrutt.	**58%**
Sigc-sup	Tensione cls superiore [(-)Compresso]	**-6**	Mpa	Coeff.Sfrutt.	**52%**
tau-c	Tensione tangenziale calcestruzzo	**0.39**	Mpa	Coeff.Sfrutt.	**59%**
Mcr	Momento di prima fessurazione	**795**	kNm		
wk	Ampiezza di fessura	**0.06**	mm	Coeff.Sfrutt.	**31%**

SINTESI VERIFICHE SEZIONI NOTEVOLI:							
SL	**VERIF**	**SEZ01**	**SEZ02**	**SEZ03**	**SEZ04**	**SEZ05**	**SEZ06**
TA	(sigs/sa-adm)s	**20%**	**25%**	**34%**	**27%**	**28%**	**30%**
TA	(sigs/sa-adm)i	**51%**	**61%**	**80%**	**70%**	**68%**	**58%**
TA	(sigc/sc-adm)s	**35%**	**44%**	**60%**	**48%**	**49%**	**52%**
TA	tau-c/tau-co	**82%**	**0%**	**59%**	**96%**	**0%**	**59%**
FES	wk/wklim	**34%**	**35%**	**49%**	**52%**	**39%**	**31%**
	MAX	**82%**	**61%**	**80%**	**96%**	**68%**	**59%**
	MAX	**96%**					