

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE



**INFRASTRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE DEFINITE
DALLA LEGGE OBIETTIVO N. 443/01**

**DIREZIONE TECNICA - CENTRO DI PRODUZIONE MILANO
PROGETTO DEFINITIVO PER APPALTO INTEGRATO
POTENZIAMENTO DELLA LINEA RHO-ARONA. TRATTA RHO-
GALLARATE - PRG DI RHO**

OPERE PRINCIPALI - PONTI E VIADOTTI

VI01-Ampliamento sottovia di corso Europa al Km 2+562.94 Bretella Nord

Relazione di calcolo spalle

SCALA:

-

COMMESSA LOTTO FASE ENTE TIPO DOC. OPERA/DISCIPLINA Progr. REV.

MDL1 11 D 26 CL VI0104 001 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato
A	Emissione Esecutiva	L. Fieno	07/2010			S. Borelli		

File:MDL111D26CLVI0104001A.doc

n. Elab.:

INDICE

1	PREMESSA	4
2	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	6
3	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI	7
	ANALISI DEI CARICHI	9
	PESI PROPRI STRUTTURALI	9
	<i>Pesi propri</i>	9
	<i>Sovraccarichi permanenti portati</i>	9
	AZIONI DEL VENTO.....	10
	AZIONI DA TRAFFICO FERROVIARIO	11
	<i>Carichi verticali</i>	11
	<i>Carichi orizzontali</i>	11
	AZIONI SISMICHE.....	13
	AZIONI PROVENIENTI DAL RINTERRO A TERGO DELLA SPALLA	13
	ANALISI SPALLE	15
	AZIONI SUI MICROPALI	18
	MURO FRONTALE.....	26
	PARAGHAIA	30
	PLINTO 32	
	<i>Mensola posteriore</i>	32
	<i>Mensola anteriore</i>	34
3.1	MURO DI RISVOLTO.....	35

1 PREMESSA

Nel presente documento si tratta delle analisi delle sollecitazioni e delle verifiche di resistenza relative alle spalle del nuovo sottopasso di Corso Europa nel Comune di Rho, funzionale al potenziamento della linea Gallarate-Rho, posto alla progressiva km. 2+562.94 Bretella Nord.

L'opera è costituita da un'impalcato monobinario a travi incorporate di luce teorica 11.97m, semplicemente poggiato su due spalle in cls fondate su micropali. Per una descrizione particolareggiata si rimanda alla allegata relazione generale.

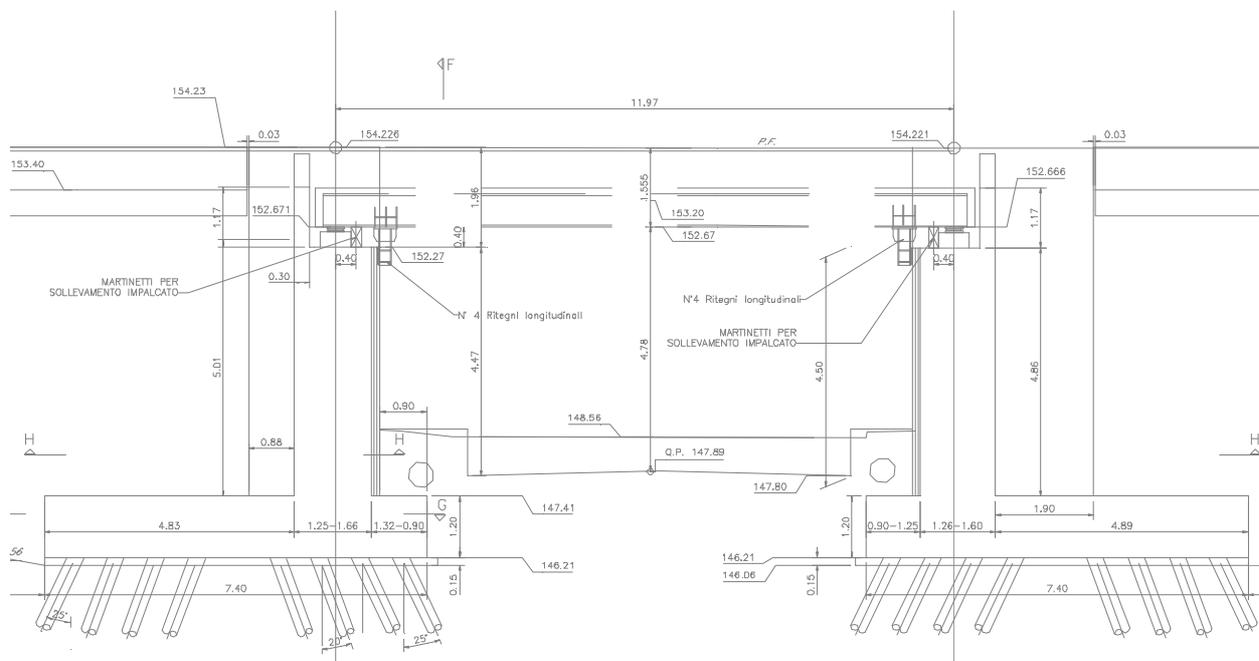


Figura 1: Sezione longitudinale opera;

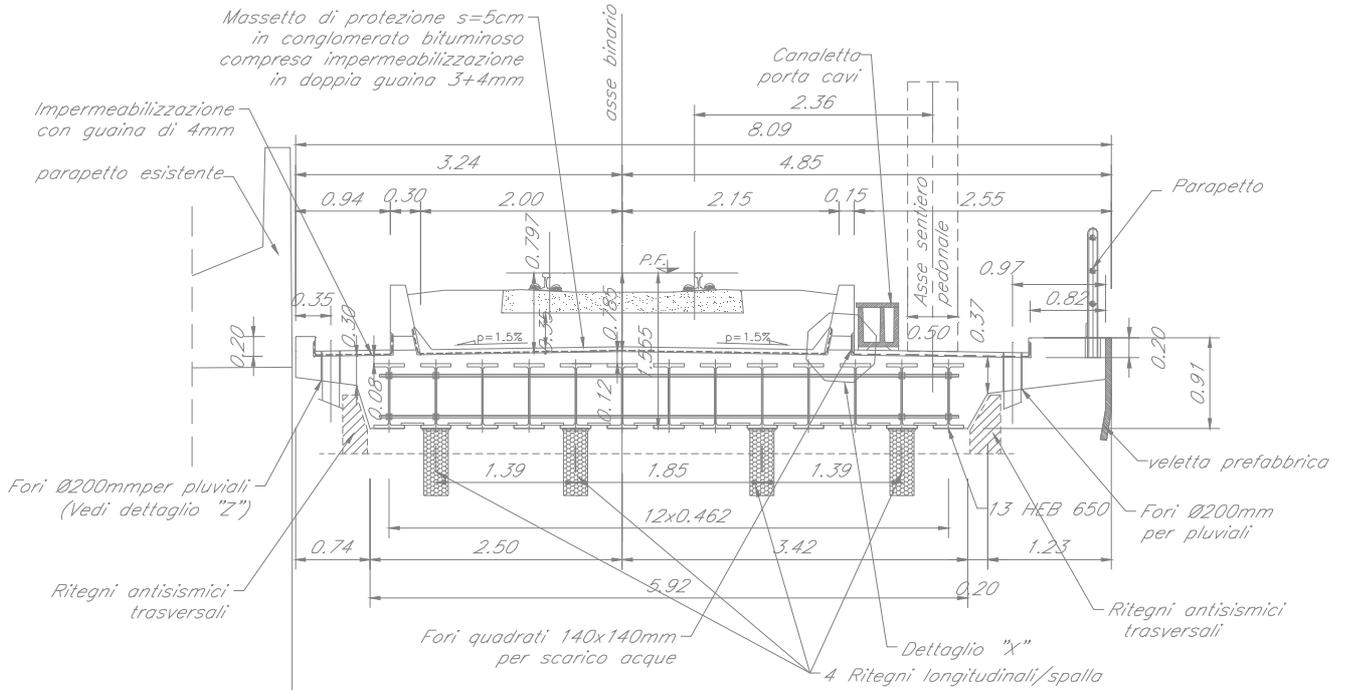


Figura 2: sezione trasversale impalcato;

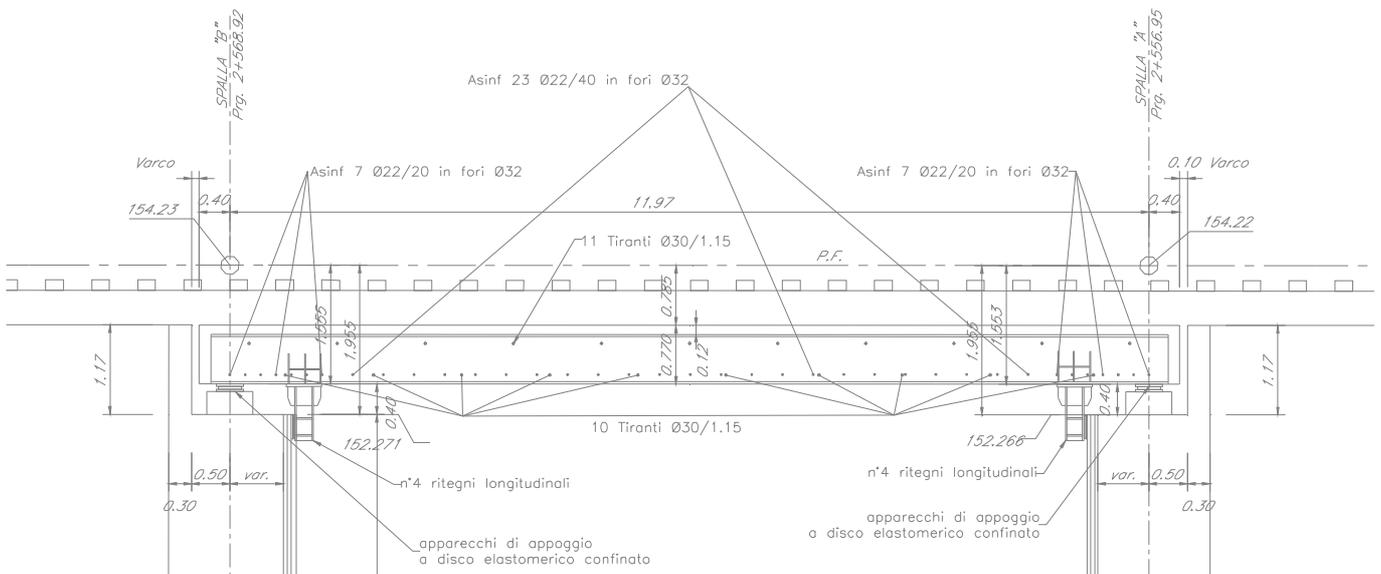


Figura 3: Carpenteria trave in acciaio HEB650;

2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

I calcoli sono svolti in ottemperanza alla Normativa vigente ed in particolare per l'azione sismica si considera un grado di sismicità $S = 6$ in quanto il viadotto si trovava in zona non classificata sismica ed con la nuova mappatura sismica del territorio nazionale è stata classificata appartenere alla zona 4 ma in accordo con le normative ferroviarie è stato dimensionato come se fosse in zona 3.

Le procedure di verifica degli elementi strutturali si basano sul metodo delle Tensioni ammissibili in accordo con le seguenti normative vigenti:

1. **L.1086 5/11/71** *Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica.*
2. **D.M. 14 febbraio 1992** *Norme tecniche l'esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche.*
3. **DM 09/01/96** *Norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche.*
4. **DM 16/01/96** *Norme tecniche relative ai "Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi".*
5. **DM 16/01/96** *Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche.*
6. **Istruzione FF.SS. 44/b** aggiornamento 16 dicembre 1997 - *Istruzioni tecniche per manufatti sotto binario da costruire in zona sismica*
7. **Istruzione FF.SS. I/SC/PS-OM/2298** aggiornamento 13 gennaio 1997: *Sovraccarichi per il calcolo dei ponti ferroviari. Istruzioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo.*
8. **Istruzione FF.SS. 44/d** : *Istruzione tecnica per la progettazione e l'esecuzione di impalcati ferroviari a travi in ferro a doppio T incorporate nel calcestruzzo.*
9. **Istruzione FF.SS. 44/e** : *Istruzione tecnica per il calcolo, l'esecuzione, il collaudo e la posa in opera dei dispositivi di vincolo e dei coprigiunti negli impalcati ferroviari e nei cavalcavia.*

3 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

CALCESTRUZZO PER SOLETTA DI IMPALCATO / ELEVAZIONI SPALLE

Rck 35 N/mm²

$$E_c = 33722 \text{ MPa}$$

$$\sigma'_c = 11.00 \text{ MPa}$$

$$\tau_{b0} = 0.67 \text{ MPa}$$

$$\tau_{b1} = 1.97 \text{ MPa}$$

CALCESTRUZZO PLINTI DI FONDAZIONE E MURI

Rck 30 N/mm²

$$E_c = 31220 \text{ MPa}$$

$$\sigma'_c = 9.75 \text{ MPa}$$

$$\tau_{b0} = 0.60 \text{ MPa}$$

$$\tau_{b1} = 1.83 \text{ MPa}$$

ACCIAIO PER ARMATURE ORDINARIE

Feb44k

$$F_{yk} = 430 \text{ N/mm}^2$$

$$E_s = 200000 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_s = 255 \text{ MPa}$$

in aggiunta e in accordo con [7] p.to 2.2.2.g, si adottano le seguenti limitazioni sui tassi di lavoro in funzione del diametro delle barre:

$$\phi_{\max} 20 \Rightarrow \sigma_{s\max} 220 \text{ MPa}$$

$$\phi_{\max} 24 \Rightarrow \sigma_{s\max} 190 \text{ MPa}$$

$$\phi_{\max} 30 \Rightarrow \sigma_{s\max} 160 \text{ MPa}$$

ACCIAIO PER CARPENTERIA METALLICA TRAVI

S275J2G3 (Ex Fe 430 D1)

$$f_{yk} = 275 \text{ N/mm}^2$$

$$E_s = 200000 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_s = 190 \text{ MPa}$$

$$\tau_s = 109.6 \text{ MPa}$$



PROGETTO DEFINITIVO PER APPALTO INTEGRATO
POTENZIAMENTO DELLA LINEA RHO-ARONA
TRATTA RHO-GALLARATE

VI01-AMPLIAMENTO SOTTOVIA DI CORSO
EUROPA - RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
MDL1	11	D 26 CL	VI 01 04 001	A	7 di 39

ACCIAIO PER CARPENTERIA ARMATURA MICROPALI

S275Jr (Ex Fe 430 b)

$f_{yk} = 275 \text{ N/mm}^2$

$E_s = 200000 \text{ N/mm}^2$

$\sigma_s = 190 \text{ MPa}$

$\tau_s = 109.6 \text{ MPa}$

ANALISI DEI CARICHI

Di seguito si riporta l'analisi dei carichi agenti globalmente sulla struttura.

Pesi propri strutturali

I pesi sono stati valutati considerando un peso specifico del cls pari a 25 kN/mc e un peso specifico dell'acciaio pari 78.5 kN/mc. Il peso del cls gettato in opera è comprensivo della soletta, delle predalle e dei marciapiedi.

Pesi propri

Travi di acciaio (HEB 650):	13 x 2.25	= 29.25 kN/ml
cls in opera	5.08 x 25	= 127.0 kN/ml
	Sommano	156.3 kN/ml

Sovraccarichi permanenti portati

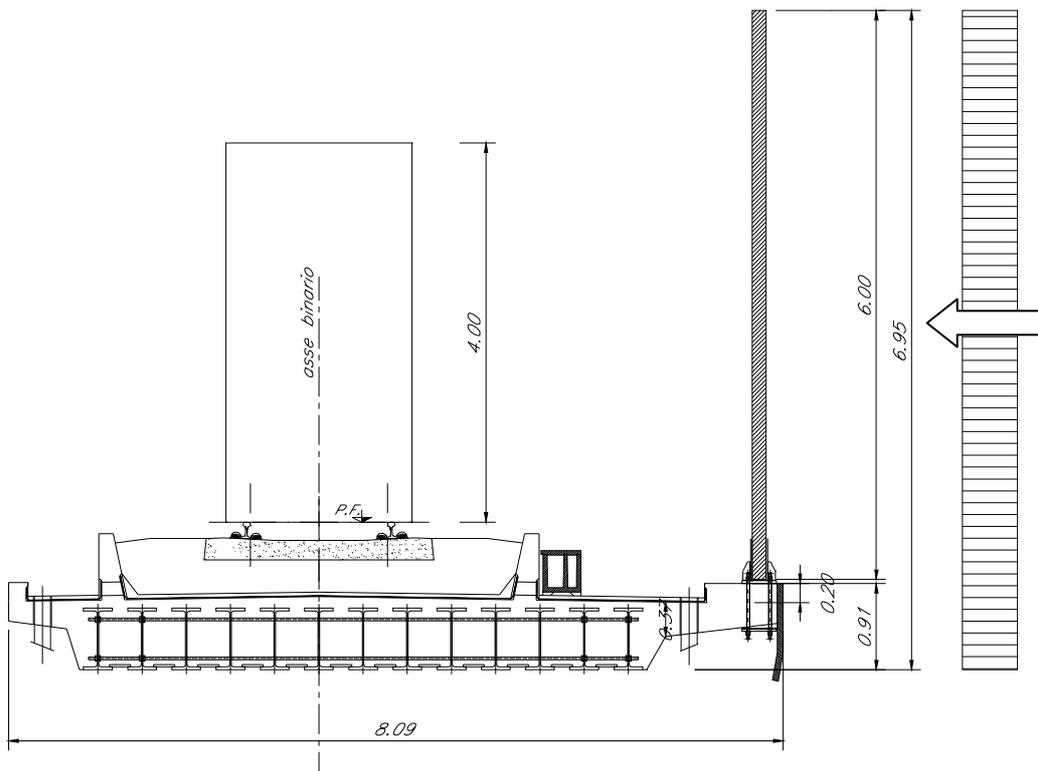
Ballast, armamento e congl. bituminoso:	4.3 x 0.8 x 18	= 61.9 kN/ml
Muretti paraballast :	0.14 x 2 x 25	= 7.0 kN/ml
Barriere antirumore (n=1) :	15 x 1	= 15.0 kN/ml
Canalette (n=1) :	4.0 x 1	= 4.0 kN/ml
	Sommano	87.9 kN/ml

Barriere antirumore e parapetti : è prevista la barriera sul solo marciapiede opposto all'opera esistente, nel lato interno il parapetto non è previsto.

Per le barriere, sulla base delle indicazioni fornite dalla committenza è stata considerata la configurazione che determina il maggior effetto flettente combinando azioni dovute al peso proprio e al vento sull'impronta esposta. Nel caso in esame è risultata più penalizzante la barriera standard con h=6.0m e peso 2kN/mq ⇒ 12 kN/ml. In favore di sicurezza, il peso della barriera utilizzato nei calcoli è pari al peso della barriera H4 che vale 15.0 kN/ml

Azioni del vento

Si applica una azione statica equivalente pari a 2.5 kN/mq. Tale pressione agisce sulla barriera antirumore e sull'altezza dell'impalcato per un'altezza complessiva di 6.95m.



$$H_t = 2.5 \times 6.95 = \pm 17.37 \text{ kN/ml}$$

Azioni da traffico ferroviario

Carichi verticali

Sono stati considerati i modelli di carico previsti dalla normativa ipotizzando il ponte di categoria A caricato con i modelli di carico di normativa disposti in modo da massimizzare le sollecitazioni di interesse ai fine delle verifiche svolte. E' stato applicato loro un coefficiente di incremento dinamico pari a 1.39 (con una luce di calcolo di 11.97m),

Carichi orizzontali

Frenatura / Avviamento

Si considera agente a livello del piano del ferro. Trattandosi di binario singolo, la situazione più gravosa si ha con il treno di calcolo SW2 in frenatura $HI = 35 \text{ kN/ml}$.

In condizioni sismiche si considera, solo contemporaneamente al sisma longitudinale, il 10% del treno sismico, quindi $1200/10 = 120 \text{ kN}$

Non si considera l'interazione binario struttura. Di seguito applicando il metodo semplificato dell'allegato delle Istruzioni sui carichi e sovraccarichi ferroviari, attuando le opportune approssimazioni per adattare al caso in esame si ottiene la seguente formulazione. A tal riguardo la presenza di un doppi vincolo fisso ancorché cedevole rende comporta delle sollecitazioni sulle spalle dovute alle variazioni termiche meno gravose, quindi quanto di seguito detemrianto rappresenta un limite superiore delle sollecitazioni effettivamente riscontrabili attuando il calcol rigorso delgi effetti di interazione.

Variazioni termiche sul binario

$$F_{ts} = \alpha_{ts1} \times \alpha_{ts2} \times \alpha_{ts3} \times L \times q \times n$$

$$\alpha_{ts1} = 0.55$$

$$\alpha_{ts2} = 1$$

$$\alpha_{ts3} = 1$$

$$q = 20 \text{ kN/m}$$

$$n = 1$$

$$L = 20.0 \text{ m}$$

$$F_{ts} = 0.55 \times 1 \times 1 \times 20 \times 20 = 220 \text{ kN}$$

Azioni di frenatura ed avviamento

$$F_{hs} = \alpha_{hs1} \times \alpha_{hs2} \times L_q \times q$$

$$\alpha_{hs1} = 0.5$$

$$\alpha_{hs2} = 1$$

$$L_q = 20$$

$$Q = 35$$

$$F_{hs} = 0.5 \times 1 \times 20 \times 35 = 350 \text{ kN}$$

Inflessione dell'impalcato per carichi verticali da traffico ferroviario

$$F_{vs} = \alpha_{vsi} \times \beta \times ((q_f/d_f)^{0.5} + (q_m/d_m)^{0.5}) \times \delta_0$$

$$\delta_0 = (0.5 - 0.4 \times X/H) \times O \times (H - X)$$

$$H = 1.555 \text{ m}$$

$$X = 1.17 \text{ m}$$

$$X/H = 0.752$$

$$O = 0.00103$$

$$\delta_0 = (0.5 + 0.4 \times 0.752) \times 0.00103 \times 0.385 = 3.17 \text{ E-4}$$

$$Q_f = 60 \text{ kN/m}$$

$$Q_m = 60 \text{ kN/m}$$

$$\alpha_{vsi} = 1$$

$$\delta_{yf0} = 2 \text{ mm}$$

$$\delta_{ym0} = 2 \text{ mm}$$

$$\delta_{yf} = \delta_{yf0} + q_f/k_{vf} = \delta_{yf0} = 2 \text{ mm}$$

$$\delta_{ym}=2\text{mm}$$

$$\beta=1732.051$$

$$F_{vs} = 1 \times 1732.051 \times 173.20 \times 2 \times 3.17E-4 = 190.2 \text{ kN}$$

$$F_{sTA1} = 220 \times 0.6 + 350 + 190.2 = 672.2 < 700 \text{ kN}$$

$$F_{sTA2} = 220 + 350 * 0.8 + 190.2 * 0.8 = 652.16 \text{ kN}$$

Pertanto si applica un'azione dovuta all'avviamento pari a $F=700\text{kN}$

Serpeggio

Si applica una forza di 100 kN applicata a livello del piano del ferro.

Azioni sismiche

Come accennato si effettua il calcolo considerando la struttura ubicata in zona sismica di III categoria secondo le indicazioni della istruzione FS44/B. I parametri dello spettro sono :

$$a/g=C R I \varepsilon \beta$$

$$C= 6-2 / 100 = 0.04$$

$$R= 1.0$$

$$\varepsilon = 1.0$$

$$\beta = 1.2 \quad \text{per l'impalcato}$$

$$\beta = 2.5 * 0.8 = 2.0 \quad \text{per le spalle}$$

$$I=1.0$$

Le masse partecipanti all'azione sismica oltre ai pesi propri e ai permanenti portati sono costituite dal treno sismico che nel caso in esame e per la luce in gioco assume i seguenti valori (Tab. B.17.1 [6]):

$$Q_t = 1200 \text{ kN} \quad \text{peso complessivo di tutti gli assi}$$

$$P_{1s} = 86.10 \text{ kN/ml} \quad \text{sovraccarico uniforme flettente}$$

$$P_{2s} = 106.90 \text{ kN/ml} \quad \text{sovraccarico uniforme tagliante}$$

Azioni provenienti dal rinterro a tergo della spalla

Per la determinazione delle azioni applicate alle spalle dal rinterro si assumo i seguenti parametri geotecnici:

$$\text{Peso di volume del rinterro} \quad \gamma = 19 \text{ kN/m}^3,$$

Angolo di attrito interno $\phi = 35^\circ$.

Ai fini della determinazione delle spinte statiche in esercizio del rinterro e dei sovraccarichi permanenti e variabili presenti si applica il coefficiente di spinta $k_0 = 0.426$.

Come sovraccarichi agenti si considera la presenza dell'armamento 14.4 kN/ml e del treno, se a favore di sicurezza. Per il treno, considerando il modello di treno teorico LM71, si applica una fascia di ripartizione che vede in direzione longitudinale una lunghezza di 6.4m e in direzione trasversale una larghezza di diffusione pari alla distanza tra i muretti paraballast, ossia 4.6m.

Pertanto il carico applicato vale

$$250 \times 4 \times 1.1 / (6.4 \times 4.6) + 14.4 = 51.76 \text{ kN/mq.}$$

Tale sovraccarico, in favore di sicurezza, si considera agente su una fascia trasversale pari alla larghezza del muro frontale.

In aggiunta si considera l'azione di un eventuale treno in frenatura (SW2) agente su una profondità calcolata considerando una diffusione a 30° del carico, ovvero

$$H / \tan 30^\circ = 7.09 / \tan 30^\circ = 12.28 \text{ m,}$$

$$HI = 35 \times 12.28 = 429.81 \text{ kN}$$

Sisma

In fase sismica si applica un'azione statica equivalente rappresentata da una sovraspinta applicata a 2/3 dallo spiccato fondazione pari a 97.96 kN corrispondente a condizioni di spinta attiva.

Il sovraccarico in condizioni sismiche si calcola prendendo il valore del sovraccarico uniforme tagliante 106.90 kN/ml, pertanto si ha:

$$106.9 / 4.6 + 14.4 = 37.63 \text{ kN/mq}$$

ANALISI SPALLE

In questo capitolo si riportano le analisi delle sollecitazioni agenti sulle spalle e relative fondazioni e le azioni sui micropali con le quali verrà svolta la verifica geotecnica.

E' stata analizzata solamente una spalla ed i risultati si possono ritenere validi anche per l'altra, dal momento che la carpenteria è del tutto simile ad eccezione di un muro laterale lato struttura esistente leggermente più lungo dell'altro (il cui peso influisce relativamente sul carico in fondazione), ma le dimensioni principali delle due spalle, quali plinto, muro frontale e muro laterale sono le stesse, così come lo sono il numero dei micropali. Le azioni provenienti dall'impalcato sono necessariamente differenti essendo la spalla A fissa e la B mobile. Per questo si analizza la spalla fissa.

La spalla in questione è una spalla asimmetrica in direzione trasversale, in quanto ha un muro laterale più lungo dell'altro che obbliga a considerare le spinte asimmetriche trasversali nonché le eccentricità della carpenteria.

Le fondazioni delle spalle sono su 84 micropali $\phi 300$ con un plinto di dimensioni 8.30 x 7.40 e altezza 1.20m.

PLINTO									
l [m]	h [m]	t [m]	p [m]	f [m]	V [m ³]	P [KN]	M [KNm]	bl [m]	bh [m]
7.40	1.20	8.30	4.83	1.11	73.70	1842.60	187.83	3.70	0.60
MURO FRONTALE									
li [m]	h [m]	t [m]	e [m]	ls [m]	V [m ³]	P [KN]	M [KNm]	bl [m]	bh [m]
1.46	4.86	8.87	0.70	1.46	62.94	1573.45	160.39	1.84	3.63
PARAGHIAIA									
l [m]	h [m]	t [m]		corr (bl)	V [m ³]	P [KN]	M [KNm]	bl [m]	bh [m]
0.30	1.17	8.87		0.00	3.11	77.83	7.93	2.42	6.65
TERRENO DI RIEMPIMENTO									
l [m]	h [m]	t [m]	l'(m)		V [m ³]	P [KN]	M [KNm]	bl [m]	bh [m]
4.83	6.03	8.07	3.95		235.04	4465.72	455.22	4.99	4.22
MURO DI RISVOLTO									
l [m]	h [m]	t [m]	n°	pos	V [m ³]	P [KN]	M [KNm]	bl [m]	bh [m]
4.83	6.03	0.80	1.00	sx	23.30	582.50	59.38	4.99	4.22

BANDIERA

l [m]	ht [m]	t [m]	n°	hi [m]	V [m ³]	P [KN]	M [KNm]	bl [m]	bh [m]
2.60	1.00	0.40	0.00	2.77	0.00	0.00	0.00	6.08	6.29

TERRENO RICOPRIMENTO FRONTALE

l [m]	h [m]	t [m]		V [m ³]	P [KN]	M [KNm]	bl [m]	bh [m]
1.11	1.00	8.30		9.21	175.05	17.84	0.56	1.70

CLS

TERRA

γ [KN/m ³]	m [KNm/m ³]	γ [KN/m ³]	m [KNm/m ³]	ϕ [°]	λ_0	H [m]	f	H1
25.00	2.55	19.00	1.94	35.00	0.426	7.23	0.50	6.03

0.27

SISMA

g [m/sec ²]	a _{g0} [g]	σ_H [g]	σ_V [g]	a _H [m/sec ²]	a _V [m/sec ²]
9.81	0.10	0.040	0.080	0.39	0.78

SOVRACCARICO ACCIDENTALE

B(q) [m]	L(fr) [m]						fr [KN/ml]	q [KN/m ²]
8.87	12.52						35.00	51.76

SOVRASPINTA SISMICA GLOBALE

							λ_a	F' [KN]	ΔF [KN]
							0.29	1289.19	95.54

Calcestruzzo fondazione RcK

Rck (Mpa)	σ'_b (Mpa)	τ_{c0} (Mpa)
30	9.75	0.60
		τ_{b1} (Mpa)
		1.83

Acciaio armatura lenta B450C

f _y (Mpa)	σ'_{adm} (Mpa)
430	255

AZIONI NON FATTORIZZATE

PESO PROPRIO SPALLA

elemento	FV [KN]	FI [KN]	Ft [KN]	bl [m]	bh [m]	Msl [KNm]	Mrl [KNm]	et [m]	Mt [KNm]
PLINTO	1842.60			3.70	0.60	6817.62			
M FRONTALE	1573.45			1.84	3.63	2895.15			
PARAGHIAIA	77.83			2.42	6.65	188.36			
MURI RISVOLTO	582.50			4.99	4.22	2903.75		-3.00	-1747.49
BANDIERE	0.00			6.08	6.29	0.00		-3.00	0.00

TOTALE

4076.38

12804.88

-1747.49

PESO TERRENO

elemento	FV [KN]	FI [KN]	Ft [KN]	bl [m]	bh [m]	Msl [KNm]	Mrl [KNm]		Mt [KNm]
RIEMPIMENTO	4465.72			4.99	4.22	22261.62			
RICOPRIMENTO	175.05			0.56	1.70	97.15			

AZIONI TRASMESSE DALL'IMPALCATO

condizione	FV [KN]	FI [KN]	Ft [KN]	bl [m]	bh [m]	Msl [KNm]	Mrl [KNm]		Mt [KNm]
ESERCIZIO PERM	1613	48	0	1.81	6.46	2919.10	312.55		727
ESERCIZIO MAX	3105	510	170	1.81	6.46	5619.66	3296.58		4119
ESERCIZIO MIN	1550	-510	-170	1.81	6.46	2804.76	-3296.58		-2666
SISMA LONG- VERT	2028	354	0	1.81	6.46	3670.47	2284.01		1425
SISMA TRASV- VERT	2015	119	177	1.81	6.46	3647.11	771.32		2876
SISMA LONG+VERT	2015	119	-177	1.81	6.46	3647.11	771.32		-26

SPINTA TERRENO

condizione	FV [KN]	FI [KN]	Ft [KN]	bl [m]	bh [m]	Msl [KNm]	Mrl [KNm]		Mt [KNm]
SPINTA		1878.30	-581.83		2.41		4526.70		-1402.21
SOVRACCARICO		1415.57	-525.76		3.62		5117.29		-2216.06
FRENATURA		438.30			3.62		1584.44		

SISMA LONGITUDINALE SPALLA

elemento	FV [KN]	FI [KN]	Ft [KN]	bl [m]	bh [m]	Msl [KNm]	Mrl [KNm]		Mt [KNm]
PLINTO		73.70			0.60		44.22		
M FRONTALE		62.94			3.63		228.46		
PARAGHIAIA		3.11			6.65		20.69		
RISVOLTI		23.30			4.22		98.21		
BANDIERE		0.00			6.29		0.00		
TOTALE		163.06					391.58		

SISMA TRASVERSALE SPALLA

elemento	FV [KN]	FI [KN]	Ft [KN]	bl [m]	bh [m]	Msl [KNm]	Mrl [KNm]		Mt [KNm]
PLINTO			73.70		0.60				44.22
M FRONTALE			62.94		3.63				228.46
PARAGHIAIA			3.11		6.65				20.69
RISVOLTI			23.30		4.22				98.21
BANDIERE			0.00		6.29				0.00
TOTALE			163.06						391.58

SISMA VERTICALE SPALLA

elemento	FV [KN]	FI [KN]	Ft [KN]	bl [m]	bh [m]	Msl [KNm]	Mrl [KNm]		Mt [KNm]
PLINTO	147.41			3.70		545.41			
M FRONTALE	125.88			1.84		231.61			
PARAGHIAIA	6.23			2.42		15.07			
TOTALE	279.51					792.09			

SOVRASPINTA SISMICA TERRENO

elemento	FV [KN]	FI [KN]	Ft [KN]	bl [m]	bh [m]	Msl [KNm]	Mrl [KNm]		Mt [KNm]
TERRENO		95.54	-95.54		4.82		460.52		-460.52

SISMA LONGITUDINALE RINTERRO

elemento	FV [KN]	FI [KN]	Ft [KN]	bl [m]	bh [m]	Msl [KNm]	Mrl [KNm]		Mt [KNm]
TERRENO		178.63			4.22		752.92		

SISMA TRASVERSALE RINTERRO

elemento	FV [KN]	FI [KN]	Ft [KN]	bl [m]	bh [m]	Msl [KNm]	Mrl [KNm]		Mt [KNm]
TERRENO			178.63		4.22				752.92

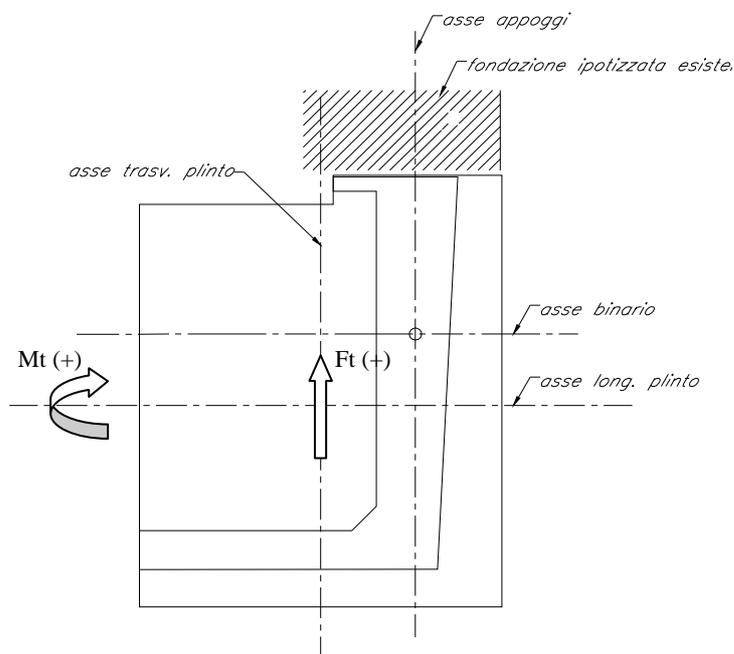
SISMA VERTICALE RINTERRO

elemento	FV [KN]	FI [KN]	Ft [KN]	bl [m]	bh [m]	Msl [KNm]	Mrl [KNm]		Mt [KNm]
TERRENO	357.26			4.99		1780.93			

Azioni sui micropali

Le azioni che vengono fornite successivamente sono quelle riferite all'intradosso del plinto e hanno il seguente significato:

- Msl = Momento stabilizzante longitudinale rispetto al piede anteriore del plinto
 Mrl = Momento ribaltante longitudinale rispetto al piede anteriore del plinto
 Ft = forza trasversale ("-" diretta verso il muro laterale più grande)
 Fl = forza longitudinale ("+" diretta verso l'impalcato)
 Mt = Momento trasversale



Si individuano sia per l'esercizio che per la fase sismica 4 condizioni di carico che involuppano tutte le peggiori condizioni di carico sommando i massimi e minimi valori delle azioni con quelle permanenti sulla base delle combinazioni fra gruppi di carico previste dalla normativa.

Esercizio 1

VERIFICA IN CONDIZIONI DI ESERCIZIO

CODICE CARICO	DESCRIZIONE		FATTOR.	FV [KN]	FI [KN]	Ft [KN]	Mt [KNm]	Msl [KNm]	Mrl [KNm]
1	PESO PROPRIO SPALLA	-	1.000	4076.38	0.00	0.00	-1747.49	12804.88	0.00
2	PESO TERRENO	RIEMPIMENTO	1.000	4465.72	0.00	0.00	0.00	22261.62	0.00
4	AZIONI TRASMESSE DALL'IMPALCATO	ESERCIZIO MAX	1.000	3104.79	510.31	169.69	4119.06	5619.66	3296.58
5	AZIONI TRASMESSE DALL'IMPALCATO	ESERCIZIO MIN	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
9	SPINTA TERRENO	SPINTA	1.000	0.00	1878.30	-581.83	-1402.21	0.00	4526.70
10	SPINTA TERRENO	SOVRACCARICO	1.000	0.00	1415.57	-525.76	-2216.06	0.00	5117.29
11	SPINTA TERRENO	FRENATURA	1.000	0.00	438.30	0.00	0.00	0.00	1584.44
2_1	PESO TERRENO	RICOPRIMENTO	1.000	175.05	0.00	0.00	0.00	97.15	0.00
N	-	-	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
N	-	-	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
N	-	-	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
N	-	-	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

TOTALE AZIONI AGENTI	FV [KN]	FI [KN]	Ft [KN]	Mt [KNm]	Msl [KNm]	Mrl [KNm]
	11821.94	4242.47	-937.90	-1246.71	40783.31	14525.02

Esercizio 2

VERIFICA IN CONDIZIONI DI ESERCIZIO

CODICE CARICO	DESCRIZIONE		FATTOR.	FV [KN]	FI [KN]	Ft [KN]	Mt [KNm]	Msl [KNm]	Mrl [KNm]
1	PESO PROPRIO SPALLA	-	1.000	4076.38	0.00	0.00	-1747.49	12804.88	0.00
2	PESO TERRENO	RIEMPIMENTO	1.000	4465.72	0.00	0.00	0.00	22261.62	0.00
4	AZIONI TRASMESSE DALL'IMPALCATO	ESERCIZIO MAX	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5	AZIONI TRASMESSE DALL'IMPALCATO	ESERCIZIO MIN	1.000	1549.59	-510.31	-169.69	-2665.71	2804.76	-3296.58
9	SPINTA TERRENO	SPINTA	1.000	0.00	1878.30	-581.83	-1402.21	0.00	4526.70
10	SPINTA TERRENO	SOVRACCARICO	1.000	0.00	1415.57	-525.76	-2216.06	0.00	5117.29
11	SPINTA TERRENO	FRENATURA	1.000	0.00	438.30	0.00	0.00	0.00	1584.44
2_1	PESO TERRENO	RICOPRIMENTO	1.000	175.05	0.00	0.00	0.00	97.15	0.00
N	-	-	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
N	-	-	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
N	-	-	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
N	-	-	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

TOTALE AZIONI AGENTI	FV [KN]	FI [KN]	Ft [KN]	Mt [KNm]	Msl [KNm]	Mrl [KNm]
	10266.74	3221.86	-1277.28	-8031.48	37968.40	7931.85

Esercizio 3

VERIFICA IN CONDIZIONI DI ESERCIZIO

CODICE CARICO	DESCRIZIONE		FATTOR.	FV [KN]	FI [KN]	Ft [KN]	Mt [KNm]	Msl [KNm]	Mrl [KNm]
1	PESO PROPRIO SPALLA	-	1.000	4076.38	0.00	0.00	-1747.49	12804.88	0.00
2	PESO TERRENO	RIEMPIMENTO	1.000	4465.72	0.00	0.00	0.00	22261.62	0.00
3	AZIONI TRASMESSE DALL'IMPALCATO	ESERCIZIO PERM	1.000	1612.76	48.38	0.00	726.67	2919.10	312.55
5	AZIONI TRASMESSE DALL'IMPALCATO	ESERCIZIO MIN	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
9	SPINTA TERRENO	SPINTA	1.000	0.00	1878.30	-581.83	-1402.21	0.00	4526.70
10	SPINTA TERRENO	SOVRACCARICO	1.000	0.00	1415.57	-525.76	-2216.06	0.00	5117.29
11	SPINTA TERRENO	FRENATURA	1.000	0.00	438.30	0.00	0.00	0.00	1584.44
2_1	PESO TERRENO	RICOPRIMENTO	1.000	175.05	0.00	0.00	0.00	97.15	0.00
N	-	-	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
N	-	-	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
N	-	-	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
N	-	-	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

TOTALE AZIONI AGENTI				FV [KN]	FI [KN]	Ft [KN]	Mt [KNm]	Msl [KNm]	Mrl [KNm]
				10329.91	3780.55	-1107.59	-4639.10	38082.75	11540.99

Sisma 1
VERIFICA SISMICA CON SISMA VERTICALE DIRETTO VERSO L'ALTO+SISMA LONG

CODICE CARICO	DESCRIZIONE		FATTOR.	FV [KN]	FI [KN]	Ft [KN]	Mt [KNm]	Msl [KNm]	Mrl [KNm]
1	PESO PROPRIO SPALLA	-	1.000	4076.38	0.00	0.00	-1747.49	12804.88	0.00
2	PESO TERRENO	RIEMPIMENTO	1.00	4465.72	0.00	0.00	0.00	22261.62	0.00
15	SOVRASPINTA SISMICA TERRENO	-	1.00	0.00	95.54	-95.54	-460.52	0.00	460.52
6	AZIONI TRASMESSE DALL'IMPALCATO	SISMA LONG-VERT	1.00	2027.89	353.56	0.00	1425.16	3670.47	2284.01
10	SPINTA TERRENO	SOVRACCARICO	0.46	0.00	656.70	-243.90	-1028.06	0.00	2373.97
9	SPINTA TERRENO	SPINTA	0.64	0.00	1193.65	-369.75	-891.10	0.00	2876.70
12_2	SISMA LONGITUDINALE SPALLA	M FRONTALE	1.48	0.00	93.15	0.00	0.00	0.00	338.13
12_3	SISMA LONGITUDINALE SPALLA	PARAGHIAIA	1.48	0.00	4.61	0.00	0.00	0.00	30.62
12_4	SISMA LONGITUDINALE SPALLA	RISVOLTI	1.48	0.00	34.48	0.00	0.00	0.00	145.35
12_5	SISMA LONGITUDINALE SPALLA	BANDIERE	1.48	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2_1	PESO TERRENO	RICOPRIMENTO	1.00	175.05	0.00	0.00	0.00	97.15	0.00
N	-	-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

TOTALE AZIONI AGENTI				FV [KN]	FI [KN]	Ft [KN]	Mt [KNm]	Msl [KNm]	Mrl [KNm]
				10745.03	2431.70	-709.20	-2702.01	38834.12	8509.30

Sisma 2

VI01-AMPLIAMENTO SOTTOVIA DI CORSO
EUROPA - RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO
MDL1 11 D 26 CL VI 01 04 001 A 21 di 39

VERIFICA SISMICA CON SISMA VERTICALE DIRETTO VERSO I BASSO+SISMA LONG

CODICE CARICO	DESCRIZIONE	FATTOR.	FV [KN]	FI [KN]	Ft [KN]	Mt [KNm]	Msl [KNm]	Mrl [KNm]	
1	PESO PROPRIO SPALLA	-	1.000	4076.38	0.00	0.00	-1747.49	12804.88	0.00
2	PESO TERRENO	RIEMPIMENTO	1.00	4465.72	0.00	0.00	0.00	22261.62	0.00
15	SOVRASPINTA SISMICA TERRENO	-	1.00	0.00	95.54	-95.54	-460.52	0.00	460.52
8	AZIONI TRASMESSE DALL'IMPALCATO	SISMA LONG+VERT	1.00	2014.98	119.40	-176.78	-25.91	3647.11	771.32
10	SPINTA TERRENO	SOVRACCARICO	0.46	0.00	656.70	-243.90	-1028.06	0.00	2373.97
9	SPINTA TERRENO	SPINTA	0.64	0.00	1193.65	-369.75	-891.10	0.00	2876.70
12_2	SISMA LONGITUDINALE SPALLA	M FRONTALE	1.48	0.00	93.15	0.00	0.00	0.00	338.13
12_3	SISMA LONGITUDINALE SPALLA	PARAGHIAIA	1.48	0.00	4.61	0.00	0.00	0.00	30.62
12_4	SISMA LONGITUDINALE SPALLA	RISVOLTI	1.48	0.00	34.48	0.00	0.00	0.00	145.35
12_5	SISMA LONGITUDINALE SPALLA	BANDIERE	1.48	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2_1	PESO TERRENO	RICOPRIMENTO	1.00	175.05	0.00	0.00	0.00	97.15	0.00
N	-	-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

TOTALE AZIONI AGENTI

FV [KN]	FI [KN]	Ft [KN]	Mt [KNm]	Msl [KNm]	Mrl [KNm]
10732.13	2197.53	-885.98	-4153.08	38810.76	6996.61

Sisma 3

VERIFICA SISMICA CON SISMA VERTICALE DIRETTO VERSO L'ALTO+SISMA TRASV(+Y)

CODICE CARICO	DESCRIZIONE	FATTOR.	FV [KN]	FI [KN]	Ft [KN]	Mt [KNm]	Msl [KNm]	Mrl [KNm]	
1	PESO PROPRIO SPALLA	-	1.000	4076.38	0.00	0.00	-1747.49	12804.88	0.00
2	PESO TERRENO	RIEMPIMENTO	1.00	4465.72	0.00	0.00	0.00	22261.62	0.00
15	SOVRASPINTA SISMICA TERRENO	-	1.00	0.00	0.00	-95.54	-460.52	0.00	460.52
7	AZIONI TRASMESSE DALL'IMPALCATO	SISMA TRASV-VERT	1.00	2014.98	119.40	176.78	2876.24	3647.11	771.32
10	SPINTA TERRENO	SOVRACCARICO	0.46	0.00	656.70	-243.90	-1028.06	0.00	2373.97
9	SPINTA TERRENO	SPINTA	0.64	0.00	1193.65	-369.75	-891.10	0.00	2876.70
13_2	SISMA TRASVERSALE SPALLA	M FRONTALE	1.48	0.00	0.00	93.15	338.13	0.00	0.00
13_3	SISMA TRASVERSALE SPALLA	PARAGHIAIA	1.48	0.00	0.00	4.61	30.62	0.00	0.00
13_4	SISMA TRASVERSALE SPALLA	RISVOLTI	1.48	0.00	0.00	34.48	145.35	0.00	0.00
13_5	SISMA TRASVERSALE SPALLA	BANDIERE	1.48	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
11	SPINTA TERRENO	FRENATURA	0.28	0.00	122.37	0.00	0.00	0.00	442.37
2_1	PESO TERRENO	RICOPRIMENTO	1.00	175.05	0.00	0.00	0.00	97.15	0.00

TOTALE AZIONI AGENTI

FV [KN]	FI [KN]	Ft [KN]	Mt [KNm]	Msl [KNm]	Mrl [KNm]
10732.13	2092.12	-400.18	-736.84	38810.76	6924.88



PROGETTO DEFINITIVO PER APPALTO INTEGRATO
POTENZIAMENTO DELLA LINEA RHO-ARONA
TRATTA RHO-GALLARATE

VI01-AMPLIAMENTO SOTTOVIA DI CORSO
EUROPA - RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
MDL1	11	D 26 CL	VI 01 04 001	A	22 di 39

Sisma 4

VERIFICA SISMICA CON SISMA VERTICALE DIRETTO VERSO L'ALTO+SISMA TRASV(-Y)

CODICE CARICO	DESCRIZIONE	FATTOR.	FV [KN]	FI [KN]	Ft [KN]	Mt [KNm]	Msl [KNm]	Mrl [KNm]	
1	PESO PROPRIO SPALLA	-	1.000	4076.38	0.00	0.00	-1747.49	12804.88	0.00
2	PESO TERRENO	RIEMPIMENTO	1.00	4465.72	0.00	0.00	0.00	22261.62	0.00
15	SOVRASPINTA SISMICA TERRENO	-	1.00	0.00	0.00	-95.54	-460.52	0.00	460.52
7	AZIONI TRASMESSE DALL'IMPALCATO	SISMA TRASV- VERT	1.00	2014.98	119.40	176.78	2876.24	3647.11	771.32
10	SPINTA TERRENO	SOVRACCARICO	0.46	0.00	656.70	-243.90	-1028.06	0.00	2373.97
9	SPINTA TERRENO	SPINTA	0.64	0.00	1193.65	-369.75	-891.10	0.00	2876.70
13_2	SISMA TRASVERSALE SPALLA	M FRONTALE	-1.48	0.00	0.00	-93.15	-338.13	0.00	0.00
13_3	SISMA TRASVERSALE SPALLA	PARAGHIAIA	-1.48	0.00	0.00	-4.61	-30.62	0.00	0.00
13_4	SISMA TRASVERSALE SPALLA	RISVOLTI	-1.48	0.00	0.00	-34.48	-145.35	0.00	0.00
13_5	SISMA TRASVERSALE SPALLA	BANDIERE	-1.48	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
11	SPINTA TERRENO	FRENATURA	0.28	0.00	122.37	0.00	0.00	0.00	442.37
2_1	PESO TERRENO	RICOPRIMENTO	1.00	175.05	0.00	0.00	0.00	97.15	0.00
TOTALE AZIONI AGENTI				FV [KN]	FI [KN]	Ft [KN]	Mt [KNm]	Msl [KNm]	Mrl [KNm]
				10732.13	2092.12	-664.66	-1765.03	38810.76	6924.88

Successivamente le azioni vengono riportate al baricentro del plinto e quindi al baricentro della palificata e combinando le azioni verticali e quelle orizzontali si giunge alla definizione del massimo carico assiale sul micropalo più sollecitato nelle varie combinazioni:

Valutazione dello sforzo massimo sul micropalo

dimensione longitudinale fondazione	7.4
dimensione trasversale fondazione	8.3
interasse micropali in dir long.	0.8
interasse micropali in dir. Trasv	0.8
distanza dal bordo dir long	0.5
distanza dal bordo dri trasv	1.2
n° micropali in dir. Longitudinale	9.0
n° micropali in dir. Trasversale	10.0
Numero di micropali pali totale	84
Modulo longitudinale minimo palo	120.0 m
Modulo trasversale minimo palo	164.7 m
Inclinazione fila esterna	25 °
Inclinazione seconda fila	20 °

Azioni massime in testa alla palificata

	N [kN]	HI [kN]	MI [kN m]	Ht [kN]	Mt [kN m]	
ES.1	11821.9	4242.5	17482.9	-937.9	-1246.7	1
ES.2	10266.7	3221.9	7950.4	-1277.3	-8031.5	2
ES.3	10329.9	3780.6	11678.9	-1107.6	-4639.1	3
ES.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4
SISM.1	10745.0	2431.7	9431.8	-709.2	-2702.0	5
SISM.2	10732.1	2197.5	7894.7	-886.0	-4153.1	6
SISM.3	10732.1	2092.1	7823.0	-400.2	-736.8	7
SISM.4	10732.1	2092.1	7823.0	-664.7	-1765.0	8
cos.1	8717.1	3293.9	6733.8	-1107.6	-5365.8	9

	N [kN]	HI [kN]	MI [kN m]	Ht [kN]	Mt [kN m]
Condizione peggiore	11 821.9	4 242.5	17 482.9	-937.9	-1 246.7
Trasporto al baricentro palificata	11 821.9	4 242.5	17 482.9	-937.9	5 846.5

Sforzo massimo

519 kN

Nmax [kN]

ES.1	519
ES.2	502
ES.3	499
ES.4	0
SISM.1	362
SISM.2	379
SISM.3	299
SISM.4	322
cos.1	436

Muro frontale

Viene verificata la sezione di spiccato del muro frontale.

VERIFICA IN FASE SISMICA MURO FRONTALE				
AZIONI	FATTOR	m [KNm/ml]	t [KN/ml]	N [KN/ml]
SPINTA ATTIVA	1.00	188.15	93.61	0.00
SOVRASPINTA SISMICA	1.00	30.12	7.49	0.00
MASSA PARAGHIAIA	1.48	2.83	0.52	0.00
MASSA MURO FRONTALE	1.48	25.52	10.50	0.00
SOVRACCARICO	0.73	186.17	61.75	0.00
IMP. SISMA LONG+VERT	1.00	115.99	39.86	228.62
FRENATURA RILEVATO	0.28	34.79	11.54	0.00
PESO PROPRIO MURO	1.00	0.00	0.00	177.39
TOTALE		583.57	225.27	406.01

VERIFICA IN FASE ESERCIZIO MURO FRONTALE				
AZIONI	FATTOR	m [KNm/ml]	t [KN/ml]	N [KN/ml]
SPINTA	1	296.07	147.30	0.00
SOVRACCARICO	1	401.31	133.10	0.00
IMPALCATO ESE.	1	160.59	57.53	350.03
PESO PROPRIO MURO	1	0.00	0.00	177.39
FRENATURA RILEVATO	1	124.25	41.21	0
TOTALE		982.22	379.15	527.42

Le verifiche a presso flessione si effettuano associando al valore di picco del momento flettente il minimo sforzo normale agente.

La sezione ha un'altezza media di 1.46m ed è armata con 5 ϕ 22m + 5 ϕ 24/m.

DATI GENERALI SEZIONE IN C.A.

NOME SEZIONE: murofrontale

(Percorso File: \\File-server\archivio\Archivio Disegni\MPA317 RHO PD AI\02 Lavorazione\VI01\Analisi\spalle\murofrontale.sez)

Descrizione Sezione:

Metodo di calcolo resistenza: Tensioni Ammissibili

Tipologia sezione: Sezione predefinita

Forma della sezione: Rettangolare

Condizioni Ambientali: Molto aggressive

Riferimento Sforzi assegnati: Assi x,y principali d'inerzia

VI01-AMPLIAMENTO SOTTOVIA DI CORSO
EUROPA - RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
MDL1	11	D 26 CL	VI 01 04 001	A	26 di 39

CONGLOMERATO - Classe: C28/35

Tensione Normale Ammiss. Sc : 110.00 daN/cm²
 Tensione Normale media Amm. : 77.00 daN/cm²
 Tensione Tangenz.Amm. TauC0 : 6.66 daN/cm²
 Tensione Tangenz.Amm. TauC1 : 19.71 daN/cm²
 Coeff. N di omogeneizzazione : 15.0
 Modulo Elastico Normale Ec : 323080 daN/cm²
 Coeff. di Poisson : 0.20
 Resis. media a trazione fctm: 27.60 daN/cm²
 Coeff. Omogen. S.L.E. : 15.0

Combinazioni Rare in Esercizio

Sc Limite : 140.00 daN/cm²
 Apert.Fess.Limite : 99999.000 mm

ACCIAIO - Tipo: Fe44b

Resist. caratt. rottura ftk: 4300.0 daN/cm²
 Tensione Ammissibile Sf : 2550.0 daN/cm²
 Modulo Elastico Ef : 2000000 daN/cm²
 Coeff. Aderenza ist. $\xi_1 \cdot \xi_2$: 1.00 daN/cm²
 Coeff. Aderenza diff. $\xi_1 \cdot \xi_2$: 0.50 daN/cm²

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE

Base: 100.0 cm
 Altezza: 146.0 cm

Barre inferiori : 5Ø22 + 5Ø24 (41.6 cm²)
 Barre superiori : 5Ø22 + 5Ø24 (41.6 cm²)
 Copriferro barre inf.(dal baric. barre) : 6.0 cm
 Copriferro barre sup.(dal baric. barre) : 6.0 cm

TENS.AMMISS. - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [daN] applicato nel baricentro (posit. se di compress.)
 Mx Coppia concentrata in daNm applicata all'asse x baric. della sezione
 con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sezione
 Vy Taglio [daN] in direzione parallela all'asse y baric. della sezione

N.Comb.	N	Mx	Vy	MT
1	52700	98200	38000	0

COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [daN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.)
 Mx Coppia concentrata in daNm applicata all'asse x baricentrico della sezione
 con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
 My Coppia concentrata in daNm applicata all'asse y baricentrico della sezione
 con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N.Comb.	N	Mx
1	52600	98200

RISULTATI DEL CALCOLO

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 4.8 cm
 Interferro netto minimo barre longitudinali: 4.9 cm
 Copriferro netto minimo staffe: 4.0 cm

METODO DELLE TENSIONI AMMISSIBILI - MASSIME E MINIME TENSIONI NORMALI

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
 Sc max Massima tensione [in daN/cm²] nel conglomerato (positiva se di compress.)
 Yc max Ordinata [in cm] corrispond. al punto di massima compressione
 Sc min Minima tensione [in daN/cm²] nel conglomerato (positiva se di compress.)
 Yc min Ordinata [in cm] corrispond. al punto di minima compressione
 Sc med Tensione media [in daN/cm²] nel conglomerato
 Sf min Minima tensione [in daN/cm²] nell'acciaio (negativa se di trazione)
 Yf min Ordinata [in cm] corrispond. alla barra di minima tensione
 Sf max Massima tensione [in daN/cm²] nell'acciaio (positiva se di compress.)
 Yf max Ordinata [in cm] corrispond. alla barra di massima tensione
 Yneutro Ordinata [in cm] dell'asse neutro nel riferimento X,Y,0 gener.della sez.

N.Comb.	Ver	Sc max	Ycmax	Sc min	Ycmin	Sc med	Sf min	Yfmin	Yneutro
1	S	38.4	146.0	0.0	0.0	3.3	-1258	6.0	102.0

ARMATURE A TAGLIO E/O TORSIONE DI INVILUPPO PER TUTTE LE COMBINAZIONI ASSEGNATE

Diametro staffe: 8 mm
 Passo staffe: 25.0 cm
 N.Bracci staffe: 4
 Area staffe/m : 8.0 cm²/m

METODO DELLE TENSIONI AMMISSIBILI - VERIFICHE A TAGLIO

Ver S = comb.verificata a taglio-tors./ N = comb. non verificata
 Tau max Massima tensione tangenziale a taglio-torsione nel conglom.[daN/cm²]
 Scorr. Scorrimento massimo per taglio nel conglomerato [daN/cm]
 Bs Lunghezza in cm della corda di scorrimento massimo
 TgFi Rapporto tra la tens. tens. princ. trazione e quella tang.(corda Bs)
 Afst Area di calcolo staffe a taglio e torsione per metro di trave [cm²/m]

N.Comb.	Ver	Tau max	Scorr.	Bs	TgFi	Afst
1	S	3.11	286.3	100.0	1.0000	8.0

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
 Sc max Massima tensione di compress.(+) nel conglom. in fase fessurata ([daN/cm²])
 Yc max Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,0)
 Sc min Minima tensione di compress.(+) nel conglom. in fase fessurata ([daN/cm²])
 Yc min Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc min (sistema rif. X,Y,0)
 Sf min Minima tensione di trazione (-) nell'acciaio [daN/cm²]
 Yf min Ordinata in cm della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,0)
 Dw Eff. Spessore di conglomerato [cm] in zona tesa considerata aderente alle barre
 Ac eff. Area di congl. [cm²] in zona tesa aderente alle barre (verifica fess.)
 Af eff. Area Barre tese di acciaio [cm²] ricadente nell'area efficace(verifica fess.)
 D barre Distanza media in cm tra le barre tese efficaci (verifica fess.)

N.Comb.	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Sf min	Yf min	Dw Eff.	Ac eff.	Af eff.	Dbarre
1	S	38.4	146.0	0.0	146.0	-1259	140.0	22.1	2210	41.6	9.8

COMBINAZIONI esercizio - VERIFICA APERTURA FESSURE

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
 ScImax Massima tensione nel conglomerato nello STATO I non fessurato [daN/cm²]
 ScI_min Minima tensione nel conglomerato nello STATO I non fessurato [daN/cm²]
 Sc Eff Tensione al limite dello spessore efficace nello STATO I [daN/cm²]

VI01-AMPLIAMENTO SOTTOVIA DI CORSO
EUROPA - RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
MDL1	11	D 26 CL	VI 01 04 001	A	28 di 39

K3 Coeff. di normativa = $0,25 \cdot (Sc_{min} + Sc_{Eff}) / (2 \cdot Sc_{min})$
 Beta12 Prodotto dei Coeff. di aderenza $Beta1 \cdot Beta2$
 Eps Deformazione unitaria media tra le fessure
 Srm Distanza media in mm tra le fessure
 Ap.fess. Apertura delle fessure in mm = $1,7 \cdot Eps \cdot Srm$

N.Comb.	Ver	ScImax	ScImin	Sc Eff	K3	Beta12	Eps	Srm	Ap.Fess.
1	S	26.0	-19.4	-12.5	0.206	1.0	0.000252	217	0.093 < 0.15 ok

In sede di progetto esecutivo dovranno essere adottati tutti i dettagli e le prescrizioni sulle armature trasversali e di confinamento previste dalle norme per strutture ferroviarie in zona sismica. Di ciò si è tenuto conto nella computazione delle armature presenti nell'elevazione .

Muro frontale spiccato	Base	Altezza		
Sezione	1	1.46		
	diametro	passo	n°strati	Peso
Armatura di forza superiore	22	0.2	2	29.83 kg
Armatura di forza inferiore	24	0.2	2	35.49 kg
Ripartitori superiori	16	0.2	1	7.89 kg
Ripartitori inferiori	16	0.2	1	7.89 kg
Legature e staffe	5%	1	1	52.93 kg
			sommano	134.03 kg
			incidenza	91.8 kg/mc
			Arrotondato a	100 kg/mc

Muro frontale	Base	Altezza		
Sezione	1	1.46		
	diametro	passo	n°strati	Peso
Armatura di forza superiore	22	0.2	1	14.91 kg
Armatura di forza inferiore	22	0.2	1	14.91 kg
Ripartitori superiori	16	0.2	1	7.89 kg
Ripartitori inferiori	16	0.2	1	7.89 kg
Legature e staffe	5%	1	1	11.12 kg
			sommano	56.72 kg
			incidenza	38.8 kg/mc
			Arrotondato a	40 kg/mc
			Incidenza media	70 kg/mc

Paraghaia

VERIFICA IN FASE SISMICA PARAGHIAIA			
AZIONI	FATTOR	m [KNm/ml]	t [KN/ml]
SPINTA	1.00	2.16	5.55
SOVRASPINTA SISMICA	2.00	0.44	0.56
SOVRACCARICO	0.73	11.03	18.85
FRENATURA RILEVATO	0.28	1.31	2.24
TOTALE		14.94	27.20

VERIFICA IN FASE ESERCIZIO PARAGHIAIA			
AZIONI	FATTOR	m [KNm/ml]	t [KN/ml]
SPINTA	1.00	2.16	5.55
SOVRACCARICO	1.00	15.11	25.83
FRENATURA RILEVATO	1.00	4.68	8.00
TOTALE		21.95	39.37

La verifica della sezione del paraghaia di spessore 30cm e larghezza 1.0m armata simmetricamente con $\phi 14/20$ cm è riportata di seguito:

DATI GENERALI SEZIONE IN C.A.

NOME SEZIONE: paraghaia

(Percorso File: R:\MPA317 RHO PD AI\02 Lavorazione\VI01\Analisi\spalle\paraghaia.sez)

Descrizione Sezione:

Metodo di calcolo resistenza:	Tensioni Ammissibili
Tipologia sezione:	Sezione predefinita
Forma della sezione:	Rettangolare
Riferimento Sforzi assegnati:	Assi x,y principali d'inertia
Riferimento alla sismicità:	Zona non sismica
Posizione sezione nell'asta:	In zona critica

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CONGLOMERATO - Classe: C28/35

Tensione Normale Ammiss. Sc :	110.00 daN/cm ²
Tensione Tangenz.Amm. TauC0 :	6.66 daN/cm ²
Tensione Tangenz.Amm. TauC1 :	19.71 daN/cm ²
Coeff. N di omogeneizzazione :	15.0
Modulo Elastico Normale Ec :	323080 daN/cm ²
Coeff. di Poisson :	0.20
Resis. media a trazione fctm:	27.60 daN/cm ²

ACCIAIO - Tipo: B450C

VI01-AMPLIAMENTO SOTTOVIA DI CORSO
EUROPA - RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
MDL1	11	D 26 CL	VI 01 04 001	A	30 di 39

Resist. caratt. rottura	ftk:	4500.0 daN/cm ²
Tensione Ammissibile	Sf :	2550.0 daN/cm ²
Modulo Elastico	Ef :	2000000 daN/cm ²

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE

Base:	100.0 cm
Altezza:	30.0 cm
Barre inferiori	: 5Ø14 (7.7 cm ²)
Barre superiori	: 5Ø14 (7.7 cm ²)
Copriferro barre inf.(dal baric. barre)	: 4.0 cm
Copriferro barre sup.(dal baric. barre)	: 4.0 cm

TENS.AMMISS. - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [daN] applicato nel baricentro (posit. se di compress.)
Mx	Coppia concentrata in daNm applicata all'asse x baric. della sezione con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sezione
Vy	Taglio [daN] in direzione parallela all'asse y baric. della sezione

N.Comb.	N	Mx	Vy	MT
1	0	2200	0	0

RISULTATI DEL CALCOLO

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 3.3 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali: 20.6 cm

METODO DELLE TENSIONI AMMISSIBILI - MASSIME E MINIME TENSIONI NORMALI

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
Sc max	Massima tensione [in daN/cm ²] nel conglomerato (positiva se di compress.)
Yc max	Ordinata [in cm] corrispond. al punto di massima compressione
Sc min	Minima tensione [in daN/cm ²] nel conglomerato (positiva se di compress.)
Yc min	Ordinata [in cm] corrispond. al punto di minima compressione
Sc med	Tensione media [in daN/cm ²] nel conglomerato
Sf min	Minima tensione [in daN/cm ²] nell'acciaio (negativa se di trazione)
Yf min	Ordinata [in cm] corrispond. alla barra di minima tensione
Sf max	Massima tensione [in daN/cm ²] nell'acciaio (positiva se di compress.)
Yf max	Ordinata [in cm] corrispond. alla barra di massima tensione
Yneutro	Ordinata [in cm] dell'asse neutro nel riferimento X,Y,O gener.della sez.

N.Comb.	Ver	Sc max	Ycmax	Sc min	Ycmin	Sc med	Sf min	Yfmin	Yneutro
1	S	25.9	30.0	0.0	0.0		-1208	4.0	23.7

Paraghiaia	Base	Altezza			
Sezione	diametro	passo	n°strati	Peso	
	1	0.3			
Armatura di forza superiore	14	0.2	1	6.04 kg	
Armatura di forza inferiore	14	0.2	1	6.04 kg	
Ripartitori superiori	12	0.2	1	4.44 kg	
Ripartitori inferiori	12	0.2	1	4.44 kg	
Legature e staffe	5%	1	1	1.82 kg	
			sommano	22.78 kg	
			incidenza	75.9 kg/mc	
			Arrotondato a	80 kg/mc	

Plinto

Si effettua un calcolo differenziato e semplificato per la porzione posteriore e per quella anteriore.

Mensola posteriore

Si effettua la verifica della porzione di plinto posta lato linea storica.

Si ricercano le combinazioni di carico che massimizzano le flessioni negative (tendono le fibre superiori del plinto);

nella combinazione Esercizio 3 si registra il minimo momento flettente che tende le fibre inferiori della mensola posteriore. Considerando le prime 4 file di micropali il momento flettente medio dovuto alla reazione dei micropali distribuito su una fascia di $0.8 \times 4 = 3.2\text{m}$ vale 1410 kNm/m .

A questo bisogna sommarci con il proprio segno la flessione dovuta al peso del plinto, del rinterro e dell'armamento che insiste sulla mensola posteriore.

$$M = 1.5 \times 25 \times 4.83^2 / 2 + 5.90 \times 19 \times 4.83^2 / 2 + 14.4 \times 4.83^2 / 2 = -1913 \text{ kNm/m}$$

Complessivamente il momento flettente agente tende le fibre superiori e vale $M = 503 \text{ kNm/m}$

La sezione di altezza $h = 1.20$ è armata simmetricamente con $\phi 24/15\text{cm}$ la verifica è riportata di seguito

VI01-AMPLIAMENTO SOTTOVIA DI CORSO
EUROPA - RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
MDL1	11	D 26 CL	VI 01 04 001	A	32 di 39

Verifica a flessione semplice per sezione rettangolare

Larghezza sezione	1	m
Altezza sezione	1.2	m
copriferro tesa	0.05	m
copriferro compressa	0.05	m

Momento flettente agente in valore assoluto 503.00 kNm/m

Rc	30
Acciaio	Feb44

Armatura tesa	n°barre	diam.o (mm)	passo (m)	A(mq/ml)	Coprif.ro (m)
Corrente	6.6	24	0.15	0.0030	0.062

Rinforzo 2

Area acciaio totale al metro lineare	0.00299	0.0620
--------------------------------------	---------	--------

Armatura compressa	n°barre	diam.o (mm)	passo (m)	A(mq/ml)	Coprif.ro (m)
Corrente	6.6	24	0.15	0.00298578	0.0620

Rinforzo 1

Rinforzo 2

Area acciaio totale al metro lineare	0.00298578	0.0620
--------------------------------------	------------	--------

Tensioni risultanti

Massima tensione di compressione nel cls	3.0	Mp	Verificato
Massima trazione nell'acciaio teso corrente	159.1	MP	Verificato
Massima trazione teso in rinforzo 1	159.1	MP	Verificato

distanza strato interno	62	
beff	1000	mm
deff	230	mm
Aeff	230000	mmq
k2	0.4	
k3	0.125	
Diagramma tensioni	1	
As	2985.77664	mmq
Ac	230000	mmq
pr	0.012981638	
Srm	223	mm
σ_s	167.7	MPa
σ_{sr}	233.5	MPa
β_2	1.0	
β_2	0.5	
esm	3.1948E-04	
Apertura media fessure	0.07	mm
Apertura caratteristica	0.12	mm
Limite imposto di apertura media	0.15	mm

Mensola anteriore

Sulla mensola anteriore adottiamo un modello di calcolo che vede il trasferimento degli sforzi a tirante puntone. Il braccio teorico della mensola vale 0.80m, l'altezza del tirante vale 1.10m.

La componente verticale dello sforzo sul palo vale 240 kN quindi sul metro di lunghe si ha :

$$T = 240 \times 0.8 / 1.1 / 0.8 = 218 \text{ kN/m}$$

Si dispone uno strato di armatura $\phi 24/15\text{cm}$. il tasso di lavoro risulta 72 MPa ampiamente inferiore ai limiti.

In direzione trasversale si arma con barre $\phi 20/15$, pertanto l'incidenza di armatura sul plinto è pari a:

Plinto	Base	Altezza		
Sezione max armatura	1	1.2		
	diametro	passo	n°strati	Peso
Armatura di forza superiore	24	0.15	1	23.66 kg
Armatura di forza inferiore	24	0.15	1	23.66 kg
Ripartitori superiori	20	0.15	1	16.43 kg
Ripartitori inferiori	20	0.15	1	16.43 kg
Legature	2%	1	1	11.20 kg
			sommano	91.39 kg
			incidenza	76.2 kg/mc
			arrontodato a	80 kg/mc

3.1 Muro di risvolto

Sul muro agiscono le seguenti azioni flettenti e taglianti calcolate ipotizzando una ripartizione in parti uguali fra la mensola orizzontale incastrata sul muro frontale e quella verticale incastrata sul plinto.

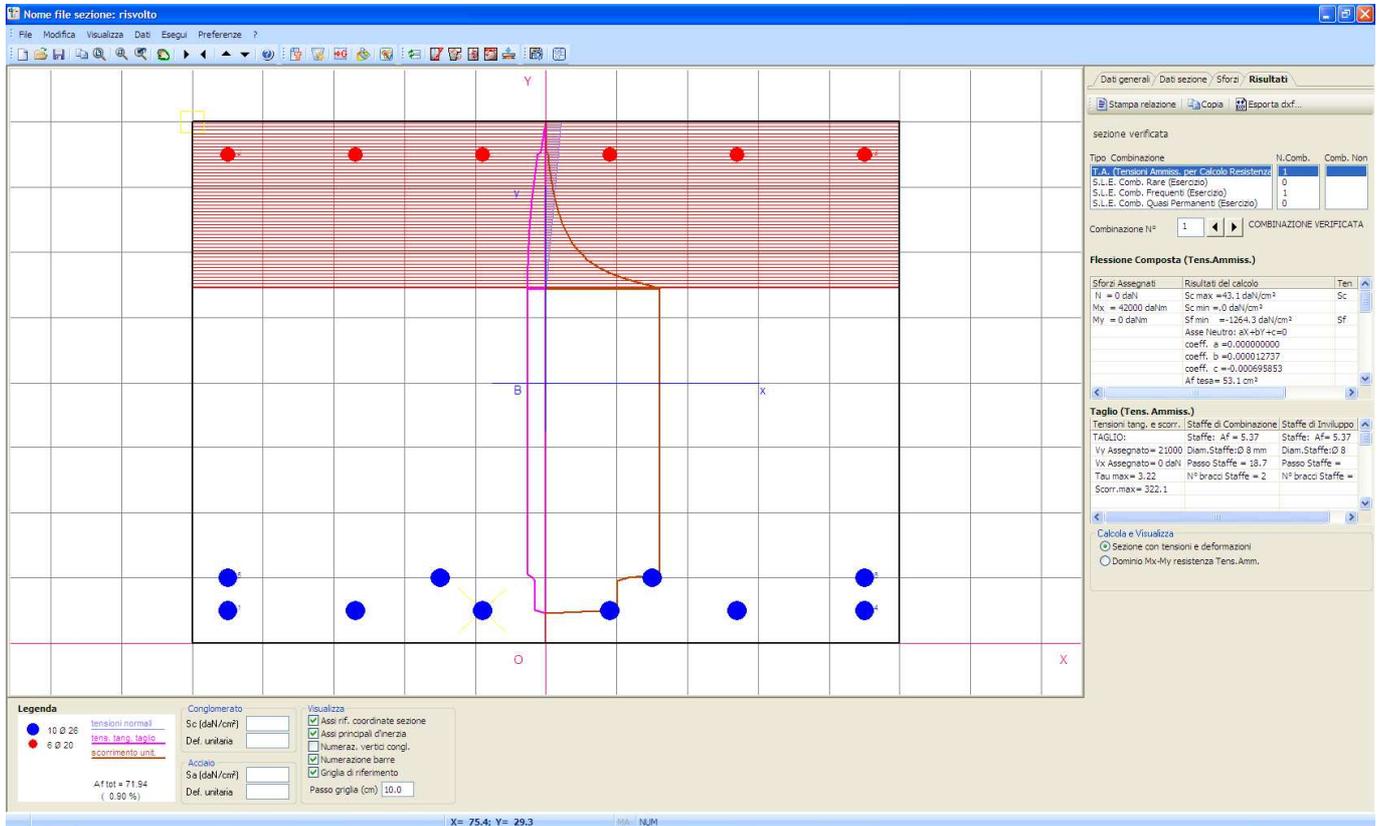
Ad esempio per la mensola orizzontale detta l la lunghezza del muro di risvolto, h l'altezza di spinta e h' l'altezza del paraghiaia si ha

$$S = \frac{1}{2} \gamma h^2 k_a$$

$$M = S \times L (h-h') \text{ [kNm/m]}$$

VERIFICA IN FASE ESERCIZIO RISVOLTO				
AZIONI	FATTOR	m [kNm/ml]	t [kNm/ml]	
SPINTA ATTIVA	1.00	191.58	86.71	
SOVRASPINTA SISMICA	0.00	0.00	0.00	
SOVRACCARICO	1.00	202.56	105.20	
VENTO SU BARRIERE	1.00	22.29	14.36	
TOTALE		416.43	206.26	

Il muro ha uno spessore costante di 80.0cm ed è armato con 1.5 strati $\phi 26/15$ lato terra e 1 $\phi 20/15$ lato opposto



DATI GENERALI SEZIONE IN C.A.

NOME SEZIONE: risolto

(Percorso File: R:\MPA317 RHO PD AI\02 Lavorazione\VI01\Analisi\spalle\risolto.sez)

Descrizione Sezione:

Metodo di calcolo resistenza:	Tensioni Ammissibili
Tipologia sezione:	Sezione generica
Condizioni Ambientali:	Molto aggressive
Riferimento Sforzi assegnati:	Assi x,y principali d'inerzia
Riferimento alla sismicità:	Zona non sismica
Posizione sezione nell'asta:	In zona critica

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CONGLOMERATO -	Classe: C25/30
Tensione Normale Ammiss. Sc :	97.50 daN/cm ²
Tensione Tangenz. Amm. TauC0 :	6.00 daN/cm ²
Tensione Tangenz. Amm. TauC1 :	18.28 daN/cm ²
Coeff. N di omogeneizzazione :	15.0
Modulo Elastico Normale Ec :	314750 daN/cm ²
Coeff. di Poisson :	0.20
Resis. media a trazione fctm:	25.60 daN/cm ²
Coeff. Omogen. S.L.E. :	15.0

Combinazioni Frequenti in Esercizio (Tens.Limite):

Sc Limite : 125.00 daN/cm²
Apert.Fess.Limite : 0.2 x 1.5 = 0.3 mm

ACCIAIO - Tipo: B450C

Resist. caratt. rottura	ftk:	4500.0 daN/cm ²
Tensione Ammissibile	Sf :	2550.0 daN/cm ²
Modulo Elastico	Ef :	2000000 daN/cm ²
Coeff. Aderenza ist. $\beta_1 \cdot \beta_2$:	1.00 daN/cm ²
Coeff. Aderenza diff. $\beta_1 \cdot \beta_2$:	0.50 daN/cm ²

CARATTERISTICHE DOMINI CONGLOMERATO

DOMINIO N° 1
Forma del Dominio: Poligonale
Classe Conglomerato: C25/30

N.vertice	Ascissa X, cm	Ordinata Y, cm
1	-50.00	0.00
2	-50.00	80.00
3	50.00	80.00
4	50.00	0.00

DATI BARRE ISOLATE

N.Barra Numero assegnato alle singole barre isolate e nei vertici dei domini
Ascissa X Ascissa in cm del baricentro della barra nel sistema di rif. gen. X, Y, O
Ordinata Y Ordinata in cm del baricentro della barra nel sistema di rif. gen. X, Y, O
Diam. Diametro in mm della barra

N.Barra	Ascissa X, cm	Ordinata Y, cm	Diam.Ø,mm
1	-45.00	5.00	26
2	-45.00	75.00	20
3	45.00	75.00	20
4	45.00	5.00	26
5	-45.00	10.00	26
6	45.00	10.00	26

DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

N.Gen. Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre
N.Barra In. Numero della barra iniziale cui si riferisce la gener.
N.Barra Fin. Numero della barra finale cui si riferisce la gener.
N.Barre Numero di barre generate equidist. inserite tra la barra iniz. e fin.
Diam. Diametro in mm della singola barra generata

N.Gen.	N.Barra In.	N.Barra Fin.	N.Barre	Diam.Ø,mm
--------	-------------	--------------	---------	-----------

1	1	4	4	26
2	2	3	4	20
3	5	6	2	26

TENS.AMMISS. - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale in daN applicato nel Baric. (+ se di compressione)
Mx	Coppia concentrata in daNm applicata all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.
My	Coppia concentrata in daNm applicata all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.
Vy	Componente del Taglio [daN] parall. all'asse princ.d'inerzia y
Vx	Componente del Taglio [daN] parall. all'asse princ.d'inerzia x

N.Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	0	42000	0	21000	0

COMB. FREQUENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale in daN applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx	Coppia concentrata in daNm applicata all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sez.
My	Coppia concentrata in daNm applicata all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.

N.Comb.	N	Mx	My
1	0	42000	0

RISULTATI DEL CALCOLO

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 3.7 cm

Interferro netto minimo barre longitudinali: 2.4 cm

Copriferro netto minimo staffe: 2.9 cm

METODO DELLE TENSIONI AMMISSIBILI - MASSIME E MINIME TENSIONI NORMALI

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
Sc max	Massima tensione [in daN/cm ²] nel conglomerato (positiva se di compress.)
Xc max	Ascissa [in cm] corrispond. al punto di massima compressione
Yc max	Ordinata [in cm] corrispond. al punto di massima compressione
Sc min	Minima tensione [in daN/cm ²] nel conglomerato (positiva se di compress.)
Xc min	Ascissa [in cm] corrispond. al punto di minima compressione
Yc min	Ordinata [in cm] corrispond. al punto di minima compressione
Sf min	Minima tensione [in daN/cm ²] nell'acciaio (negativa se di trazione)
Yf min	Ordinata [in cm] corrispond. alla barra di minima tensione

VI01-AMPLIAMENTO SOTTOVIA DI CORSO
EUROPA - RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
MDL1	11	D 26 CL	VI 01 04 001	A	38 di 39

N.Comb.	Ver	Sc max	Xcmax	Ycmax	Sc min	Xcmin	Ycmin	Sc med	Sf min	Xfmin	Yfmin
1	S	43.1	-50.0	80.0	0.0	-50.0	80.0		-1264	-9.0	5.0

POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

a Coeff. a nell'eq. dell'asse neutro $aX+bY+c=0$ nel rif. X,Y,0 gen.
 b Coeff. b nell'eq. dell'asse neutro $aX+bY+c=0$ nel rif. X,Y,0 gen.
 c Coeff. c nell'eq. dell'asse neutro $aX+bY+c=0$ nel rif. X,Y,0 gen.

N.Comb.	a	b	c
1	0.000000000	0.000012737	-0.000695853

la $\tau = 3.22 \text{ MPa} < \tau_{c0}$ non occorre armare a taglio.

risolto	Base	Altezza	k riduzione	0.6
Sezione max armatura	1	0.8		
	diámetro	passo	n°strati	Peso
Armatura di forza superiore	26	0.15	1.5	41.66 kg
Armatura di forza inferiore	20	0.15	1	16.43 kg
Ripartitori superiori	26	0.15	1.5	41.66 kg
Ripartitori inferiori	20	0.15	1	16.43 kg
Legature	2%	1	1	13.69 kg
			sommano	129.87 kg
			incidenza	97.4 kg/mc
			arrontodato a	100 kg/mc