

IL CONCEDENTE

IL CONCESSIONARIO



AUTOSTRADA REGIONALE CISPADANA DAL CASELLO DI REGGIOLO-ROLO SULLA A22 AL CASELLO DI FERRARA SUD SULLA A13

CODICE C.U.P. E81B08000060009

PROGETTO DEFINITIVO

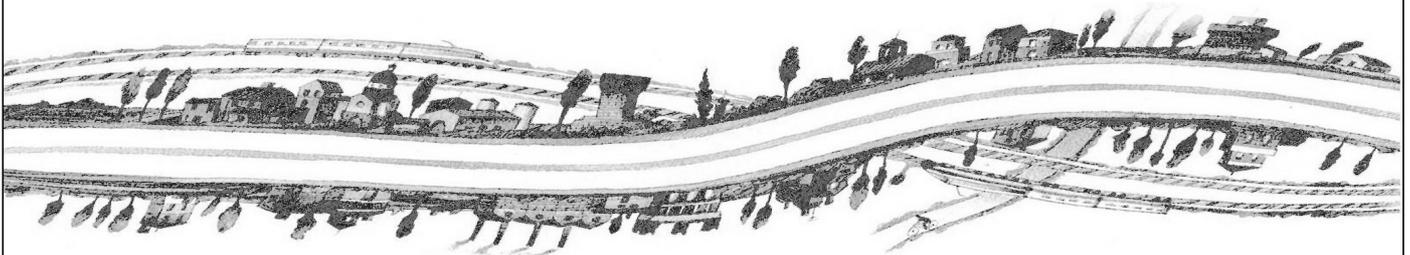
ASSE AUTOSTRADALE (COMPRESIVO DEGLI INTERVENTI LOCALI DI COLLEGAMENTO VIARIO AL SISTEMA AUTOSTRADALE)

OPERE STRUTTURALI

OPERE D'ARTE MAGGIORI - PONTI

CPO02 - VARIANTE SUD DELL'ABITATO DI CONCORDIA SULLA SECCHIA (C03) PONTE SUL CANALE SABBIONCELLO

RELAZIONE DI CALCOLO

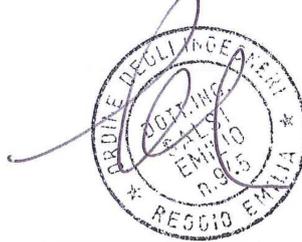


IL PROGETTISTA

Alpina S.p.A.
Dott. Ing. Marco Bonfanti
Ordine Ingegneri di Milano
n. A/23384

RESPONSABILE INTEGRAZIONE
PRESTAZIONI SPECIALISTICHE

Ing. Emilio Salsi
Albo Ing. Reggio Emilia n° 945



IL CONCESSIONARIO

Autostrada Regionale
Cispadana S.p.A.
IL PRESIDENTE
Graziano Pattuzzi

G. Pattuzzi

G					
F					
E					
D					
C					
B					
A	17.04.2012	EMISSIONE		Ing. Illuminati	Ing. Bonfanti
REV.	DATA	DESCRIZIONE	REDAZIONE	CONTROLLO	APPROVAZIONE

IDENTIFICAZIONE ELABORATO											DATA: MAGGIO 2012
NUM. PROGR.	FASE	LOTTO	GRUPPO	CODICE OPERA WBS	TRATTO OPERA	AMBITO	TIPO ELABORATO	PROGRESSIVO	REV.	SCALA:	
2588	PD	0	C03	CPO02	0	OM	RC	01	A		



AUTOSTRADA
REGIONALE
CISPADANA

REGIONE EMILIA ROMAGNA
AUTOSTRADA REGIONALE CISPADANA
dal casello di Reggiolo-Rolo sulla A22 al casello di Ferrara Sud sulla A13
PROGETTO DEFINITIVO
OPERE D'ARTE MAGGIORI - VIADOTTI E PONTI
CPO02 PONTE SUL CANALE SABBIONCELLO (SU SP15)"
RELAZIONE DI CALCOLO

AUTOSTRADA REGIONALE CISPADANA

OPERE D'ARTE MAGGIORI – VIADOTTI E PONTI

RELAZIONE DI CALCOLO PONTE SUL CANALE SABBIONCELLO

INDICE

1. PREMESSA	5
2. NORMATIVA TECNICA DI RIFERIMENTO	7
3. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI	7
4. INCIDENZE	9
5. DATI DI BASE	10
5.1. DATI GENERALI	10
5.2. APERTURA LIMITE DELLE FESSURE	10
5.3. DATI SISMICI	12
5.4. PARAMETRI GEOTECNICI	13
6. DIMENSIONAMENTO DELL'OPERA: SPALLA	14
6.1. CARICHI TRASMESSI DALL'IMPALCATO	15
6.1.1. Carichi permanenti impalcato.....	15
6.1.2. Carichi variabili.....	18
6.1.2.1. Carichi mobili.....	19
6.1.2.2. Azione longitudinale di frenamento.....	23
6.1.2.3. Azione centrifuga.....	24
6.1.2.4. Azione del vento.....	25
6.1.2.5. Resistenze parassite dei vincoli.....	26
6.1.3. Riepilogo delle azioni variabili.....	26
6.1.4. Azioni sismiche trasmesse dall'impalcato	27
6.1.4.1. Verifiche sottostrutture.....	27
6.1.5. Riepilogo delle azioni trasmesse dall'impalcato	29
6.2. AZIONI TRASMESSE DALLA SPALLA	31
6.2.1. Angolo d'attrito terreno/parete.....	31
6.2.2. Spinta delle terre: fase statica.....	31
6.2.3. Spinta delle terre: fase sismica	31
6.2.4. Spinta delle terre: sovraccarico su terrapieno	32
6.2.5. Carichi permanenti spalla	34
6.2.6. Spinte delle terre trasmesse alla spalla (con coefficienti parziali M1)	38
6.2.7. Spinte delle terre trasmesse alla spalla (con coefficienti parziali M2)	44
6.2.8. Tabella riassuntiva delle spinte delle terre (con coefficienti parziali M1 ed M2).....	50
6.3. COMBINAZIONI DEI CARICHI	51
6.3.1. Azioni sul palo singolo: sintesi	59
6.4. VERIFICHE.....	60
6.4.1. Pali.....	60
6.4.1.1. Verifiche Geotecniche	60

6.4.1.2.	Portanza Verticale	60
6.4.1.3.	Portanza Orizzontale	63
6.4.2.	Verifiche SLU	66
6.4.2.1.	Taglio.....	66
6.4.2.2.	Verifiche SLU: Pressoflessione	70
6.4.3.	Verifiche SLE	72
6.4.3.1.	Fessurazione	72
6.4.3.2.	Deformazione	85
6.4.4.	Orecchie	88
6.4.4.1.	Azioni – SLU.....	88
6.4.4.2.	Azioni – SLE.....	88
6.4.4.3.	Sollecitazioni e Verifiche – SLE.....	89
6.4.4.4.	Sollecitazioni e Verifiche – SLU.....	92
6.4.5.	Paragliaia.....	96
6.4.5.1.	Sollecitazioni – SLU: Fase Sismica	96
6.4.5.2.	Sollecitazioni – SLU: Fase Statica.....	96
6.4.5.3.	Sollecitazioni – SLE.....	97
6.4.5.4.	Verifiche SLE: Fessurazione	97
6.4.5.5.	Verifiche SLU: Taglio.....	98
6.4.5.6.	Verifiche SLU: Pressoflessione	99
6.5.	PULVINO	100
6.5.1.	Armatura longitudinale	100
6.5.1.1.	Verifiche SLU.....	102
6.5.1.2.	Verifiche SLE.....	102
6.5.2.	Armatura trasversale e di parete.....	103
6.6.	SINTESI ARMATURE.....	104
6.6.1.	Pali.....	104
6.6.2.	Pulvino	104
6.6.3.	Paragliaia.....	104
6.6.4.	Orecchie	105
7.	DIMENSIONAMENTO DELL'OPERA: IMPALCATO	106
7.1.	STATICA GLOBALE DELL'IMPALCATO	107
7.1.1.	Dati dimensionali.....	107
7.1.2.	Precompressione	110
7.1.2.1.	Armatura di precompressione.....	110
7.1.3.	Perdite istantanee	111
7.1.3.1.	Cadute di tensione nell'acciaio da precompressione per rilassamento	111
7.1.3.2.	Cadute di tensione nell'acciaio da precompressione per effetto termico	111
7.1.3.3.	Tensioni iniziali nell'acciaio.....	111
7.1.4.	Cadute di tensione	112
7.1.4.1.	Cadute di tensione nel calcestruzzo per ritiro.....	112
7.1.4.2.	Cadute di tensione nel calcestruzzo per viscosità	114
7.1.4.3.	Somma dei contributi di ritiro, rilassamento e viscosità	116
7.1.5.	Analisi dei carichi	117
7.1.5.1.	Peso proprio	117

7.1.5.2.	<i>Carichi permanenti</i>	117
7.1.5.3.	<i>Carichi mobili</i>	117
7.1.5.4.	<i>Incremento dinamico dei carichi mobili</i>	121
7.1.6.	Modellazione strutturale	123
7.1.6.1.	<i>Definizione del modello ad elementi finiti</i>	123
7.1.6.2.	<i>Ripartizione dei carichi sul modello</i>	124
7.1.6.3.	<i>Accidentali</i>	125
7.1.7.	Risultati numerici	135
7.1.7.1.	<i>Sollecitazioni nelle travi</i>	135
7.1.8.	Verifiche – Trave Laterale 1	157
7.1.8.1.	<i>Caratteristiche geometriche della sezione trasversale</i>	157
7.1.8.2.	<i>Verifica agli S.L.E. – Combinazione quasi permanente – sezione in mezzera</i>	165
7.1.8.3.	<i>Verifica agli S.L.E. – Combinazione frequente</i>	166
7.1.8.4.	<i>Verifica agli S.L.E. – Combinazione caratteristica (rara)</i>	167
7.1.8.5.	<i>S.L.U. – Verifica a rottura – Resistenza a sforzo normale e flessione</i>	168
7.1.8.6.	<i>S.L.U. – Verifica a taglio e torsione concomitante in appoggio</i>	170
7.2.	VERIFICA DELLA SOLETTA	171
7.2.1.1.	<i>S.L.U. – Verifica a rottura per flessione nella soletta (Armatura principale)</i>	171
7.2.1.2.	<i>S.L.E. – Combinazione caratteristica rara</i>	173
7.3.	VERIFICA TRAVERSI DI TESTATA	174
7.3.1.1.	<i>S.L.E. – Combinazione caratteristica rara</i>	176
7.3.1.2.	<i>S.L.U. – Verifica a rottura per flessione</i>	177
7.3.1.3.	<i>S.L.U. – Verifica a taglio</i>	178
7.4.	REAZIONI VINCOLARI	180
7.5.	VERIFICHE DELLE PREDALLES IN FASE DI COSTRUZIONE	181
7.5.1.	Campata	181
7.5.1.1.	<i>Verifiche SLE</i>	182
7.5.1.2.	<i>Verifiche SLU</i>	183
7.5.2.	Sbalzo	185
7.5.2.1.	<i>Verifiche SLU</i>	187
8.	DIMENSIONAMENTO DELL'OPERA: APPOGGI E GIUNTI	189

1. PREMESSA

La presente relazione riguarda l'Opera denominata "C PO 02", prevista nell'ambito della Progettazione Definitiva inerente la costruzione della Autostrada Cispadana.

Il Ponte è posto alla progr. 1+558,456 (Spalla Ovest) della viabilità di collegamento al sistema autostradale denominata Variante Sud dell'abitato di Concordia sulla Secchia (MO02), sovrappassa il "**Canale Sabbioncello**" ed ha lunghezza totale pari a 24.0 m (distanza tra asse appoggi sulle spalle). Lo scavalco dell'interferenza è realizzato mediante 1 impalcato di larghezza totale 10.90 m.

Sull'impalcato stradale si sviluppa per un tratto una clotoide del tracciato planimetrico (parametro $A=75.6$).

Il singolo **impalcato** è realizzato mediante n°4 travi a 'V' di altezza 1.40 m, poste ad interasse 2.265 m. Per la geometria vedi Fig. 1-1.

Gli **appoggi** sono isolatori elastomerici.

Il **sistema di vincolo** è costituito da n° 4+4 isolatori elastomerici con coefficiente di smorzamento viscoso equivalente pari al 15%.

Sinteticamente quindi il viadotto è isolato longitudinalmente e vincolato trasversalmente su entrambe le Spalle.

Sono previsti ritegni sismici in calcestruzzo armato.

Le spalle che raccolgono il viadotto sono di tipo passante con una fila di pali. Per la geometria vedi Fig. 1-2.

Ogni spalla grava su n° 4 pali $\varnothing 1200$ di lunghezza 30.0 m.

Nel **Progetto Preliminare** l'opera in questione era prevista con caratteristiche assai simili a quelle dell'opera ora progettata, a meno della larghezza dell'impalcato – già previsto per 2 sole corsie, leggermente più stretta, della luce di calcolo pari a 22 m e del tipo di travi utilizzate.

Le travi previste nel progetto preliminare sono ad "U" con ali inferiori e sono più performanti rispetto alle travi a "V" adottate nel progetto definitivo.

Fig. 1-1

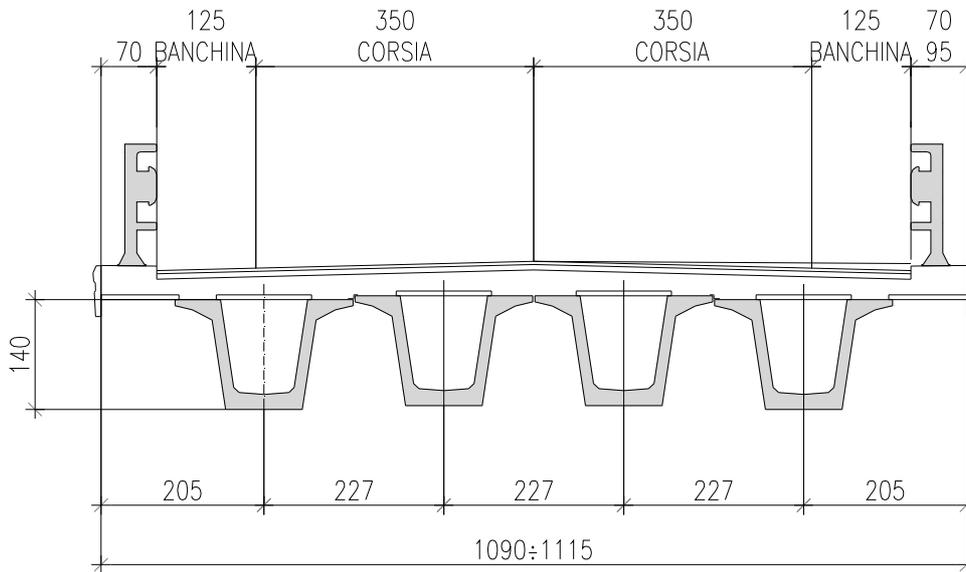
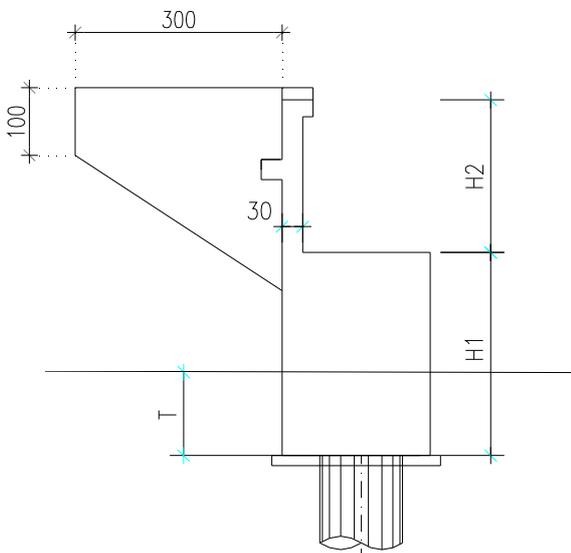


Fig. 1-2



$H1 = 2.3 \text{ m}$; $H2 \cong 2.20 \text{ m}$.

I pali di fondazione sono disposti su un'unica fila e collegati direttamente al muro frontale che funge da pulvino.

Non sono previste pareti di risvolto ma solo orecchie che contengono il rilevato ed hanno uno spessore di 0.6 m.

2. NORMATIVA TECNICA DI RIFERIMENTO

Per un quadro esaustivo della normativa applicata si faccia riferimento all'elaborato:

PD_0_0000_0000_0_GE_KT_01 Elenco delle Normative di riferimento

3. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

Per i materiali utilizzati si veda l'elaborato:

PD_0_0000_0000_0_GE_TB_01 Tabella materiali e classi di esposizione calcestruzzo

4. INCIDENZE

Si forniscono qui di seguito le incidenze d'armatura relative ai singoli elementi costituenti l'Opera:

Cod Wbs	Descrizione Opera	Parte d'opera	Incidenza kg/mc									Incidenza kg/mq
			Pali	Fondazione	Elevazione	Pulvino	Baggioli e ritegni	Soletta di transizione	Soletta Marciapiede su Spalla	Soletta (escluso predalles)	Traverso	
PN29 Canale Sabbioncello	Viadotto alla progr. Km 1+558.456	SPALLA PASSANTE (su 2 file di pali)	130	70	170	-	200	80	-	150	150	

5. DATI DI BASE

5.1. DATI GENERALI

- Luce (interasse appoggi): 24.0 m
- Impalcati: 1
- Larghezza impalcato: 10.90 m
- N° Corsie (Effettive): 2
- N° Corsie (di Calcolo): 3
- Travi: CAP (n°4)
- Spalle: passanti con una fila di pali
- Altezza parete centrale: 2.3 m
- Lunghezza Spalla: 10.90 m
- Vincolamento: 4+4 isolatori elastomerici

5.2. APERTURA LIMITE DELLE FESSURE

Nell'elaborato PD_0_0000_0000_0_GE_TB_01 viene stabilita, per ogni calcestruzzo, la Classe di Esposizione .

Ciò, ai sensi della Tab. 4.1.III delle Norme tecniche per le costruzioni, D.M. 14 gennaio 2008 (di seguito indicate come NTC), qualifica automaticamente la 'Condizione ambientale'.

Tale dato – assieme alla tipologia di armatura 'sensibile' o 'poco sensibile', va inserito nella Tab. 4.1.IV delle NTC. In tale Tabella va inoltre considerato che l'armatura è del tipo 'poco sensibile'.

Conseguentemente a quanto sopra, per lo Stato Limite di apertura delle fessure si ha :

TAB. 5-1

Elemento	classe Esposizione	Condizione	Armatura	Combinazione	$w_d \leq$
Palo	XC2 + XA1	Aggressiva	poco sensibile	frequente	w_2
				quasi permanente	w_1
Spalla (Fondazione); spalla (Elevazione)	XC4 + XD3 + XA1	Aggressiva	poco sensibile	frequente	w_2
				quasi permanente	w_1
Traversi; Predalles; Travi (armatura ordinaria)	XC3	Ordinaria	poco sensibile	frequente	w_3
				quasi permanente	w_2
Soletta di transizione	XC2	Ordinaria	poco sensibile	frequente	w_3
				quasi permanente	w_2
Travi (armatura pretesa)	XC3	Ordinaria	sensibile	frequente	w_2
				quasi permanente	w_1
Solette	XC4	Aggressiva	poco sensibile	frequente	w_2
				quasi permanente	w_1
Codolo con guard rail; veletta	XC4 + XD3 + XF4	Molto aggressiva	poco sensibile	frequente	w_1
				quasi permanente	w_1

In sintesi, tenuto conto di quanto al par. 4.1.2.2.4.1 delle NTC, l'apertura limite delle fessure risulta:

- Traversi, Predalles, Travi (armatura ordinaria), soletta di transizione
Comb. frequente: 0,4 mm; Comb. quasi permanente: 0,3 mm
- Pali, Spalla (fondazione ed elevazione), Travi (armatura pretesa); Soletta
Comb. frequente: 0,3 mm; Comb. quasi permanente: 0,2 mm
- Cordolo con guard rail e velette
Comb. frequente: 0,2 mm; Comb. quasi permanente: 0,2 mm

5.3. DATI SISMICI

- Vita nominale: 50 anni
- Classe d'uso: II \Rightarrow CU = 1.0
- Probabilità di superamento 'PVR' per lo Stato SLV : 10%
- Periodo di Ritorno 'TR' = $-VR / \ln(1-PVR) = 475$ anni
- Longitudine : 10,9932; Latitudine 44,9045 (coordinate WGS84)
- Tipo di Suolo (vedi Relazione Sismica) : 'C' \Rightarrow S = 1.485 (SLV); S = 1.414 (SLC)
- Parametri spettrali:

TAB. 5-2

STATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_c^* [s]
SLO	30	0.037	2.580	0.245
SLD	50	0.047	2.527	0.269
SLV	475	0.139	2.586	0.269
SLC	975	0.188	2.538	0.275

Inoltre, si ha:

- SLV: $T_c = 0.436s$; $T_b = 0.145s$; $T_d = 2.155s$; $C_c = 1.619$
- SLC: $T_c = 0.443s$; $T_b = 0.148s$; $T_d = 2.352s$; $C_c = 1.607$
- Accelerazione massima orizzontale attesa (SLV): $a_g = 0.139g$
- Accelerazione massima verticale attesa (SLV): $a_g = 0.070g$
- Accelerazione massima orizzontale attesa (SLC): $a_g = 0.188g$
- Accelerazione massima verticale attesa (SLC): $a_g = 0.110g$
- Accelerazione massima orizzontale attesa su sito riferimento (SLV): $a_{max} = S \cdot a_g = 1.485 \cdot 0.139g = 0.206g$
- Accelerazione massima orizzontale attesa su sito riferimento (SLC): $a_{max} = S \cdot a_g = 1.414 \cdot 0.188g = 0.266g$

5.4. PARAMETRI GEOTECNICI

I parametri necessari a definire le caratteristiche del terreno a tergo della spalla sono estratti dal Documento 'Criteri Generali per le verifiche Geotecniche'.

Si assume:

$$\gamma = 19.5 \text{ kN/m}^3 ; \varnothing = 38.0^\circ \text{ [M1]} ; \varnothing' = 32.01^\circ \text{ [M2]}$$

dove:

γ : peso specifico del terrapieno

\varnothing : angolo d'attrito *caratteristico* del terrapieno

\varnothing' : angolo d'attrito *efficace* del terrapieno

Le curve di portanza, di sollecitazione e di deformazione dei pali sono estratte dalla Relazione Geotecnica dell'Opera.

6. DIMENSIONAMENTO DELL'OPERA: SPALLA

La spalla è formata da un pulvino appoggiato direttamente sui pali. Non sono previsti muri laterali ma solo le orecchie che contengono il rilevato.

Si sviluppa di seguito un'analisi semplificata per la spalla, considerando sia la Fase Statica che la Fase Sismica.

Si parte dall'analisi dei carichi permanenti e variabili trasmessi dall'impalcato alla spalla e successivamente si analizzano le azioni trasmesse dal terreno alla spalla stessa.

Successivamente le azioni globali trovate vengono combinate secondo i coefficienti parziali di sicurezza per le combinazioni di carico previsti dalle Norme NTC [NTC tabella 5.1.V e 5.1.VI].

6.1. CARICHI TRASMESSI DALL'IMPALCATO

6.1.1. Carichi permanenti impalcato

Dimensioni campata:

L_{tot}	=	25.20	m	lunghezza impalcato
L_{app}	=	24.00	m	interasse appoggi campata
$e_{long(y)}$	=	0.60	m	eccentricità longitudinale asse appoggi campata (retrotrave)
n° corsie	=	2.00		n° corsie
L_{corsie}	=	3.50	m	larghezza corsie
$L_{banchina, sx}$	=	1.38	m	banchina sx
$L_{banchina, dx}$	=	1.25	m	banchine dx
$L_{piattaforma}$	=	9.63	m	larghezza di piattaforma
$t_{marc, sx}$	=	0.70	m	larghezza marciapiede sx
$t_{marc, dx}$	=	0.70	m	larghezza marciapiede dx
$L_{corsie, conv}$	=	3.00	m	larghezza corsie convenzionali
n° col	=	3		n° colonne di carico (corsie)
L_{rim}	=	0.63	m	parte rimanente

TRAVI

Larghezza travi, B :	2.24	m
Interasse travi, i :	2.265	m
Lunghezza travi, L_T :	25.20	m
Luca di calcolo travi, L_c :	24.00	m
n° travi :	4.00	
Peso proprio della trave :	17.88	kN/m
Peso proprio travatura :	71.54	kN/m

Peso	x_0	z_0
kN/m	m	m
-71.54	0.00	0.6796

TRAVERSI TESTATA

Larghezza traversi, Bt :	0.50 m	Peso	x_0	z_0
Altezza traversi, Ht :	1.20 m	kN/m	m	m
Lunghezza traversi, Lt :	1.71 m	-8.14	0.00	0.80

SOLETTA STRUTTURALE

Peso Specifico soletta :	25.00	kN/m ³	Peso	x_0	z_0
Larghezza x :	11.03	m	kN/m	m	m
Spessore z :	0.29	m	-81.03	0.00	1.55
Area sezione trasversale :	3.24	m ²			

PESO STRUTTURALE DELL'IMPALCATO

Calcolo del momento statico della struttura portante, dei pesi e momenti a metro

	Sx kNm/m	Sz kNm/m		
Travi :	0	-48.6	$F_{z, strutt} :$	-160.71 kN/m
Traversi :	0	-6.5	$M_{y, strutt} :$	0.00 kNm/m
Soletta :	0	-125.4	$x_{G, strutt} :$	0.00 m
TOTALE :	0	-180.5	$z_{G, strutt} :$	1.12 m

ELEMENTI PORTATI

Cordolo/Marciapiede dx

Peso Specifico :	25.00	kN/m ³	Peso	x_0	z_0
Larghezza x :	0.700	m	kN/m	m	m
Spessore z :	0.21	m	-3.68	-5.10	1.77
Area sezione trasversale :	0.147	m ²			

Cordolo/Marciapiede sx

Peso Specifico :	25.00	kN/m ³	Peso	x_0	z_0
Larghezza x :	0.700	m	kN/m	m	m
Spessore z :	0.17	m	-2.98	5.23	1.75
Area sezione trasversale :	0.119	m ²			

Pavimentazione

Spessore pacchetto stradale :	0.11	m	Peso	x_0	z_0
Peso specifico pacchetto stradale :	22.00	kN/m ³	kN/m	m	m
Peso a m ² :	2.42	kN/m ²	-23.29	0.06	1.75
Larghezza x :	9.63	m			

Veletta dx :

Peso Specifico :	25.00	kN/m ³	Peso	x_0	z_0
Area sezione trasversale :	0.052	m ²	kN/m	m	m
			-1.31	-5.49	1.60

Veletta sx :

Peso Specifico :	25.00	kN/m ³	Peso	x_0	z_0
Area sezione trasversale :	0.052	m ²	kN/m	m	m
			-1.31	5.61	1.60

Sicurvia dx :

Peso a m lineare :	1.00	kN/m	Peso	x_0	z_0
			kN/m	m	m
			-1.00	-5.06	2.80

Sicurvia sx :

Peso a m lineare :	1.00	kN/m	Peso	x_0	z_0
			kN/m	m	m
			-1.00	5.19	2.80

Calcolo del momento statico della carichi permanenti portati, dei pesi e momenti a metro

	Sx kNm/m	Sz kNm/m
marciiede dx :	18.74	-6.49
marciiede sx :	-15.54	-5.19
pavimentazione :	-1.46	-40.74
veletta dx :	7.18	-2.09
veletta sx :	-7.34	-2.09
Sicurvia dx :	5.06	-2.80
Sicurvia sx :	-5.19	-2.80
TOTALE :	1.45	-62.20

$F_{z,port}$:	-34.56 kN/m
$M_{y,port}$:	-1.45 kNm/m
$x_{G,port}$:	-0.04 m
$z_{G,port}$:	1.80 m

BARICENTRO IMPALCATO NEL SUO COMPLESSO

	Fz kN/m	xG m	zG m	My kNm/m
Struttura :	-160.71	0.00	1.12	0.0
portati :	-34.56	-0.04	1.80	-1.4
TOTALE :	-195.27	-0.01	1.24	-1.4

	Lun. trave m	Fz kN	My kNm	% su spalla	Fz spalla kN	My spalla kNm
Struttura :	25.20	-4.050	0	50%	-2.025	0
portati :	25.20	-871	-37	50%	-435	-18
Totale:	25.20	-4.921	-37	50%	-2.460	-18

RIEPILOGO AZIONI PERMANENTI DA IMPALCATO SU SPALLA

Si riporta per comodità un riepilogo delle azioni trasmesse sulla spalla dai carichi permanenti di impalcato

	Fx kN	Fy kN	Fz kN	Mx kNm	My kNm	Mz kNm
Permanenti Strutturali	0.0	0.0	-2.024.9	0.0	0.0	0.0
Permanenti portati	0.0	0.0	-435.5	0.0	-18.3	0.0
Totale	0.0	0.0	-2.460.4	0.0	-18.3	0.0

6.1.2. Carichi variabili

Premessa generale è che le azioni trasversali (vento, eventuale azione centrifuga) non sono certo dimensionanti per spalle la cui dimensione trasversale minima è di 10.90 m.

In conseguenza di ciò e con riferimento alla Tab.5.1.IV delle NTC, i Gruppi di Azioni da prendersi in conto sono '1' e '2a'.

In entrambi i Gruppi, quale coefficiente ' γ ' (NTC, Tab.5.1.V) si assumerà il valore 1.35 per tutte le 'azioni elementari' (Permanenti da impalcato e da spalla, Attrito appoggi, Carico Tandem, Carico distribuito su impalcato, Frenatura), mentre si assumerà un valore 1.50 per quanto riguarda il sovraccarico sul terrapieno.

Quali coefficienti Ψ (NTC, Tab.5.1.VI) assumerà :

- Gruppo 1

Variabili 'Tandem' e relativo attrito appoggi: 1.0 ; Variabili 'Distribuito' e relativo attrito appoggi: 1.0 ;

Frenatura: 0.0

- Gruppo 2a

Variabili 'Tandem' e relativo attrito appoggi: 0.75 ; Variabili 'Distribuito' e relativo attrito appoggi: 0.40 ;

Frenatura: 1.0

Tranne ove esplicitamente dichiarato il carico derivante dalla folla non viene preso in conto (assenza di marciapiedi).

6.1.2.1. Carichi mobili

Carichi da normativa : Categoria 1		
Posizione	Carico asse Q_{ik} [kN]	Carico distrib. q_{ik} [kN/m ²]
Corsia Numero 1	300.00	9.00
Corsia Numero 2	200.00	2.50
Corsia Numero 3	100.00	2.50
Altre Corsie	0.00	2.50
Parte rimanente	0.00	2.50
Folla (valore nominale)	0.00	5.00
Folla (valore di comb.)	0.00	2.50

Corsia convenzionale 1

Le azioni totali scaricate all'appoggio per la corsia 1 sono :

	Max kN	Min kN	
$R_{Q1k} =$	600	0	
$R_{q1k} =$	340	340	
Totale =	940	340	1280 kN

Corsia convenzionale 2

Le azioni totali scaricate all'appoggio per la corsia 2 sono :

	Max kN	Min kN	
$R_{Q1k} =$	400	0	
$R_{q1k} =$	95	95	
Totale =	495	95	589 kN

Corsia convenzionale 3

Le azioni totali scaricate all'appoggio per la corsia 3 sono :

	Max kN	Min kN	
$R_{Q1k} =$	200	0	
$R_{q1k} =$	95	95	
Totale =	295	95	389 kN

Parte rimanente

Le azioni totali scaricate all'appoggio per la porzione rimanente è :

	Max kN	Min kN	
$R_{qr} =$	20	20	
Totale =	20	20	39 kN

Folla

Le azioni totali scaricate all'appoggio per la folla in sx o in dx sono :

combinati	Max kN	Min kN	
$R_{qf,sx} =$	22	22	
$R_{qf,dx} =$	22	22	
Totale =	44	44	88 kN

nominali	Max kN	Min kN	
$R_{qf,sx} =$	110	110	
$R_{qf,dx} =$	110	110	
Totale =	221	221	441 kN

DISPOSIZIONE TRASVERSALE DEI CARICHI MOBILI DT1 - DT2

TIPO DI CARICO	DISP. TRASVERSALE 1		DISP. TRASVERSALE 2	
	$e_{t,1}$ [m]	DT1	$e_{t,2}$ [m]	DT2
carico folla sx - Carr. 1 $q_{f,sx}$	0.00	0	0.00	0
corsia numero 1 - Carr. 1 $Q_{1k}+q_{1k}$	-3.25	1	-3.25	0
corsia numero 2 - Carr. 1 $Q_{2k}+q_{2k}$	-0.25	1	-0.25	0
corsia numero 3 - Carr. 1 $Q_{3k}+q_{3k}$	2.75	1	2.75	0
corsia numero 4 - Carr. 1 q_{4k}	0.00	0	0.00	0
corsia numero 5 - Carr. 1 q_{5k}	0.00	0	0.00	0
Rimanente - Carr. 1 q_{rk}	4.56	1	4.56	0
carico folla dx - Carr. 1 $q_{f,dx}$	0.00	0	0.00	0
carico folla sx - Carr. 2 $q_{f,sx}$	0.00	0	0.00	0
corsia numero 1 - Carr. 2 $Q_{1k}+q_{1k}$	0.00	0	0.00	0
corsia numero 2 - Carr. 2 $Q_{2k}+q_{2k}$	0.00	0	0.00	0
corsia numero 3 - Carr. 2 $Q_{3k}+q_{3k}$	0.00	0	0.00	0
corsia numero 4 - Carr. 2 q_{4k}	0.00	0	0.00	0
corsia numero 5 - Carr. 2 q_{5k}	0.00	0	0.00	0
Rimanente - Carr. 2 q_{rk}	0.00	0	0.00	0
carico folla dx - Carr. 2 $q_{f,dx}$	0.00	0	0.00	0

Disp. Trasversale DT1

	Reazione Massima			Reazione Minima		
	$R_{mobili,i}$ [kN]	$e_{t,i}$ [m]	$M_{t,i}$ [kNm]	$R_{mobili,i}$ [kN]	$e_{t,i}$ [m]	$M_{t,i}$ [kNm]
C.1 - R_{Q1k} =	600	-3.25	-1.950	0	-3.25	0
C.1 - R_{Q2k} =	400	-0.25	-100	0	-0.25	0
C.1 - R_{Q3k} =	200	2.75	550	0	2.75	0
C.2 - R_{Q1k} =	0	0.00	0	0	0.00	0
C.2 - R_{Q2k} =	0	0.00	0	0	0.00	0
C.2 - R_{Q3k} =	0	0.00	0	0	0.00	0
Totale R_{Qik} =	1.200		-1.500	0		0

	Reazione Massima			Reazione Minima		
	$R_{mobili,i}$ [kN]	$e_{t,i}$ [m]	$M_{t,i}$ [kNm]	$R_{mobili,i}$ [kN]	$e_{t,i}$ [m]	$M_{t,i}$ [kNm]
C.1 - R_{q1k} =	340	-3.25	-1.106	340	-3.25	-1.106
C.1 - R_{q2k} =	95	-0.25	-24	95	-0.25	-24
C.1 - R_{q3k} =	95	2.75	260	95	2.75	260
C.1 - R_{q4k} =	0	0.00	0	0	0.00	0
C.1 - R_{q5k} =	0	0.00	0	0	0.00	0
C.1 - R_{qr} =	20	4.56	90	20	4.56	90
C.2 - R_{q1k} =	0	0.00	0	0	0.00	0
C.2 - R_{q2k} =	0	0.00	0	0	0.00	0
C.2 - R_{q3k} =	0	0.00	0	0	0.00	0
C.2 - R_{q4k} =	0	0.00	0	0	0.00	0
C.2 - R_{q5k} =	0	0.00	0	0	0.00	0
C.2 - R_{qr} =	0	0.00	0	0	0.00	0
Totale R_{qik} =	549		-780	549		-780

	Reazione Massima			Reazione Minima		
	$R_{mobili,i}$ [kN]	$e_{t,i}$ [m]	$M_{t,i}$ [kNm]	$R_{mobili,i}$ [kN]	$e_{t,i}$ [m]	$M_{t,i}$ [kNm]
C.1 - $R_{af,sx,comb}$ =	0	0.00	0	0	0.00	0
C.1 - $R_{af,dx,comb}$ =	0	0.00	0	0	0.00	0
C.2 - $R_{af,sx,comb}$ =	0	0.00	0	0	0.00	0
C.2 - $R_{af,dx,comb}$ =	0	0.00	0	0	0.00	0
Totale R_{qik} =	0		0	0		0

Si riepilogano le azioni a quota estradosso appoggi sulla spalla più sollecitata delle disposizioni trasversali dei carichi mobili DT1 e DT2.

DISPOSIZIONI	REAZIONI SPALLA DOVUTE AI CARICHI MOBILI MAX					
	Q_{ik}		q_{ik}		$Q_{ik} + q_{ik}$	
	R_{mobili} [kN]	$M_{t,mobili}$ [kNm]	R_{mobili} [kN]	$M_{t,mobili}$ [kNm]	R_{mobili} [kN]	$M_{t,mobili}$ [kNm]
DISPOSIZIONE 1	1.200.0	-1.500.0	548.9	-779.6	1.748.9	-2.279.6
DISPOSIZIONE 2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

RIEPILOGO SOLLECITAZIONI DA CARICHI MOBILI

Si riepilogano le azioni a quota estradosso appoggi sulla spalla più sollecitata delle disposizioni trasversali dei carichi mobili DT1, DT2, DT3 e DT4.

DISPOSIZIONI	REAZIONI SPALLA DOVUTE AI CARICHI MOBILI MAX					
	Q_{ik}		q_{ik}		$Q_{ik} + q_{ik}$	
	R_{mobili} [kN]	$M_{t,mobili}$ [kNm]	R_{mobili} [kN]	$M_{t,mobili}$ [kNm]	R_{mobili} [kN]	$M_{t,mobili}$ [kNm]
DISPOSIZIONE 1	1.200.0	-1.500.0	548.9	-779.6	1.748.9	-2.279.6
DISPOSIZIONE 2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Le disposizioni trasversali che generano maggiori sollecitazioni sulla spalla sono:

DISPOSIZIONE 1 genera la massima azione verticale

che di seguito verranno nominate come Disposizione 1 e Disposizione 2.

DISPOSIZIONI	REAZIONI SPALLA DOVUTE AI CARICHI MOBILI MAX					
	Q_{ik}		q_{ik}		$Q_{ik} + q_{ik}$	
	R_{mobili} [kN]	$M_{t,mobili}$ [kNm]	R_{mobili} [kN]	$M_{t,mobili}$ [kNm]	R_{mobili} [kN]	$M_{t,mobili}$ [kNm]
DISPOSIZIONE 1	1.200.0	-1.500.0	548.9	-779.6	1.748.9	-2.279.6
DISPOSIZIONE 2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

6.1.2.2. Azione longitudinale di frenamento

La forza di frenamento o di accelerazione q_3 è funzione del carico verticale totale agente sulla corsia convenzionale n. 1, e per i ponti di 1ª categoria è uguale a:

$$180 \text{ kN} \leq [q_3 = 0,6 \times (2Q_{1k}) + 0,10q_{1k} \times w_1 \times L] \leq 900 \text{ kN}$$

$w_1 =$	larghezza della corsia =	3.00	m	
$L =$	lunghezza zona caricata =	25.20	m	
	$180 \leq$	q_3	≤ 900	VERO
	$q_3 =$	428.04	kN	
% forza orizzontale assegnata alla spalla =		50	%	
	$H_{\text{frenam spalla}} =$	214.02	kN	
	$\Delta_{\text{pav-bagg}} =$	2.00	m	
	$N_{\text{frenam spalla}} =$	-36	kN	

6.1.2.3. Azione centrifuga

Nei ponti con asse curvo di raggio R (in metri) l'azione centrifuga corrispondente ad ogni colonna di carico si valuta convenzionalmente come indicato in Tab. 5.1.III, essendo :

$$Q_v = \sum_i 2 \cdot Q_{ik}$$

il carico totale dovuto agli assi tandem dello schema di carico 1 agenti sul ponte.

Il carico concentrato Q_4 , applicato a livello della pavimentazione, agisce in direzione normale all'asse del ponte.

Tabella 5.1.III - Valori caratteristici delle forze centrifughe

Raggio di curvatura [m]	Q_4 [kN]
$R < 200$	$0,2 \cdot Q_v$
$200 \leq R \leq 1500$	$40 \cdot Q_v / R$
$1500 \leq R$	0

Rmin = 1800.00 m

n° assi tandem = 3

$Q_v = 1200.00$ kN

$Q_4 =$ kN

Su ciascuna spalla si ha:

$Q_4 =$ kN (Fx)
 $\Delta_{\text{pav-bagg}} = 2.00$ m
 $My_{Q4} = 0.00$ kNm

distanza pavimentato - estradosso apparecchi d'appoggio

6.1.2.4. Azione del vento

$$v_b = 25.00 \text{ m/s}$$

$$q_b = 390.63 \text{ N/m}^2$$

$$\rho = 1.25 \text{ kg/m}^3$$

Zona 2

altitudine =	18.00	m.s.m.m.	$k_r =$	0.19
distanza dalla costa =	> 40	km	$z_0 =$	0.05 m
classe di rugosità =	D		$z_{min} =$	4 m
zona =	II		$z =$	7.00 m

$\alpha_r =$	1.00		coeff. calcolato per un periodo di ritorno di	50	anni
$v_b(T_r) =$	25.00	m/s			
$q_b(T_r) =$	390.63	N/m ²			

$c_e =$	2.13			
$c_t =$	1.00			
$c_p =$	1.40		travi isolate con $\phi = 1$	
$c_d =$	1.00			
$q_{vento} =$	1.17	kN/m ²		

$q_{vento} =$	1.17	kN/m ²
$L_{Ponte} =$	25.20	m
$H_{ponte} =$	2.04	m
$H_{carichi\ transitanti} =$	3.00	m

	Impalcato carico		Impalcato scarico		
Superficie =	127.01	m ²	51.408	m ²	
Ht _(Fx) q ₅ =	74	kN	30	kN	sulla spalla
H _{baggiolo} =	0.15	m	0.15	m	
H _{appoggio} =	0.30	m	0.30	m	
H _{collegamenti} =	0.00	m	0.00	m	
b q ₅ =	2.97	m	1.69	m	braccio forza
My q ₅ =	219.73	kNm	50.69	kNm	My estradosso muro

Poiché il ponte in senso trasversale è vincolato ad entrambi gli appoggi, l'azione dovuta al vento si ripartisce in egual misura sulle due spalle.

6.1.2.5. Resistenze parassite dei vincoli

Le azioni parassite vengono calcolate come una percentuale degli scarichi verticali permanenti e dipendono dallo schema di vincolo adottato.

Percentuale adottata per il calcolo K=	5.00%
Totale carichi permanenti $R_{perm.spalla}$ =	-2460 kN
$H_{l,parassita,y}$ =	123.02 kN

6.1.3. Riepilogo delle azioni variabili

Si riporta per comodità un riepilogo delle azioni trasmesse sulla spalla dai carichi variabili di impalcato

CARICHI & AZIONI IMPALCATO	F_x kN	F_y kN	F_z kN	M_x kNm	M_y kNm	M_z kNm
Mobili Q_{ik} (Disp.1)	0.0	0.0	-1.200.0	0.0	-1.500.0	0.0
Mobili q_{ik} (Disp.1)	0.0	0.0	-548.9	0.0	-779.6	0.0
Mobili Q_{ik} (Disp.2)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Mobili q_{ik} (Disp.2)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Frenamento	0.0	214.0	-35.7	0.0	0.0	0.0
Centrifuga	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Vento (imp.scarico)	29.9	0.0	0.0	0.0	50.7	0.0
Vento (imp.carico)	74.0	0.0	0.0	0.0	219.7	0.0
Parassite vincoli	0.0	123.0	0.0	0.0	0.0	0.0

6.1.4. Azioni sismiche trasmesse dall'impalcato

Vengono utilizzati n°4+4 isolatori elastomerici con coefficiente di smorzamento viscoso equivalente pari al 15%.

Il calcolo del sistema d'isolamento viene svolto in due fasi: la prima per determinare le azioni sulle sottostrutture mentre la seconda per definire le azioni sugli isolatori e il varco di giunto da utilizzare.

La prima fase è riferita allo SLU mentre la seconda allo SLC.

Il dimensionamento delle due fasi vengono svolte seguendo il capitolo 7.10 delle NTC.

6.1.4.1. Verifiche sottostrutture

Si determinano le azioni trasmesse alla sottostruttura.

Tale fase è riferita allo SLU ($q = 1.5$).

Per valutare le azioni in tale fase si segue la seguente procedura:

- Si fissa il periodo equivalente della struttura isolata T_{is} ,
- Si determina la rigidezza equivalente del sistema $K_{esi} = (2\pi)^2 * M / T_{is}^2$ dove M è la massa della sovrastruttura
- Si determina l'accelerazione spettrale del sistema $S_{e,slu}(T_{is}, \xi_{esi})$ dove ξ_{esi} è lo smorzamento specifico del sistema
- Si determina il Taglio alla base del sistema $F_{SLU} = M * S_{e,slu}(T_{is}, \xi_{esi})$

Seguendo il procedimento esposto si determina l'azione trasmessa – tramite gli isolatori - ad una singola spalla dall'impalcato:

TAB. 6-1

Mtot	492.1	t	massa totale impalcato
Tis	2	s	
csi	0.15		sistema di isolamento
Nis	8		
q	1.5		fattore di struttura (SLU)
eta	0.707		
Fo	2.586		
ag	0.139	g	
S	1.485		
Tb	0.145		
Tc	0.436		
Td	2.155		
Se (Tis;csi)	0.055	g	
Se (Tis;csi)	0.538	m/s2	
Sd (mm)	81.8	mm	
dc	55	mm	spostamento
Vimpalcato	265	KN	azione trasmessa dall'impalcato isolato
Vspalla	132	KN	azione trasmessa alla spalla
Kis	4857	kN/m	rigidezza sistema di isolamento
Kis	607.10	kN/m	rigidezza 1 isolatore Klong = Ktrav

RIEPILOGO DELLE AZIONI INDOTTE DAL SISMA SULLA SPALLA

CARICHI & AZIONI IMPALCATO	<i>F_x</i> kN	<i>F_y</i> kN	<i>F_z</i> kN	<i>M_x</i> kNm	<i>M_y</i> kNm	<i>M_z</i> kNm
Sisma Fx	132.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Sisma Fy	0.0	132.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Sisma Fz	0.0	0.0	-390.6	0.0	0.0	0.0

6.1.5. Riepilogo delle azioni trasmesse dall'impalcato

Si riporta una tabella con le azioni globali trasmesse dall'impalcato alla spalla e applicate nel baricentro degli appoggi.

TAB. 6-2

CARICHI & AZIONI IMPALCATO	F_x kN	F_y kN	F_z kN	M_x kNm	M_y kNm	M_z kNm
Permanenti	0.0	0.0	-2.460.4	0.0	-18.3	0.0
Mobili Q _{ik} (Disp.1)	0.0	0.0	-1.200.0	0.0	-1.500.0	0.0
Mobili q _{ik} (Disp.1)	0.0	0.0	-548.9	0.0	-779.6	0.0
Mobili Q _{ik} (Disp.2)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Mobili q _{ik} (Disp.2)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Frenamento (Disp.1)	0.0	214.0	-35.7	0.0	0.0	0.0
Centrifuga (Disp.1)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Vento (imp.scarico)	29.9	0.0	0.0	0.0	50.7	0.0
Vento (imp.carico)	74.0	0.0	0.0	0.0	219.7	0.0
Parassite vincoli	0.0	123.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Sism. (dir. x)	132.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Sism. (dir. y)	0.0	132.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Sism. (verticali)	0.0	0.0	-390.6	0.0	0.0	0.0

Si trasportano ora le forze nel sistema di riferimento del paramento frontale (spiccato muro – baricentro paramento).

Si trasportano ora le forze nel sistema di riferimento del paramento frontale (spiccato muro - baricentro paramento).
Coordinate del baricentro del sistema di appoggi rispetto l'origine del sistema di riferimento a spiccato elevazione:

$$\begin{aligned}x_m &= 0.00 \text{ m} \\y_m &= 0.00 \text{ m} \\z_m &= 0.45 \text{ m}\end{aligned}$$

TAB. 6-3

CARICHI & AZIONI IMPALCATO	F_x kN	F_y kN	F_z kN	M_x kNm	M_y kNm	M_z kNm
Permanenti	0.0	0.0	-2.460.4	0.0	-18.3	0.0
Mobili Q _{ik} (Disp.1)	0.0	0.0	-1.200.0	0.0	-1.500.0	0.0
Mobili q _{ik} (Disp.1)	0.0	0.0	-548.9	0.0	-779.6	0.0
Mobili Q _{ik} (Disp.2)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Mobili q _{ik} (Disp.2)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Frenamento (Disp.1)	0.0	214.0	-35.7	-96.3	0.0	0.0
Centrifuga (Disp.1)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Vento (imp.scarico)	29.9	0.0	0.0	0.0	64.2	0.0
Vento (imp.carico)	74.0	0.0	0.0	0.0	253.0	0.0
Parassite vincoli	0.0	123.0	0.0	-55.4	0.0	0.0
Sism. (dir. x)	132.0	0.0	0.0	0.0	59.4	0.0
Sism. (dir. y)	0.0	132.0	0.0	-59.4	0.0	0.0
Sism. (verticali)	0.0	0.0	-390.6	0.0	0.0	0.0

Nella tabella seguente le azioni vengono trasportate nel sistema di riferimento delle fondazioni (spiccato pali – baricentro pali).

Si trasportano ora le forze nel sistema di riferimento della fondazione (spiccato pali - baricentro pali).

Coordinate del baricentro del sistema di appoggi rispetto l'origine del sistema di riferimento a spiccato fondazioni:

$$\begin{aligned}x_m &= 0.00 \text{ m} \\y_m &= 0.00 \text{ m} \\z_m &= 2.75 \text{ m}\end{aligned}$$

TAB. 6-4

CARICHI & AZIONI IMPALCATO	<i>F_x</i> kN	<i>F_y</i> kN	<i>F_z</i> kN	<i>M_x</i> kNm	<i>M_y</i> kNm	<i>M_z</i> kNm
Permanenti	0.0	0.0	-2.460.4	0.0	-18.3	0.0
Mobili <i>Q_{ik}</i> (Disp.1)	0.0	0.0	-1.200.0	0.0	-1.500.0	0.0
Mobili <i>q_{ik}</i> (Disp.1)	0.0	0.0	-548.9	0.0	-779.6	0.0
Mobili <i>Q_{ik}</i> (Disp.2)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Mobili <i>q_{ik}</i> (Disp.2)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Frenamento (Disp.1)	0.0	214.0	-35.7	-588.6	0.0	0.0
Centrifuga (Disp.1)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Vento (imp.scarico)	29.9	0.0	0.0	0.0	133.0	0.0
Vento (imp.carico)	74.0	0.0	0.0	0.0	423.2	0.0
Parassite vincoli	0.0	123.0	0.0	-338.3	0.0	0.0
Sism. (dir. x)	132.0	0.0	0.0	0.0	363.0	0.0
Sism. (dir. y)	0.0	132.0	0.0	-363.0	0.0	0.0
Sism. (verticali)	0.0	0.0	-390.6	0.0	0.0	0.0

6.2. AZIONI TRASMESSE DALLA SPALLA

6.2.1. Angolo d'attrito terreno/parete

Viene assunto nullo, a favore di sicurezza.

6.2.2. Spinta delle terre: fase statica

Quale valore del Coefficiente di spinta si assume quello 'attivo'. Il valore è pari a:

$$k_a = \operatorname{tg}(45^\circ - \varnothing/2)^2 = 0.24$$

6.2.3. Spinta delle terre: fase sismica

Si adotta la formula di Mononobe-Okabe

L'espressione adottata è quella di EC8 – Parte 5 – Annesso E – par. E.4 – espressione E.2:

$$k_a = \frac{\sin^2(\psi + \phi - \vartheta)}{\cos \vartheta * \sin^2 \psi * \sin(\psi - \vartheta - \delta) * \left[1 + \sqrt{\frac{\sin(\phi + \delta) * \sin(\phi - \beta - \vartheta)}{\sin(\psi - \vartheta - \delta) * \sin(\psi + \beta)}} \right]^2}$$

dove:

- ψ : angolo inclinazione superficie di applicazione del vettore rispetto a orizzontale.

Nel caso in questione: $\psi = 90^\circ$

- δ : angolo d'attrito terreno/parete

Nel caso in questione si assume, a favore di sicurezza: $\delta = 0^\circ$

- \varnothing : angolo di attrito del materiale costituente il terrapieno

In funzione di quanto riportato al par. 4.4 si ha: $\varnothing = 38^\circ$

$$\theta = k_h / (1 \pm k_v)$$

$$k_h = 0.206 ; k_v = \pm 0.5 * k_h = 0.103 \text{ (EC8 – Parte 5 – Annesso E – par. E.4 – espressione E.6)}$$

$$\theta = \operatorname{arctg}[k_h / (1 \pm k_v)] \Rightarrow \theta_{(k_v+)} = 10.6^\circ ; \theta_{(k_v-)} = 12.9^\circ$$

In definitiva il coefficiente di spinta in fase sismica 'kE' risulta:

$$k_E (k_v-) = 0.375 ; k_E (k_v+) = 0.345$$

Il vettore spinta, ortogonale alla parete, va poi moltiplicato per il fattore $(1 \pm kv)$ [espressione E.1 di Norma citata]. Per quanto precisato in Relazione Geotecnica l'espressione è da assumere con segno \pm invertito. Si ottiene:

$$k_E = \text{MAX}[(1-0.103)*0.345 ; k_E = (1+0.103)*0.375] = \text{MAX}[0.310 ; 0.414] = \mathbf{0.414}$$

6.2.4. Spinta delle terre: sovraccarico su terrapieno

Ai sensi del par. C5.1.3.3.7.1 della Circolare n. 617 del 2 febbraio 2009 gli assi tandem possono essere sostituiti da un carico uniforme di valore pari a :

$$q(Q) = Q_{ik}/(3.0*2.20)$$

Detto carico uniforme risulta – per le singole corsie – pari a:

$$1a \text{ Corsia: } q(Q1) = 90.9 \text{ kN/m}^2; 2a \text{ Corsia: } q(Q2) = 60.6 \text{ kN/m}^2; 3a \text{ Corsia: } q(Q3) = 30.3 \text{ kN/m}^2$$

$$4a \text{ Corsia: } q(Q4) = 0 \text{ kN/m}^2$$

Ai su elencati carichi, estesi su una lunghezza pari a 2.2 m, va sommato quello dovuto ai carichi q_{ik} , estesi indefinitamente:

$$1a \text{ Corsia: } q(q1) = 9.0 \text{ kN/m}^2$$

$$2a, 3a \text{ e } 4a \text{ Corsia: } q(q2) = q(q3) = q(q4) = 2.5 \text{ kN/m}^2$$

Per semplicità di analisi e a seguito di considerazioni riportate in 'NOTA' si assume un valore unico del sovraccarico per l'intero terrapieno, valore esteso sull'intero estradosso del cuneo di spinta, pari a:

$$\mathbf{q_v = 25.0 \text{ kN/m}^2}$$

La diffusione di tale sovraccarico lungo l'altezza, sempre ai sensi del paragrafo della Circolare già citato, comporterebbe poi una diminuzione del valore del sovraccarico alle varie quote.

Sempre a favore di sicurezza si assume un andamento costante pari al valore massimo.

In conseguenza al coefficiente di spinta su precisato (0.24) si assume in definitiva un sovraccarico orizzontale uniforme lungo l'altezza pari a:

$$q_o = 0.24*25 = 6.0 \text{ kN/m}^2$$

NOTA

Per la determinazione della pressione laterale esercitata sul muro di sostegno a partire dal sovraccarico generico presente in superficie si può far ricorso alla teoria dell'elasticità nella formulazione sviluppata da Bussinesq.

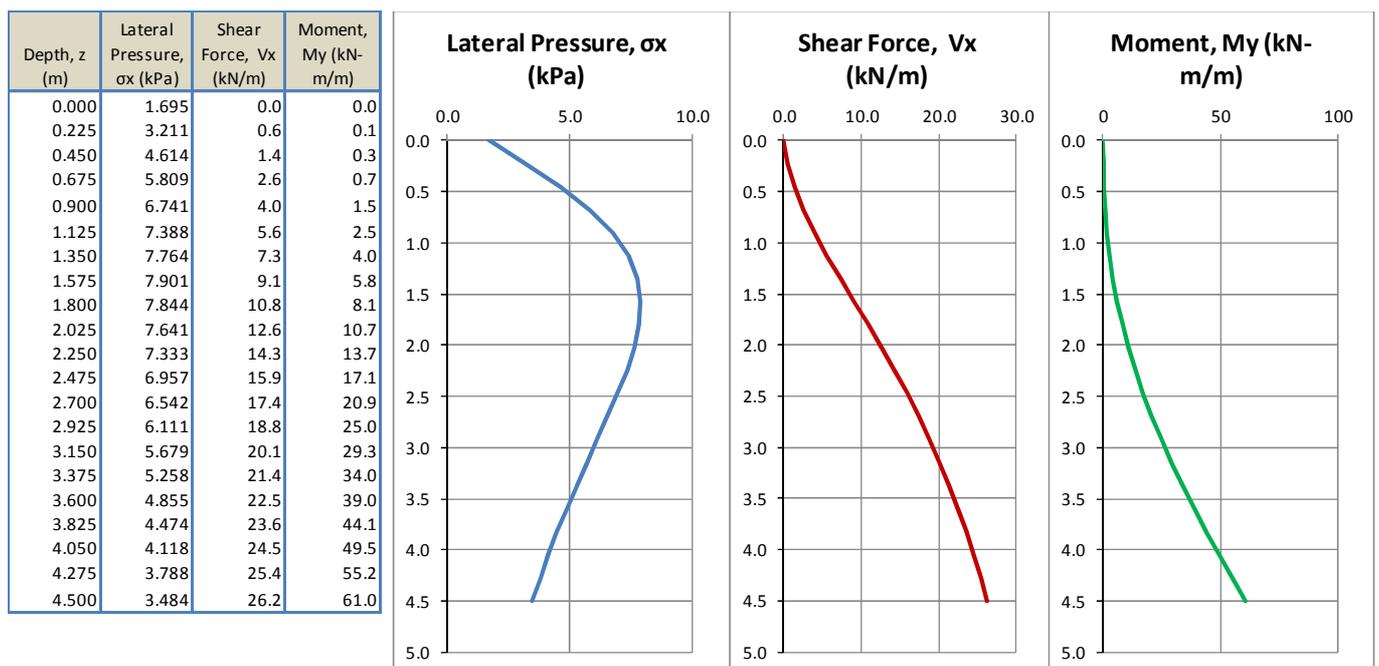
Ogni corsia – di larghezza 3.0 m - trasmette alla parete un'azione orizzontale dovuta in parte al carico verticale distribuito 'q', indefinitamente esteso a tergo e in parte al carico 'Q', esteso su una profondità a tergo pari a 2.2 m. Entrambi i carichi cambiano da corsia a corsia.

Per semplicità, ed operando a favore di sicurezza, si analizza la corsia più caricata.

Si riporta il calcolo della pressione laterale effettiva risultante dall'applicazione dei carichi afferenti la corsia e del sovraccarico equivalente 'q_v'

Wall height I height, H =	4.5	m
Poisson ratio, μ =	0.6	
Distance from the wall origin to section, Ys =	1.5	m
Magnification factor =	1.5	

Load No.	Load Intensity	Distance from the centroid of the load to the wall origin		Load area plan dimension		Area	Vertical Load
	q, kPa	Xo, m	Yo, m	Lx, m	Ly, m	A, m ²	P, kN
1	90.9	2.2	1.5	2.2	3	6.6	599.94
2	9	5	1.5	10	3	30	270



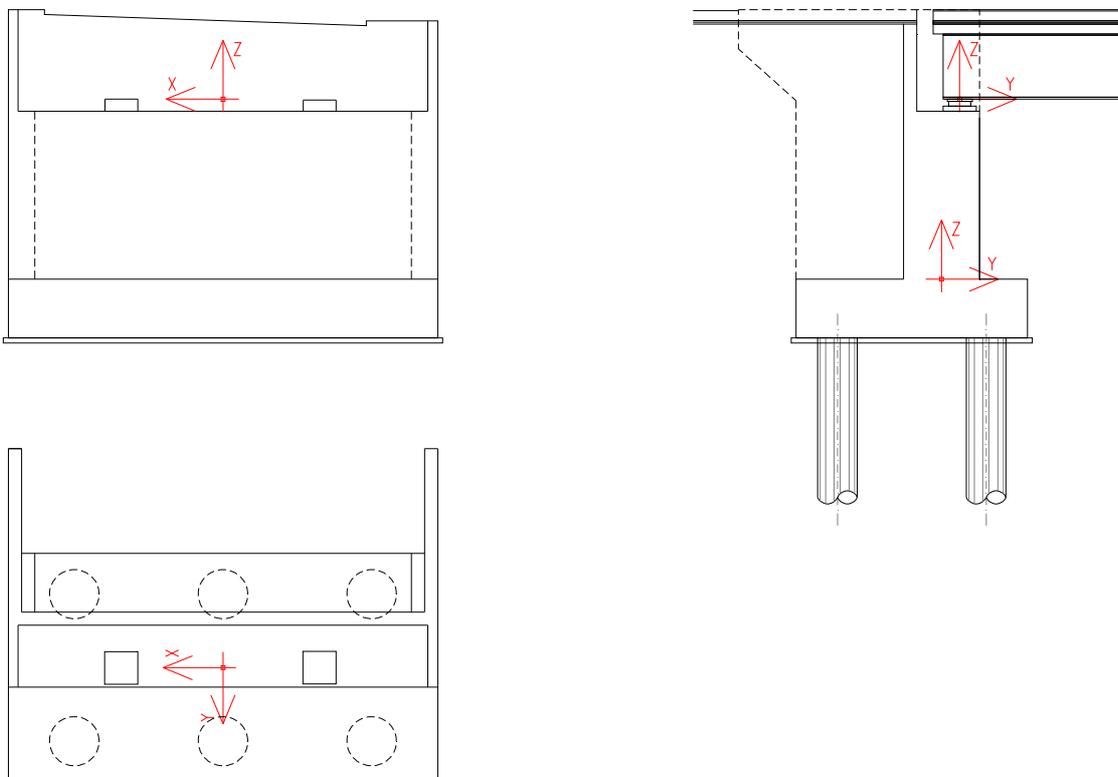
Calcolo del carico qv equivalente	
$S(qv) =$	$k \cdot qv \cdot H$
$k = ka =$	0.24
$qv =$	24.3 KN/mq

In definitiva si assume, a favore di sicurezza, un sovraccarico pari a 25.0 kN/m²

6.2.5. Carichi permanenti spalla

Il sistema di riferimento per i calcoli dei pesi viene preso con versi identici a quelli mostrati nelle figura seguente mentre l'origine è a quota spiccatto elevazione. Planimetricamente il centro del sistema di riferimento è nel baricentro planimetrico della sezione di paramento frontale.

FIG. 6-1



Pulvino frontale :

Peso Specifico :	25.00	kN/m ³
Altezza pulvino :	2.30	m
Lunghezza pulvino :	10.90	m
Spessore pulvino :	2.15	m

x_m	y_m	z_m
m	m	m
0.00	0.00	1.15

Peso	S_{xm}	S_{ym}	S_{zm}
kN	kNm/m	kNm/m	kNm/m
1347.51	0	0	1550

Paraghiaia frontale :

Peso Specifico :	25.00	kN/m ³
Altezza paraghiaia :	2.15	m
Lunghezza paraghiaia :	10.90	m
Spessore paraghiaia :	0.3	m

x_m	y_m	z_m
m	m	m
0.00	-0.925	3.38

Peso	S_{xm}	S_{ym}	S_{zm}
kN	kNm/m	kNm/m	kNm/m
175.76	0	-163	593

Muro laterale x(+) :

Peso Specifico :	25.00	kN/m ³
Altezza muro :	2.00	m
Lunghezza muro :	3.00	m
Spessore muro :	0.30	m

x_m	y_m	z_m
m	m	m
5.15	-2.08	2.87

Peso	S_{xm}	S_{ym}	S_{zm}
kN	kNm/m	kNm/m	kNm/m
45.00	232	-93	129

Muro laterale x(-) :

Peso Specifico :	25.00	kN/m ³
Altezza muro :	2.00	m
Lunghezza muro :	3.00	m
Spessore muro :	0.30	m

x_m	y_m	z_m
m	m	m
-5.15	-2.08	2.87

Peso	S_{xm}	S_{ym}	S_{zm}
kN	kNm/m	kNm/m	kNm/m
45.00	-232	-93	129

Paraghiaia lat. x(+) :

Peso Specifico :	25.00	kN/m ³
Altezza paraghiaia :	1.00	m
Lungh. paraghiaia :	3.00	m
Spessore paraghiaia :	0.60	m

x_m	y_m	z_m
m	m	m
5.15	-2.58	4.04

Peso	S_{xm}	S_{ym}	S_{zm}
kN	kNm/m	kNm/m	kNm/m
45.00	232	-116	182

Paraghiaia lat. x(-) :

Peso Specifico :	25.00	kN/m ³
Altezza paraghiaia :	1.00	m
Lungh. paraghiaia :	3.00	m
Spessore paraghiaia :	0.60	m

x_m	y_m	z_m
m	m	m
-5.15	-2.58	4.04

Peso	S_{xm}	S_{ym}	S_{zm}
kN	kNm/m	kNm/m	kNm/m
45.00	-232	-116	182

Riepilogo elementi di elevazione

	W kN	x_m m	y_m m	z_m m	S_{xm} kNm/m	S_{ym} kNm/m	S_{zm} kNm/m
Muro frontale :	0	0.00	0.00	0.00	0	0	0
Pulvino frontale :	1348	0.00	0.00	1.15	0	0	1550
Paragliaia frontale :	176	0.00	-0.93	3.38	0	-163	593
Muro laterale x(+) :	45	5.15	-2.08	2.87	232	-93	129
Muro laterale x(-) :	45	-5.15	-2.08	2.87	-232	-93	129
Paragliaia lat. x(+) :	45	5.15	-2.58	4.04	232	-116	182
Paragliaia lat. x(-) :	45	-5.15	-2.58	4.04	-232	-116	182

Elementi di elevazione : 1703 0.0 -0.3 1.62 0 -581 2765

Si considera un sistema di riferimento centrato nel baricentro della testa dei pali di fondazione

Coordinate sistema M nel sistema principale P: $x_m = 0.00$, $y_m = 0.075$, $z_m = 0.00$

	W kN	x_p m	y_p m	z_p m	S_{xp} kNm/m	S_{yp} kNm/m	S_{zp} kNm/m
Elementi verticali :	1.703	0.00	-0.27	1.62	0	-453	2.765

Si riportano le azioni globali trasmessa dalla spalla.

	W kN	x_p m	y_p m	z_p m	S_{xp} kNm/m	S_{yp} kNm/m	S_{zp} kNm/m
Elementi verticali :	1.703	0.00	-0.27	1.62	0	-453	2.765
Terreno su platea :	0	0.00	-1.60	7.10	0	0	0
Terreno su platea laterale x(+) :	0	0.00	0.00	0.00	0	0	0
Terreno su platea laterale x(-) :	0	0.00	0.00	0.00	0	0	0
Terreno su platea anteriore :	0	0.00	3.05	0.00	0	0	0
SPALLA NO PLATEA	1.703	0.00	-0.27	1.62	0	-453	2.765

6.2.6. Spinte delle terre trasmesse alla spalla (con coefficienti parziali M1)

PARAMETRI CARATTERISTICI DEL TERRENO

	X_K			γ_M	X_D	
$\phi_k =$	38°	°		$\phi_D =$	1.00	38.00° = .001 rad
$\delta_k =$	0°	°		$\delta_D =$	1.00	0.00° = .000 rad
$c' =$	-	MPa	M1	$c'_{D} =$	1.00	- MPa
$c_u =$	-	MPa	→	$c_u =$	1.00	- MPa
$q_u =$	-	MPa		$q_{u,D} =$	1.00	- MPa
$\gamma_t =$	19.50	kN/m ³		$\gamma_{t,D} =$	1.00	19.50 kN/m ³
$\gamma'_t =$	9.50	kN/m ³		$\gamma'_{t,D} =$	1.00	9.50 kN/m ³

$\beta = 0.00^\circ = .000 \text{ rad} = \text{angolo di inclinazione paramento rispetto all'orizzontale}$

$i = 0.00^\circ = .000 \text{ rad} = \text{inclinazione della superficie del terrapieno rispetto all'orizzontale}$

PARAMETRI DELLA FALDA

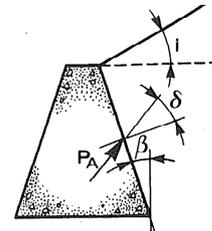
Presenza della falda = Quota Q da piano spiccato fondazione = - m |

SPINTA STATICA DEL TERRENO - CONDIZIONE ATTIVA

Si determina la spinta statica del terreno sulla spalla.

Si utilizza il procedimento indicato da Coulomb per condizioni di spinta attiva

$$K_a = \frac{\cos^2(\phi' - \beta)}{\cos^2 \beta \cdot \cos(\delta + \beta) \cdot \left[1 + \sqrt{\frac{\sin(\delta + \phi') \cdot \sin(\phi' - i)}{\cos(\delta + \beta) \cdot \cos(i - \beta)}} \right]^2}$$



$$K_a = 0.24$$

$$H_{spalla} = 4.45 \text{ m}$$

$$B_{spalla} = 10.90 \text{ m}$$

Comprensiva dell'altezza del plinto di fondazione

Comprensiva della larghezza dei muri d'ala

$$S_{terre,long} = 500.6 \text{ kN}$$

Modulo della forza delle terre

$$S_{terre,y} = 500.6 \text{ kN}$$

Componente orizzontale

$$S_{terre,z} = 0.0 \text{ kN}$$

Componente verticale

$$b_{terre,ez} = 1.48 \text{ m}$$

braccio della componente orizzontale - Sistema baricentro pali

$$b_{terre,ey} = - \text{ m}$$

braccio della componente verticale - Sistema baricentro pali

$$b_{terre,ex} = 0.0 \text{ m}$$

eccentricità orizzontale della spinta rispetto al baricentro della palificata

$$M_{terre,x M1} = -742.6 \text{ kNm}$$

$S_{terre,y} =$	501 kN	$b_{terre,ez M1} =$	1.5 m	$M_{terre,Sy,x} =$	-742.6 kNm
$S_{terre,z} =$	0 kN	$b_{terre,ey M1} =$	- m	$M_{terre,Sz,x} =$	0.0 kNm
		$b_{terre,ex M1} =$	0.0 m	$M_{terre,Sy,z} =$	0.0 kNm

Riepilogo delle sollecitazioni a quota spiccato fondazione

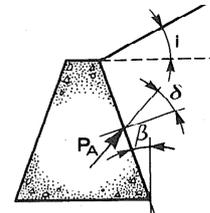
F_x kN	F_y kN	F_z kN	M_x kNm	M_y kNm	M_z kNm
	500.6		-742.6		

SPINTA STATICA DI UN SOVRACCARICO - CONDIZIONE ATTIVE

Si determina la spinta statica del terreno sulla spalla.

Si utilizza il procedimento indicato da Coulomb per condizioni di spinta attiva

$$K_a = \frac{\cos^2(\phi' - \beta)}{\cos^2 \beta \cdot \cos(\delta + \beta) \cdot \left[1 + \sqrt{\frac{\sin(\delta + \phi') \cdot \sin(\phi' - i)}{\cos(\delta + \beta) \cdot \cos(i - \beta)}} \right]^2}$$



$K_a = 0.24$

$Q_k = 25.00$ kPa

carico presente in condizioni statiche

$Q_{k,sism} = 0.00$ kPa

carico presente in condizioni sismiche

$H_{spalla} = 4.45$ m
 $B_{spalla} = 10.90$ m

Comprensiva dell'altezza del plinto di fondazione

Comprensiva della larghezza dei muri d'ala

$S_{k,long} = 288.5$ kN

Modulo della forza delle terre

$S_{k,y} = 288.5$ kN

Componente orizzontale

$S_{k,z} = 0.0$ kN

Componente verticale

$b_{k,ez} = 2.2$ m

braccio della componente orizzontale - Sistema baricentro pali

$b_{k,ey} = -$ m

braccio della componente verticale - Sistema baricentro pali

$b_{k,ex} = 0.0$ m

eccentricità orizzontale della spinta rispetto al baricentro della palificata

$M_{k,x} = -641.8$ kNm

$S_{k,y} =$	288 kN	$b_{k,ez} =$	2.2 m	$M_{k,Sy,x} =$	-641.8 kNm
$S_{k,z} =$	0 kN	$b_{k,ey} =$	- m	$M_{k,Sz,x} =$	0.0 kNm
		$b_{k,ex} =$	0.0 m	$M_{k,Sy,z} =$	0.0 kNm

Riepilogo delle sollecitazioni a quota spiccato fondazione

	F_x kN	F_y kN	F_z kN	M_x kNm	M_y kNm	M_z kNm
Qk		288.5		-641.8		
Qk,sism						

FORZE DI INERZIA DELLA SPALLA

Forze d'inerzia sismiche della spalla (platea, muri e terreno di riempimento) applicate nel baricentro dei pesi propri precedentemente determinato - **Sistema riferimento baricentro pali.**

Come previsto al p.to 7.9.5.6 del D.M. 14/01/2008, l'inerzia delle spalle si ottiene applicando alla massa un'accelerazione pari a $a_g S$.

$F_{x,y} = 351$ kN Comprensivo della massa della platea
 $F_z = 237$ kN Comprensivo della massa della platea

	Fx kN	Fy kN	Fz kN	Mx kNm	My kNm	Mz kNm
Inerzia lungo x =	351.4				570.4	93.5
Inerzia lungo y =		351.4		-570.4		
Inerzia lungo z =			-236.8	63.0		

$F_{x,y} = 351$ kN Esclusa la massa della platea
 $F_z = 237$ kN Esclusa la massa della platea

	Fx kN	Fy kN	Fz kN	Mx kNm	My kNm	Mz kNm
Inerzia lungo x =	351.4				570.4	93.5
Inerzia lungo y =		351.4		-570.4		
Inerzia lungo z =			-236.8	63.0		

SPINTA SISMICA DEL TERRENO - MONONOBE OKABE (CONDIZIONI ATTIVE)

Permeabilità del terreno ? non influente

$$E_d = 1/2 \gamma (1 \pm k_v) K H^2 + E_{ws} + E_{wd} \quad [\text{kN/m}]$$

In cui il coefficiente di spinta attiva k viene valutato con la formula di Mononobe-Okabe

Per stati attivi:

se: $\beta \leq \phi'_d - \theta$

$$K = \frac{\sin^2(\psi + \phi'_d - \theta)}{\cos \theta \sin^2 \psi \sin(\psi - \theta - \delta_d) \left[1 + \sqrt{\frac{\sin(\phi'_d + \delta_d) \sin(\phi'_d - \beta - \theta)}{\sin(\psi - \theta - \delta_d) \sin(\psi + \beta)}} \right]^2}$$

se: $\beta > \phi'_d - \theta$

$$K = \frac{\sin^2(\psi + \phi - \theta)}{\cos \theta \sin^2 \psi \sin(\psi - \theta - \delta_d)}$$

in questo caso:

$$\begin{aligned} \psi &= 1.571 \text{ rad} \\ \phi &= 0.663 \text{ rad} \\ \delta &= 0.000 \text{ rad} = 0.00^\circ \\ \beta &= 0.000 \text{ rad} \\ H &= 4.45 \text{ m} \\ B &= 10.90 \text{ m} \\ Q &= - \end{aligned}$$

terreno non contenente la falda

$$\tan \theta = k_H / (1 \pm k_v)$$

$$\theta_1 = 0.2261 \text{ rad}$$

$$\theta_2 = 0.1849 \text{ rad}$$

adottato

$$k_1 = 0.375$$

$$k_2 = 0.345$$

cond.1

$$0.375$$

$$0.345$$

cond.2

$$-$$

$$-$$

$$E_{ws} = 0.00 \text{ kN/m} \quad (\text{ipotesi iniziale di assenza di falda})$$

$$E_{wd} = 0.00 \text{ kN/m} \quad (\text{ipotesi iniziale di assenza di falda})$$

$$E_d \text{ long M1} = 79.97 \text{ kN/m} \quad \text{spinta in condizioni sismiche totale}$$

Indicando con:

$F_{d \text{ long}}$ = spinta sismica totale delle terre longitudinale

$S_{a \text{ long}}$ = spinta statica in condizioni sismiche delle terre longitudinale

$\Delta E_{d \text{ long}}$ = incremento di spinta dinamico delle terre longitudinale

si ha :

$F_{d \text{ long}} =$	871.72	kN	
$K_a =$	0.24		
$S_{a \text{ long}} =$	500.63	kN	Spinta statica in condizioni sismiche delle terre
$\Delta F_{d \text{ long}} =$	371.09	kN	Incremento di spinta dinamico delle sole terre
$\Delta F_{dy} =$	371.09	kN	Incremento dinamico di spinta delle sole terre lungo y - F_y
$\Delta F_{dz} =$	0.00	kN	Incremento dinamico di spinta delle sole terre lungo z - F_z
$e_{F_{d,z}} =$	1.48	m	= bz reale punto applicazione forza rispetto al sistema di riferimento
$e_{F_{d,y}} =$	-	m	punto applicazione forza rispetto al sistema di riferimento
$\Delta E_{wd \text{ long}} =$	0.00	kN	Spinta idrodinamica della falda in condizioni sismiche
$e_{E_{wd,z}} =$	0.00	m	punto applicazione forza rispetto al sistema di riferimento
$\Delta E_{d \text{ long}} =$	871.72	kN	Incremento di spinta dinamico dovuto al sisma
$\Delta E_{dy} =$	371.09	kN	Incremento dinamico di spinta lungo y - F_y
$\Delta E_{dz} =$	0.00	kN	Incremento dinamico di spinta lungo z - F_z
$e_{,z} =$	1.48	m	punto applicazione forza rispetto al sistema di riferimento
$e_{,y} =$	-	m	punto applicazione forza rispetto al sistema di riferimento

Spinta statica del terreno in condizioni sismiche - **Sistema riferimento baricentro pali**

$e_x =$ - m punto applicazione forza rispetto al sistema di riferimento

	Fx kN	Fy kN	Fz kN	Mx kNm	My kNm	Mz kNm
Statica lungo y =		500.6		-742.6		
Statica lungo z =						
Spinta statica globale =		500.6		-742.6		

Incremento di spinta dinamica del terreno condizioni sismiche - **Sistema riferimento baricentro pali**

	Fx kN	Fy kN	Fz kN	Mx kNm	My kNm	Mz kNm
Parte sismica lungo y =		371.1		-550.5		
Parte sismica lungo z =						
Parte sismica globale =		371.1		-550.5		

RIEPILOGO DELLE SOLLECITAZIONI - SPICCATO PALI - SISTEMA BARICENTRO PALI

	Fx kN	Fy kN	Fz kN	Mx kNm	My kNm	Mz kNm
statica Ka	0.00	500.63	0.00	-742.60	0.00	0.00
sovraccarico Ka	0.00	288.46	0.00	-641.83	0.00	0.00
inerzia sismica Fx	351.42				570.42	93.53
inerzia sismica Fy		351.42		-570.42		
inerzia sismica Fz			-236.76	63.01		
sismica M.O. - porzione statica		500.63		-742.60		
sismica M.O. - porzione sismica		371.09		-550.45		
sovraccarico su ciabatta 1b	0.00	0.00				0.00
sovraccarico sismico Ka						

6.2.7. Spinte delle terre trasmesse alla spalla (con coefficienti parziali M2)

PARAMETRI CARATTERISTICI DEL TERRENO

X_K			γ_M	X_D	
$\phi_k =$	38°	°	$\phi_D =$	1.25	32.01° = .001 rad
$\delta_k =$	0°	°	$\delta_D =$	1.25	0.00° = .000 rad
$c' =$	-	MPa	$c'_D =$	1.25	- MPa
$c_u =$	-	MPa	$c_u =$	1.40	- MPa
$q_u =$	-	MPa	$q_{u,D} =$	1.00	- MPa
$\gamma'_t =$	19.50	kN/m ³	$\gamma'_{t,D} =$	1.00	19.5 kN/m ³
$\gamma''_t =$	9.50	kN/m ³	$\gamma''_{t,D} =$	1.00	9.50 kN/m ³

M2 →

$\beta =$ = .000 rad = angolo di inclinazione paramento rispetto all'orizzontale
 $i =$ = .000 rad = inclinazione della superficie del terrapieno rispetto all'orizzontale

PARAMETRI DELLA FALDA

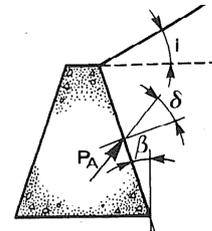
Presenza della falda = Quota Q da piano spiccato fondazione = - m

SPINTA STATICA DEL TERRENO - CONDIZIONE ATTIVA

Si determina la spinta statica del terreno sulla spalla.

Si utilizza il procedimento indicato da Coulomb per condizioni di spinta attiva

$$K_a = \frac{\cos^2(\phi' - \beta)}{\cos^2 \beta \cdot \cos(\delta + \beta) \cdot \left[1 + \sqrt{\frac{\sin(\delta + \phi') \cdot \sin(\phi' - i)}{\cos(\delta + \beta) \cdot \cos(i - \beta)}} \right]^2}$$



$$K_a = 0.31$$

$$H_{spalla} = 4.45 \text{ m}$$

$$B_{spalla} = 10.90 \text{ m}$$

Comprensiva dell'altezza del plinto di fondazione

Comprensiva della larghezza dei muri d'ala

$S_{terr,long} = 646.5$	kN	Modulo della forza delle terre
$S_{terre,y} = 646.5$	kN	Componente orizzontale
$S_{terre,z} = 0.0$	kN	Componente verticale
$b_{terre,ez} = 1.48$	m	braccio della componente orizzontale - Sistema baricentro pali
$b_{terre,ey} = -$	m	braccio della componente verticale - Sistema baricentro pali
$b_{terre,ex} = 0.0$	m	eccentricità orizzontale della spinta rispetto al baricentro della palificata
$M_{terre,x} = -958.9$	kNm	

$S_{terre,y} =$	646 kN	$b_{terre,ez} =$	1.5 m	$M_{terre,Sy,x} =$	-958.9 kNm
$S_{terre,z} =$	0 kN	$b_{terre,ey} =$	- m	$M_{terre,Sz,x} =$	0.0 kNm
		$b_{terre,ey} =$	0.0 m	$M_{terre,Sy,z} =$	0.0 kNm

Riepilogo delle sollecitazioni a quota spiccato fondazione

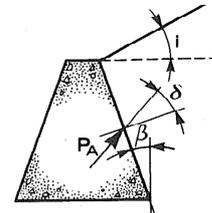
F_x kN	F_y kN	F_z kN	M_x kNm	M_y kNm	M_z kNm
	646.5		-958.9		

SPINTA STATICA DI UN SOVRACCARICO - CONDIZIONE ATTIVA

Si determina la spinta statica del terreno sulla spalla.

Si utilizza il procedimento indicato da Coulomb per condizioni di spinta attiva

$$K_a = \frac{\cos^2(\phi' - \beta)}{\cos^2 \beta \cdot \cos(\delta + \beta) \cdot \left[1 + \sqrt{\frac{\sin(\delta + \phi') \cdot \sin(\phi' - i)}{\cos(\delta + \beta) \cdot \cos(i - \beta)}} \right]^2}$$



$$K_a = 0.31$$

$$Q_k = 25.00 \text{ kPa}$$

$$Q_{k,sism} = 0.00 \text{ kPa}$$

carico presente in condizioni sismich

$$H_{spalla} = 4.45 \text{ m}$$

$$B_{spalla} = 10.90 \text{ m}$$

Comprensiva dell'altezza del plinto di fondazione

Comprensiva della larghezza dei muri d'ala

$$S_{k,long} = 372.5 \text{ kN}$$

$$S_{k,y} = 372.5 \text{ kN}$$

$$S_{k,z} = 0.0 \text{ kN}$$

$$b_{k,ez} = 2.2 \text{ m}$$

$$b_{k,ey} = - \text{ m}$$

$$b_{k,ex} = 0.0 \text{ m}$$

$$M_{k,x} = -828.8 \text{ kNm}$$

Modulo della forza delle terre

Componente orizzontale

Componente verticale

braccio della componente orizzontale - Sistema baricentro pali

braccio della componente verticale - Sistema baricentro pali

eccentricità orizzontale della spinta rispetto al baricentro della palificata

$S_{k,y} =$	372 kN	$b_{k,ez} =$	2.2 m	$M_{k,Sy,x} =$	-828.8 kNm
$S_{k,z} =$	0 kN	$b_{k,ey} =$	- m	$M_{k,Sz,x} =$	0.0 kNm
		$b_{k,ex} =$	0.0 m	$M_{k,Sy,z} =$	0.0 kNm

Riepilogo delle sollecitazioni a quota spiccato fondazione

	Fx kN	Fy kN	Fz kN	Mx kNm	My kNm	Mz kNm
Qk		372.5		-828.8		
Qk,sism						

FORZE DI INERZIA DELLA SPALLA

Forze d'inerzia sismiche della spalla (platea, muri e terreno di riempimento) applicate nel baricentro dei pesi propri precedentemente determinato - **Sistema riferimento baricentro pali**

Come previsto al p.to 7.9.5.6 del D.M. 14/01/2008, l'inerzia delle spalle si ottiene applicando alla massa un'accelerazione pari a $a_g S$.

$F_{x,y} = 351$ kN Comprensivo della massa della platea
 $F_z = 237$ kN Comprensivo della massa della platea

	F_x kN	F_y kN	F_z kN	M_x kNm	M_y kNm	M_z kNm
Inerzia lungo x =	351.4				570.4	93.5
Inerzia lungo y =		351.4		-570.4		
Inerzia lungo z =			-236.8	63.0		

$F_{x,y} = 351$ kN Esclusa la massa della platea
 $F_z = 237$ kN Esclusa la massa della platea

	F_x kN	F_y kN	F_z kN	M_x kNm	M_y kNm	M_z kNm
Inerzia lungo x =	351.4				570.4	93.5
Inerzia lungo y =		351.4		-570.4		
Inerzia lungo z =			-236.8	63.0		

SPINTA SISMICA DEL TERRENO - MONONOBE OKABE (CONDIZIONI ATTIVE)

Permeabilità del terreno ? non influente

$$E_d = 1/2 \gamma (1 \pm k_v) K H^2 + E_{ws} + E_{wd} \quad [\text{kN/m}]$$

In cui il coefficiente di spinta attiva k viene valutato con la formula di Mononobe-Okabe

Per stati attivi:

in questo caso:

se: $\beta \leq \alpha'_d - \theta$

$$K = \frac{\sin^2(\psi + \phi'_d - \theta)}{\cos \theta \sin^2 \psi \sin(\psi - \theta - \delta_d) \left[1 + \sqrt{\frac{\sin(\alpha'_d + \delta_d) \sin(\phi'_d - \beta - \theta)}{\sin(\psi - \theta - \delta_d) \sin(\psi + \beta)}} \right]^2}$$

$$\begin{aligned} \psi &= 1.571 \text{ rad} \\ \phi &= 0.559 \text{ rad} \\ \delta &= 0.000 \text{ rad} = 0.00^\circ \\ \beta &= 0.000 \text{ rad} \\ H &= 4.45 \text{ m} \\ B &= 10.90 \text{ m} \\ Q &= - \text{ m} \end{aligned}$$

se: $\beta > \phi'_d - \theta$

$$K = \frac{\sin^2(\psi + \phi - \theta)}{\cos \theta \sin^2 \psi \sin(\psi - \theta - \delta_d)}$$

terreno non contenente la falda

adottato cond.1 cond.2

$$\tan \theta = k_h / (1 \pm k_v)$$

$$\theta_1^- = 0.2261 \text{ rad}$$

$$k_1 = 0.466$$

$$0.466$$

$$-$$

$$\theta_2^+ = 0.1849 \text{ rad}$$

$$k_2 = 0.430$$

$$0.430$$

$$-$$

$$E_{ws} = 0.00 \text{ kN/m} \quad (\text{ipotesi iniziale di assenza di falda})$$

$$E_{wd} = 0.00 \text{ kN/m} \quad (\text{ipotesi iniziale di assenza di falda})$$

$$E_{d \text{ long M1}} = 99.18 \text{ kN/m} \quad \text{spinta in condizioni sismiche totale}$$

Indicando con:

$F_{d \text{ long}}$ = spinta sismica totale delle terre longitudinale

$S_{a \text{ long}}$ = spinta statica in condizioni sismiche delle terre longitudinale

$\Delta E_{d \text{ long}}$ = incremento di spinta dinamico delle terre longitudinale

si ha :

$$F_{d \text{ long}} = 1.081.11 \text{ kN}$$

$$K_a = 0.31$$

$$S_{a \text{ long}} = 646.45 \text{ kN}$$

$$\Delta F_{d \text{ long}} = 434.66 \text{ kN}$$

$$\Delta F_{dy} = 434.66 \text{ kN}$$

$$\Delta F_{dz} = 0.00 \text{ kN}$$

$$e_{F_{d,z}} = 1.48 \text{ m}$$

$$e_{F_{d,y}} = - \text{ m}$$

$$\Delta E_{wd \text{ long}} = 0.00 \text{ kN}$$

$$e_{E_{wd,z}} = 0.00 \text{ m}$$

$$\Delta E_{d \text{ long}} = 1.081.11 \text{ kN}$$

$$\Delta E_{dy} = 434.66 \text{ kN}$$

$$\Delta E_{dz} = 0.00 \text{ kN}$$

$$e_{z} = 1.48 \text{ m}$$

$$e_{y} = - \text{ m}$$

Spinta statica in condizioni sismiche delle terre

Incremento di spinta dinamico delle sole terre

Incremento dinamico di spinta delle sole terre lungo y - F_y

Incremento dinamico di spinta delle sole terre lungo z - F_z

= bz reale

punto applicazione forza rispetto al sistema di riferimento

Spinta idrodinamica della falda in condizioni sismiche

punto applicazione forza rispetto al sistema di riferimento

Incremento di spinta dinamico dovuto al sisma

Incremento dinamico di spinta lungo y - F_y

Incremento dinamico di spinta lungo z - F_z

punto applic punto applicazione forza rispetto al sistema di riferimento

punto applicazione forza rispetto al sistema di riferimento

Spinta statica del terreno in condizioni sismiche - **Sistema riferimento baricentro pali**

$e_x =$ - m punto applicazione forza rispetto al sistema di riferimento

	F_x kN	F_y kN	F_z kN	M_x kNm	M_y kNm	M_z kNm
Statica lungo y =		646.5		-958.9		
Statica lungo z =						
Spinta statica globale =		646.5		-958.9		

Incremento di spinta dinamica del terreno condizioni sismiche - **Sistema riferimento baricentro pali**

	F_x kN	F_y kN	F_z kN	M_x kNm	M_y kNm	M_z kNm
Parte sismica lungo y =		434.7		-644.7		
Parte sismica lungo z =						
Parte sismica globale =		434.7		-644.7		

RIEPILOGO DELLE SOLLECITAZIONI - SPICCATO PALI

	F_x kN	F_y kN	F_z kN	M_x kNm	M_y kNm	M_z kNm
statica Ka	0.00	646.45	0.00	-958.91	0.00	
sovraccarico Ka	0.00	372.49	0.00	-828.79	0.00	
inerzia sismica Fx	351.42				570.42	93.53
inerzia sismica Fy		351.42		-570.42		
inerzia sismica Fz			-236.76	63.01		
sismica M.O. - porzione statica		646.45		-958.91		
sismica M.O. - porzione sismica		434.66		-644.74		
sovraccarico su ciabatta 1b	0.00	0.00				0.00
sovraccarico sismico Ka						

6.2.8. Tabella riassuntiva delle spinte delle terre (con coefficienti parziali M1 ed M2)

TAB. 6-5

CARICHI & AZIONI SPALLA	<i>F_x</i> kN	<i>F_y</i> kN	<i>F_z</i> kN	<i>M_x</i> kNm	<i>M_y</i> kNm	<i>M_z</i> kNm
Permanenti spalla	0.0	0.0	-1.703.3	181.8	0.0	0.0
statica Ka (M1)	0.0	500.6	0.0	-742.6	0.0	0.0
sovraccarico Ka (M1)	0.0	288.5	0.0	-641.8	0.0	0.0
inerzia sismica Fx (M1)	351.4	0.0	0.0	0.0	570.4	93.5
inerzia sismica Fy (M1)	0.0	351.4	0.0	-570.4	0.0	0.0
inerzia sismica Fz (M1)	0.0	0.0	-236.8	63.0	0.0	0.0
sismica M.O. - porzione statica (M1)	0.0	500.6	0.0	-742.6	0.0	0.0
sismica M.O. - porzione sismica (M1)	0.0	371.1	0.0	-550.5	0.0	0.0
sovraccarico su ciabatta 1b	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
statica Ka (M2)	0.0	646.5	0.0	-958.9	0.0	0.0
sovraccarico Ka (M2)	0.0	372.5	0.0	-828.8	0.0	0.0
inerzia sismica Fx (M2)	351.4	0.0	0.0	0.0	570.4	93.5
inerzia sismica Fy (M2)	0.0	351.4	0.0	-570.4	0.0	0.0
inerzia sismica Fz (M2)	0.0	0.0	-236.8	63.0	0.0	0.0
sismica M.O. - porzione statica (M2)	0.0	646.5	0.0	-958.9	0.0	0.0
sismica M.O. - porzione sismica (M2)	0.0	434.7	0.0	-644.7	0.0	0.0
sovraccarico su ciabatta 1b	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
sovraccarico sismico Ka (M1)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
sovraccarico sismico Ka (M2)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Le azioni globali sono applicate in testa ai pali.

Il sistema di riferimento coincide con il baricentro dei pali.

6.3. COMBINAZIONI DEI CARICHI

Si riportano i coefficienti ' γ ' desunti dalla tabella 5.1.V delle NTC per le combinazioni di carico agli SLU.

	Peso Proprio	Carichi permanenti	Carico uniforme 9 kN	Carico Q1k	Frenatura	Vento (imp.carico)	Parassite vincoli	Azioni terreno permanenti	Azioni terreno variabili	SISMA
SLU A1+M1	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.5	0
SLU A2+M2	1	1	1.15	1.15	1.15	1.15	1	1	1.3	0

Si riportano i coefficienti ' ψ ' desunti dalla tabella 5.1.VI per i gruppi di azioni 1 e 2a descritti nella tabella 5.1.IV delle NTC.

		Peso Proprio	Carichi permanenti	Carico uniforme 9 kN	Carico Q1k	Frenatura	Vento (imp.carico)	Parassite vincoli	Azioni terreno permanenti	Azioni terreno variabili	SISMA
1	A1+M1 Gruppo1	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	0.60	1.00	1.00	1.00	0.00
2	A1+M1 Gruppo 2a	1.00	1.00	0.40	0.75	1.00	0.60	1.00	1.00	1.00	0.00
3	SLE RARA Gruppo1	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	0.60	1.00	1.00	1.00	0.00
4	SLE RARA Gruppo 2a	1.00	1.00	0.40	0.75	1.00	0.60	1.00	1.00	1.00	0.00
5	SLE FREQ	1.00	1.00	0.40	0.75	0.00	0.00	1.00	1.00	1.00	0.00
7	SLE PERM	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	0.00	0.00
9	SISMA	1.00	1.00	0.20	0.20	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	1.00

Si riportano i coefficienti ' γ ' e ' ψ ' combinati.

		Peso Proprio	Carichi permanenti	Carico uniforme 9 kN	Carico Q1k	Frenatura	Vento (imp.carico)	Parassite vincoli	Azioni terreno permanenti	Azioni terreno variabili	SISMA
1	A1+M1 Gruppo1	1.35	1.35	1.35	1.35	0.00	0.81	1.35	1.35	1.50	0.00
2	A1+M1 Gruppo 2a	1.35	1.35	0.54	1.01	1.35	0.81	1.35	1.35	1.50	0.00
3	SLE RARA Gruppo1	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	0.60	1.00	1.00	1.00	0.00
4	SLE RARA Gruppo 2a	1.00	1.00	0.40	0.75	1.00	0.60	1.00	1.00	1.00	0.00
5	SLE FREQ	1.00	1.00	0.40	0.75	0.00	0.00	1.00	1.00	1.00	0.00
7	SLE PERM	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	0.00	0.00
9	SISMA	1.00	1.00	0.20	0.20	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	1.00
1	A2+M2 Gruppo1	1.00	1.00	1.15	1.15	0.00	0.69	1.00	1.00	1.30	0.00
2	A2+M2 Gruppo 2a	1.00	1.00	0.46	0.86	1.15	0.69	1.00	1.00	1.30	0.00
3	SISMA	1.00	1.00	0.20	0.20	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	1.00

Si riportano le azioni globali per le varie combinazioni di carico analizzate.

SLU A1+M1	Gruppo 1	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz
		kN	kN	kN	kNm	kNm	kNm
Permanenti	1,35	0	0	-3322	0	-25	0
Mobili Qik (Disp.1)	1,35	0	0	-1620	0	-2025	0
Mobili qik (Disp.1)	1,35	0	0	-741	0	-1052	0
Mobili Qik (Disp.2)	1,35	0	0	0	0	0	0
Mobili qik (Disp.2)	1,35	0	0	0	0	0	0
Frenamento (Disp.1)	0,00	0	0	0	0	0	0
Centrifuga (Disp.1)	0,00	0	0	0	0	0	0
Vento (imp.scarico)	0,00	0	0	0	0	0	0
Vento (imp.carico)	0,81	60	0	0	0	343	0
Parassite vincoli	1,35	0	166	0	-457	0	0
Sism. (dir. x)	0,00	0	0	0	0	0	0
Sism. (dir. y)	0,00	0	0	0	0	0	0
Sism. (verticali)	0,00	0	0	0	0	0	0
Permanenti spalla	1,35	0	0	-2299	245	0	0
azione terreno statica (M1)	1,35	0	676	0	-1003	0	0
azione sovraccarico (M1)	1,50	0	433	0	-963	0	0
sovraccarico su ciabatta 2b	1,50	0	0	0	0	0	0
		60	1275	-7982	-2177	-2759	0
SLU A1+M1	Gruppo 2a	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz
		kN	kN	kN	kNm	kNm	kNm
Permanenti	1,35	0	0	-3322	0	-25	0
Mobili Qik (Disp.1)	1,01	0	0	-1215	0	-1519	0
Mobili qik (Disp.1)	0,54	0	0	-296	0	-421	0
Mobili Qik (Disp.2)	1,01	0	0	0	0	0	0
Mobili qik (Disp.2)	0,54	0	0	0	0	0	0
Frenamento (Disp.1)	1,35	0	289	-48	-795	0	0
Centrifuga (Disp.1)	0,00	0	0	0	0	0	0
Vento (imp.scarico)	0,00	0	0	0	0	0	0
Vento (imp.carico)	0,81	60	0	0	0	343	0
Parassite vincoli	1,35	0	166	0	-457	0	0
Sism. (dir. x)	0,00	0	0	0	0	0	0
Sism. (dir. y)	0,00	0	0	0	0	0	0
Sism. (verticali)	0,00	0	0	0	0	0	0
Permanenti spalla	1,35	0	0	-2299	245	0	0
azione terreno statica (M1)	1,35	0	676	0	-1003	0	0
azione sovraccarico (M1)	1,50	0	433	0	-963	0	0
sovraccarico su ciabatta 2b	1,50	0	0	0	0	0	0
		60	1564	-7181	-2971	-1622	0

SLE RARA	Gruppo1						
		Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz
		kN	kN	kN	kNm	kNm	kNm
Permanenti	1,00	0	0	-2460	0	-18	0
Mobili Qik (Disp.1)	1,00	0	0	-1200	0	-1500	0
Mobili qik (Disp.1)	1,00	0	0	-549	0	-780	0
Mobili Qik (Disp.2)	1,00	0	0	0	0	0	0
Mobili qik (Disp.2)	1,00	0	0	0	0	0	0
Frenamento (Disp.1)	0,00	0	0	0	0	0	0
Centrifuga (Disp.1)	0,00	0	0	0	0	0	0
Vento (imp.scarico)	0,00	0	0	0	0	0	0
Vento (imp.carico)	0,60	44	0	0	0	254	0
Parassite vincoli	1,00	0	123	0	-338	0	0
Sism. (dir. x)	0,00	0	0	0	0	0	0
Sism. (dir. y)	0,00	0	0	0	0	0	0
Sism. (verticali)	0,00	0	0	0	0	0	0
Permanenti spalla	1,00	0	0	-1703	182	0	0
azione terreno statica (M1)	1,00	0	501	0	-743	0	0
azione sovraccarico (M1)	1,00	0	288	0	-642	0	0
sovraccarico su ciabatta 2b	1,00	0	0	0	0	0	0
		44	912	-5913	-1541	-2044	0
SLE RARA	Gruppo 2a						
		Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz
		kN	kN	kN	kNm	kNm	kNm
Permanenti	1,00	0	0	-2460	0	-18	0
Mobili Qik (Disp.1)	0,75	0	0	-900	0	-1125	0
Mobili qik (Disp.1)	0,40	0	0	-220	0	-312	0
Mobili Qik (Disp.2)	0,75	0	0	0	0	0	0
Mobili qik (Disp.2)	0,40	0	0	0	0	0	0
Frenamento (Disp.1)	1,00	0	214	-36	-589	0	0
Centrifuga (Disp.1)	0,00	0	0	0	0	0	0
Vento (imp.scarico)	0,00	0	0	0	0	0	0
Vento (imp.carico)	0,60	44	0	0	0	254	0
Parassite vincoli	1,00	0	123	0	-338	0	0
Sism. (dir. x)	0,00	0	0	0	0	0	0
Sism. (dir. y)	0,00	0	0	0	0	0	0
Sism. (verticali)	0,00	0	0	0	0	0	0
Permanenti spalla	1,00	0	0	-1703	182	0	0
azione terreno statica (M1)	1,00	0	501	0	-743	0	0
azione sovraccarico (M1)	1,00	0	288	0	-642	0	0
sovraccarico su ciabatta 2b	1,00	0	0	0	0	0	0
		44	1126	-5319	-2129	-1201	0

SLE FREQ							
		Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz
		kN	kN	kN	kNm	kNm	kNm
Permanenti	1,00	0	0	-2460	0	-18	0
Mobili Qik (Disp.1)	0,75	0	0	-900	0	-1125	0
Mobili qik (Disp.1)	0,40	0	0	-220	0	-312	0
Mobili Qik (Disp.2)	0,75	0	0	0	0	0	0
Mobili qik (Disp.2)	0,40	0	0	0	0	0	0
Frenamento (Disp.1)	0,00	0	0	0	0	0	0
Centrifuga (Disp.1)	0,00	0	0	0	0	0	0
Vento (imp.scarico)	0,00	0	0	0	0	0	0
Vento (imp.carico)	0,00	0	0	0	0	0	0
Parassite vincoli	1,00	0	123	0	-338	0	0
Sism. (dir. x)	0,00	0	0	0	0	0	0
Sism. (dir. y)	0,00	0	0	0	0	0	0
Sism. (verticali)	0,00	0	0	0	0	0	0
Permanenti spalla	1,00	0	0	-1703	182	0	0
azione terreno statica (M1)	1,00	0	501	0	-743	0	0
azione sovraccarico (M1)	1,00	0	288	0	-642	0	0
sovraccarico su ciabatta 2b	1,00	0	0	0	0	0	0
		0	912	-5283	-1541	-1455	0
SLE PERM							
		Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz
		kN	kN	kN	kNm	kNm	kNm
Permanenti	1,00	0	0	-2460	0	-18	0
Mobili Qik (Disp.1)	0,00	0	0	0	0	0	0
Mobili qik (Disp.1)	0,00	0	0	0	0	0	0
Mobili Qik (Disp.2)	0,00	0	0	0	0	0	0
Mobili qik (Disp.2)	0,00	0	0	0	0	0	0
Frenamento (Disp.1)	0,00	0	0	0	0	0	0
Centrifuga (Disp.1)	0,00	0	0	0	0	0	0
Vento (imp.scarico)	0,00	0	0	0	0	0	0
Vento (imp.carico)	0,00	0	0	0	0	0	0
Parassite vincoli	1,00	0	123	0	-338	0	0
Sism. (dir. x)	0,00	0	0	0	0	0	0
Sism. (dir. y)	0,00	0	0	0	0	0	0
Sism. (verticali)	0,00	0	0	0	0	0	0
Permanenti spalla	1,00	0	0	-1703	182	0	0
azione terreno statica (M1)	1,00	0	501	0	-743	0	0
azione sovraccarico (M1)	0,00	0	0	0	0	0	0
sovraccarico su ciabatta 2b	0,00	0	0	0	0	0	0
		0	624	-4164	-899	-18	0

SLU A1+M1	Sisma_X	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz
		kN	kN	kN	kNm	kNm	kNm
Permanenti	1,00	0	0	-2460	0	-18	0
Mobili Qik (Disp.1)	0,20	0	0	-240	0	-300	0
Mobili qik (Disp.1)	0,20	0	0	-110	0	-156	0
Mobili Qik (Disp.2)	0,20	0	0	0	0	0	0
Mobili qik (Disp.2)	0,20	0	0	0	0	0	0
Frenamento (Disp.1)	0,00	0	0	0	0	0	0
Centrifuga (Disp.1)	0,00	0	0	0	0	0	0
Vento (imp.scarico)	0,00	0	0	0	0	0	0
Vento (imp.carico)	0,00	0	0	0	0	0	0
Parassite vincoli	0,00	0	0	0	0	0	0
Sism. (dir. x)	1,00	132	0	0	0	363	0
Sism. (dir. y)	0,00	0	0	0	0	0	0
Sism. (verticali)	1,00	0	0	-391	0	0	0
Permanenti spalla	1,00	0	0	-1703	182	0	0
inerzia sismica Fx (M1)	1,00	351	0	0	0	570	94
inerzia sismica Fz (M1)	1,00	0	0	-237	63	0	0
sismica M.O. - porzione statica (M1)	1,00	0	501	0	-743	0	0
sismica M.O. - porzione sismica (M1)	1,00	0	371	0	-550	0	0
		483	872	-5141	-1048	459	94
SLU A1+M1	Sisma_Y	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz
		kN	kN	kN	kNm	kNm	kNm
Permanenti	1,00	0	0	-2460	0	-18	0
Mobili Qik (Disp.1)	0,20	0	0	-240	0	-300	0
Mobili qik (Disp.1)	0,20	0	0	-110	0	-156	0
Mobili Qik (Disp.2)	0,20	0	0	0	0	0	0
Mobili qik (Disp.2)	0,20	0	0	0	0	0	0
Frenamento (Disp.1)	0,00	0	0	0	0	0	0
Centrifuga (Disp.1)	0,00	0	0	0	0	0	0
Vento (imp.scarico)	0,00	0	0	0	0	0	0
Vento (imp.carico)	0,00	0	0	0	0	0	0
Parassite vincoli	0,00	0	0	0	0	0	0
Sism. (dir. x)	0,00	0	0	0	0	0	0
Sism. (dir. y)	1,00	0	132	0	-363	0	0
Sism. (verticali)	1,00	0	0	-391	0	0	0
Permanenti spalla	1,00	0	0	-1703	182	0	0
inerzia sismica FY (M1)	1,00	0	351	0	-570	0	0
inerzia sismica Fz (M1)	1,00	0	0	-237	63	0	0
sismica M.O. - porzione statica (M1)	1,00	0	501	0	-743	0	0
sismica M.O. - porzione sismica (M1)	1,00	0	371	0	-550	0	0
		0	1355	-5141	-1982	-474	0

SLU A2+M2	Gruppo 1	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz
		kN	kN	kN	kNm	kNm	kNm
Permanenti	1,00	0	0	-2460	0	-18	0
Mobili Qik (Disp.1)	1,15	0	0	-1380	0	-1725	0
Mobili qik (Disp.1)	1,15	0	0	-631	0	-897	0
Mobili Qik (Disp.2)	1,15	0	0	0	0	0	0
Mobili qik (Disp.2)	1,15	0	0	0	0	0	0
Frenamento (Disp.1)	0,00	0	0	0	0	0	0
Centrifuga (Disp.1)	0,00	0	0	0	0	0	0
Vento (imp.scarico)	0,00	0	0	0	0	0	0
Vento (imp.carico)	0,69	51	0	0	0	292	0
Parassite vincoli	1,00	0	123	0	-338	0	0
Sism. (dir. x)	0,00	0	0	0	0	0	0
Sism. (dir. y)	0,00	0	0	0	0	0	0
Sism. (verticali)	0,00	0	0	0	0	0	0
Permanenti spalla	1,00	0	0	-1703	182	0	0
azione terreno statica (M2)	1,00	0	372	0	-829	0	0
azione sovraccarico (M2)	1,30	0	484	0	-1077	0	0
sovraccarico su ciabatta 2b	1,30	0	0	0	0	0	0
		51	980	-6175	-2063	-2348	0
SLU A2+M2	Gruppo 2a	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz
		kN	kN	kN	kNm	kNm	kNm
Permanenti	1,00	0	0	-2460	0	-18	0
Mobili Qik (Disp.1)	0,86	0	0	-1035	0	-1294	0
Mobili qik (Disp.1)	0,46	0	0	-252	0	-359	0
Mobili Qik (Disp.2)	0,86	0	0	0	0	0	0
Mobili qik (Disp.2)	0,46	0	0	0	0	0	0
Frenamento (Disp.1)	1,15	0	246	-41	-677	0	0
Centrifuga (Disp.1)	0,00	0	0	0	0	0	0
Vento (imp.scarico)	0,00	0	0	0	0	0	0
Vento (imp.carico)	0,69	51	0	0	0	292	0
Parassite vincoli	1,00	0	123	0	-338	0	0
Sism. (dir. x)	0,00	0	0	0	0	0	0
Sism. (dir. y)	0,00	0	0	0	0	0	0
Sism. (verticali)	0,00	0	0	0	0	0	0
Permanenti spalla	1,00	0	0	-1703	182	0	0
azione terreno statica (M2)	1,00	0	646	0	-959	0	0
azione sovraccarico (M2)	1,30	0	484	0	-1077	0	0
sovraccarico su ciabatta 2b	1,30	0	0	0	0	0	0
		51	1500	-5492	-2870	-1379	0

SLU A2+M2	Sisma_X						
		Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz
		kN	kN	kN	kNm	kNm	kNm
Permanenti	1,00	0	0	-2460	0	-18	0
Mobili Qik (Disp.1)	0,20	0	0	-240	0	-300	0
Mobili qik (Disp.1)	0,20	0	0	-110	0	-156	0
Mobili Qik (Disp.2)	0,20	0	0	0	0	0	0
Mobili qik (Disp.2)	0,20	0	0	0	0	0	0
Frenamento (Disp.1)	0,00	0	0	0	0	0	0
Centrifuga (Disp.1)	0,00	0	0	0	0	0	0
Vento (imp.scarico)	0,00	0	0	0	0	0	0
Vento (imp.carico)	0,00	0	0	0	0	0	0
Parassite vincoli	0,00	0	0	0	0	0	0
Sism. (dir. x)	1,00	132	0	0	0	363	0
Sism. (dir. y)	0,00	0	0	0	0	0	0
Sism. (verticali)	1,00	0	0	-391	0	0	0
Permanenti spalla	1,00	0	0	-1703	182	0	0
inerzia sismica Fx (M2)	1,00	351	0	0	0	570	94
inerzia sismica Fz (M2)	1,00	0	0	-237	63	0	0
sismica M.O. - porzione statica (M2)	1,00	0	646	0	-959	0	0
sismica M.O. - porzione sismica (M1)	1,00	0	435	0	-645	0	0
		483	1081	-5141	-1359	459	94
SLU A2+M2	Sisma_Y						
		Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz
		kN	kN	kN	kNm	kNm	kNm
Permanenti	1,00	0	0	-2460	0	-18	0
Mobili Qik (Disp.1)	0,20	0	0	-240	0	-300	0
Mobili qik (Disp.1)	0,20	0	0	-110	0	-156	0
Mobili Qik (Disp.2)	0,20	0	0	0	0	0	0
Mobili qik (Disp.2)	0,20	0	0	0	0	0	0
Frenamento (Disp.1)	0,00	0	0	0	0	0	0
Centrifuga (Disp.1)	0,00	0	0	0	0	0	0
Vento (imp.scarico)	0,00	0	0	0	0	0	0
Vento (imp.carico)	0,00	0	0	0	0	0	0
Parassite vincoli	0,00	0	0	0	0	0	0
Sism. (dir. x)	0,00	0	0	0	0	0	0
Sism. (dir. y)	1,00	0	132	0	-363	0	0
Sism. (verticali)	1,00	0	0	-391	0	0	0
Permanenti spalla	1,00	0	0	-1703	182	0	0
inerzia sismica FY (M2)	1,00	0	351	0	-570	0	0
inerzia sismica Fz (M2)	1,00	0	0	-237	63	0	0
sismica M.O. - porzione statica (M2)	1,00	0	646	0	-959	0	0
sismica M.O. - porzione sismica (M2)	1,00	0	435	0	-645	0	0
		0	1565	-5141	-2292	-474	0

6.3.1. Azioni sul palo singolo: sintesi

Il pulvino è appoggiato direttamente su 4 pali posti a interasse di 2.97 m.

Nella tabella seguente vengono riportate le azioni massime in testa ai pali ottenute ripartendo, per tutte le combinazioni analizzate, le azioni globali tra i pali di fondazione.

TAB. 6-6

		$N_{tot\ max}$ (KN)	$N_{tot\ min}$ (KN)	H_{tot} (KN)	$M_{tot\ max}$ (KNm)
SLU A1+M1	Gruppo 1	-2.275	0	319	544
SLU A1+M1	Gruppo 2a	-1.959	0	391	743
SLU A1+M1	Sisma_X	-1.332	0	258	262
SLU A1+M1	Sisma_Y	-1.333	0	339	495
SLU A2+M2	Gruppo 1	-1.781	0	245	516
SLU A2+M2	Gruppo 2a	-1.512	0	375	717
SLU A2+M2	Sisma_X	-1.332	0	305	340
SLU A2+M2	Sisma_Y	-1.333	0	391	573
SLE RARA	Gruppo1	-1.685	0	228	385
SLE RARA	Gruppo 2a	-1.451	0	282	532
SLE FREQ		-1.468	0	228	385
SLE PERM		-1.043	0	156	225

6.4. VERIFICHE

6.4.1. Pali

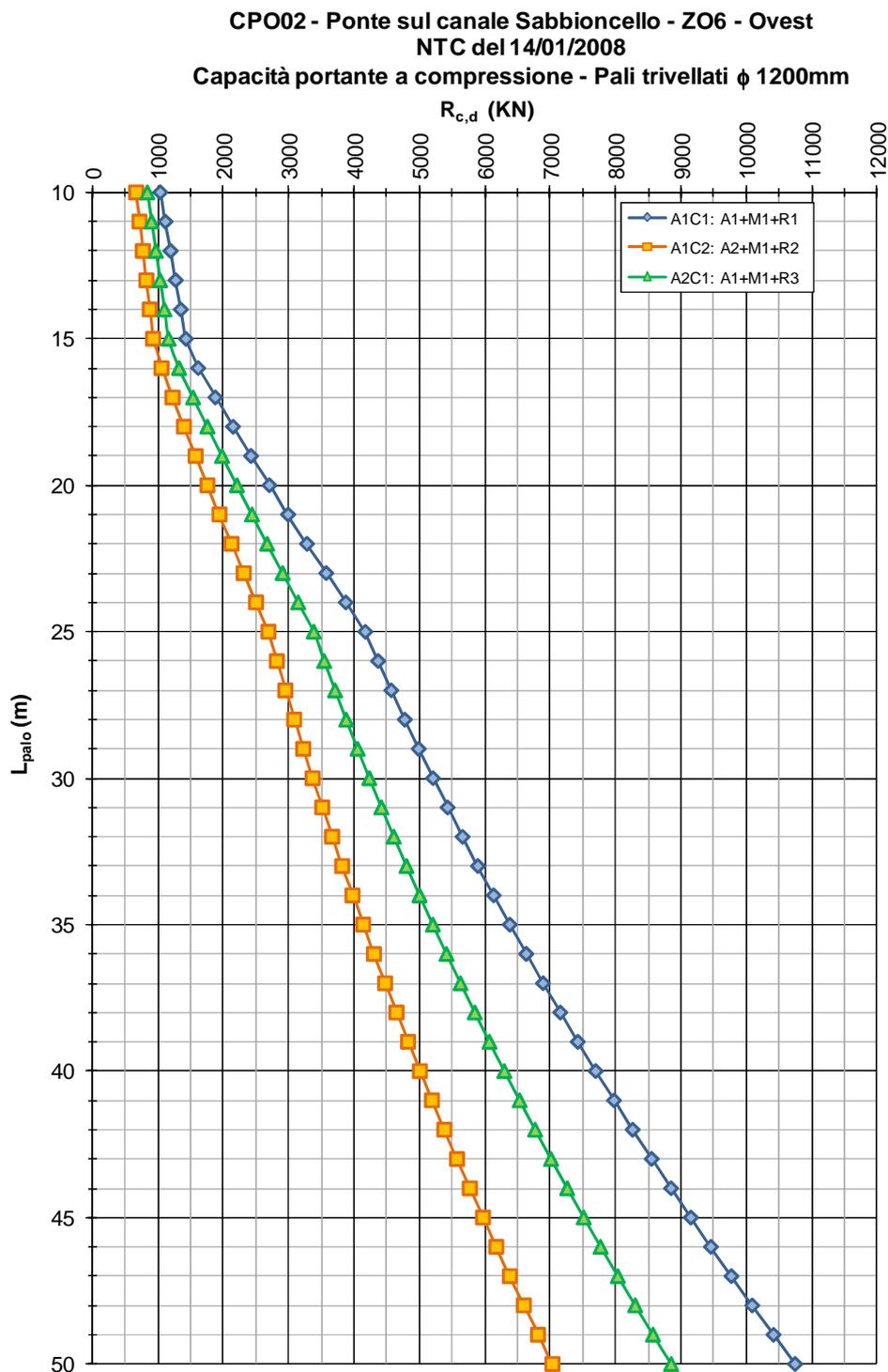
6.4.1.1. Verifiche Geotecniche

Oltre all'usuale verifica di capacità portante verticale, le NTC prevedono ora anche la verifica di capacità portante orizzontale: relativamente ad entrambe le problematiche le azioni di progetto verranno confrontate con quelle emergenti dalle curve fornite dal Progettista Geotecnico.

6.4.1.2. Portanza Verticale

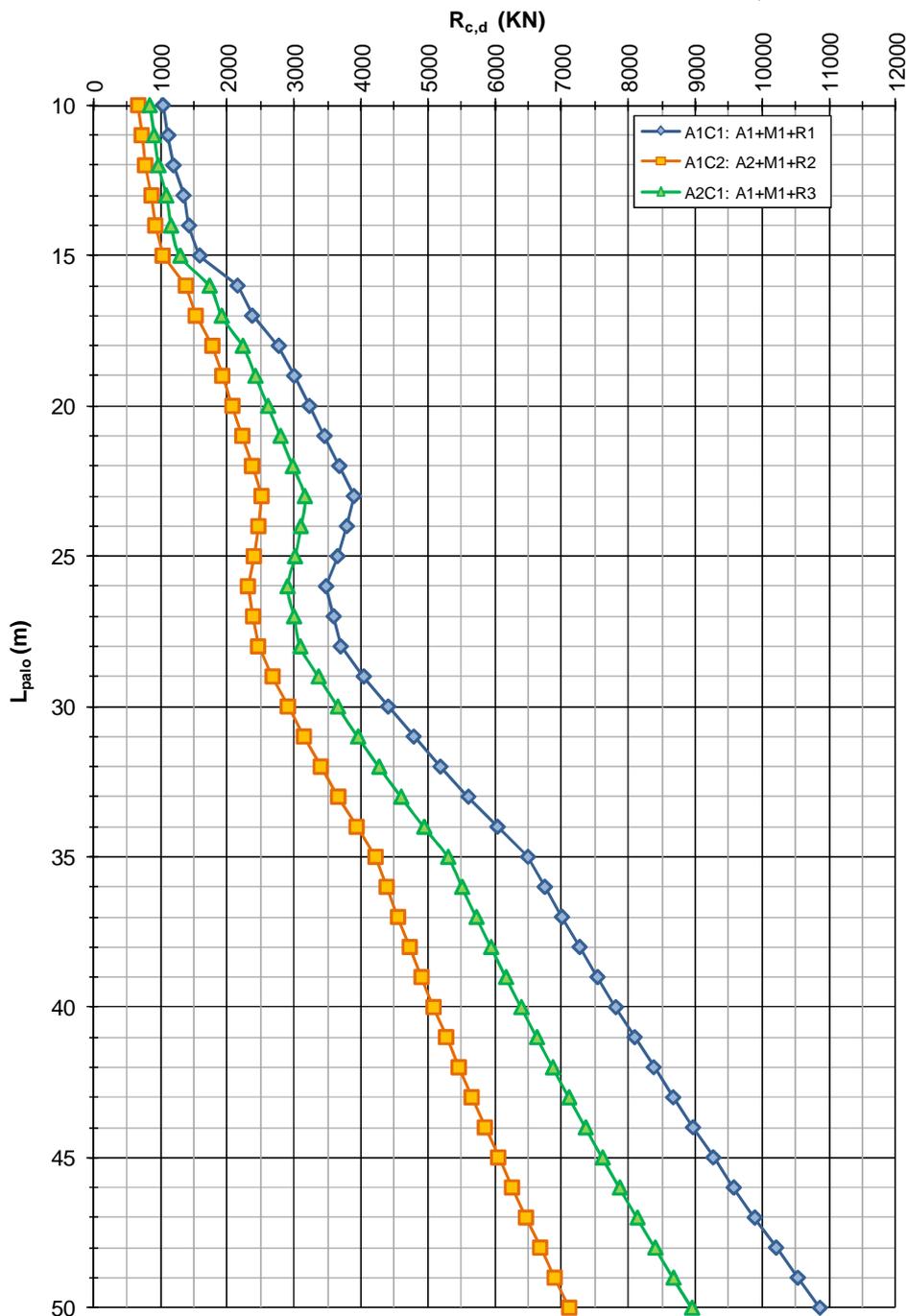
Alle Figure seguenti è riportata la curva di portata per un palo $\varnothing 1200$ nel suolo in questione per la spalla Ovest e per la spalla Est.

Fig. 6-2



CPO02 - Ponte sul canale Sabbioncello - ZO6 - Est
NTC del 14/01/2008

Capacità portante a compressione - Pali trivellati ϕ 1200mm



L'approccio di riferimento geotecnico è: A2C1 (curva Verde).

Dal par. 6.3.1 si è ottenuto che la massima azione di compressione N_{sd} è pari a 2275 kN (Fase Statica).

L'azione verticale massima deve essere confrontata con le curve di portanza di cui sopra.

Dalla Relazione Geotecnica si ha che i pali sono posti in: Sabbia Densa. Conseguentemente (interassi pari a circa $2.5\varnothing$) alla curva di portanza di figura va applicato un coefficiente riduttivo pari a 0.65: in altri termini l'azione di progetto è:

$$N_{sd} = 2275/0,65 = 3500 \text{ kN}$$

Dalle figure precedenti si ottiene che un palo di lunghezza 30.0 m ha una portanza:

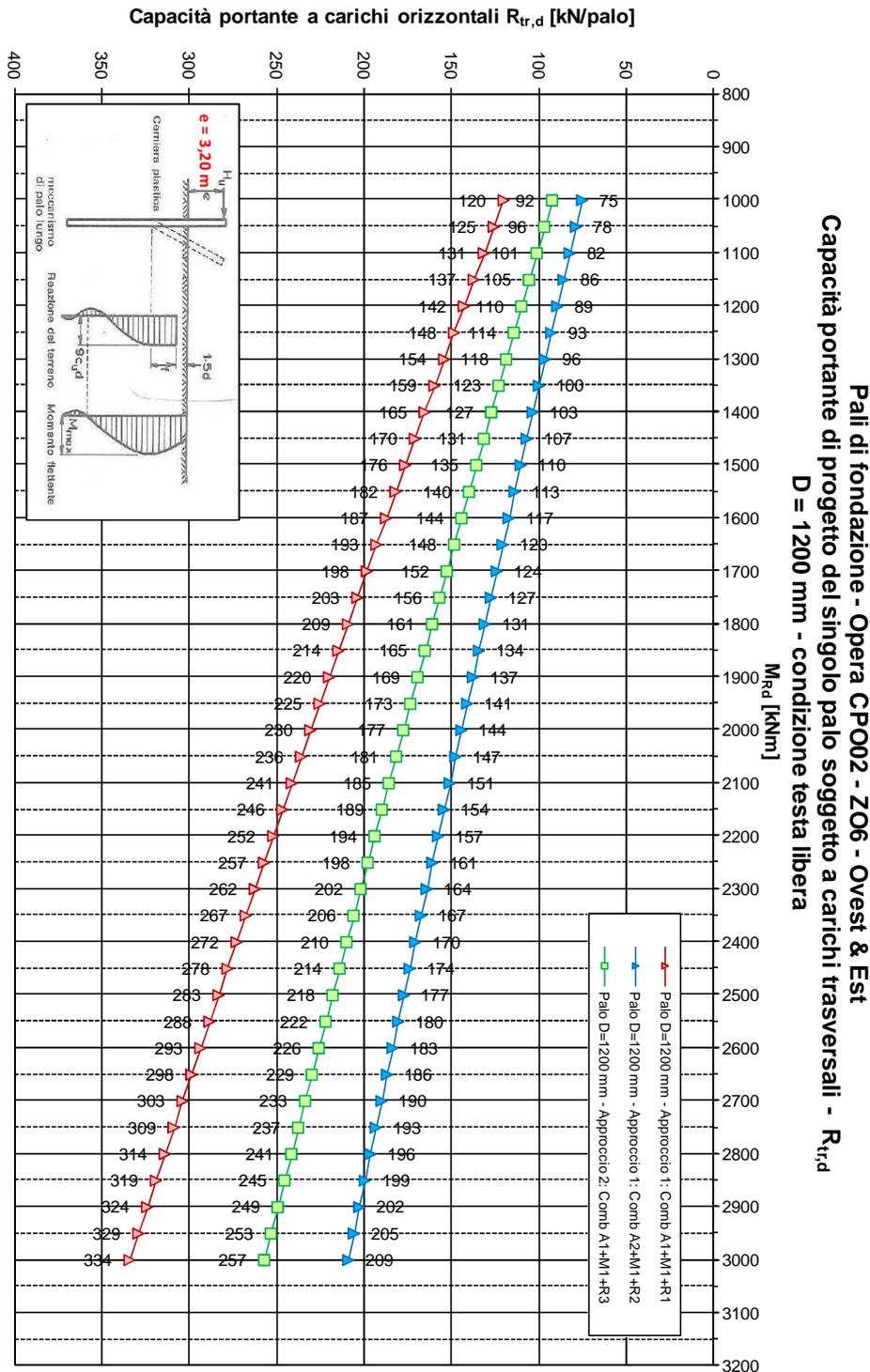
$$R_{c,d} \cong 3654 \text{ kN}; \Rightarrow R_{c,d} / N_{max} = 1.04 > 1.0$$

Si conferma quindi la lunghezza pari a : $L_{palo} = 30.0 \text{ m}$

6.4.1.3. Portanza Orizzontale

Alla Figura seguente è riportata la curva di portanza per il palo di cui sopra.

Fig. 6-3



Dal par. 6.3.1 si è ottenuto che la massima azione tagliante V_{sd} è pari a 391 kN (Fase statica e fase sismica).

La curva ha un andamento pressoché lineare. Indicando con ΔM l'incremento di momento rispetto al valore limite riportato in figura (3000 kNm) di cui è necessario tenere conto, si ha:

$$\Delta M = 1000 \cdot (391 - 257) / (257 - 177) = 1675 \text{ kNm}$$

In definitiva la portanza orizzontale $R_{tr,d} = V_{sd}$ viene raggiunta in corrispondenza di un Momento Ultimo pari a circa:

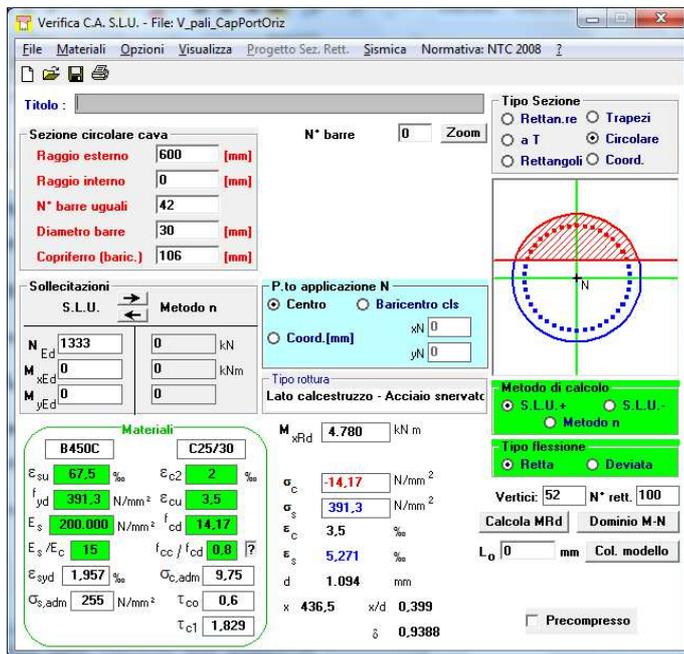
$$M_u = 3000 + 1675 = 4675 \text{ kNm}$$

Tale momento va raggiunto in corrispondenza dell'azione verticale minima nei pali, per la situazione nella quale si attinge il valore del taglio massimo preso in considerazione:

$$N_{med} = 1333 \text{ kN}$$

Si ha:

FIG. 6-4



Risultano necessari n°42Ø30 (2.6%)

6.4.2. Verifiche SLU

6.4.2.1. Taglio

Le Norme NTC (nonché EC) non regolamenta le verifiche a Taglio delle sezioni circolari. Nella Norma ACI invece la sezione circolare viene semplificata assumendo un rettangolo equivalente di larghezza \varnothing ed altezza $0.8*\varnothing$: **si seguirà tale approccio.**

Di conseguenza, per quanto riguarda la verifica dell'armatura, applicando l'espressione [NTC 4.1.18]:

$$V_{Rsd} = 0.9*d*(A_{sw}/s)*f_{yd}*cotg\theta ; \text{ dove : } d = 0.95*0.8*\varnothing ; cotg\theta = 1.0 \rightarrow V_{Rsd} = 0.68*\varnothing*(A_{sw}/s)*f_{yd}$$

Per quanto riguarda la verifica lato cls. si fa riferimento all'espressione [NTC 4.1.19], sempre adottando la medesima 'd' su precisata.

$$V_{Rcd} = 0.9*d*b_w*\alpha_c*f'_{cd} ; \text{ dove : } d = 0.95*0.8*\varnothing ; b_w = \varnothing \rightarrow V_{Rcd} = 0.68*\varnothing^2*\alpha_c*f'_{cd} ; (f'_{cd} = 0.5*f_{cd})$$

Il coefficiente α_c verrà assunto unitario in prima ipotesi, e incrementato come concesso dalle NTC se necessario.

Si riportano le curve di sollecitazione per azione tagliante e flettente unitaria in testa.

FIG. 6-5

Pali di fondazione da p.c. - Opera CPO06 - ZO6 - Ovest & Est
 Diagrammi di sollecitazione flettente e tagliante per un'azione orizzontale di 1000kN
D = 1200 mm - libero in testa

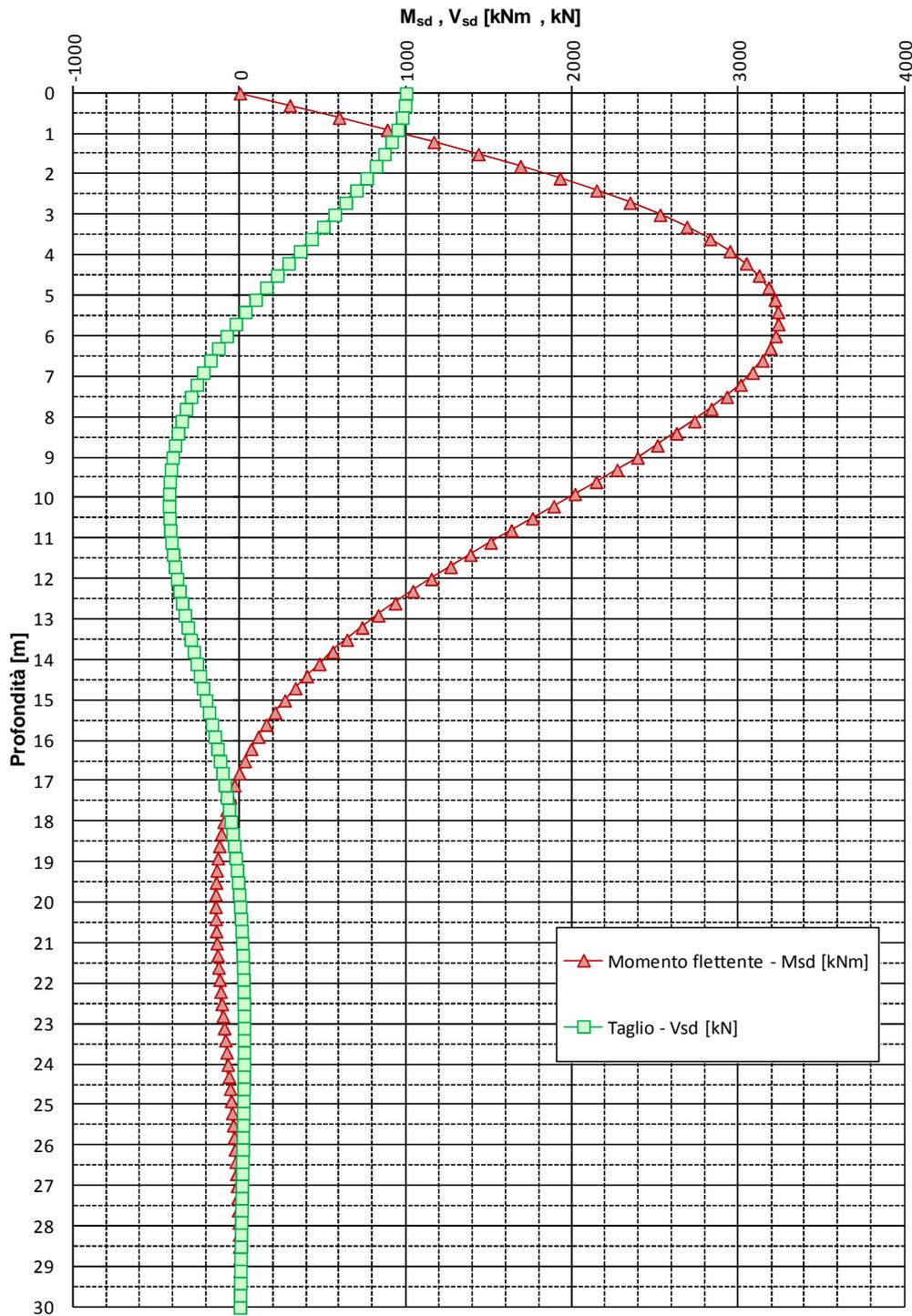
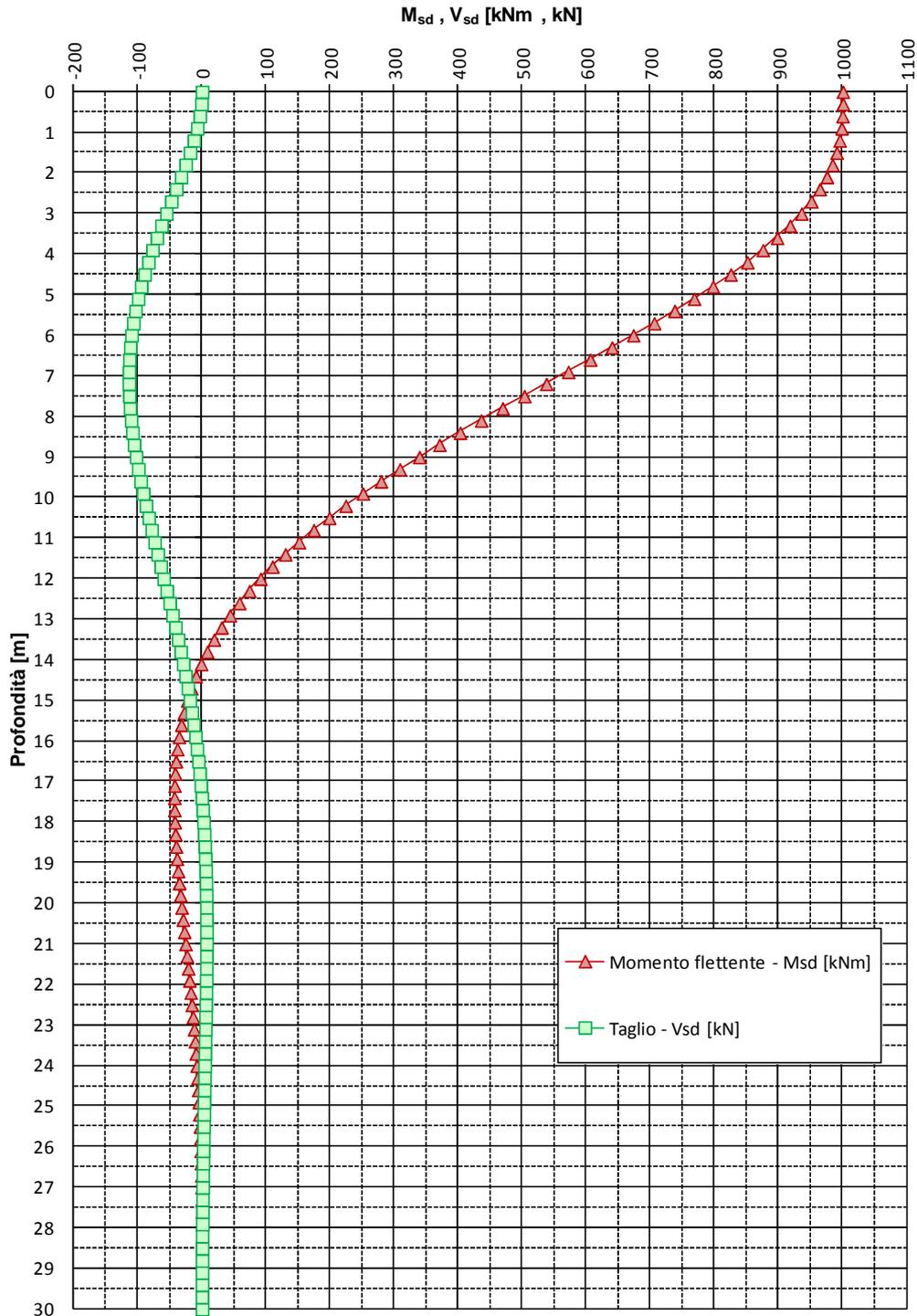


FIG. 6-6

Pali di fondazione da p.c. - Opera CPO06 - ZO6 - Ovest & Est
 Diagrammi di sollecitazione flettente e tagliante per un momento in testa di 1000kN
D = 1200 mm - libero in testa



Verifica lato Acciaio

L'espressione

$$V_{Rsd} = \cot(\theta) \cdot 0.68 \cdot \varnothing \cdot (A_{sw}/s) \cdot f_{yd} ; \text{dove } \varnothing = 1200 \text{ mm e } f_{yd} = 391.3 \text{ N/mm}_2$$

assume i seguenti valori per armature e passi variabili:

TAB. 6-7

Palo Φ 1200		cot $\theta = 1.0$	cot $\theta = 1.5$	cot $\theta = 2.0$	cot $\theta = 2.5$
\varnothing - mm	s - mm	V_{Rsd} - kN			
10	200	251	376	502	627
10	100	502	752	1.003	1.254
12	200	361	542	722	903
12	100	722	1.083	1.444	1.806
16	200	642	963	1.284	1.605
16	100	1.284	1.926	2.568	3.210
20	200	1.003	1.505	2.006	2.508
20	100	2.006	3.009	4.012	5.016

Dalle figure precedenti emerge che il taglio in testa (391 kN) si riduce, a partire da quota -3.5 m, al 50% dell'azione in testa (196 kN).

Conseguentemente – anche assumendo $\cot\theta = 1.0$ - si adotta una staffatura:

da testa a quota -4.0 : **st \varnothing 16/200** $V_{Rsd} = 642 \text{ kN} > 391 \text{ kN}$

da quota -4.0 a fine palo : **st \varnothing 12/200** $V_{Rsd} = 361 \text{ kN} > 196 \text{ kN}$

Verifica lato Cls.

$$f'_{cd} = 0.5 \cdot f_{cd} = 7.1 \text{ N/mm}^2 \Rightarrow V_{Rcd} = 0.68 \cdot 1200^2 \cdot 1.0 \cdot 7.1 \equiv 6952 \text{ kN} \gg V_{Sd}$$

6.4.2.2. Verifiche SLU: Pressoflessione

Vengono effettuate le verifiche nelle sezioni a quota 0.0 e a quota 1.0 m superiore a quella di cambio armatura (si assume una lunghezza di ancoraggio indicativa della barra generica pari appunto a 1.0 m).

Dai valori SLU di Tab. 6-6 e tenendo conto della Fig. 6-5 e Fig. 6-6 precedenti si ottiene:

TAB. 6-8

SLU		Ntot max (KN)	Htot (KN)	Mtot max (KNm)
Quota	0,0			
SLU A1+M1	Gruppo 1	-2.275	319	544
SLU A1+M1	Gruppo 2a	-1.959	391	743
SLU A1+M1	Sisma_X	-1.332	258	262
SLU A1+M1	Sisma_Y	-1.333	339	495
SLU A2+M2	Gruppo 1	-1.781	245	516
SLU A2+M2	Gruppo 2a	-1.512	375	717
SLU A2+M2	Sisma_X	-1.332	305	340
SLU A2+M2	Sisma_Y	-1.333	391	573

SLU		Ntot max (KN)	Mtot max (KNm)
Quota	-6,0		
Coeff. 'M' da Taglio	3,30		
Coeff. 'M' da Momento	0,70		
SLU A1+M1	Gruppo 1	-2.275	1.434
SLU A1+M1	Gruppo 2a	-1.959	1.811
SLU A1+M1	Sisma_X	-1.332	1.033
SLU A1+M1	Sisma_Y	-1.333	1.465
SLU A2+M2	Gruppo 1	-1.781	1.170
SLU A2+M2	Gruppo 2a	-1.512	1.740
SLU A2+M2	Sisma_X	-1.332	1.243
SLU A2+M2	Sisma_Y	-1.333	1.692

A quote inferiori il momento rimane al di sotto del valore della quota minima precedente.

Si trascura – a favore di sicurezza - il modesto incremento di sforzo normale dovuto al peso proprio del palo.

Nell'effettuazione della verifica a presso flessione si assume :

Diametro palo : 1200 mm ; ricoprimento barra : $75+16 = 91$ mm (*)

(*) Si adotterà un copriferro (in asse barra) costantemente pari a 110 mm.

Da quota 0.0 a quota -7.0 (L_{barra} 8.0m)

Numero barre : 42; Diametro barra : 30 mm ; disposte in strato : singolo; percentuale d'armatura: 2.6%

La sezione è già stata verificata per uno sforzo normale pari al minore delle azioni possibili e per un'azione flettente nettamente superiore a quelle in gioco. Di conseguenza la verifica non viene ripetuta: le barre vengono proseguite per un metro oltre la sezione a quota -6.0.

Da quota -6.0 a quota -18.0 (L_{barra} 12.0m)

Numero barre : 24 ; Diametro barra : 26 mm ; disposte in strato : singolo; percentuale d'armatura: 1.1%

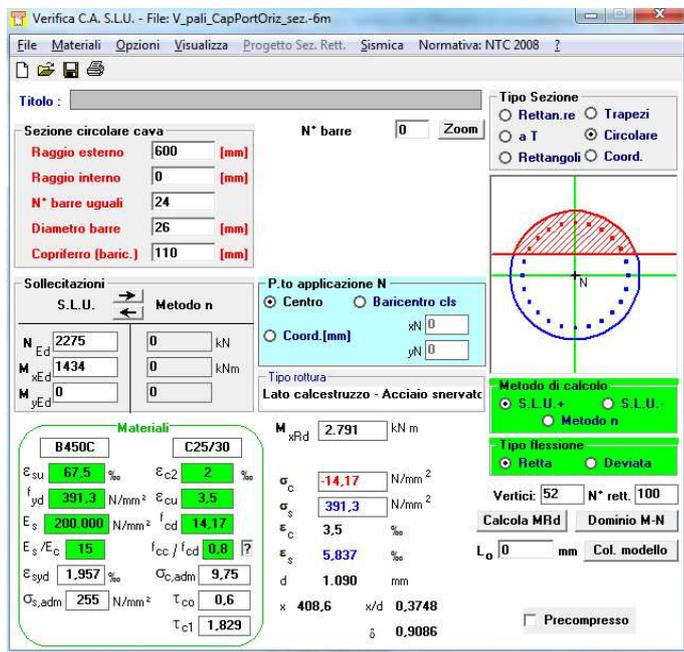
Vedi verifiche di seguito riportate.

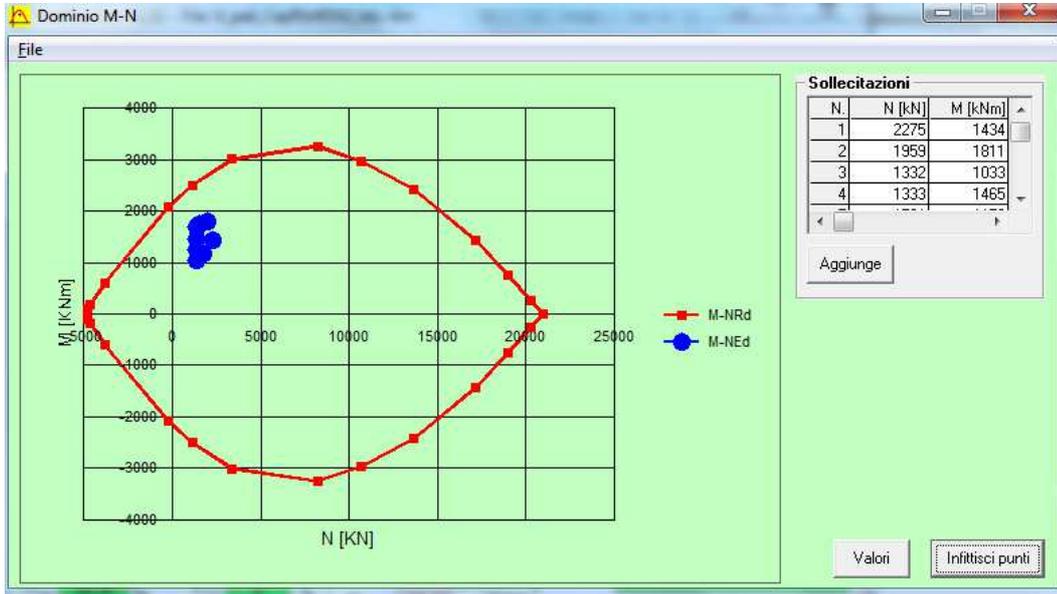
Da quota -17.0 a fine palo (L_{barra} 12.0m + 2.0m)

Numero barre : 20 ; Diametro barra : 20 mm ; disposte in strato : singolo; percentuale d'armatura: 0.6%

La sezione non viene verificata, diminuendo il momento flettente a valori irrilevanti.

FIG. 6-7





6.4.3. Verifiche SLE

6.4.3.1. Fessurazione

Dai valori SLE di Tab. 6-6 e tenendo conto della Fig. 6-5 e Fig. 6-6 si ottiene:

TAB. 6-9

SLE	Quota	Ntot max (KN)	Htot (KN)	Mtot max (KNm)
	0,0			
SLE RARA	Gruppo1	-1.685	228	385
SLE RARA	Gruppo 2a	-1.451	282	532
SLE FREQ		-1.468	228	385
SLE PERM		-1.043	156	225

SLE	Quota		Ntot max (KN)	Mtot max (KNm)
	-6,0			
		Coeff. 'M' da Taglio	3,30	
		Coeff. 'M' da Momento	0,70	
SLE RARA	Gruppo1		-1.685	1.023
SLE RARA	Gruppo 2a		-1.451	1.302
SLE FREQ			-1.468	1.022
SLE PERM			-1.043	672

La verifica viene eseguita mediante il programma Oasys Asec versione 8.2. Si riporta la verifica per la sola sezione a quota inferiore (il momento è maggiore e il numero barre minore) e per le sole combinazioni rare.

Per soddisfare la verifica si incrementa il numero di barre (24Ø26).

History

Date	Time	Nome	Note
06-apr-2012	15.39	billuminati	New
06-apr-2012	18.04	billuminati	
06-apr-2012	18.11	billuminati	
11-apr-2012	14.56	lcarli	

Definizione

Informazioni Generali

Codice di Calcolo	EN 1992-1-1:2004
	Eurocode 2
Paese	Italy
Assi di Flessione	Uniassiale

Dettagli Della Sezione 1

Definizione

Nome	Section 1
Tipo	Calcestruzzo
Materiale	C25/30
Origine	Centro

Dimensioni

Diametro	1200,mm
Area della Sezione	1,131E+6mm ²
Area dell'Armatatura	12740,mm ²
Armatatura	1,127%

Nodi del Materiale

Nodo	Y	Z
	[mm]	[mm]
1	0,0	601,2
2	94,05	593,8
3	185,8	571,8
4	273,0	535,7
5	353,4	486,4



6	425,1	425,1
7	486,4	353,4
8	535,7	273,0
9	571,8	185,8
10	593,8	94,05
11	601,2	-26,28E-6
12	593,8	-94,05
13	571,8	-185,8
14	535,7	-273,0
15	486,4	-353,4
16	425,1	-425,1
17	353,4	-486,4
18	273,0	-535,7
19	185,8	-571,8
20	94,05	-593,8
21	-52,56E-6	-601,2
22	-94,05	-593,8
23	-185,8	-571,8
24	-273,0	-535,7
25	-353,4	-486,4
26	-425,1	-425,1
27	-486,4	-353,4
28	-535,7	-273,0
29	-571,8	-185,8
30	-593,8	-94,05
31	-601,2	78,84E-6
32	-593,8	94,05
33	-571,8	185,8
34	-535,7	273,0
35	-486,4	353,4
36	-425,1	425,1
37	-353,4	486,4
38	-273,0	535,7
39	-185,8	571,8
40	-94,05	593,8

Barre

Barra	Y	Z	Diametro	Materiale	Tipo	Forza di Precompressione	Deformazione di Precompressione
	[mm]	[mm]	[mm]			[kN]	
1	490,0	0,0	26,00	B450C	Steel		
2	473,3	126,8	26,00	B450C	Steel		
3	424,4	245,0	26,00	B450C	Steel		
4	346,5	346,5	26,00	B450C	Steel		
5	245,0	424,4	26,00	B450C	Steel		
6	126,8	473,3	26,00	B450C	Steel		
7	0,0	490,0	26,00	B450C	Steel		
8	-126,8	473,3	26,00	B450C	Steel		
9	-245,0	424,4	26,00	B450C	Steel		
10	-346,5	346,5	26,00	B450C	Steel		
11	-424,4	245,0	26,00	B450C	Steel		
12	-473,3	126,8	26,00	B450C	Steel		
13	-490,0	0,0	26,00	B450C	Steel		
14	-473,3	-126,8	26,00	B450C	Steel		
15	-424,4	-245,0	26,00	B450C	Steel		
16	-346,5	-346,5	26,00	B450C	Steel		
17	-245,0	-424,4	26,00	B450C	Steel		
18	-126,8	-473,3	26,00	B450C	Steel		
19	0,0	-490,0	26,00	B450C	Steel		
20	126,8	-473,3	26,00	B450C	Steel		
21	245,0	-424,4	26,00	B450C	Steel		
22	346,5	-346,5	26,00	B450C	Steel		
23	424,4	-245,0	26,00	B450C	Steel		
24	473,3	-126,8	26,00	B450C	Steel		

Proprieta' Elastiche

Baricentro	Y	0,0mm
	Z	0,0mm
Area		1,131E+6mm ²
Momento d'Inerzia	I _{yy}	101,8E+9mm ⁴
	I _{zz}	101,8E+9mm ⁴
	I _{yz}	0,0mm ⁴
Momento d'Inerzia Principale	I _{uu}	101,8E+9mm ⁴
	I _{zz}	101,8E+9mm ⁴
		0,0°

Fattore della Sezione di Taglio	K_Y	0,8571
	K_Z	0,8571
Costante Torsionale		203,6E+9mm ⁴
Modulo di Resistenza della Sezione	Z_Y	169,6E+6mm ³
	Z_Z	169,6E+6mm ³
Modulo di Resistenza Plastico	Z_{pY}	288,0E+6mm ³
	Z_{pZ}	288,0E+6mm ³
Raggio d'Inerzia	R_Y	300,0mm
	R_Z	300,0mm

Properties of gross section, including reinforcement.

Baricentro	Y	70,45E-9mm
	z	-51,08E-9mm
EA		37,75E+6kN
EI	EI_{yy}	3,462E+6kNm ²
	EI_{zz}	3,462E+6kNm ²
	EI_{yz}	281,7E-6kNm ²
Principal EI	EI_{uu}	3,462E+6kNm ²
	EI_{zz}	3,462E+6kNm ²
		45,00°
Maximum compressive force		6383,kN
Strain at N_{max}		0,002069[-]
Moment at ref. pt. for N_{max}	M_{yy}	33,78E-12kNm
	M_{zz}	0,0kNm

Note: N_{max} is the maximum compressive force which can be carried by the section. This is calculated by applying a constant strain across the entire section, using ultimate material properties.

Proprieta' dei Materiali

Tipo		Calcestruzzo
Nome		C25/30
Peso		Normale
Densita'	ρ	2,400t/m ³
Resistenza Cilindrica	f_{ck}	25,00N/mm ²

Resistenza a Trazione	f_{ctm}	2,565N/mm ²
Modulo Elastico (breve termine)	E	31480,N/mm ²
	ν	0,2000
	α	10,00E-6/°C
Partial Safety Factor	$\gamma_{mc, ULS}$	1,000
	$\gamma_{mc, SLS}$	1,000
Massima Deformazione		0,003500[-]
Plateau Strain		0,002000[-]
Curva do Compressione per lo SLU		Parabola-rect.
Curva di trazione per lo SLU		No-tension
Curva di Compressione per lo SLE		Fig 3.2
Curva di Trazione per lo SLE		Interpolated
Dimensione dell'Inerte		20,00mm

Proprieta' dell'Armatura

Nome		B450C
F_y		450,0N/mm ²
Modulo		200000,N/mm ²
Partial Safety Factor	$\gamma_{ms, ULS}$	1,000
	$\gamma_{ms, SLS}$	1,000
Massima Deformazione		0,05000[-]
Curva		Strain-hardening
Tensione/Deformazione		

Carichi

Punto di Riferimento

Tutti i carichi agiscono attraverso il Punto di Riferimento.

Tutte le superfici di deformazione sono definite sulla base del Punto di Riferimento.

Definizione		Baricentro
Coordinate del Punto di Riferimento	y	0,0mm
	z	0,0mm

Carichi Applicati

Combinazioni	N	M _{yy}	M _{zz}
di Carico			
	[kN]	[kNm]	[kNm]
1	1468,	1022,	0,0
2	1043,	672,0	0,0

Dettagli Della Sezione 1

1,13% reinforcement in section 1 (Section 1). Check this against code requirements.

Casi Analizzati allo SLE

Nome	Carichi	Fattore di Precompressione	Coefficiente di viscosita'.	Crack Eqn.	β 7.4.3(3)
	Lungo Termine	Istantanei			
FREQUENTE	L1	1,000	2,000	Eqn. 7.9	0,5000 0,4000
QUASI PERMANENTE	L2	1,000	2,000	Eqn. 7.9	0,5000 0,4000

Carichi totali per lo SLE

Casi	N	M _{yy}	M _{zz}	M	θ
	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]	[°]
1	1468,	1022,	0,0	1022,	0,0
2	1043,	672,0	0,0	672,0	0,0

Analisi per carichi allo SLE - Sommario

Casi	EI	ϕ	Altezza dell'Asse Aeutro	Replace All
	[kNm ²]	[°]	[mm]	[/m]
1	837700,	0,0	565,9	3,550E-12
2	987500,	0,0	616,0	136,0E-12

Sommario dei momenti corrispondenti alla forza assiale allo SLE

Effective centroid is reported relative to the reference point.

Casi	y	z	N	M	M _u	M/M _u	M _{CR}	Note
	[mm]	[mm]	[kN]	[kNm]	[kNm]		[kNm]	
1	-96,00E-9	3,694E-6	1468,	1022,	1377,	0,7422	703,5	
2	-96,02E-9	3,695E-6	1043,	672,0	1476,	0,4552	639,1	

Piani di deformazione per Carichi allo SLE

Rapportato al Punto di Riferimento

Casi	Piano di Deformazione	Non fessurata				Fessurata					
		ε _{ax}	k _{yy}	k _{zz}	ζ	ε _{ax}	k _{yy}	k _{zz}	ε _{ax}	k _{yy}	k _{zz}
		[-]	[/m]	[/m]		[-]	[/m]	[/m]	[-]	[/m]	[/m]
1	Armatura	-43,16E-6	0,001220	0,0	0,8221	95,11E-6	730,9E-6	0,0	-73,09E-6	0,001326	0,0
	Viscosta'/Ritiro	0,0	0,0	0,0							
	definiti dall'utente										
	Totale	-43,16E-6	0,001220	0,0							
	(Calcestruzzo)										
2	Armatura	10,05E-6	680,5E-6	0,0	0,5627	66,93E-6	476,9E-6	0,0	-34,15E-6	838,7E-6	0,0
	Viscosta'/Ritiro	0,0	0,0	0,0							
	definiti dall'utente										
	Totale	10,05E-6	680,5E-6	0,0							
	(Calcestruzzo)										

Tensioni/Deformazioni del Materiale per carichi allo SLE

Casi	Punto	Non fessurata		Fessurata		Note	
		Deformazione	Tensione	Deformazione	Tensione		
		y	z	[-]	[N/mm ²]	[-]	[N/mm ²]
		[mm]	[mm]				
Section is partially cracked under current loads							
1	1	0,0	601,2	534,5E-6	5,836	724,1E-6	7,754
1	2	94,05	593,8	529,1E-6	5,780	714,3E-6	7,657
1	3	185,8	571,8	513,0E-6	5,614	685,1E-6	7,366
1	4	273,0	535,7	486,6E-6	5,339	637,2E-6	6,885
1	5	353,4	486,4	450,6E-6	4,962	571,9E-6	6,220
1	6	425,1	425,1	405,8E-6	4,489	490,6E-6	5,381
1	7	486,4	353,4	353,4E-6	3,929	395,5E-6	4,379
1	8	535,7	273,0	294,6E-6	3,295	288,8E-6	3,232



1	9	571,8	185,8	230,9E-6	2,599	173,3E-6	1,961
1	10	593,8	94,05	163,9E-6	1,856	51,62E-6	0,5913
1	11	601,2	-26,28E-6	95,11E-6	1,085	-73,09E-6	0,0
1	12	593,8	-94,05	26,37E-6	0,3027	-197,8E-6	0,0
1	13	571,8	-185,8	-40,68E-6	-0,4269	-319,4E-6	0,0
1	14	535,7	-273,0	-104,4E-6	-1,095	-435,0E-6	0,0
1	15	486,4	-353,4	-163,2E-6	-1,712	-541,7E-6	0,0
1	16	425,1	-425,1	-215,6E-6	-2,262	-636,8E-6	0,0
1	17	353,4	-486,4	-260,4E-6	-2,732	-718,1E-6	0,0
1	18	273,0	-535,7	-296,4E-6	-3,110	-783,4E-6	0,0
1	19	185,8	-571,8	-322,8E-6	-3,387	-831,3E-6	0,0
1	20	94,05	-593,8	-338,9E-6	-3,556	-860,5E-6	0,0
1	21	-52,56E-6	-601,2	-344,3E-6	-3,613	-870,3E-6	0,0
1	22	-94,05	-593,8	-338,9E-6	-3,556	-860,5E-6	0,0
1	23	-185,8	-571,8	-322,8E-6	-3,387	-831,3E-6	0,0
1	24	-273,0	-535,7	-296,4E-6	-3,110	-783,4E-6	0,0
1	25	-353,4	-486,4	-260,4E-6	-2,732	-718,1E-6	0,0
1	26	-425,1	-425,1	-215,6E-6	-2,262	-636,8E-6	0,0
1	27	-486,4	-353,4	-163,2E-6	-1,712	-541,7E-6	0,0
1	28	-535,7	-273,0	-104,4E-6	-1,095	-435,0E-6	0,0
1	29	-571,8	-185,8	-40,68E-6	-0,4269	-319,4E-6	0,0
1	30	-593,8	-94,05	26,37E-6	0,3027	-197,8E-6	0,0
1	31	-601,2	78,84E-6	95,11E-6	1,085	-73,09E-6	0,0
1	32	-593,8	94,05	163,9E-6	1,856	51,62E-6	0,5913
1	33	-571,8	185,8	230,9E-6	2,599	173,3E-6	1,961
1	34	-535,7	273,0	294,6E-6	3,295	288,8E-6	3,232
1	35	-486,4	353,4	353,4E-6	3,929	395,5E-6	4,379
1	36	-425,1	425,1	405,8E-6	4,489	490,6E-6	5,381
1	37	-353,4	486,4	450,6E-6	4,962	571,9E-6	6,220
1	38	-273,0	535,7	486,6E-6	5,339	637,2E-6	6,885
1	39	-185,8	571,8	513,0E-6	5,614	685,1E-6	7,366
1	40	-94,05	593,8	529,1E-6	5,780	714,3E-6	7,657

Section is partially cracked under current loads

2	1	0,0	601,2	353,7E-6	3,932	470,1E-6	5,167
2	2	94,05	593,8	350,1E-6	3,895	463,9E-6	5,102
2	3	185,8	571,8	339,6E-6	3,782	445,5E-6	4,908
2	4	273,0	535,7	322,4E-6	3,596	415,2E-6	4,588
2	5	353,4	486,4	298,9E-6	3,342	373,8E-6	4,148
2	6	425,1	425,1	269,7E-6	3,024	322,4E-6	3,596
2	7	486,4	353,4	235,5E-6	2,649	262,3E-6	2,943

2	8	535,7	273,0	197,1E-6	2,226	194,8E-6	2,200
2	9	571,8	185,8	155,5E-6	1,764	121,7E-6	1,384
2	10	593,8	94,05	111,8E-6	1,273	44,74E-6	0,5128
2	11	601,2	-26,28E-6	66,93E-6	0,7655	-34,15E-6	0,0
2	12	593,8	-94,05	22,08E-6	0,2536	-113,0E-6	0,0
2	13	571,8	-185,8	-21,67E-6	-0,2274	-190,0E-6	0,0
2	14	535,7	-273,0	-63,24E-6	-0,6636	-263,1E-6	0,0
2	15	486,4	-353,4	-101,6E-6	-1,066	-330,6E-6	0,0
2	16	425,1	-425,1	-135,8E-6	-1,425	-390,7E-6	0,0
2	17	353,4	-486,4	-165,0E-6	-1,732	-442,1E-6	0,0
2	18	273,0	-535,7	-188,6E-6	-1,978	-483,5E-6	0,0
2	19	185,8	-571,8	-205,8E-6	-2,159	-513,7E-6	0,0
2	20	94,05	-593,8	-216,3E-6	-2,269	-532,2E-6	0,0
2	21	-52,56E-6	-601,2	-219,8E-6	-2,306	-538,4E-6	0,0
2	22	-94,05	-593,8	-216,3E-6	-2,269	-532,2E-6	0,0
2	23	-185,8	-571,8	-205,8E-6	-2,159	-513,7E-6	0,0
2	24	-273,0	-535,7	-188,6E-6	-1,978	-483,5E-6	0,0
2	25	-353,4	-486,4	-165,0E-6	-1,732	-442,1E-6	0,0
2	26	-425,1	-425,1	-135,8E-6	-1,425	-390,7E-6	0,0
2	27	-486,4	-353,4	-101,6E-6	-1,066	-330,6E-6	0,0
2	28	-535,7	-273,0	-63,24E-6	-0,6636	-263,1E-6	0,0
2	29	-571,8	-185,8	-21,67E-6	-0,2274	-190,0E-6	0,0
2	30	-593,8	-94,05	22,08E-6	0,2536	-113,0E-6	0,0
2	31	-601,2	78,84E-6	66,93E-6	0,7655	-34,15E-6	0,0
2	32	-593,8	94,05	111,8E-6	1,273	44,74E-6	0,5128
2	33	-571,8	185,8	155,5E-6	1,764	121,7E-6	1,384
2	34	-535,7	273,0	197,1E-6	2,226	194,8E-6	2,200
2	35	-486,4	353,4	235,5E-6	2,649	262,3E-6	2,943
2	36	-425,1	425,1	269,7E-6	3,024	322,4E-6	3,596
2	37	-353,4	486,4	298,9E-6	3,342	373,8E-6	4,148
2	38	-273,0	535,7	322,4E-6	3,596	415,2E-6	4,588
2	39	-185,8	571,8	339,6E-6	3,782	445,5E-6	4,908
2	40	-94,05	593,8	350,1E-6	3,895	463,9E-6	5,102

Tensione/Deformazione dell'Armatura per carichi allo SLE

Casi Barra	Non fessurata		Fessurata		Note	
	y	z	Deformazione	Tensione		Deformazione
	[mm]	[mm]	[-]	[N/mm ²]	[-]	[N/mm ²]
Section is partially cracked under current loads						
1	1	490,0	0,0	95,11E-6	19,02	-73,09E-6 -14,62 B450C
1	2	473,3	126,8	187,8E-6	37,56	95,07E-6 19,01 B450C

1	3	424,4	245,0	274,2E-6	54,83	251,8E-6	50,35	B450C
1	4	346,5	346,5	348,3E-6	69,67	386,3E-6	77,27	B450C
1	5	245,0	424,4	405,3E-6	81,05	489,6E-6	97,92	B450C
1	6	126,8	473,3	441,0E-6	88,21	554,5E-6	110,9	B450C
1	7	0,0	490,0	453,2E-6	90,65	576,6E-6	115,3	B450C
1	8	-126,8	473,3	441,0E-6	88,21	554,5E-6	110,9	B450C
1	9	-245,0	424,4	405,3E-6	81,05	489,6E-6	97,92	B450C
1	10	-346,5	346,5	348,3E-6	69,67	386,3E-6	77,27	B450C
1	11	-424,4	245,0	274,2E-6	54,83	251,8E-6	50,35	B450C
1	12	-473,3	126,8	187,8E-6	37,56	95,07E-6	19,01	B450C
1	13	-490,0	0,0	95,11E-6	19,02	-73,09E-6	-14,62	B450C
1	14	-473,3	-126,8	2,416E-6	0,4833	-241,3E-6	-48,25	B450C
1	15	-424,4	-245,0	-83,96E-6	-16,79	-398,0E-6	-79,59	B450C
1	16	-346,5	-346,5	-158,1E-6	-31,63	-532,5E-6	-106,5	B450C
1	17	-245,0	-424,4	-215,0E-6	-43,01	-635,8E-6	-127,2	B450C
1	18	-126,8	-473,3	-250,8E-6	-50,16	-700,7E-6	-140,1	B450C
1	19	0,0	-490,0	-263,0E-6	-52,60	-722,8E-6	-144,6	B450C
1	20	126,8	-473,3	-250,8E-6	-50,16	-700,7E-6	-140,1	B450C
1	21	245,0	-424,4	-215,0E-6	-43,01	-635,8E-6	-127,2	B450C
1	22	346,5	-346,5	-158,1E-6	-31,63	-532,5E-6	-106,5	B450C
1	23	424,4	-245,0	-83,96E-6	-16,79	-398,0E-6	-79,59	B450C
1	24	473,3	-126,8	2,416E-6	0,4833	-241,3E-6	-48,25	B450C

Section is partially cracked under current loads

2	1	490,0	0,0	66,93E-6	13,39	-34,15E-6	-6,830	B450C
2	2	473,3	126,8	127,4E-6	25,48	72,22E-6	14,44	B450C
2	3	424,4	245,0	183,8E-6	36,76	171,3E-6	34,27	B450C
2	4	346,5	346,5	232,2E-6	46,44	256,5E-6	51,29	B450C
2	5	245,0	424,4	269,3E-6	53,86	321,8E-6	64,35	B450C
2	6	126,8	473,3	292,7E-6	58,53	362,8E-6	72,57	B450C
2	7	0,0	490,0	300,6E-6	60,13	376,8E-6	75,37	B450C
2	8	-126,8	473,3	292,7E-6	58,53	362,8E-6	72,57	B450C
2	9	-245,0	424,4	269,3E-6	53,86	321,8E-6	64,35	B450C
2	10	-346,5	346,5	232,2E-6	46,44	256,5E-6	51,29	B450C
2	11	-424,4	245,0	183,8E-6	36,76	171,3E-6	34,27	B450C
2	12	-473,3	126,8	127,4E-6	25,48	72,22E-6	14,44	B450C
2	13	-490,0	0,0	66,93E-6	13,39	-34,15E-6	-6,830	B450C
2	14	-473,3	-126,8	6,451E-6	1,290	-140,5E-6	-28,10	B450C
2	15	-424,4	-245,0	-49,91E-6	-9,982	-239,6E-6	-47,93	B450C
2	16	-346,5	-346,5	-98,31E-6	-19,66	-324,8E-6	-64,95	B450C
2	17	-245,0	-424,4	-135,4E-6	-27,09	-390,1E-6	-78,01	B450C

2	18	-126,8	-473,3	-158,8E-6	-31,76	-431,1E-6	-86,23	B450C
2	19	0,0	-490,0	-166,8E-6	-33,35	-445,1E-6	-89,03	B450C
2	20	126,8	-473,3	-158,8E-6	-31,76	-431,1E-6	-86,23	B450C
2	21	245,0	-424,4	-135,4E-6	-27,09	-390,1E-6	-78,01	B450C
2	22	346,5	-346,5	-98,31E-6	-19,66	-324,8E-6	-64,95	B450C
2	23	424,4	-245,0	-49,91E-6	-9,982	-239,6E-6	-47,93	B450C
2	24	473,3	-126,8	6,451E-6	1,290	-140,5E-6	-28,10	B450C

Ampiezza delle fessure per Carichi allo SLE

Approximate Local Crack Check

For widely spaced bars crack widths are calculated based on the strain at the bars.

Casi	Barra	Copriferro	h	x	$A_{c,eff}$	$\rho_{p,eff}$	k_1	k_2	Barra	Spacing	$5(c+\phi/2)$	$(\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm})$	Ampiezza		
		C							ϕ				Fessura w_k		
		[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm ²]		[mm]	[mm]		[-]	[-]	[mm]	
1	19	97,89	1202,	546,1	1091,	218,8	27130,	0,01957	0,8000	0,5000	26,00	558,7	722,8E-6	433,7E-6	0,2423
1	18	96,55	1202,	546,1	1075,	218,8	27210,	0,01952	0,8000	0,5000	26,00	554,7	700,7E-6	420,4E-6	0,2332
2	19	97,89	1202,	560,5	1091,	214,0	26520,	0,02002	0,8000	0,5000	26,00	553,6	445,1E-6	267,1E-6	0,1479
2	18	96,55	1202,	560,5	1075,	214,0	26600,	0,01996	0,8000	0,5000	26,00	549,7	431,1E-6	258,7E-6	0,1422

In definitiva si arma con :

- Armatura trasversale

Da quota 0.0 a -4.0 : st $\varnothing 16/200$; Da quota -4.0 a fine palo: st $\varnothing 12/200$

- Armatura verticale

Da quota 0.0 a quota -7.0 : n°42 $\varnothing 30$ (L_{barra} : 8.0 m);

Da quota -6.0 a quota -18.0 : n°24 $\varnothing 26$ (L_{barra} : 12.0 m)

Da quota -17.0 a fine palo : n°20 $\varnothing 20$ (L_{barra} : 12.0 m + 2.0m)

6.4.3.2. Deformazione

Si riportano in figura le deformazioni per sollecitazioni in testa unitarie.

FIG. 6-8

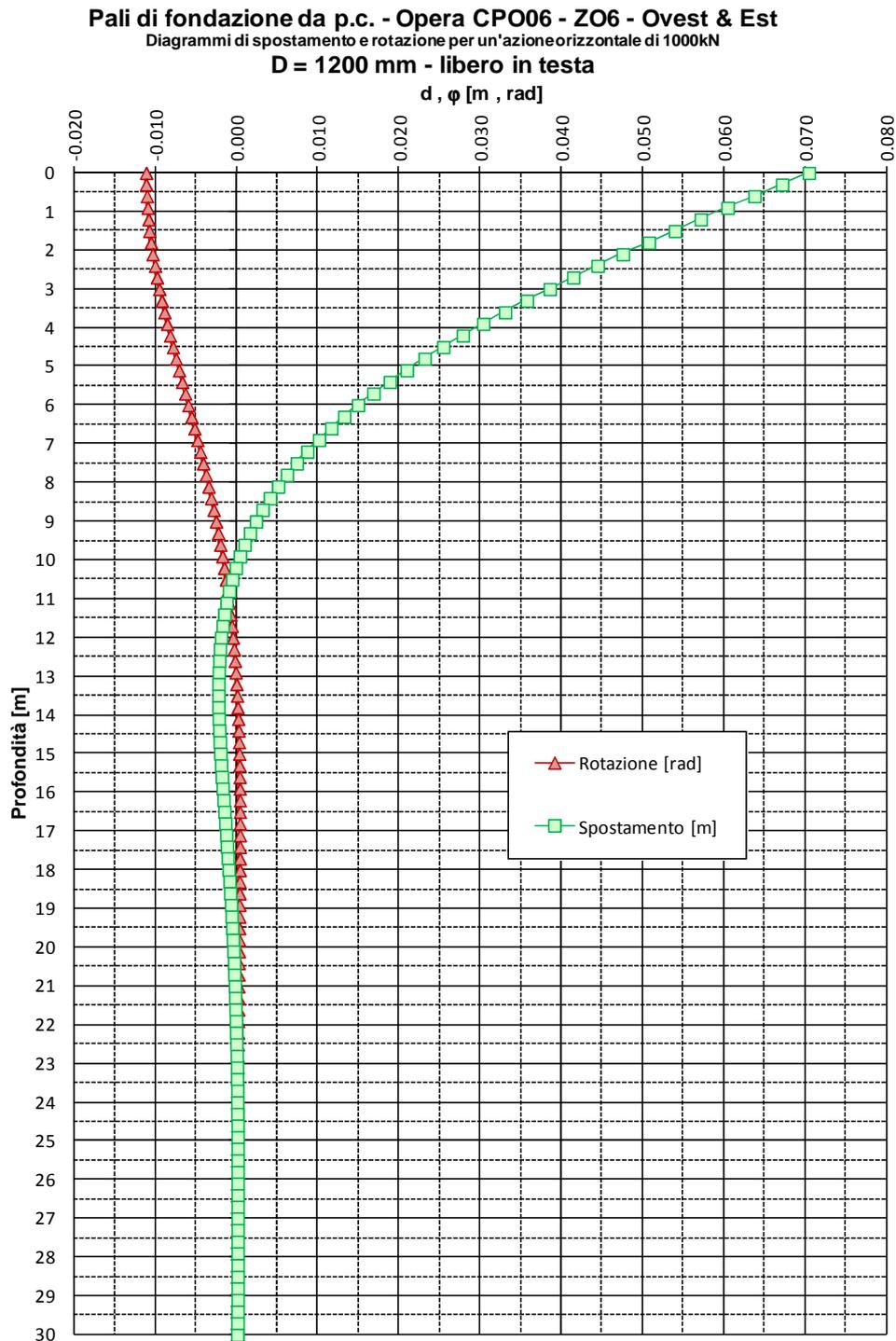
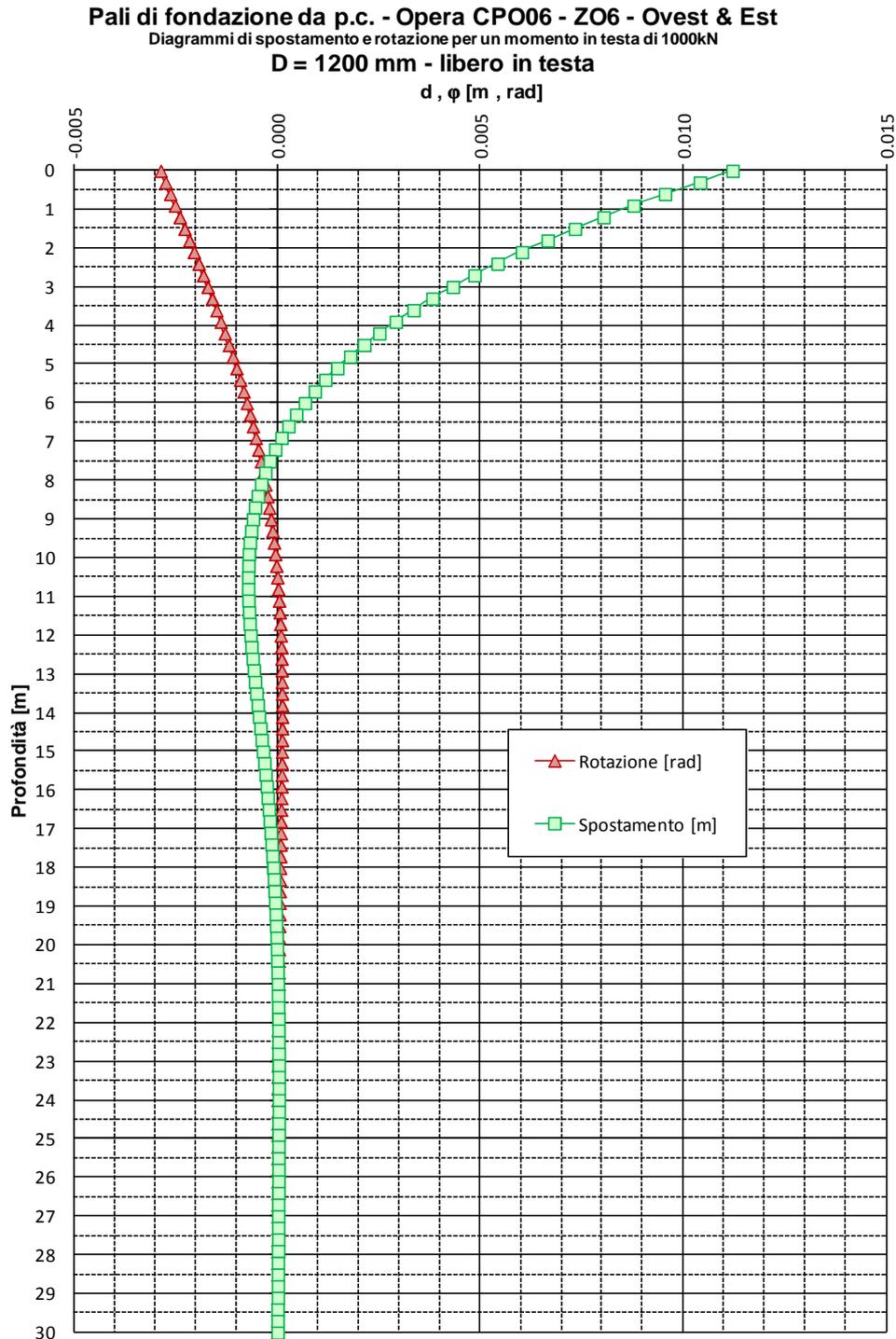


Fig. 6-9



Conseguentemente (si assumono le sole azioni peggiorative SLE) le deformazioni effettive risultano:

TAB. 6-10

DEFORMAZIONI		Ntot max	Htot	Mtot max
Quota	0,0	(KN)	(KN)	(KNm)
SLE RARA	Gruppo1	-1685	228	385
SLE RARA	Gruppo 2a	-1451	282	532
Coeff. 'η' da Taglio	0,07			
Coeff. 'η' da Momento	0,011			
Coeff. 'ρ' da Taglio	0,011			
Coeff. 'ρ' da Momento	0,003			
		mm	rad	gradi
	η max	26		
	ρ max		0,005	0,27

Si consideri che:

- le deformazioni di cui sopra tengono conto di quelle dovuti ai carichi permanenti, che avvengono prima del montaggio dell'impalcato;
- le deformazioni sono causate per circa il 50% dalle azioni permanenti e per circa il 50% da quelle variabili;
- il giunto – e conseguentemente il coprigiunto – ha un'escursione di ± 110 mm.

Anche tenendo conto dell'ulteriore spostamento in testa paraghiaia dovuto alla rotazione rigida del puvino+paraghiaia, in definitiva le deformazioni vengono ritenute compatibili con la funzionalità dell'opera.

6.4.4. Orecchie

Le Orecchie vengono dimensionate in base ad un'analisi locale.

6.4.4.1. Azioni – SLU

L'Orecchia, come da Fig. 1-2, ha spessore 0.6m, lunghezza 3.0m, altezza minore 1.0m e maggiore 3.0m.

Nella Fase Statica l'Orecchia è soggetta, oltre che al peso proprio:

- ad un regime di pressione uniforme 'p' - dovuta al sovraccarico agente sul terrapieno:

$$p = 1.50 \cdot 0.38 \cdot 25.0 = 1.50 \cdot 9.5 = 14.3 \text{ kN/m}^2$$

dove come coefficiente di spinta si assume quello a riposo ovvero $k_0 = 1 - \sin\phi = 1 - \sin 38^\circ = 0.38$

- ad un regime di pressioni linearmente variabili con la profondità 'q' – dovute alla spinta delle terre, trascurando il contributo di resistenza fornito dal cono di terreno anteriore - il cui valore massimo vale, in corrispondenza degli spigoli corrispondenti all'altezza di 1.0 e 3.0 m:

$$q_{(1.0)} = 1.35 \cdot 0.38 \cdot 19.5 \cdot 1.0 = 1.35 \cdot 7.41 = 10.0 \text{ kN/m}^2 ; q_{(3.0)} = 1.35 \cdot 0.38 \cdot 19.5 \cdot 3.0 = 1.35 \cdot 22.2 = 29.97 \text{ kN/m}^2$$

Nella Fase Sismica l'Orecchia è soggetta, oltre che al peso proprio:

- ad un regime di pressione uniforme 'p' - dovuta all'inerzia:

$$p = 0.206 \cdot 25 \cdot 0.6 = 3.09 \text{ kN/m}^2 \ll 14.3 \text{ kN/m}^2$$

- ad un regime di pressioni linearmente variabili con la profondità 'q' – dovute alla spinta di Mononobe - il cui valore massimo vale, in corrispondenza degli spigoli corrispondenti all'altezza di 1.0 e 3.0 m:

$$q_{(1.0)} = 0.414 \cdot 19.5 \cdot 1.0 = 8.07 \text{ kN/m}^2 \cong 8.0 \text{ kN/m}^2 ; q_{(3.0)} = 0.414 \cdot 19.5 \cdot 3.0 = 24.22 \text{ kN/m}^2$$

Una comparazione delle azioni omologhe nelle due Fasi mostra che quelle Statiche sono peggiorative. Di conseguenza si procederà con l'analisi della sola Fase Statica.

6.4.4.2. Azioni – SLE

Dal paragrafo precedente si ha:

$$p = 9.5 \text{ kN/m}^2 ; \quad q_{(1.0)} = 7.41 \text{ kN/m}^2 ; q_{(3.0)} = 22.2 \text{ kN/m}^2$$

6.4.4.3. Sollecitazioni e Verifiche – SLE

L'Orecchia viene assunta come incastrata lungo la dimensione verticale maggiore.

Convenzioni - Asse X: orizzontale (Asse 1-1) ; Asse Y: verticale (asse 2-2).

Il pedice della sollecitazione flettente indica l'asse momento.

Fig. 6-10 N1-1 (Nx)

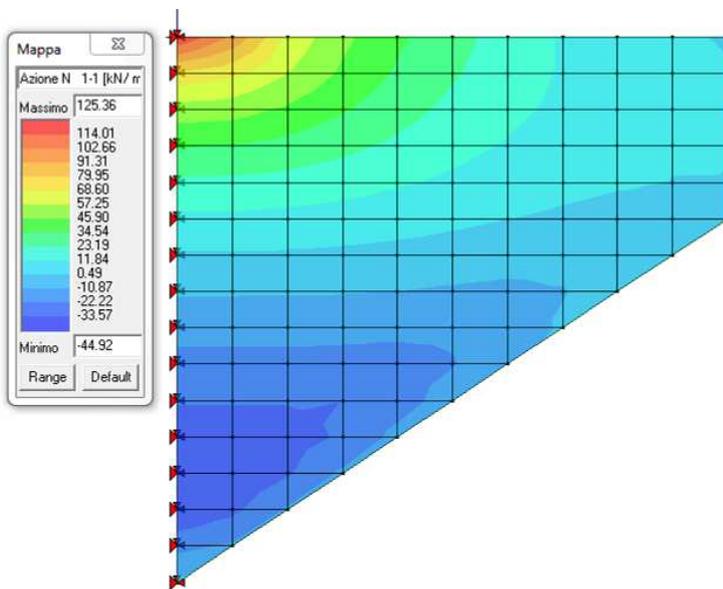


FIG. 6-11 M1-1 (My)

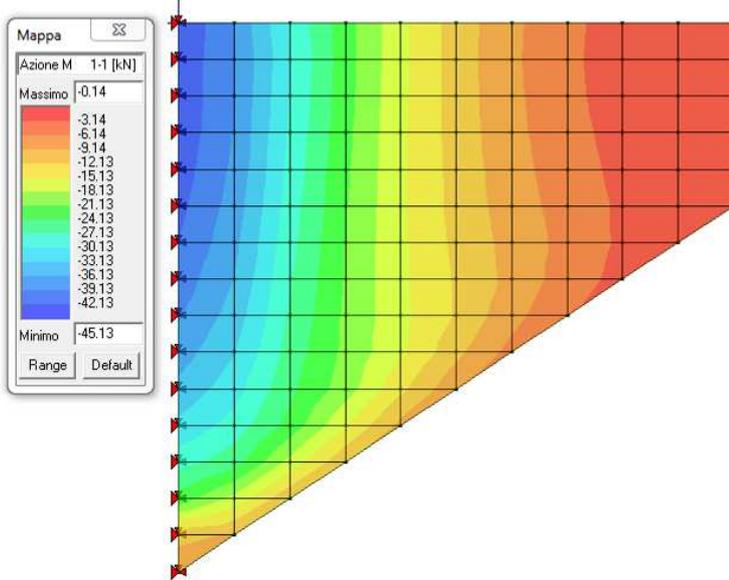
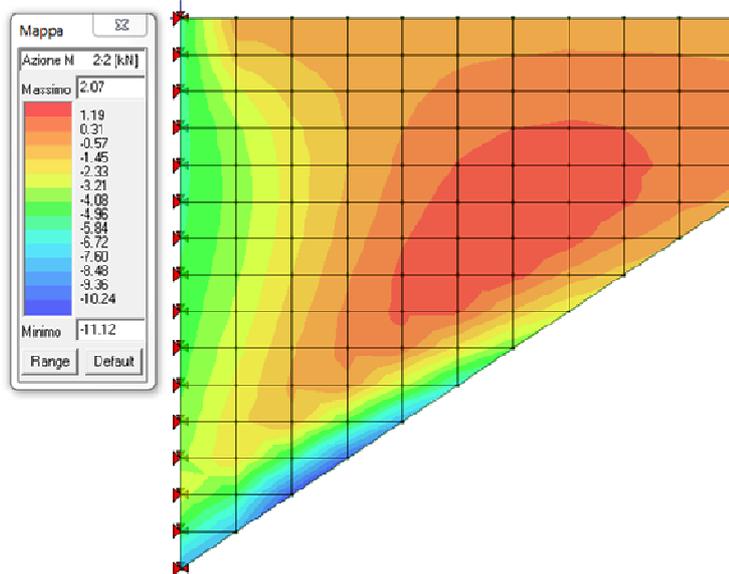


FIG. 6-12 M2-2 (Mx)



La sollecitazione flettente ad asse momento orizzontale risulta inessenziale e non verrà preso in conto.

La massima sollecitazione flettente ad asse momento verticale risulta pari a 45.1 kNm/m.

Lì dove essa viene attinta (primo metro verticale in corrispondenza del lato incastrato) sussiste uno sforzo di trazione il cui valore medio (elementi di dimensione verticale pari a 0.20 m) vale circa:

$$N_{med} = (125+10)/2 = 67.5 \text{ kN/m}$$

Si ipotizza in prima approssimazione un'armatura tesa costituita da $\varnothing 16/200$.

TAB. 6-11

M	45,10	kNm	Occorre mettere sempre il momento positivo
N	-67,50	kN	Positiva se di compressione
Rck	45	MPa	
B	100	cm	
H	60	cm	

Note: **non si fessura**

c min	5,00 cm	copriferro minimo da normativa
w lim	0,30 mm	Apertura massima delle fessure
w amm	0,30 mm	Apertura ammessa delle fessure

$$\sigma_{camm} = 13,50 \text{ MPa}$$

	Superiore	Inferiore	
Armatura:	1	2	3
y	5,6	0	54,2
n°	5	0	5
ϕ [mm]	12	0	16

M/N in esercizio		
$\sigma_c =$	1,51	MPa
$\sigma_s =$	11,14	MPa
$\sigma_{s2} =$	0,0	MPa
$\sigma_{s3} =$	89,01	MPa

Momenti di fessurazione	
M _{fessurazione} =	182,52 kNm
M _{cracking} =	217,28 kNm
$\sigma_{sr} =$	428,8 MPa

w _k	w _{limite}
0,096 mm	0,300 mm

Il Momento di prima fessurazione risulta maggiore del Momento sollecitante.

6.4.4.4. Sollecitazioni e Verifiche – SLU

FIG. 6-13 N1-1 (Nx)

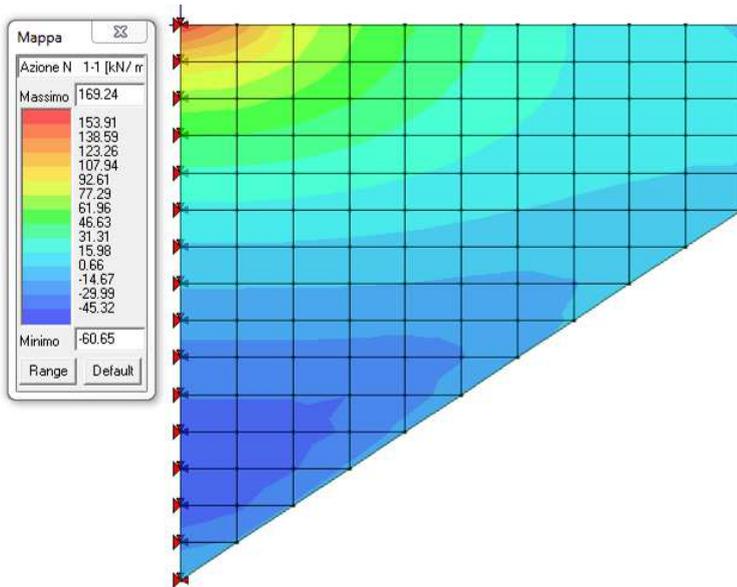


FIG. 6-14 M1-1 (My)

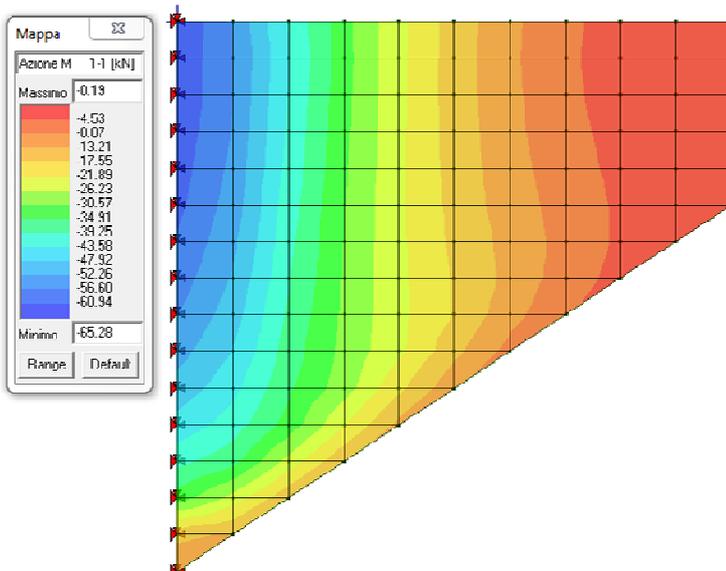


Fig. 6-15 V1-3

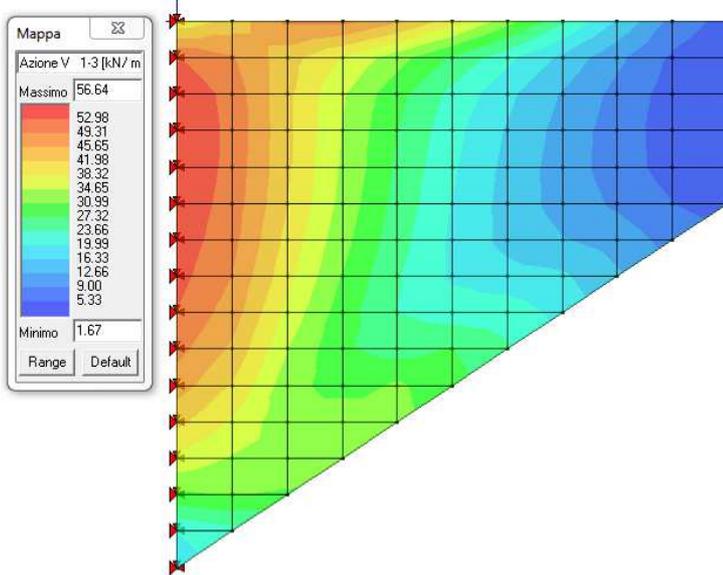
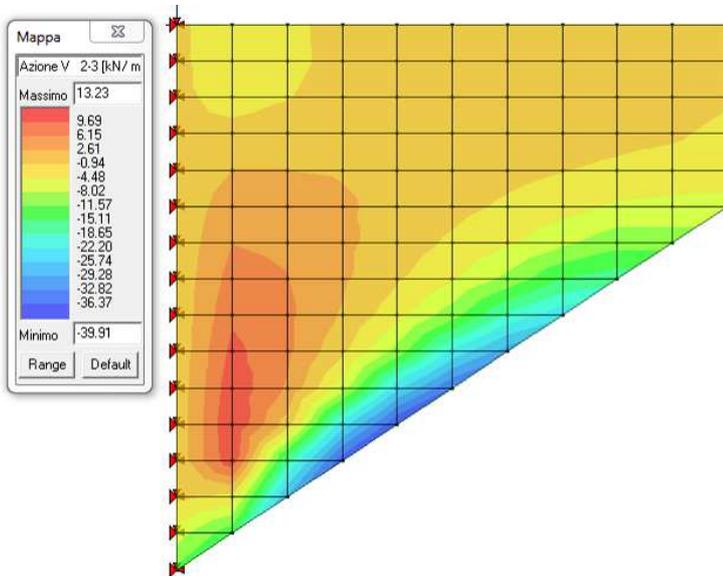


Fig. 6-16 V2-3



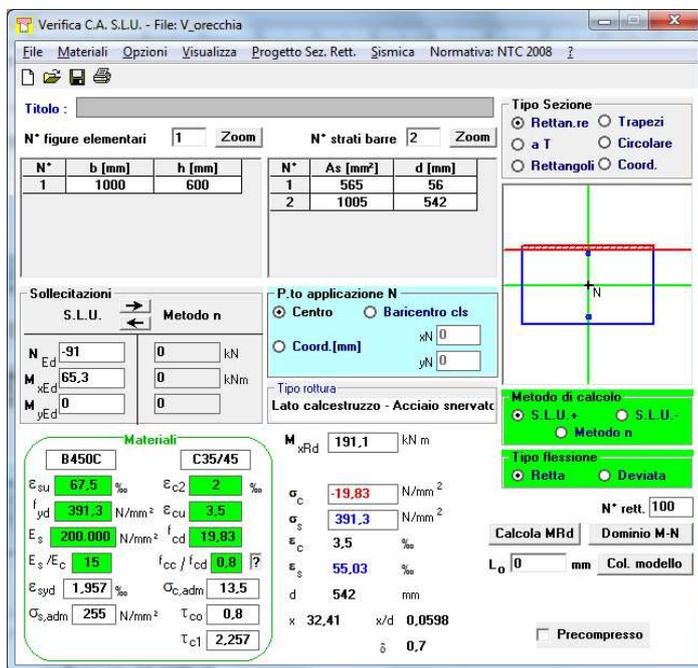
Verifica a Tensoflessione

La massima sollecitazione flettente ad asse momento verticale risulta pari a 65.3 kNm/m.

Lì dove essa viene attinta (primo metro verticale in corrispondenza del lato incastrato) sussiste uno sforzo di trazione il cui valore medio (elementi di dimensione verticale pari a 0.20 m) vale circa:

$$N_{med} = (169+13)/2 = 91 \text{ kN/m}$$

FIG. 6-17



L'armatura ipotizzata nella verifica SLE viene confermata.

Verifica a Taglio

La massima sollecitazione tagliante vale: 57 kN/m.

TAB. 6-12

Verifica a taglio SLU
D.M. 14 gennaio 2008 - Norme tecniche per le costruzioni - 4.1.2.1.3

Classe Calcestruzzo : C35/45
Calcestruzzo Rck : 45
Precompresso : No
Acciaio : B450C

Base : 100 cm
Altezza : 60 cm
copriferro netto $A_{s,tesa}$: 6 cm

n° ferri	ϕ ferri
5	16
0	0
$A_{sl,tesa} = 1005 \text{ mm}^2$	

SOLLECITAZIONE

N_{Ed} : 0 kN
 V_{Ed} : 57 kN
 N_{Ed} è la forza longitudinale nella sezione dovuta ai carichi o alla precompressione (compressione +)

Elementi in c.a. ordinario privi di armatura a taglio

$$V_{Rd} = \left\{ \frac{0,18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3}}{\gamma_c} \right\} \cdot b_w \cdot d \geq (v_{\min} + 0,15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d$$

$V_{Rd} = 236 \text{ kN}$

$k = 1,6086 \leq 2$
 $d = 540 \text{ mm}$ *altezza utile della sezione*
 $\rho_l = 0,00186 \leq 0,02$ *rapporto geometrico di armatura longitudinale*
 $b_w = 1000 \text{ mm}$ *larghezza minima della sezione*
 $f_{ck} = 37,35 \text{ N/mm}^2$
 $\gamma_c = 1,5$
 $\sigma_{cp} = 0,00 \text{ N/mm}^2 \leq 0,2 f_{cd}$ *tensione media di compressione della sezione*
 $v_{\min} = 0,44$

$V_{Rd} > V_{Ed}$ **non è necessaria armatura a taglio.**

Non risulta necessaria armatura specifica a Taglio.

6.4.5. Paraghiaia

Il paraghiaia verrà dimensionato in base ad un'analisi locale che tenga conto delle prescrizioni delle NTC, par. C5.1.3.3.7.2.

Si assume un'azione longitudinale di frenatura, applicata in testa del muro, pari a 180 kN, concomitante con un carico verticale di 300 kN.

Si considera l'altezza massima del paraghiaia pari a 2.18 m (si arrotonda a 2.20 m).

6.4.5.1. Sollecitazioni – SLU: Fase Sismica

- Azioni verticali

Peso proprio : $25 \cdot 0.30 \cdot 2.2 = 16.5$ kN/m

- Azioni orizzontali

Forza inerziale : $q = 0.206 \cdot 25 \cdot 0.30 \cdot 2.2 = 3.40$ kN/m

Spinta delle terre : $q_{\max} = 19.5 \cdot 0.414 \cdot 2.2 = 17.76$ kN/m

- Sollecitazioni alla base

$N = 16.5$ kN/m ; $H = 3.40 \cdot 2.2 + 17.76 \cdot 2.2/2 = 27.02$ kN/m

$M = 3.40 \cdot 2.2/2 + 17.76 \cdot 2.2 \cdot 2.2/6 = 18.07$ kNm/m

6.4.5.2. Sollecitazioni – SLU: Fase Statica

- Azioni verticali

Peso proprio : 18.0 kN/m

Azione $Q_{1k} = 300$ kN (n°2 carichi posti a distanza trasversale 2.0 m)

- Azioni orizzontali

Spinta delle terre : $q_{\max} = 19.5 \cdot 0.38 \cdot 2.2 = 16.3$ kN/m

(si considera anche in questo caso il coefficiente di spinta peggiorativo valutato in condizioni 'a riposo')

Sovraccarico : $q = 25.0 \cdot 0.38 = 9.5$ kN/m

Azione di Frenatura : $H = 180$ kN

- Sollecitazioni alla base

Si considera una diffusione delle azioni concentrate a 45°.

Di conseguenza i carichi Q_{1k} vengono considerati agenti su una lunghezza trasversale pari a:

$$B1 = 2.0 + 2 \cdot 2.2 = 6.4 \text{ m}$$

mentre l'azione da Frenatura viene considerata agente su una lunghezza trasversale pari a:

$$B2 = 2 \cdot 2.2 = 4.4 \text{ m}$$

$$N = 1.35 \cdot 18.0 + 1.35 \cdot 300 / 6.4 = 87.6 \text{ kN/m}$$

$$H = 1.35 \cdot 16.3 \cdot 2.2 / 2 + 1.50 \cdot 9.5 \cdot 2.2 + 1.35 \cdot 180 / 4.4 = 110.8 \text{ kN/m}$$

$$M = 1.35 \cdot 16.3 \cdot 2.2 \cdot 2.2 / 6 + 1.50 \cdot 9.5 \cdot 2.2 \cdot 2.2 / 2 + 1.35 \cdot 180 \cdot 2.2 / 4.4 = 173.7 \text{ kN/m}$$

6.4.5.3. Sollecitazioni – SLE

$$N = 18.0 + 300 / 6.4 = 64.9 \text{ kN/m}$$

$$M = 16.3 \cdot 2.2 \cdot 2.2 / 6 + 9.5 \cdot 2.2 \cdot 2.2 / 2 + 180 \cdot 2.2 / 4.4 = 126.1 \text{ kN/m}$$

6.4.5.4. Verifiche SLE: Fessurazione

Si ipotizza in prima approssimazione un'armatura verticale costituita da $\varnothing 20/100$ controterra e $\varnothing 16/200$ all'esterno

TAB. 6-13

M	126,10	kNm	Occorre mettere sempre il momento positivo
N	64,90	kN	Positiva se di compressione
Rck	45	MPa	
B	100	cm	
H	30	cm	

Note: **occorre calcolare la fessura**

c min	5,00 cm	copriferro minimo da normativa
w lim	0,30 mm	Apertura massima delle fessure
w amm	0,30 mm	Apertura ammessa delle fessure

$$\sigma_{camm} = 13,50 \text{ MPa}$$

	Superiore	Inferiore	
Armatura:	1	2	3
y	5,8	0	24,0
n°	5	0	10
ϕ [mm]	16	0	20

M/N in esercizio		
$\sigma_c =$	10,58	MPa
$\sigma_{s1} =$	74,84	MPa
$\sigma_{s2} =$	0,0	MPa
$\sigma_{s3} =$	188,14	MPa

Momenti di fessurazione	
$M_{fessurazione} =$	56,91 kNm
$M_{cracking} =$	67,09 kNm
$\sigma_{sr} =$	100,1 MPa

w k	w limite
0,240 mm	0,300 mm

La verifica risulta soddisfatta.

6.4.5.5. Verifiche SLU: Taglio

Il Taglio massimo risulta attinto nella Fase Statica (110.8 kN/m). Si ipotizza in prima approssimazione un'armatura verticale costituita da Ø20/100. Prudenzialmente si trascura l'effetto benefico dell'azione normale di compressione.

TAB. 6-14

Verifica a taglio SLU									
D.M. 14 gennaio 2008 - Norme tecniche per le costruzioni - 4.1.2.1.3									
Classe Calcestruzzo :	C35/45								
Calcestruzzo Rck :	45								
Precompresso :	No								
Acciaio :	B450C								
Base :	100 cm								
Altezza :	30 cm								
copriferro netto $A_{s,tesa}$:	6 cm								
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>n° ferri</th> <th>ϕ ferri</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>10</td> <td>20</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td colspan="2">$A_{s1,tesa} = 3142 \text{ mm}^2$</td> </tr> </tbody> </table>	n° ferri	ϕ ferri	10	20	0	0	$A_{s1,tesa} = 3142 \text{ mm}^2$	
n° ferri	ϕ ferri								
10	20								
0	0								
$A_{s1,tesa} = 3142 \text{ mm}^2$									

SOLLECITAZIONE		
N_{Ed} :	0 kN	N_{Ed} è la forza longitudinale nella sezione dovuta ai carichi o alla precompressione (compressione +)
V_{Ed} :	110,8 kN	

Elementi in c.a. ordinario privi di armatura a taglio

$$V_{Rd} = \left\{ \frac{0,18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3}}{\gamma_c} \right\} \cdot b_w \cdot d \geq (v_{\min} + 0,15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d$$

$$V_{Rd} = 201 \text{ kN}$$

$$k = 1,9129 \leq 2$$

$$d = 240 \text{ mm} \quad \text{altezza utile della sezione}$$

$$\rho_l = 0,01309 \leq 0,02 \quad \text{rapporto geometrico di armatura longitudinale}$$

$$b_w = 1000 \text{ mm} \quad \text{larghezza minima della sezione}$$

$$f_{ck} = 37,35 \text{ N/mm}^2$$

$$\gamma_c = 1,5$$

$$\sigma_{cp} = 0,00 \text{ N/mm}^2 \leq 0,2 f_{cd} \quad \text{tensione media di compressione della sezione}$$

$$v_{\min} = 0,57$$

$$V_{Rd} > V_{Ed} \quad \text{non è necessaria armatura a taglio.}$$

Non risulta necessaria armatura a Taglio.

6.4.5.6. Verifiche SLU: Pressoflessione

FIG. 6-18 FASE SISMICA

Verifica C.A. S.L.U. - File: V_paraghaia_sismica

File | Materiali | Opzioni | Visualizza | Progetto Sez. Rett. | Sismica | Normativa: NTC 2008

Titolo:

N° figure elementari: 1 | Zoom | N° strati barre: 2 | Zoom

N°	b [mm]	h [mm]	N°	As [mm²]	d [mm]
1	1000	300	1	1005	70
			2	3142	230

Sollecitazioni: S.L.U. | Metodo n

N_{Ed}: 16.5 | 0 | kN
M_{xEd}: 18.1 | 0 | kNm
M_{yEd}: 0 | 0 |

P.to applicazione N: Centro Baricentro cls
 Coord.[mm] xN: 0 | yN: 0

Tipo rottura: Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

Materiali: B450C | C35/45

E_{su}: 67.5 | ε_{c2}: 2 | %
f_{yd}: 391.3 | ε_{cu}: 3.5 | N/mm²
E_s: 200.000 | f_{cd}: 19.83 | N/mm²
E_s/E_c: 15 | f_{cc}/f_{cd}: 0.8 |
ε_{syd}: 1.957 | σ_{c,adm}: 13.5 | %
σ_{s,adm}: 255 | τ_{co}: 0.8 | N/mm²
τ_{c1}: 2.257

M_{xRd}: 244.7 | kNm
σ_c: -19.83 | N/mm²
σ_s: 391.3 | N/mm²
ε_c: 3.5 | %
ε_s: 7.264 | %
d: 230 | mm
x: 74.79 | x/d: 0.3252
δ: 0.8465

Metodo di calcolo: S.L.U. S.L.U. | Metodo n
Tipo flessione: Retta Deviata
N° rett.: 100
Calcola MRd | Dominio M-N
L₀: 0 | mm | Col. modello
 Precompresso

FIG. 6-19 FASE STATICA

Verifica C.A. S.L.U. - File: V_paraghaia_statica

File | Materiali | Opzioni | Visualizza | Progetto Sez. Rett. | Sismica | Normativa: NTC 2008

Titolo: Paraghaia_statica

N° figure elementari: 1 | Zoom | N° strati barre: 2 | Zoom

N°	b [mm]	h [mm]	N°	As [mm²]	d [mm]
1	1000	300	1	1005	70
			2	3142	230

Sollecitazioni: S.L.U. | Metodo n

N_{Ed}: 87.6 | 0 | kN
M_{xEd}: 173.7 | 0 | kNm
M_{yEd}: 0 | 0 |

P.to applicazione N: Centro Baricentro cls
 Coord.[mm] xN: 0 | yN: 0

Tipo rottura: Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

Materiali: B450C | C35/45

E_{su}: 67.5 | ε_{c2}: 2 | %
f_{yd}: 391.3 | ε_{cu}: 3.5 | N/mm²
E_s: 200.000 | f_{cd}: 19.83 | N/mm²
E_s/E_c: 15 | f_{cc}/f_{cd}: 0.8 |
ε_{syd}: 1.957 | σ_{c,adm}: 13.5 | %
σ_{s,adm}: 255 | τ_{co}: 0.8 | N/mm²
τ_{c1}: 2.257

M_{xRd}: 250.7 | kNm
σ_c: -19.83 | N/mm²
σ_s: 391.3 | N/mm²
ε_c: 3.5 | %
ε_s: 6.862 | %
d: 230 | mm
x: 77.69 | x/d: 0.3378
δ: 0.8622

Metodo di calcolo: S.L.U. S.L.U. | Metodo n
Tipo flessione: Retta Deviata
N° rett.: 100
Calcola MRd | Dominio M-N
L₀: 0 | mm | Col. modello
 Precompresso

6.5. PULVINO

Il pulvino può riguardarsi come un elemento monodimensionale di lunghezza 10.90 m, avente sezione di larghezza 2.15 m e altezza 2.30 m.

Esso è appoggiato su vincoli fissi (pali) posti a interasse 2.97 m, mentre i due vincoli estremi trovano a 1.0 m dalle estremità del pulvino.

Le azioni esterne sono rappresentate :

- longitudinalmente dalle azioni verticali trasmesse dagli appoggi, posti a interasse 2.27 m al di sotto dell'impalcato
- trasversalmente dal momento torcente indotto sia dalle azioni orizzontali dovute alla spinta delle terre sia dalle azioni sul piano trasversale (del pulvino) dovute alle azioni orizzontali trasmesse dagli appoggi

6.5.1. Armatura longitudinale

Si considera, a favore di sicurezza, che l'appoggio generico sia intermedio all'interasse pali ($2.97/2 = 1.485$ m).

Per semplicità ed a favore di sicurezza si assume un braccio della coppia interna del pulvino pari alla sua altezza decrementata di 200mm (copriferrì).

Si adotta un meccanismo 'tirante/puntone' – lecito considerando che la distanza massima dell'azione verticale dall'asse palo è minore dell'altezza utile del pulvino.

L'armatura di intradosso è indicata con 'A_{si}':

TAB. 6-15

CARICHI & AZIONI IMPALCATO	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz
	kN	kN	kN	kNm	kNm	kNm
Permanenti	0	0	-2460	0	-18	0
Mobili Qik (Disp.1)	0	0	-1200	0	-1500	0
Mobili qik (Disp.1)	0	0	-549	0	-780	0
Mobili Qik (Disp.2)	0	0	0	0	0	0
Mobili qik (Disp.2)	0	0	0	0	0	0
Frenamento (Disp.1)	0	214	-36	-96	0	0
Centrifuga (Disp.1)	0	0	0	0	0	0
Vento (imp.scarico)	30	0	0	0	64	0
Vento (imp.carico)	74	0	0	0	253	0
Parassite vincoli	0	123	0	-55	0	0
Sism. (dir. x)	132	0	0	0	59	0
Sism. (dir. y)	0	132	0	-59	0	0
Sism. (verticali)	0	0	-391	0	0	0

Ripartendo le azioni globali derivanti dall'impalcato tra gli appoggi si ottengono le seguenti reazioni:

TAB. 6-16

	N _{tot max} (KN)	N _{tot min} (KN)	H _{tot} (KN)	M _{tot max} (KNm)
SLU A1+M1 Gruppo 1	-1.804	0	44	19
SLU A1+M1 Gruppo 2a	-1.453	0	115	51
SLU A1+M1 Sisma_X	-855	0	33	0
SLU A1+M1 Sisma_Y	-863	0	33	15
SLU A2+M2 Gruppo 1	-1.444	0	33	14
SLU A2+M2 Gruppo 2a	-1.145	0	93	42
SLU A2+M2 Sisma_X	-855	0	33	0
SLU A2+M2 Sisma_Y	-863	0	33	15
SLE RARA Gruppo1	-1.337	0	33	14
SLE RARA Gruppo 2a	-1.077	0	85	38
SLE FREQ	-1.088	0	31	14
SLE PERM	-618	0	31	14

6.5.1.1. Verifiche SLU

SLU		
Reazione massima	1.804	KN
Interasse pali	2,97	m
Altezza pulvino	2,3	m
Larghezza pulvino	2,15	m
Braccio coppia interna	2,1	m
T	1276	KN
Asi	3260	mm ²

6.5.1.2. Verifiche SLE

Si procede come prescritto alla tab. C4.1.II delle NTC, limitando – in funzione del diametro della barra adottata - la tensione nell'acciaio ai limiti ivi prescritti. Con riferimento all'apertura massima della fessura pari a 0.3 mm:

$$\sigma_s \text{ max} - \text{N/mm}^2$$

25>Ø≥32	160
16>Ø≥25	200

SLE		
Reazione massima	1337	KN
Interasse pali	2,97	m
Altezza pulvino	2,3	m
Larghezza pulvino	2,15	m
Braccio coppia interna	2,1	m
T	945	KN
σ _{amm}	160	
Asi	5909	mm ²

Si arma con 12Ø26 (6371 mm² ≅ A_{si}) disposti, in doppio strato, all'interno dell'area circolare occupata dal palo (1.2 m) e con 12Ø20 (3770mm²) nella parte restante (0.95 m).

All'estradosso si dispongono n°12Ø20.

6.5.2. Armatura trasversale e di parete

Si determina l'armatura trasversale e di parete, in funzione del Momento torcente (che viene considerato equilibrato da tensioni/compressioni nella sezione retta dei pali, senza approfondire il problema nella presente Fase progettuale).

Dal paragrafo 6.3 si ricava il momento trasversale totale agente sul pulvino. Da questo si ricava per unità di lunghezza del pulvino e di conseguenza, ipotizzando il pulvino incastrato nei pali ⁽¹⁾, il Momento Torcente (in tabella: 'Mt') nella sezione d'incastro

(1) Il meccanismo ipotizzato è nettamente a favore di sicurezza, poiché il Momento viene sensibilmente diminuito dalla cedevolezza rotazionale dei pali, ai quali è stata peraltro integralmente trasmessa l'azione in termini di momento flettente.

La sezione da verificare ha dimensioni BxH: si assume invece una sezione ridotta B₁=B-200mm ; H₁=H-200mm per tenere conto del copriferro.

Per la determinazione dell'area del singolo braccio della staffa, ipotizzata a passo 'p', si ricorre all'espressione:

$$A_{st} = p \cdot Mt / (2 \cdot \sigma_s \cdot B_1 \cdot H_1)$$

dove σ_s vale 391 N/mm² per la verifica SLU e 160 N/mm² per quella SLE.

TAB. 6-17

Armatura trasversale		Mx	Mx	Mt	Passo st.	Ast
		(KNm)	(KNm/m)	(KNm)	(mm)	(mm ²)
					300	
SLU A1+M1	Gruppo 1	2177	200	297		28
SLU A1+M1	Gruppo 2a	2971	273	405		38
SLU A1+M1	Sisma_X	1048	96	143		13
SLU A1+M1	Sisma_Y	1982	182	270		25
SLE RARA	Gruppo1	1541	141	210		48
SLE RARA	Gruppo 2a	2129	195	290		66

L'area richiesta risulta minimale: si arma con staffoni $\varnothing 20/300$ (314 mm²/300).

Quale armatura di parete si dispongono n°10+10 $\varnothing 20$.

6.6. SINTESI ARMATURE

6.6.1. Pali

- Armatura trasversale

Da quota 0.0 a -4.0 : st $\varnothing 16/200$; Da quota -4.0 a fine palo: st $\varnothing 12/200$

- Armatura verticale

Da quota 0.0 a quota -7.0 : n°42 $\varnothing 30$ (L_{barra} : 8.0 m);

Da quota -6.0 a quota -18.0 : n°24 $\varnothing 26$ (L_{barra} : 12.0 m)

Da quota -17.0 a fine palo : n°20 $\varnothing 20$ (L_{barra} : 12.0 m + 2.0 m)

6.6.2. Pulvino

- Armatura in direzione longitudinale X

Estradosso: n°12 $\varnothing 20$; Intradosso: n°12 $\varnothing 26$ +n°12 $\varnothing 20$; Parete: n°8+8 $\varnothing 20$

- Armatura in direzione trasversale Y

Staffoni : $\varnothing 20/300$

6.6.3. Paraghiaia

- Armatura in direzione trasversale Y

Interno: $\varnothing 12/200$; Esterno: $\varnothing 12/200$

- Armatura in direzione verticale Z

Interno: $\varnothing 20/100$; Esterno: $\varnothing 16/200$

6.6.4. Orecchie

- Armatura in direzione longitudinale X
Interno: $\varnothing 16/200$; Esterno: $\varnothing 16/200$
- Armatura in direzione verticale Z
Interno: $\varnothing 12/200$; Esterno: $\varnothing 12/200$

7. DIMENSIONAMENTO DELL'OPERA: IMPALCATO

Si riporta il dimensionamento dell'impalcato relativo al Ponte ad una luce previsto per il superamento del canale *Sabbioncello*. Tale campata è costituita da n° 4 travi prefabbricate in C.A.P. a trefoli aderenti a sezione a "V" di lunghezza $L_{\text{TRAVE}} = 25,20 \text{ m}$ ed è completato con una soletta di completamento in C.A. ordinario gettata in opera di spessore minimo e medio rispettivamente pari ad $s_{\text{SOL, min}} = 0,25 \text{ m}$ ed $s_{\text{SOL, med}} = 0,26 \text{ m}$. Le travi adottate hanno un'altezza $H_T = 1,40 \text{ m}$ e una larghezza superiore e inferiore pari rispettivamente a $B_{T, \text{sup}} = 2,20 \text{ m}$ e $B_{T, \text{inf}} = 1,20 \text{ m}$. La larghezza media dell'impalcato, misurata in corrispondenza di una sezione intermedia, è complessivamente pari a $B_{\text{TOT}} = 11,025 \text{ m}$. La larghezza media della carreggiata, misurata sempre in corrispondenza della stessa sezione, è pari a $B_C = 9,625 \text{ m}$ ed è delimitata lateralmente da due cordoli caratterizzati da una larghezza rispettivamente pari a $B_{\text{CORD, SX}} = B_{\text{CORD, DX}} = 0,70 \text{ m}$ e da uno spessore $H_{\text{CORD,1}} = H_{\text{CORD,2}} = 0,17 \text{ m}$.

Le fasi costruttive previste per la realizzazione di ciascun impalcato sono le seguenti:

- Fase 1* Messa in opera degli apparecchi d'appoggio;
- Fase 2* Messa in opera delle travi prefabbricate autoportanti, getto dei traversi in appoggio;
- Fase 3* Getto della soletta;
- Fase 4* Getto dei marciapiedi, realizzazione della pavimentazione e messa in opera delle barriere *guard – rail*;
- Fase 5* Esercizio;

7.1. STATICA GLOBALE DELL'IMPALCATO

7.1.1. Dati dimensionali

Si riportano di seguito i dati dimensionali dell'impalcato, utili ai fini dell'analisi strutturale (definizione del modello di calcolo e determinazione delle caratteristiche di sollecitazione) e delle verifiche degli elementi principali. Ulteriori dati sono riportati negli schemi allegati (Fig. 7-1 e Fig. 7-2).

▶ Luce di calcolo	L_C	=	24,000 m
▶ Larghezza media totale dell'impalcato	B_T	=	11,025 m
▶ Larghezza del cordolo sinistro	$B_{CORD, SX}$	=	0,700 m
▶ Larghezza della carreggiata	B_{CARR}	=	9,625 m
▶ Larghezza del cordolo destro	$B_{CORD, DX}$	=	0,700 m
▶ Altezza del cordolo laterale SX	$h_{CORD, SX}$	=	0,170 m
▶ Altezza del cordolo laterale DX	$h_{CORD, DX}$	=	0,170 m
▶ Numero delle travi	N_T	=	4
▶ Lunghezza della trave	L_T	=	25,20 m
▶ Altezza delle travi	H_T	=	1,40 m
▶ Larghezza superiore delle travi	$B_{T, sup}$	=	2,20 m
▶ Larghezza inferiore delle travi	$B_{T, inf}$	=	0,96 m
▶ Interasse travi	i_T	=	2,265 m
▶ Aggetto massimo sbalzo laterale dall'asse della trave	Y_{lat}	=	2,053 m
▶ Spessore medio della soletta	$s_{sol, med}$	=	0,26 m
▶ Altezza totale dell'impalcato	$H_{TOT, med}$	=	1,66 m
▶ Numero dei traversi in campata	$N_{TRAVERSI}$	=	0

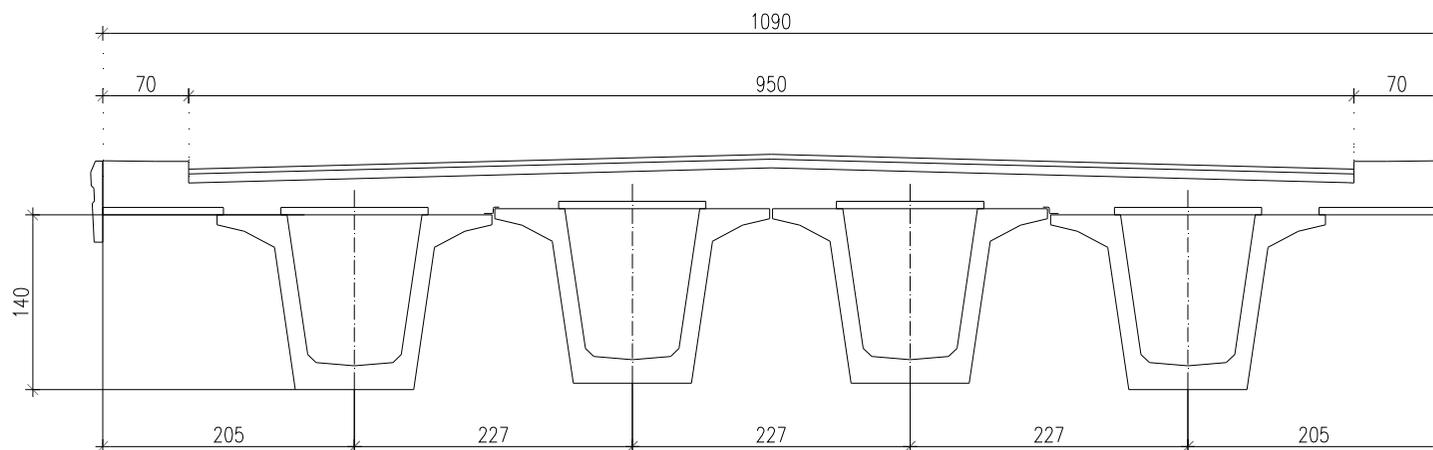


Fig. 7-1 SEZIONE TRASVERSALE IMPALCATO - IN CAMPATA

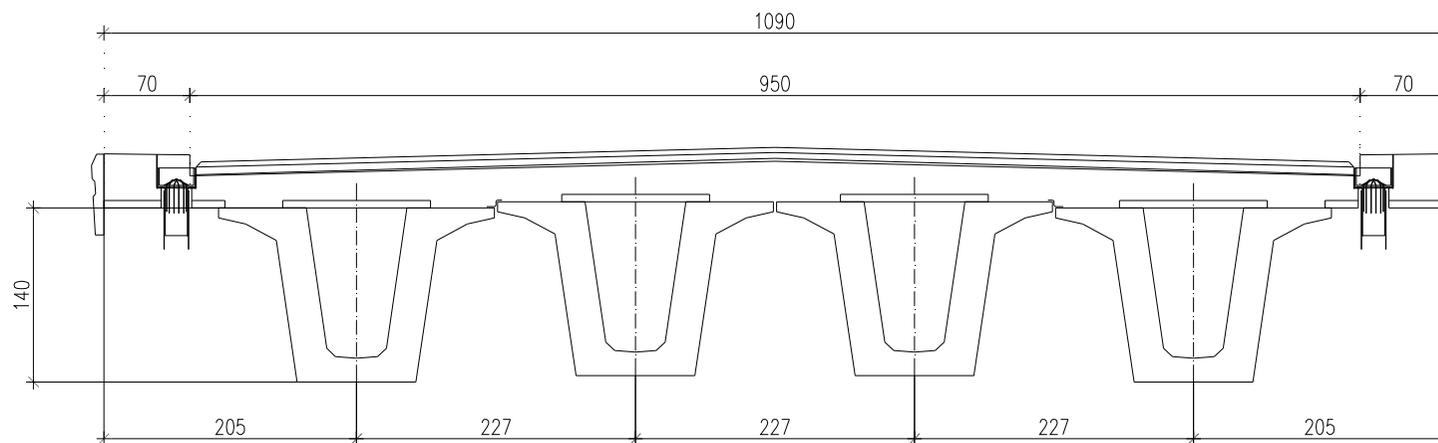


FIG. 7-2 SEZIONE TRASVERSALE IMPALCATO – **IN PROSSIMITÀ DEGLI APPOGGI**

7.1.2. Precompressione

Si riporta nelle tabelle seguenti lo schema dell'armatura di precompressione, specificando le caratteristiche dei trefoli, il loro numero e la loro posizione nella sezione trasversale.

7.1.2.1. Armatura di precompressione

Maschera dei trefoli		
Livello	Distanza	No. Trefoli
	[mm]	
10	1350	2
9	1230	0
8	800	0
7	600	
6	435	2
5	375	
4	315	2
3	155	12
2	105	12
1	55	14

Numero totale di trefoli **No. 44 k**

Neutralizzazioni			
No. Guaine	Livello	Distanza	Lunghezza
		[mm]	[m]
			0,000 m
2	1	55	1,500 m

Diametro **0,6 "**

Area nominale **139 mm²**

Precompressione $\sigma_{pi,0} =$ **1425** **N/mm²**

Cavo risultante		
$a_p = \sum a_{pi}$	No. 44 k	mm ² /mm ²
$A_p = \sum A_{pi}$	6116	mm ²
$s_p = \sum s_{pi}$	8090	mm ³ /mm ³
$S_p = \sum S_{pi}$	1124510	mm ³
$j_p = \sum j_{pi}$	4684850	mm ⁴ /mm ⁴
$J_p = \sum J_{pi}$	651194150	mm ⁴
$y_p = s_{pi}/a_{pi}$	183,9	mm

7.1.3. Perdite istantanee

7.1.3.1. Cadute di tensione nell'acciaio da precompressione per rilassamento

$\sigma_{pi,0}$	1425 N/mm^2
f_{pk}	1860 N/mm^2
ρ_{1000}	2,5%
t	24 h
t_{eq}	1794,39 h
μ	0,77 -
$\Delta\sigma_{pr}$	-27,84 N/mm^2

7.1.3.2. Cadute di tensione nell'acciaio da precompressione per effetto termico

T_{max}	60 °C
T_0	20 °C
α_c	1,00E-05
E_p	195000 N/mm^2
$\Delta\sigma_{p\theta}$	-39,00 N/mm^2

7.1.3.3. Tensioni iniziali nell'acciaio

$\sigma_{pi,0}$	1425 N/mm^2
t	24 h
t_{eq}	1794,39 h
$\Delta\sigma_{pr}$	-27,84 N/mm^2
$\Delta\sigma_{p\theta}$	-39,00 N/mm^2
σ_{pi}	1358,16 N/mm^2

7.1.4. Cadute di tensione

7.1.4.1. Cadute di tensione nel calcestruzzo per ritiro

Definizione dei parametri costanti

Parametri costanti del ritiro per essiccamento

α_{ds1}	6,00
α_{ds2}	0,11
f_{cm}	53
f_{cm0}	10
RH	75%
β_{RH}	0,896
$\epsilon_{cd,0}$	0,000374
t	3 gg

Parametri costanti del ritiro autogeno

$\epsilon_{ca}(8)$	8,75E-05
--------------------	----------

Variazione delle deformazioni

t_s	60 gg								
x	A_C	u	h_0	K_h	$\beta_{ds}(t,t_s)$	$\epsilon_{cd}(t)$	$\beta_{as}(t)$	$\epsilon_{ca}(t)$	$\epsilon_{cs}(t)$
[m]	[mm ²]	[mm]	[mm]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]
0,250	1 010 700	9 270	218,06	0,832	0,307	-9,550E-05	0,788	-6,891E-05	-1,644E-04
1,000	679 600	9 370	145,06	0,905	0,449	-1,521E-04	0,788	-6,891E-05	-2,210E-04
2,350	679 600	9 370	145,06	0,905	0,449	-1,521E-04	0,788	-6,891E-05	-2,210E-04
4,250	679 600	9 370	145,06	0,905	0,449	-1,521E-04	0,788	-6,891E-05	-2,210E-04
6,150	679 600	9 370	145,06	0,905	0,449	-1,521E-04	0,788	-6,891E-05	-2,210E-04
8,050	679 600	9 370	145,06	0,905	0,449	-1,521E-04	0,788	-6,891E-05	-2,210E-04
9,950	679 600	9 370	145,06	0,905	0,449	-1,521E-04	0,788	-6,891E-05	-2,210E-04
12,000	679 600	9 370	145,06	0,905	0,449	-1,521E-04	0,788	-6,891E-05	-2,210E-04

t_s 180 gg

x	A_C	u	h_0	K_h	$\beta_{ds}(t,t_s)$	$\epsilon_{cd}(t)$	$\beta_{as}(t)$	$\epsilon_{ca}(t)$	$\delta\epsilon_{cs}(t)$
[m]	[mm ²]	[mm]	[mm]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]
0,250	1 010 700	9 270	218,06	0,832	0,579	-1,802E-04	0,932	-8,152E-05	-9,728E-05
1,000	679 600	9 370	145,06	0,905	0,717	-2,428E-04	0,932	-8,152E-05	-1,033E-04
2,350	679 600	9 370	145,06	0,905	0,717	-2,428E-04	0,932	-8,152E-05	-1,033E-04
4,250	679 600	9 370	145,06	0,905	0,717	-2,428E-04	0,932	-8,152E-05	-1,033E-04
6,150	679 600	9 370	145,06	0,905	0,717	-2,428E-04	0,932	-8,152E-05	-1,033E-04
8,050	679 600	9 370	145,06	0,905	0,717	-2,428E-04	0,932	-8,152E-05	-1,033E-04
9,950	679 600	9 370	145,06	0,905	0,717	-2,428E-04	0,932	-8,152E-05	-1,033E-04
12,000	679 600	9 370	145,06	0,905	0,717	-2,428E-04	0,932	-8,152E-05	-1,033E-04

t_s 2000 gg

x	A_C	u	h_0	K_h	$\beta_{ds}(t,t_s)$	$\epsilon_{cd}(t)$	$\beta_{as}(t)$	$\epsilon_{ca}(t)$	$\delta\epsilon_{cs}(t)$
[m]	[mm ²]	[mm]	[mm]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]
0,250	1 010 700	11 250	179,68	0,870	0,995	-3,241E-04	1,000	-8,750E-05	-3,143E-04
1,000	679 600	12 020	113,08	0,937	0,998	-3,497E-04	1,000	-8,750E-05	-3,340E-04
2,350	679 600	12 020	113,08	0,937	0,998	-3,497E-04	1,000	-8,750E-05	-3,340E-04
4,250	679 600	12 020	113,08	0,937	0,998	-3,497E-04	1,000	-8,750E-05	-3,340E-04
6,150	679 600	12 020	113,08	0,937	0,998	-3,497E-04	1,000	-8,750E-05	-3,340E-04
8,050	679 600	12 020	113,08	0,937	0,998	-3,497E-04	1,000	-8,750E-05	-3,340E-04
9,950	679 600	12 020	113,08	0,937	0,998	-3,497E-04	1,000	-8,750E-05	-3,340E-04
12,000	679 600	12 020	113,08	0,937	0,998	-3,497E-04	1,000	-8,750E-05	-3,340E-04

7.1.4.2. Cadute di tensione nel calcestruzzo per viscosità

Descrizione del ciclo di maturazione

Δt_i	$T(\Delta t_i)$	$\Delta T(\Delta t_i)$	t_{0, T_i}	$\Delta t_i \cdot \Delta T(\Delta t_i)$
[h]	[°C]	[°C]	[gg]	[g·°C]
3	20	0	0,125	0
3	40	20	0,298	60
6	60	40	1,286	240
4	40	20	0,398	80
8	20	0	0,333	0
			$t_{0, T}$	2,440 gg
			t^*_0	6,907 gg
			t_{eq}	1794,39 h

Variazione della funzione di viscosità

t_s	60 gg							
x	A_C	u	h_0	ϕ_{RH}	ϕ_0	β_H	$\beta_C(t, t_0)$	$\phi(t, t_0)$
[m]	[mm ²]	[mm]	[mm]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]
0,250	1 010 700	9 270	218,06	1,206	1,771	579,340	0,476	0,842
1,000	679 600	9 370	145,06	1,248	1,832	453,406	0,508	0,931
2,350	679 600	9 370	145,06	1,248	1,832	453,406	0,508	0,931
4,250	679 600	9 370	145,06	1,248	1,832	453,406	0,508	0,931
6,150	679 600	9 370	145,06	1,248	1,832	453,406	0,508	0,931
8,050	679 600	9 370	145,06	1,248	1,832	453,406	0,508	0,931
9,950	679 600	9 370	145,06	1,248	1,832	453,406	0,508	0,931
12,000	679 600	9 370	145,06	1,248	1,832	453,406	0,508	0,931

t_s 180 gg

x	A_C	u	h_0	ϕ_{RH}	ϕ_0	β_H	$\beta_C(t,t_0)$	$\delta\phi(t,t_0)$
[m]	[mm ²]	[mm]	[mm]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]
0,250	1 010 700	9 270	218,06	1,206	1,771	579,340	0,643	0,297
1,000	679 600	9 370	145,06	1,248	1,832	453,406	0,680	0,314
2,350	679 600	9 370	145,06	1,248	1,832	453,406	0,680	0,314
4,250	679 600	9 370	145,06	1,248	1,832	453,406	0,680	0,314
6,150	679 600	9 370	145,06	1,248	1,832	453,406	0,680	0,314
8,050	679 600	9 370	145,06	1,248	1,832	453,406	0,680	0,314
9,950	679 600	9 370	145,06	1,248	1,832	453,406	0,680	0,314
12,000	679 600	9 370	145,06	1,248	1,832	453,406	0,680	0,314

t_s 20000 gg

x	A_C	u	h_0	ϕ_{RH}	ϕ_0	β_H	$\beta_C(t,t_0)$	$\delta\phi(t,t_0)$
[m]	[mm ²]	[mm]	[mm]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]
0,250	1 010 700	11 250	179,68	1,225	1,799	513,133	0,992	1,488
1,000	679 600	12 020	113,08	1,276	1,874	398,235	0,994	1,548
2,350	679 600	12 020	113,08	1,276	1,874	398,235	0,994	1,548
4,250	679 600	12 020	113,08	1,276	1,874	398,235	0,994	1,548
6,150	679 600	12 020	113,08	1,276	1,874	398,235	0,994	1,548
8,050	679 600	12 020	113,08	1,276	1,874	398,235	0,994	1,548
9,950	679 600	12 020	113,08	1,276	1,874	398,235	0,994	1,548
12,000	679 600	12 020	113,08	1,276	1,874	398,235	0,994	1,548

7.1.4.3. Somma dei contributi di ritiro, rilassamento e viscosità

<i>t_s</i> 60 gg				
<i>x</i>	$\epsilon_{CS}(t)$	$\phi(t,t_0)$	$\sigma_{c, QP}$	$\Delta\sigma_{P, CSR}$
[m]	[-]	[mm]	[N/mm ²]	[N/mm ²]
0,250	-1,64E-04	0,842	20,630	-131,79
1,000	-2,21E-04	0,931	20,630	-145,88
2,350	-2,21E-04	0,931	20,630	-144,74
4,250	-2,21E-04	0,931	20,630	-144,74
6,150	-2,21E-04	0,931	20,630	-144,74
8,050	-2,21E-04	0,931	20,630	-144,74
9,950	-2,21E-04	0,931	20,630	-144,74
12,000	-2,21E-04	0,931	20,630	-144,74

<i>t_s</i> 180 gg				
<i>x</i>	$\epsilon_{CS}(t)$	$\delta\phi(t,t_0)$	$\sigma_{c, QP}$	$\Delta\sigma_{P, CSR}$
[m]	[-]	[mm]	[N/mm ²]	[N/mm ²]
0,250	-9,73E-05	0,297	16,370	-61,88
1,000	-1,03E-04	0,314	16,370	-63,01
2,350	-1,03E-04	0,314	16,370	-62,64
4,250	-1,03E-04	0,314	16,370	-62,64
6,150	-1,03E-04	0,314	16,370	-62,64
8,050	-1,03E-04	0,314	16,370	-62,64
9,950	-1,03E-04	0,314	16,370	-62,64
12,000	-1,03E-04	0,314	16,370	-62,64

<i>t_s</i> 20000 gg				
<i>x</i>	$\epsilon_{CS}(t)$	$\delta\phi(t,t_0)$	$\sigma_{c, QP}$	$\Delta\sigma_{P, CSR}$
[m]	[-]	[mm]	[N/mm ²]	[N/mm ²]
0,250	-3,14E-04	1,488	14,900	-188,21
1,000	-3,34E-04	1,548	14,900	-194,53
2,350	-3,34E-04	1,548	14,900	-193,65
4,250	-3,34E-04	1,548	14,900	-193,65
6,150	-3,34E-04	1,548	14,900	-193,65
8,050	-3,34E-04	1,548	14,900	-193,65
9,950	-3,34E-04	1,548	14,900	-193,65
12,000	-3,34E-04	1,548	14,900	-193,65

7.1.5. Analisi dei carichi

7.1.5.1. Peso proprio

Il peso proprio strutturale è valutato considerando un'incidenza del calcestruzzo di 25 KN/m^3 . Il criterio con cui tale peso è applicato sul modello di calcolo viene esposto nel paragrafo 7.1.6.2. Le azioni così determinate rappresentano i carichi *permanenti* G_1 , così come definiti nelle NTC, § 2.5.1.3, la cui intensità può essere considerata con sufficiente approssimazione costante nel tempo.

7.1.5.2. Carichi permanenti

Si considerano i seguenti carichi agenti sull'impalcato:

- ▶ Peso della pavimentazione $p_{\text{pav}} = 2,42 \text{ KN/m}^2 \times [11,025 \text{ m} - (0,70 \text{ m} + 0,70 \text{ m})] = 23,29 \text{ KN/m}$
- ▶ Peso del marciapiede sinistro $p_{\text{CORD, SX}} = 25 \text{ KN/m}^3 \times 0,70 \text{ m} \times 0,17 \text{ m} = 2,975 \text{ KN/m}$
- ▶ Peso del marciapiede destro $p_{\text{CORD, DX}} = 25 \text{ KN/m}^3 \times 0,70 \text{ m} \times 0,17 \text{ m} = 2,975 \text{ KN/m}$
- ▶ Carico sul marciapiede sinistro $p_{\text{GR, SX}} = 1,000 \text{ KN/m}$
- ▶ Carico sul marciapiede destro $p_{\text{GR, DX}} = 1,000 \text{ KN/m}$

Tali azioni rappresentano i carichi *permanenti* G_2 , così come definiti in § 2.5.1.3, la cui intensità, anche in questo caso, può essere considerata con sufficiente approssimazione costante nel tempo.

7.1.5.3. Carichi mobili

In conformità con la definizione di schema di carico riportato nelle NTC, figura 5.1.2 del paragrafo 5.1.3.3.5, si considerano delle colonne di carico, la prima delle quali è costituita da un mezzo convenzionale Q_{ik} da 600 KN (carico equamente ripartito su 2 assi posizionati in tandem, distanziati in direzione longitudinale $1,20 \text{ m}$, come indicato in Fig. 7-3) e da un carico uniformemente distribuito q_{ik} , di intensità pari a $9,0 \text{ KN/m}^2$ agente al di fuori dell'ingombro del mezzo convenzionale.

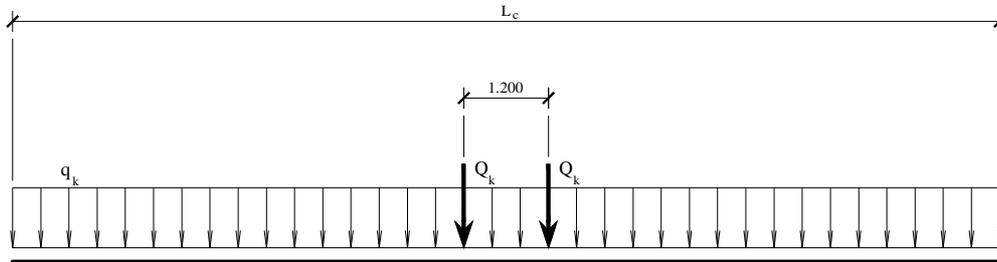


Fig. 7-3 SCHEMA GENERALE DELLA DISPOSIZIONE LONGITUDINALE DI CARICO

L'intensità degli stessi carichi diventa pari:

$$Q_k = 400 \text{ KN e } q_k = 2,5 \text{ KN/m}^2;$$

$$Q_k = 200 \text{ KN e } q_k = 2,5 \text{ KN/m}^2;$$

rispettivamente per la seconda e l'eventuale terza colonna di carico. Tali azioni vengono posizionate in direzione longitudinale secondo le configurazioni atte a massimizzare gli effetti in termini di sollecitazioni flessionali e taglianti nelle travi dell'impalcato in corrispondenza delle sezioni di verifica localizzate in Tab. 7-1.

<i>Sezione</i>	<i>Ascissa</i>	<i>Combinazione di carico</i>
Mezzeria	12,000	M
Campata	9,950	C1
Campata	8,050	C2
Quarti	6,150	Q
Campata	4,250	C3
Campata	2,350	C4
Rastremazione	1,000	Ras
Appoggio	0,250	VA
Appoggio	0,000	R

TAB. 7-1 LOCALIZZAZIONE DELLE SEZIONI DI VERIFICA

In particolare nella precedente tabella si riportano i valori di ascissa, lungo la direzione longitudinale dell'impalcato, rispetto ai quali gli **schemi di carico** vengono "centrati" per massimizzare gli effetti in termini di azioni flessionali, taglianti e torsionali nelle stesse sezioni intermedie. Questo significa che, nel caso particolare della sezione di mezzzeria, i carichi descritti nelle NTC, § 5.1.3.3.3, § 5.1.3.3.4 e § 5.1.3.3.5, vengono posizionati, nella direzione longitudinale dell'impalcato, localizzando il baricentro dei carichi concentrati su due assi in tandem rispetto alla mezzzeria dell'impalcato. Nel caso invece delle altre sezioni intermedie, gli stessi carichi concentrati di cui sopra sono posizionati in modo da far coincidere l'asse anteriore del mezzo convenzionale dello stesso schema di carico con l'ascissa della sezione di verifica.

Come mostrato in Fig. 7-4 e Fig. 7-5, ai fini delle verifiche globali dell'impalcato, l'ingombro trasversale di un mezzo convenzionale imposto dalle NTC è di 2,00 m e, complessivamente, ciascuna colonna occupa 3,00 m.

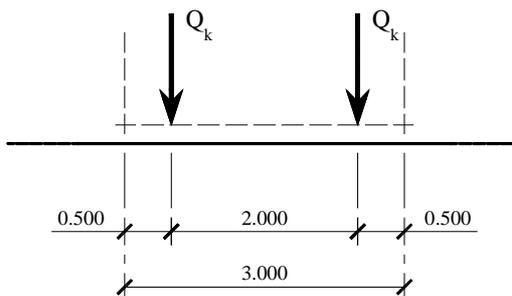


Fig. 7-4 INGOMBRO TRASVERSALE DEL MEZZO CONVENZIONALE

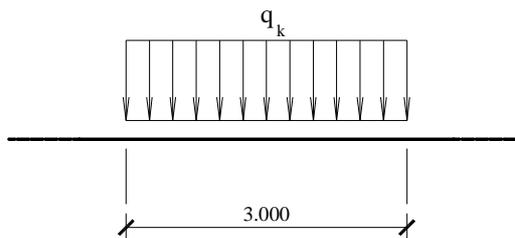


Fig. 7-5 INGOMBRO TRASVERSALE DELLA STESA DI CARICO

Pertanto a fronte di una larghezza complessiva della carreggiata pari a

$$B_M = 11,025 \text{ m} - (0,70 \text{ m} + 0,70 \text{ m}) = 9,625 \text{ m}$$

ottenuta decurtando la larghezza dell'impalcato dai cordoli laterali, si potranno introdurre al più 3 stese di carico. In particolare le condizioni più gravose per l'impalcato si ottengono con le 3 disposizioni trasversali rappresentate in Fig. 7-6, Fig. 7-7 e Fig. 7-8.

Si considera nullo il carico q_{1E} di intensità pari a $5,0 \text{ KN/m}^2$, rappresentativo della folla compatta sui marciapiedi (La superficie di transito della folla compatta è nulla). Si introduce inoltre il carico q_R , di intensità pari a $2,5 \text{ KN/m}^2$, sulla larghezza rimanente di impalcato, al di fuori dell'ingombro degli schemi di carico sopra definiti e distribuito su una larghezza utile reale di $0,625 \text{ m}$ ovvero di $0,312 \text{ m}$, rispettivamente per le configurazioni trasversali di carico rappresentate in in Fig. 7-6, Fig. 7-7 e Fig. 7-8.

7.1.5.4. Incremento dinamico dei carichi mobili

In accordo con le disposizioni riportate nelle NTC, § 5.1.3.4, "i carichi mobili includono gli effetti dinamici per pavimentazioni di media rugosità". Non si introducono pertanto ulteriori coefficienti dinamici addizionali, dal momento che sull'impalcato di una campata tipologica del viadotto non sono presenti interruzioni della continuità strutturale.

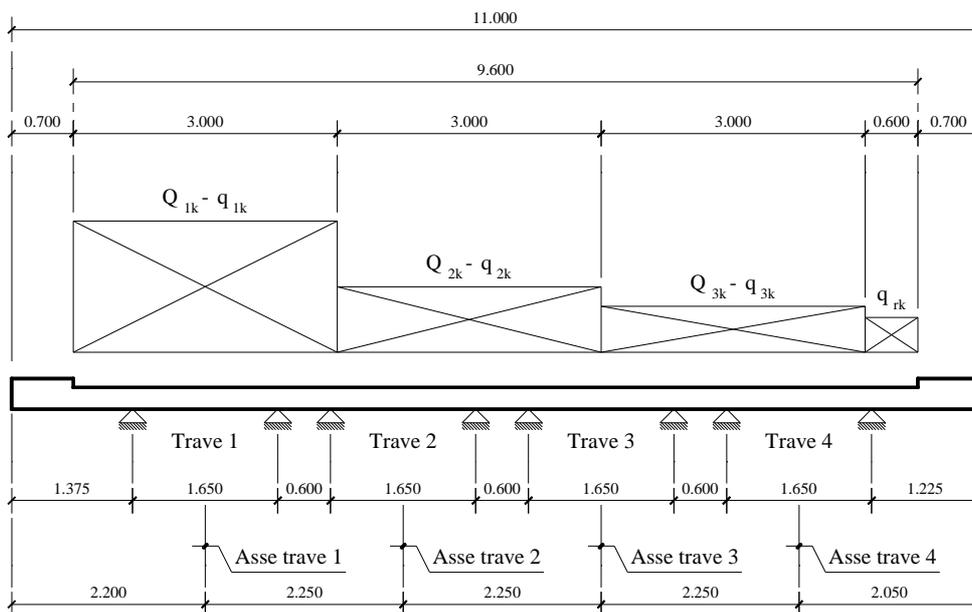


Fig. 7-6 DISPOSIZIONE TRASVERSALE 1

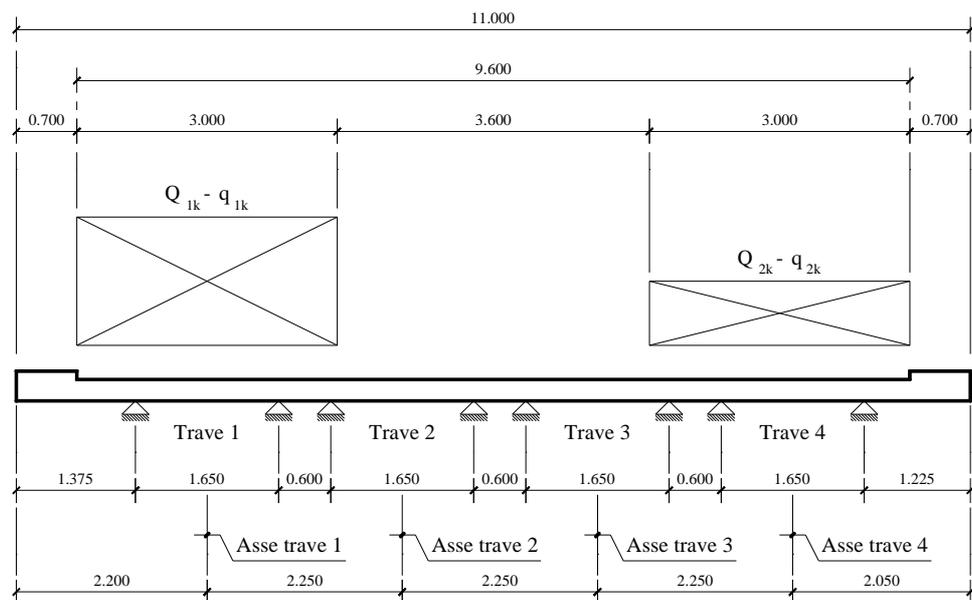


Fig. 7-7 DISPOSIZIONE TRASVERSALE 2

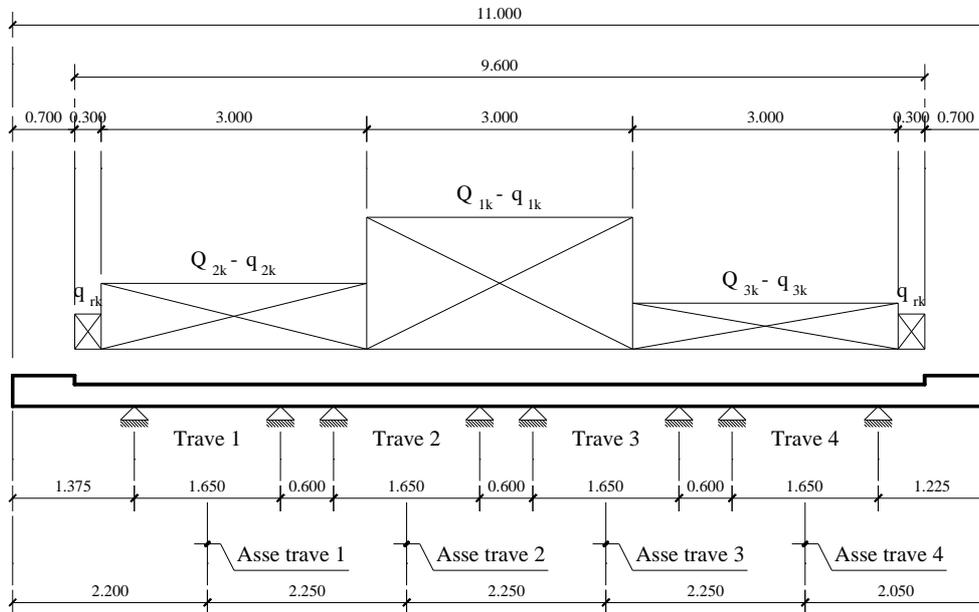


Fig. 7-8 DISPOSIZIONE TRASVERSALE 3

7.1.6. Modellazione strutturale

7.1.6.1. Definizione del modello ad elementi finiti

L'analisi strutturale è stata condotta con il metodo degli elementi finiti utilizzando una modellazione a graticcio. Le aste del graticcio sono costituite dalle travi, dai traversi, e dagli elementi di soletta.

L'analisi dell'impalcato è stata svolta considerando le fasi costruttive, elencate in Tab. 7-2, tenendo conto della variazione dello schema statico tra una fase e l'altra e della variazione delle caratteristiche sezionali. In particolare, per tenere in conto della differenza tra il calcestruzzo delle travi prefabbricate ed il calcestruzzo del getto in opera, le caratteristiche inerziali delle sezioni con soletta sono state calcolate considerando un coefficiente di omogeneizzazione tra calcestruzzo della soletta e calcestruzzo delle travi pari alla radice quadrata delle rispettive resistenze caratteristiche, ovvero

$$\eta_C = (R_{ck, \text{soletta}}/R_{ck, \text{trave}})^{1/2} = 0,7977$$

Fase costruttiva	Fase di calcolo	Modello	Schema statico	Sezione reagente	Carichi
1 Messa in opera delle travi	1	M01	Travi in semplice appoggio	Sezione trave isolata	Precompressione trefoli e peso proprio delle travi
2 Getto dei traversi	2	M01	Travi in semplice appoggio	Sezione trave isolata	Peso dei traversi e perdite lente di precompressione
3 Getto della soletta	3	M01	Travi in semplice appoggio	Sezione trave isolata	Peso del getto della soletta
4 Realizzazione della pavimentazione e delle banchine Messa in opera delle barriere	4	M02	Graticcio	Sezione trave con soletta	Carichi permanenti
5 Esercizio	5	M02	Graticcio	Sezione trave con soletta	Carichi mobili e folla

TAB. 7-2 IDENTIFICAZIONE DELLE FASI COSTRUTTIVE E DI CALCOLO

7.1.6.2. Ripartizione dei carichi sul modello

Peso proprio

Il peso proprio delle travi e dei traversi è stato valutato considerando un'incidenza del calcestruzzo di $25,00 \text{ KN/m}^3$

Analogamente è stato svolto sui traversi, considerando la loro reale inclinazione θ rispetto all'asse longitudinale dell'impalcato, che nel caso specifico in esame è assimilabile a $\sim 0^\circ$.

- ▶ Traverso in appoggio – *Travi laterali* $P_{tr, lat} = 25,00 \text{ KN/m}^3 \times 0,50 \text{ m} \times 1,3148 \text{ m}^2 / \cos \theta = 16,435 \text{ KN};$
- ▶ Traverso in appoggio – *Travi intermedie* $P_{tr, lat} = 25,00 \text{ KN/m}^3 \times 0,50 \text{ m} \times 1,8898 \text{ m}^2 / \cos \theta = 23,623 \text{ KN};$

Il peso proprio della soletta viene distribuito sulle travi considerando le aree di competenza degli elementi di soletta stessi. Si ottengono pertanto seguenti carichi equivalenti uniformemente distribuiti sulle travi

- ▶ Trave laterale SX $p_{soletta, LAT} = 25,00 \text{ KN/m}^3 \times 0,26 \text{ m} \times 3,310 \text{ m} = 21,5150 \text{ KN/m}$
- ▶ Travi intermedie $P_{soletta, INT} = 25,00 \text{ KN/m}^3 \times 0,26 \text{ m} \times 2,265 \text{ m} = 14,7225 \text{ KN/m}$
- ▶ Trave laterale DX $p_{soletta, LAT} = 25,00 \text{ KN/m}^3 \times 0,26 \text{ m} \times 3,185 \text{ m} = 20,7025 \text{ KN/m}$

Operativamente i carichi indotti dal peso proprio della trave, dal peso dei traversi e dal peso della soletta non vengono applicati sul modello ad elementi finiti. Quando la soletta gettata in seconda fase non è ancora solidarizzata con le travi, i carichi di prima fase gravano sulle stesse travi che lavorano separatamente ed indipendentemente come elementi monodimensionali in semplice appoggio. Il modello ad elementi finiti è impiegato infatti esclusivamente per valutare le modalità di ripartizione trasversale dei carichi permanenti ed accidentali sull'impalcato a solidarizzazione avvenuta.

Permanenti

In primo luogo si determinano i valori delle azioni indotte dai carichi permanenti che un tratto unitario di soletta trasmette alle travi.

La soletta viene schematizzata come una trave continua su n appoggi rigidi, caratterizzata dalla sua reale flessibilità. Gli n appoggi, ipotizzati rigidi, sono rappresentativi dei punti di appoggio della stessa soletta sulle due anime di ciascuna trave.

Sulla trave continua così definita si applicano i carichi permanenti per unità di lunghezza.

7.1.6.3. Accidentali

Per la distribuzione dei carichi accidentali sul modello ad elementi finiti si considera sempre lo schema statico definito per i carichi permanenti (trave continua su n appoggi rigidi) e di introduce un carico fittizio unitario uniformemente distribuito e rappresentativo di uno **Schema di carico** (comprensivo dei 2 assi Q_{ik} in tandem e della stesa di carico q_{ik}). Tale carico viene distribuito trasversalmente sulla larghezza dell'ingombro dello stesso **Schema di carico** pari a 3 m, come definito nelle NTC, § 5.1.3.3.2. Si ottiene in questo modo un'intensità di carico fittizia pari a $q = 1/3,00 = 3,333 \text{ KN/m}^2$

Il carico uniformemente distribuito q viene applicato sulla trave continua come indicato nelle Fig. 7-10 - Fig. 7-12. Si ottengono quindi le reazioni vincolari sugli n appoggi (Tab. 7-3) che si trasformano nei carichi uniformemente distribuiti unitari applicati sul modello ad elementi finiti dell'impalcato (Tab. 7-4)

Condizioni di carico	Trave 1		Trave 2		Trave 3		Trave 4	
	Anima SX	Anima DX						
Permanenti	11,02	-3,32	5,47	2,59	2,65	4,94	-2,15	10,00
Accidentali 1	0,51	0,46	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Accidentali 2	0,00	-0,11	0,36	0,42	0,27	0,10	-0,04	0,00
Accidentali 3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,46	0,51
Accidentali 4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06	0,50	0,44
Accidentali 5	0,37	0,52	0,10	0,02	-0,01	0,00	0,00	0,00
Accidentali 6	0,00	-0,08	0,25	0,37	0,34	0,20	-0,08	0,00
Accidentali 7	0,00	0,00	0,00	-0,02	0,04	0,15	0,52	0,31
Folla	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
qr1	0,00	0,00	0,00	0,02	-0,02	0,22	-0,49	1,77
qr2	1,07	-0,57	0,26	-0,01	-0,01	0,18	-0,40	0,98

Tab. 7-3 AZIONI TRASMESSE DALLA SOLETTA

Condizioni di carico	Trave 1	Trave 2	Trave 3	Trave 4
Permanenti	-7,70	-8,06	-7,59	-7,85
Accidentali 1	-0,97	-0,03	0,00	0,00
Accidentali 2	0,11	-0,78	-0,37	0,04
Accidentali 3	0,00	0,00	-0,03	-0,97
Accidentali 4	0,00	0,00	-0,06	-0,94
Accidentali 5	-0,89	-0,12	0,01	0,00
Accidentali 6	0,08	-0,62	-0,54	0,08
Accidentali 7	0,00	0,02	-0,19	-0,83
Folla	0,00	0,00	0,00	0,00
qr1	0,00	-0,02	-0,20	-1,28
qr2	-0,50	-0,25	-0,17	-0,58

TAB. 7-4 REAZIONI VINCOLARI SULLA SOLETTA CONTINUA SU N APPOGGI

Ai carichi unitari definiti in Tab. 7-4 si applicano, nel modello ad elementi finiti, i coefficienti riportati in Tab. 7-5. Si ottengono in questo modo, per le sezioni di verifica, i valori di sollecitazioni flessionali e taglianti (con torsione concomitante) coerenti con i carichi e le combinazioni di carico definite nelle NTC, § 5.1.3.12, *tabelle 5.1.IV, 5.1.V e 5.1.VI.*

Sezione	Ascissa	Combinazione di carico	Coefficienti di combinazione per flessione			Coefficienti di combinazione per taglio		
			ξ_1	ξ_2	ξ_3	η_1	η_2	η_3
Mezzeria	12,000	M	74,5000	39,1667	23,3333	122,0000	70,8333	39,1667
Campata	9,950	C1	74,8648	39,4098	23,4549	191,0244	116,8496	62,1748
Campata	8,050	C2	75,1191	39,5794	23,5397	124,1519	72,2679	39,8840
Quarti	6,150	Q	75,3193	39,7129	23,6064	100,7179	56,6453	32,0726
Campata	4,250	C3	75,4810	39,8207	23,6603	88,7742	48,6828	28,0914
Campata	2,350	C4	75,6143	39,9095	23,7048	81,5337	43,8558	25,6779
Rastremazione	1,000	Ras	75,6957	39,9638	23,7319	77,9091	41,4394	24,4697
Appoggio	0,250	VA	-	-	-	76,2553	40,3369	23,9184
Appoggio	0,000	R	-	-	-	75,7500	40,0000	23,7500

TAB. 7-5 COEFFICIENTI DI COMBINAZIONE NELLE SEZIONI DI VERIFICA

Esplicitiamo come ulteriore chiarimento la procedura che dai carichi previsti nelle NTC porta alla definizione dei coefficienti riportati in Tab. 7-5

Si ricorda che lo **Schema di carico 1** genera, in una generica sezione trasversale dell'impalcato, il seguente momento flettente

$$M(x) = R_{Ai} x - q_{ik} l_S (x - l_S/2); \quad (1)$$

dove

l_{S1} rappresenta la lunghezza della stesa di carico q_{ik} , a valle dell'ingombro del mezzo con gli assi Q_{ik} ;

R_{Ai} rappresenta la reazione vincolare della trave in semplice appoggio, sul lato di l_S ;

e dove R_{Ai} è definita come

$$R_{Ai} = Q_{ik} \{ [l_C - (x + p/2)] + q_{ik} [l_{S1} (l_C - l_{S1}/2) + (l_{S2})^2/2] \} / l_C; \quad (2)$$

Nella precedente l_C ed l_{S2} rappresentano rispettivamente la luce di calcolo e la lunghezza della stesa di carico q_{ik} a monte dell'ingombro del mezzo con gli assi Q_{ik} . Il termine p indica infine il passo degli assi Q_{ik} , come indicato nelle NTC.

Dal valore di momento riportato in (1) si ricava un carico uniformemente distribuito equivalente per la flessione, comprensivo dei coefficienti Ψ definiti nella Tab. 5.1.VI riportata nelle NTC, § 5.1.3.12 (In realtà, ai fini del dimensionamento delle travi, le combinazioni si equivalgono, dal momento che gli effetti del vento, di frenatura e delle azioni centrifughe vengono applicate per il dimensionamento delle sottostrutture). Il valore del carico equivalente di cui sopra è pari a

$$q_{EQ, M} = 2M(x) / [x(l_C - x)] \quad (3)$$

In maniera del tutto analoga si definisce un carico uniformemente distribuito equivalente per il taglio, ricordando che, sempre in corrispondenza della stessa sezione trasversale, risulta

$$V(x) = R_{Ai} - q_{ik} l_{S1} = q_{EQ, V} (l_C - 2x) / 2 \quad (4)$$

Dalla precedente si ottiene

$$q_{EQ, V} = 2V(x) / (l_C - 2x) \quad (5)$$

A titolo di esempio sviluppiamo le espressioni (3) e (5) per il caso particolare della sezione trasversale intermedia posta ad $x = 9,95 \text{ m}$. Definendo

$$l_C = 24,00 \text{ m};$$

$$x = 9,95 \text{ m};$$

$$l_{S1} = 9,95 \text{ m};$$

$$l_{S2} = 14,05 \text{ m};$$

$$p = 1,20 \text{ m} \text{ (Schema riportato nelle NTC, § 5.1.3.3.5, Fig. 5.1.2)}$$

risulta, applicando la (2),

$$R_{A1} = 660,250 \text{ KN};$$

(Per la *Corsia Numero 1*, con $Q_{1k} = 600 \text{ KN}$ e $q_{1k} = 9,00 \text{ KN/m}^2$ – Si vedano le NTC, Tab. 5.1.II in § 5.1.3.3.5;

$$R_{A2} = 314,167 \text{ KN};$$

(Per la *Corsia Numero 2*, con $Q_{1k} = 400 \text{ KN}$ e $q_{1k} = 2,5 \text{ KN/m}^2$ – Si vedano le NTC, Tab. 5.1.II in § 5.1.3.3.5

$$R_{A3} = 202,083 \text{ KN};$$

(Per la *Corsia Numero 3*, con $Q_{1k} = 200 \text{ KN}$ e $q_{1k} = 2,5 \text{ KN/m}^2$ – Si vedano le NTC, Tab. 5.1.II in § 5.1.3.3.5

Dalle precedenti, applicando la (1), si ricava

$$M_1 = 5233,0 \text{ KNm} \text{ (Per la Corsia Numero 1);}$$

$$M_2 = 2754,7 \text{ KNm} \text{ (Per la Corsia Numero 2);}$$

$$M_3 = 1639,5 \text{ KNm} \text{ (Per la Corsia Numero 3);}$$

In ultimo, utilizzando la (3), si arriva alla definizione dei coefficienti riportati nella Tab. 7-5 della relazione di calcolo

$$q_{EQ,1} = \xi_1 = 74,86 \text{ KN/m};$$

$$q_{EQ,2} = \xi_2 = 39,41 \text{ KN/m};$$

$$q_{EQ,3} = \xi_2 = 23,45 \text{ KN/m};$$

Analogamente per il taglio, in corrispondenza della stessa sezione trasversale, risulta che

$$V_1 = 391,600 \text{ KN (Per la Corsia Numero 1)};$$

$$V_2 = 239,542 \text{ KN (Per la Corsia Numero 2)};$$

$$V_3 = 127,458 \text{ KN (Per la Corsia Numero 3)};$$

da cui si ottiene

$$q_{EQ,1} = \eta_1 = 191,02 \text{ KN/m};$$

$$q_{EQ,2} = \eta_2 = 116,85 \text{ KN/m};$$

$$q_{EQ,3} = \eta_3 = 62,17 \text{ KN/m};$$

In ultimo, quale ulteriore verifica, si fa osservare a titolo di esempio che la somma dei tre momenti flettenti, a meno di leggere approssimazioni numeriche, coincide con il momento flettente totale dell'intera sezione trasversale (somma dei momenti nelle quattro travi, dichiarati nella Tab. 7-18 e Tab. 7-19), ottenuto con il modello ad elementi finiti.

$$M_1 + M_2 + M_3 = 5233,0 + 2754,7 + 1639,5 = 9627,1 \text{ KNm};$$

$$M_{TOT} (x = 9,95 \text{ m}) = 3145,94 + 2766,14 + 2160,75 + 1659,15 = 9732,0 \text{ KNm};$$

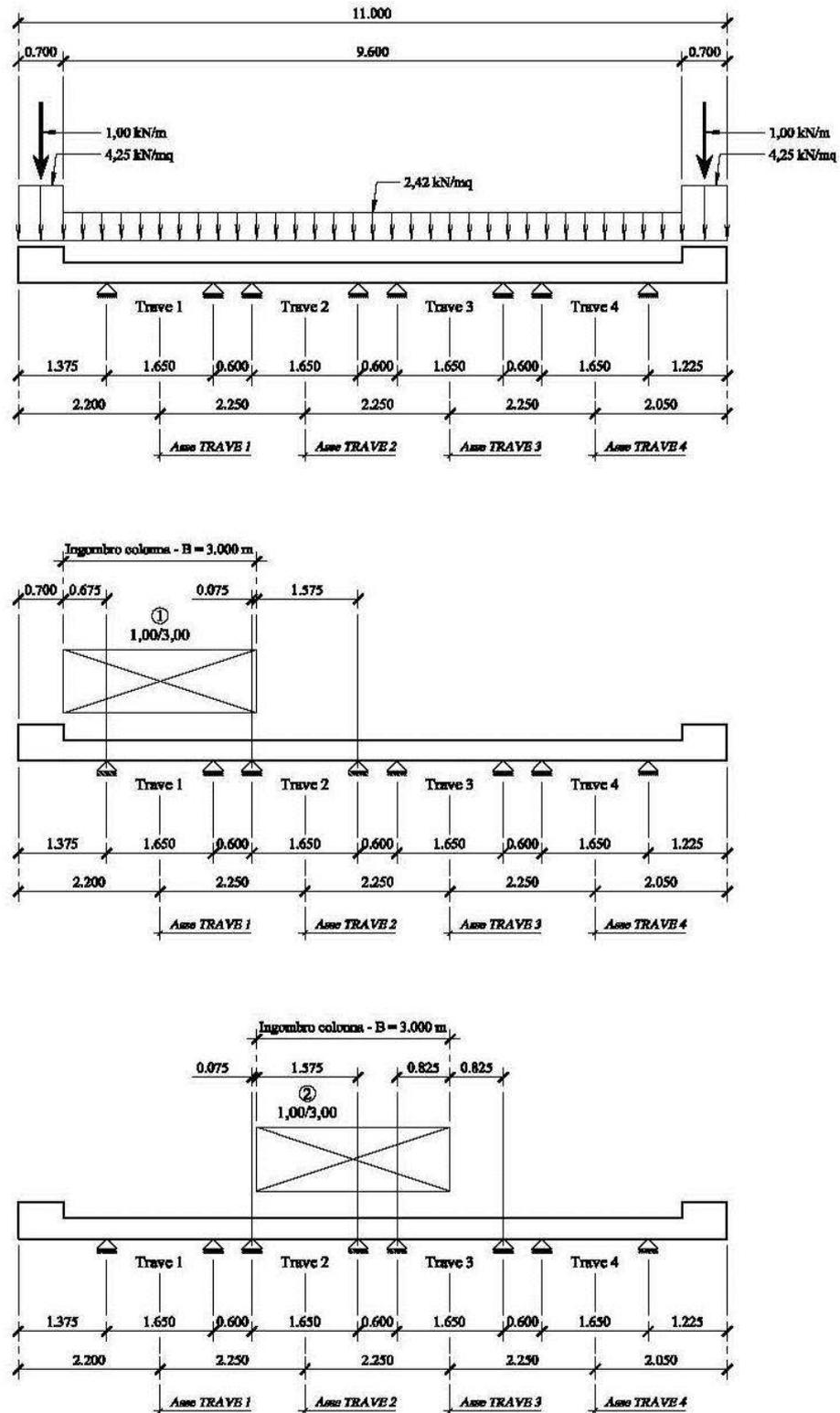


Fig. 7-9 DISTRIBUZIONE DEI CARICHI SUL MODELLO AD ELEMENTI FINITI – PERMANENTI E ACCIDENTALI (COLONNE DI CARICO 1 E 2)

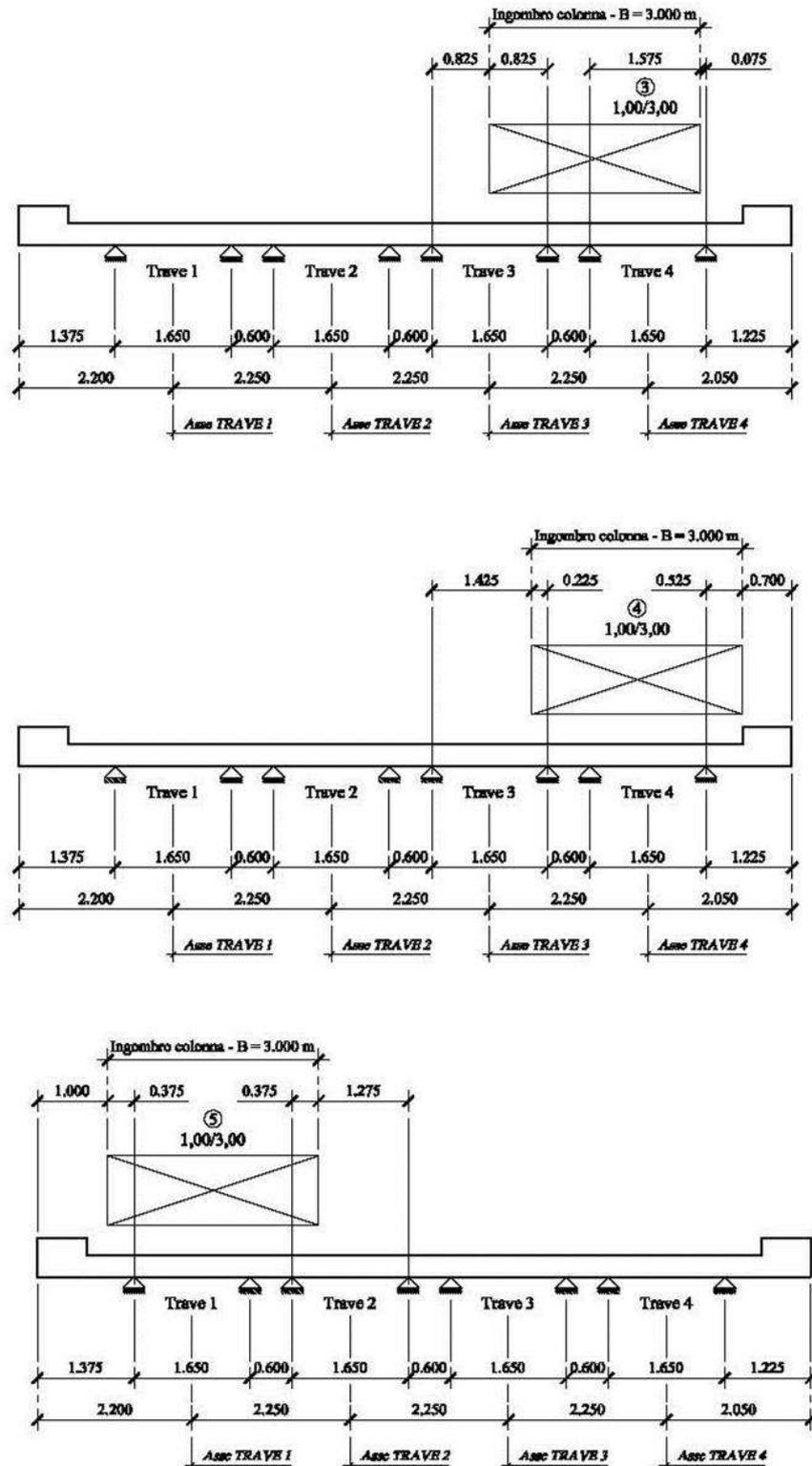


Fig. 7-10 DISTRIBUZIONE DEI CARICHI SUL MODELLO AD ELEMENTI FINITI -ACCIDENTALI (COLONNE DI CARICO 3, 4 E 5)

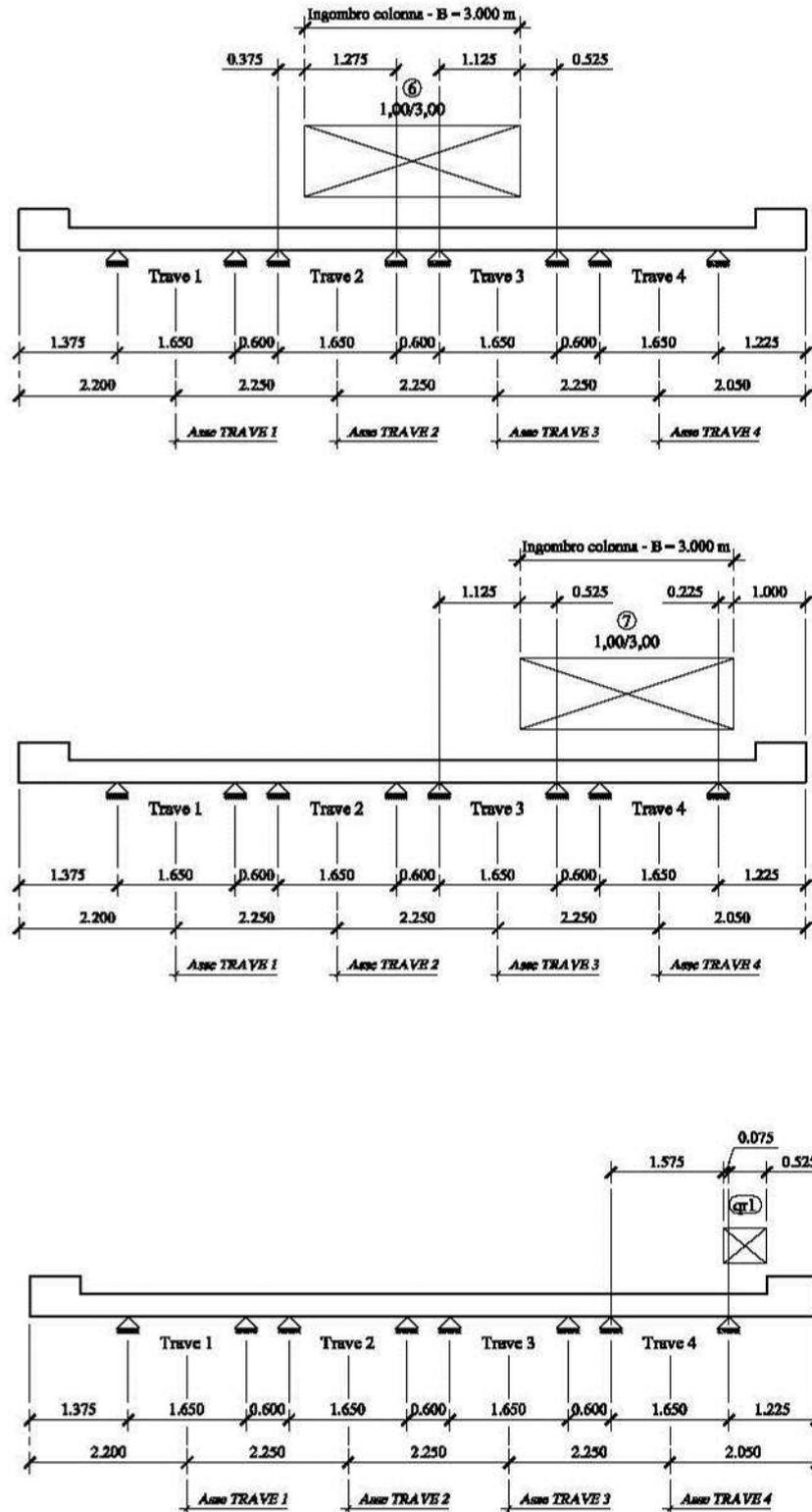


Fig. 7-11 DISTRIBUZIONE DEI CARICHI SUL MODELLO AD ELEMENTI FINITI – ACCIDENTALI (COLONNE DI CARICO 6, 7 E QR1)

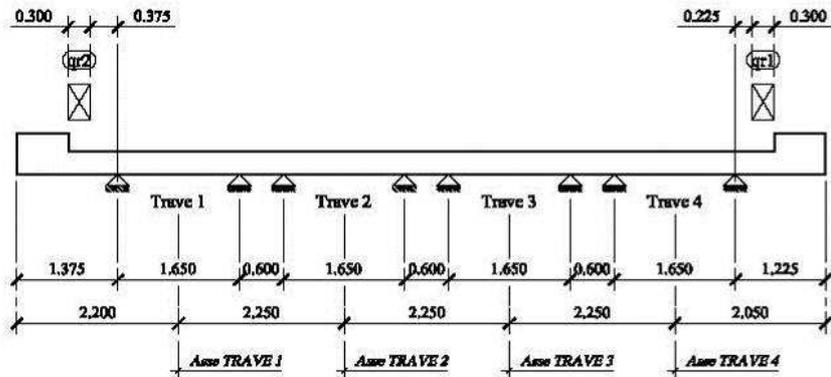


Fig. 7-12 DISTRIBUZIONE DEI CARICHI SUL MODELLO AD ELEMENTI FINITI – ACCIDENTALI (COLONNE DI CARICO QR2)

7.1.7. Risultati numerici

7.1.7.1. Sollecitazioni nelle travi

Nelle tabelle che seguono si riportano i risultati dell'analisi strutturale in termini di sollecitazioni flettenti, taglianti e torcenti per le differenti condizioni di carico. In particolare si riassumono le caratteristiche di sollecitazione indotte dai carichi accidentali per le quali si specifica la relativa combinazione di carico (Ad. es. **M2** indica la condizione di carico ottenuta associando la **Disposizione longitudinale di carico M** con la **Disposizione trasversale di carico 2**. I valori si riferiscono alle sezioni d'appoggio ai quarti e in mezzeria delle travi).

Combinazione M1 :Massimo momento in **Mezzeria** ottenuto combinando la *disposizione longitudinale M* con la *disposizione trasversale 1*.

Combinazione M2 :Massimo momento in **Mezzeria** ottenuto combinando la *disposizione longitudinale M* con la *disposizione trasversale 2*.

Combinazione M3 :Massimo momento in **Mezzeria** ottenuto combinando la *disposizione longitudinale M* con la *disposizione trasversale 3*.

Combinazione Cij :Massimo momento e taglio in **Campata** ottenuto combinando la *disposizione longitudinale Ci* con la *disposizione trasversale j*, dove $i = 1, \dots, 4$ e $j = 1, \dots, 3$. In particolare

Ci con $i = 1$ combinazione per massimizzare il momento e il taglio nella sezione ad $x = 9,95$ m dall'appoggio

Ci con $i = 2$ combinazione per massimizzare il momento e il taglio nella sezione ad $x = 8,05$ m dall'appoggio

Ci con $i = 3$ combinazione per massimizzare il momento e il taglio nella sezione ad $x = 4,25$ m dall'appoggio

Ci con $i = 4$ combinazione per massimizzare il momento e il taglio nella sezione ad $x = 2,35$ m dall'appoggio

Combinazione Q1 :Massimo momento e tagli ai **Quarti** ottenuto combinando la *disposizione longitudinale Q* con la *disposizione trasversale 1*.

Combinazione Q2 :Massimo momento e taglio ai **Quarti** ottenuto combinando la *disposizione longitudinale Q* con la *disposizione trasversale 2*.

Combinazione Q3 :Massimo momento e taglio ai **Quarti** ottenuto combinando la *disposizione longitudinale Q* con la *disposizione trasversale 3*.

Combinazione A1 :Massimo taglio in **Appoggio** ottenuto combinando la *disposizione longitudinale A* con la *disposizione trasversale 1*.

Combinazione A2 :Massimo taglio in **Appoggio** ottenuto combinando la *disposizione longitudinale A* con la *disposizione trasversale 2*.

Combinazione A3 :Massimo taglio in **Appoggio** ottenuto combinando la *disposizione longitudinale A* con la *disposizione trasversale 3*.

	Elemento	Ascissa		Modello 1			
		Relativa	Assoluta	p.p. travi		p.p. traversi	
				<i>M</i>	<i>V</i>	<i>M</i>	<i>V</i>
		<i>m</i>	<i>m</i>	<i>KNm</i>	<i>KN</i>	<i>KNm</i>	<i>KN</i>
Trave 1	101	0,25	0,250	50,44	-199,63	0,00	0,00
	103	0,00	1,000	195,39	-186,89	0,00	0,00
	104	0,00	2,350	432,20	-163,95	0,00	0,00
	105	0,00	4,250	713,05	-131,67	0,00	0,00
	106	0,00	6,150	932,56	-99,39	0,00	0,00
	107	0,00	8,050	1090,74	-67,11	0,00	0,00
	108	0,00	9,950	1187,58	-34,83	0,00	0,00
	109	0,00	12,000	1223,28	0,00	0,00	0,00
	110	0,00	14,050	1187,58	34,83	0,00	0,00
	111	0,00	15,950	1090,74	67,11	0,00	0,00
	112	0,00	17,850	932,56	99,39	0,00	0,00
	113	0,00	19,750	713,05	131,67	0,00	0,00
	114	0,00	21,650	432,20	163,95	0,00	0,00
	115	0,00	23,000	195,39	186,89	0,00	0,00
116	0,25	23,750	50,44	199,63	0,00	0,00	
Trave 2	201	0,25	0,250	50,44	-199,63	0,00	0,00
	203	0,00	1,000	195,39	-186,89	0,00	0,00
	204	0,00	2,350	432,20	-163,95	0,00	0,00
	205	0,00	4,250	713,05	-131,67	0,00	0,00
	206	0,00	6,150	932,56	-99,39	0,00	0,00
	207	0,00	8,050	1090,74	-67,11	0,00	0,00
	208	0,00	9,950	1187,58	-34,83	0,00	0,00
	209	0,00	12,000	1223,28	0,00	0,00	0,00
	210	0,00	14,050	1187,58	34,83	0,00	0,00
	211	0,00	15,950	1090,74	67,11	0,00	0,00
	212	0,00	17,850	932,56	99,39	0,00	0,00
	213	0,00	19,750	713,05	131,67	0,00	0,00
	214	0,00	21,650	432,20	163,95	0,00	0,00
	215	0,00	23,000	195,39	186,89	0,00	0,00
216	0,25	23,750	50,44	199,63	0,00	0,00	

TAB. 7-6

	Elemento	Ascissa		Modello 1			
		Relativa	Assoluta	p.p. travi		p.p. traversi	
				<i>M</i>	<i>V</i>	<i>M</i>	<i>V</i>
		<i>m</i>	<i>m</i>	<i>KNm</i>	<i>KN</i>	<i>KNm</i>	<i>KN</i>
Trave 3	301	0,25	0,250	50,44	-199,63	0,00	0,00
	303	0,00	1,000	195,39	-186,89	0,00	0,00
	304	0,00	2,350	432,20	-163,95	0,00	0,00
	305	0,00	4,250	713,05	-131,67	0,00	0,00
	306	0,00	6,150	932,56	-99,39	0,00	0,00
	307	0,00	8,050	1090,74	-67,11	0,00	0,00
	308	0,00	9,950	1187,58	-34,83	0,00	0,00
	309	0,00	12,000	1223,28	0,00	0,00	0,00
	310	0,00	14,050	1187,58	34,83	0,00	0,00
	311	0,00	15,950	1090,74	67,11	0,00	0,00
	312	0,00	17,850	932,56	99,39	0,00	0,00
	313	0,00	19,750	713,05	131,67	0,00	0,00
	314	0,00	21,650	432,20	163,95	0,00	0,00
	315	0,00	23,000	195,39	186,89	0,00	0,00
	316	0,25	23,750	50,44	199,63	0,00	0,00
	Trave 4	401	0,25	0,250	50,44	-199,63	0,00
403		0,00	1,000	195,39	-186,89	0,00	0,00
404		0,00	2,350	432,20	-163,95	0,00	0,00
405		0,00	4,250	713,05	-131,67	0,00	0,00
406		0,00	6,150	932,56	-99,39	0,00	0,00
407		0,00	8,050	1090,74	-67,11	0,00	0,00
408		0,00	9,950	1187,58	-34,83	0,00	0,00
409		0,00	12,000	1223,28	0,00	0,00	0,00
410		0,00	14,050	1187,58	34,83	0,00	0,00
411		0,00	15,950	1090,74	67,11	0,00	0,00
412		0,00	17,850	932,56	99,39	0,00	0,00
413		0,00	19,750	713,05	131,67	0,00	0,00
414		0,00	21,650	432,20	163,95	0,00	0,00
415		0,00	23,000	195,39	186,89	0,00	0,00

TAB. 7-7

	Elemento	Ascissa		Modello 1		Modello 2		
		Relativa	Assoluta	p.p. soletta		Permanenti		
				<i>M</i>	<i>V</i>	<i>M</i>	<i>V</i>	<i>T</i>
		<i>m</i>	<i>m</i>	<i>KNm</i>	<i>KN</i>	<i>KNm</i>	<i>KN</i>	<i>KNM</i>
Trave 1	101	0,25	0,250	63,87	-252,80	21,28	-88,04	2,31
	103	0,00	1,000	247,42	-236,67	85,06	-82,32	2,25
	104	0,00	2,350	547,31	-207,62	188,95	-72,14	2,04
	105	0,00	4,250	902,96	-166,74	311,93	-57,85	1,72
	106	0,00	6,150	1180,93	-125,86	407,79	-43,66	1,30
	107	0,00	8,050	1381,24	-84,98	476,73	-29,54	0,82
	108	0,00	9,950	1503,87	-44,11	518,90	-15,46	0,30
	109	0,00	12,000	1549,08	0,00	534,41	-0,33	-0,30
	110	0,00	14,050	1503,87	44,11	518,95	14,91	-0,82
	111	0,00	15,950	1381,24	84,98	476,84	29,03	-1,30
	112	0,00	17,850	1180,93	125,86	407,94	43,22	-1,72
	113	0,00	19,750	902,96	166,74	312,12	57,51	-2,04
	114	0,00	21,650	547,31	207,62	189,17	71,92	-2,25
	115	0,00	23,000	247,42	236,67	85,14	82,26	-2,31
	116	0,25	23,750	63,87	252,80	21,28	88,04	-2,31
	Trave 2	201	0,25	0,250	43,71	-172,99	24,93	-95,73
203		0,00	1,000	169,31	-161,95	94,52	-89,65	2,24
204		0,00	2,350	374,52	-142,07	208,38	-78,68	2,00
205		0,00	4,250	617,88	-114,10	343,48	-63,24	1,65
206		0,00	6,150	808,10	-86,13	449,21	-47,75	1,23
207		0,00	8,050	945,17	-58,15	525,48	-32,22	0,77
208		0,00	9,950	1029,08	-30,18	572,20	-16,67	0,28
209		0,00	12,000	1060,02	0,00	589,43	0,14	-0,28
210		0,00	14,050	1029,08	30,18	572,15	16,91	-0,77
211		0,00	15,950	945,17	58,15	525,39	32,44	-1,23
212		0,00	17,850	808,10	86,13	1504,63	47,93	-1,65
213		0,00	19,750	617,88	114,10	343,32	63,37	-2,00
214		0,00	21,650	374,52	142,07	208,20	78,77	-2,24
215		0,00	23,000	169,31	161,95	94,46	89,68	-2,31
216		0,25	23,750	43,71	172,99	24,93	95,73	-2,31

TAB. 7-8

	Elemento	Ascissa		Modello 1		Modello 2		
		Relativa	Assoluta	p.p. soletta		Permanenti		
				<i>M</i>	<i>V</i>	<i>M</i>	<i>V</i>	<i>T</i>
		<i>m</i>	<i>m</i>	<i>KNm</i>	<i>KN</i>	<i>KNm</i>	<i>KN</i>	<i>KNM</i>
Trave 3	301	0,25	0,250	43,71	-172,99	25,26	-94,52	-1,72
	303	0,00	1,000	169,31	-161,95	94,13	-88,72	-1,66
	304	0,00	2,350	374,52	-142,07	207,30	-77,99	-1,49
	305	0,00	4,250	617,88	-114,10	342,04	-62,79	-1,23
	306	0,00	6,150	808,10	-86,13	447,84	-47,39	-0,92
	307	0,00	8,050	945,17	-58,15	524,33	-31,86	-0,58
	308	0,00	9,950	1029,08	-30,18	571,23	-16,26	-0,21
	309	0,00	12,000	1060,02	0,00	588,61	0,70	0,21
	310	0,00	14,050	1029,08	30,18	571,16	17,44	0,58
	311	0,00	15,950	945,17	58,15	524,19	32,97	0,92
	312	0,00	17,850	808,10	86,13	1504,63	48,37	1,23
	313	0,00	19,750	617,88	114,10	341,78	63,57	1,49
	314	0,00	21,650	374,52	142,07	206,99	78,48	1,66
	315	0,00	23,000	169,31	161,95	94,01	88,83	1,72
	316	0,25	23,750	43,71	172,99	25,26	94,52	1,72
	Trave 4	401	0,25	0,250	61,46	-243,25	21,16	-88,32
403		0,00	1,000	238,08	-227,73	85,08	-82,51	-2,98
404		0,00	2,350	526,65	-199,78	189,06	-72,27	-2,68
405		0,00	4,250	868,86	-160,44	311,98	-57,92	-2,23
406		0,00	6,150	1136,33	-121,11	407,68	-43,72	-1,67
407		0,00	8,050	1329,07	-81,77	476,46	-29,62	-1,04
408		0,00	9,950	1447,08	-42,44	518,51	-15,58	-0,38
409		0,00	12,000	1490,58	0,00	533,95	-0,51	0,38
410		0,00	14,050	1447,08	42,44	518,57	14,71	1,04
411		0,00	15,950	1329,07	81,77	476,58	28,80	1,67
412		0,00	17,850	1136,33	121,11	2124,99	43,00	2,23
413		0,00	19,750	868,86	160,44	312,20	57,36	2,68
414		0,00	21,650	526,65	199,78	189,32	71,91	2,98
415		0,00	23,000	238,08	227,73	85,18	82,43	3,05

TAB. 7-9

Elemento	Ascissa		Modello 2									
	Relativa	Assoluta	Comb M1			Comb M2			Comb M3			
			M	V	T	M	V	T	M	V	T	
m	m	KNm	KN	KNM	KNm	KN	KNM	KNm	KN	KNM		
Trave 1	101	0,25	0,250	52,66	-783,15	231,10	17,52	-726,81	297,29	105,75	-512,28	-23,88
	103	0,00	1,000	472,83	-706,19	225,53	391,05	-647,35	290,25	396,98	-470,99	-23,42
	104	0,00	2,350	1132,70	-580,44	204,36	962,10	-527,94	262,37	878,77	-392,69	-20,91
	105	0,00	4,250	1898,94	-405,63	171,95	1611,13	-364,94	219,68	1456,59	-281,21	-16,99
	106	0,00	6,150	2477,58	-238,26	130,44	2087,96	-214,66	165,75	1913,32	-167,88	-12,37
	107	0,00	8,050	2884,20	-73,36	82,43	2416,32	-67,63	104,28	2244,88	-54,39	-7,55
	108	0,00	9,950	3129,85	93,90	30,51	2612,38	85,09	38,50	2448,76	57,77	-2,74
	109	0,00	12,000	3218,35	279,74	-30,51	2680,65	261,33	-38,50	2525,03	176,41	2,74
	110	0,00	14,050	3135,57	253,09	-82,43	2618,98	220,57	-104,28	2448,65	180,63	7,55
	111	0,00	15,950	2895,01	234,04	-130,44	2428,92	193,38	-165,75	2244,60	182,71	12,37
	112	0,00	17,850	2493,07	221,19	-171,95	2106,20	176,47	-219,68	1912,80	183,39	16,99
	113	0,00	19,750	1918,38	212,93	-204,36	1634,32	166,60	-262,37	1455,77	183,30	20,91
	114	0,00	21,650	1154,90	207,58	-225,53	988,88	160,84	-290,25	877,65	182,87	23,42
	115	0,00	23,000	481,31	205,62	-231,10	401,32	158,86	-297,29	396,53	182,61	23,88
	116	0,25	23,750	52,66	205,62	-231,10	17,52	158,86	-297,29	105,75	182,61	23,88
	Trave 2	201	0,25	0,250	132,14	-560,79	307,35	139,41	-294,05	301,06	92,70	-637,37
203		0,00	1,000	457,24	-515,44	297,64	350,34	-283,91	291,76	444,98	-577,45	26,81
204		0,00	2,350	996,29	-429,61	266,66	725,35	-243,81	261,20	1008,12	-476,74	24,24
205		0,00	4,250	1642,03	-307,38	222,91	1195,28	-181,94	217,75	1666,02	-336,47	20,85
206		0,00	6,150	2152,77	-182,97	168,44	1586,36	-108,99	163,99	2170,23	-200,03	16,28
207		0,00	8,050	2523,63	-58,32	106,17	1879,65	-34,01	103,07	2528,53	-64,65	10,55
208		0,00	9,950	2751,55	64,74	39,14	2063,00	34,62	37,93	2746,16	72,28	3,95
209		0,00	12,000	2836,36	194,46	-39,14	2134,38	96,65	-37,93	2824,83	223,14	-3,95
210		0,00	14,050	2750,44	198,61	-106,17	2059,37	127,73	-103,07	2747,84	210,22	-10,55
211		0,00	15,950	2521,48	200,15	-168,44	1872,63	146,51	-163,99	2531,76	201,30	-16,28
212		0,00	17,850	2149,59	200,00	-222,91	1575,96	156,58	-217,75	2174,96	195,48	-20,85
213		0,00	19,750	1637,92	199,02	-266,66	1181,74	161,23	-261,20	1672,09	191,89	-24,24
214		0,00	21,650	991,55	197,94	-297,64	709,42	163,22	-291,76	1015,20	189,74	-26,81
215		0,00	23,000	455,45	197,62	-307,35	344,22	163,85	-301,06	447,72	189,09	-27,89
216		0,25	23,750	132,14	197,62	-307,35	139,41	163,85	-301,06	92,70	189,09	-27,89

TAB. 7-10

Elemento	Ascissa		Modello 2									
	Relativa	Assoluta	Comb M1			Comb M2			Comb M3			
			<i>M</i>	<i>V</i>	<i>T</i>	<i>M</i>	<i>V</i>	<i>T</i>	<i>M</i>	<i>V</i>	<i>T</i>	
	<i>m</i>	<i>m</i>	<i>KNm</i>	<i>KN</i>	<i>KNM</i>	<i>KNm</i>	<i>KN</i>	<i>KNM</i>	<i>KNm</i>	<i>KN</i>	<i>KNM</i>	
Trave 3	301	0,25	0,250	123,82	-375,60	182,38	125,19	-234,96	22,50	90,09	-567,70	139,05
	303	0,00	1,000	363,36	-350,85	176,35	295,40	-225,84	21,36	412,80	-515,02	134,76
	304	0,00	2,350	771,18	-296,36	158,38	597,39	-194,98	19,78	930,85	-426,03	120,64
	305	0,00	4,250	1267,71	-217,86	133,34	973,56	-148,55	18,06	1537,78	-302,35	100,57
	306	0,00	6,150	1669,22	-134,03	101,60	1287,14	-93,97	15,00	2004,89	-181,68	75,75
	307	0,00	8,050	1965,43	-48,65	64,50	1523,22	-36,84	10,18	2337,93	-61,55	47,62
	308	0,00	9,950	2149,18	34,75	23,87	1671,26	17,45	3,90	2540,67	60,30	17,53
	309	0,00	12,000	2219,05	120,78	-23,87	1728,54	70,00	-3,90	2614,36	195,13	-17,53
	310	0,00	14,050	2146,91	139,78	-64,50	1667,37	98,13	-10,18	2541,95	187,10	-47,62
	311	0,00	15,950	1961,07	153,32	-101,60	1515,81	117,87	-15,00	2340,39	182,43	-75,75
	312	0,00	17,850	1662,88	162,50	-133,34	1276,42	130,88	-18,06	2008,49	180,12	-100,57
	313	0,00	19,750	1259,58	168,47	-158,38	959,96	138,94	-19,78	1542,40	179,25	-120,64
	314	0,00	21,650	761,67	172,23	-176,35	581,71	143,73	-21,36	936,23	179,04	-134,76
	315	0,00	23,000	359,67	173,39	-182,38	289,38	145,23	-22,50	414,86	178,98	-139,05
	316	0,25	23,750	123,82	173,39	-182,38	125,19	145,23	-22,50	90,09	178,98	-139,05
	Trave 4	401	0,25	0,250	102,55	-323,58	64,84	55,33	-431,46	-73,33	122,63	-325,77
403		0,00	1,000	299,32	-295,52	63,14	270,37	-385,58	-71,78	337,99	-304,53	121,11
404		0,00	2,350	623,09	-246,36	57,74	606,70	-315,61	-64,53	705,53	-257,33	109,62
405		0,00	4,250	1004,00	-178,25	49,53	990,48	-220,53	-53,24	1152,28	-189,10	91,97
406		0,00	6,150	1302,52	-110,21	38,38	1277,56	-131,96	-39,48	1513,65	-115,88	69,54
407		0,00	8,050	1518,27	-41,49	24,67	1478,06	-44,71	-24,47	1780,19	-41,23	43,83
408		0,00	9,950	1650,39	28,44	9,22	1598,52	46,03	-8,96	1945,39	31,48	16,20
409		0,00	12,000	1698,24	105,52	-9,22	1640,44	150,53	8,96	2007,78	105,82	-16,20
410		0,00	14,050	1648,07	109,03	-24,67	1599,43	132,07	24,47	1942,54	122,54	-43,83
411		0,00	15,950	1513,97	112,99	-38,38	1479,91	120,74	39,48	1774,78	134,06	-69,54
412		0,00	17,850	1296,55	116,81	-49,53	1280,44	114,57	53,24	1505,85	141,51	-91,97
413		0,00	19,750	996,80	120,08	-57,74	994,43	111,73	64,53	1142,42	146,06	-109,62
414		0,00	21,650	615,14	122,76	-63,14	611,52	110,71	71,78	694,19	148,85	-121,11
415		0,00	23,000	296,32	123,87	-64,84	272,24	110,57	73,33	333,64	149,83	-124,03

TAB. 7-11

Elemento	Ascissa		Modello 2									
	Relativa	Assoluta	Comb Q1			Comb Q2			Comb Q3			
			M	V	T	M	V	T	M	V	T	
m	m	KNm	KN	KNM	KNm	KN	KNM	KNm	KN	KNM		
Trave 1	101	0,25	0,250	53,38	-813,25	233,39	17,81	-730,28	300,39	106,90	-562,20	-23,69
	103	0,00	1,000	478,32	-751,28	227,76	395,50	-666,35	293,28	401,83	-529,32	-23,23
	104	0,00	2,350	1145,75	-652,10	206,38	972,92	-572,63	265,11	889,68	-466,50	-20,74
	105	0,00	4,250	1920,80	-515,00	173,65	1629,20	-446,33	221,98	1474,73	-376,54	-16,84
	106	0,00	6,150	2506,13	-388,05	131,73	2111,35	-336,38	167,48	1937,12	-284,15	-12,25
	107	0,00	8,050	2917,47	-268,39	83,25	2443,40	-237,62	105,36	2272,76	-190,29	-7,47
	108	0,00	9,950	3165,99	-153,13	30,81	2641,65	-145,38	38,90	2479,15	-95,65	-2,71
	109	0,00	12,000	3255,53	-34,38	-30,81	2710,69	-54,89	-38,90	2556,34	7,80	2,71
	110	0,00	14,050	3171,77	94,60	-83,25	2648,32	52,00	-105,36	2479,04	108,86	7,47
	111	0,00	15,950	2928,40	214,27	-131,73	2456,12	150,76	-167,48	2272,50	202,72	12,25
	112	0,00	17,850	2521,78	341,22	-173,65	2129,79	260,71	-221,98	1936,63	295,11	16,84
	113	0,00	19,750	1940,43	478,32	-206,38	1652,62	387,01	-265,11	1473,93	385,07	20,74
	114	0,00	21,650	1168,17	627,81	-227,76	999,98	534,46	-293,28	888,59	471,46	23,23
	115	0,00	23,000	486,89	744,65	-233,39	405,88	657,00	-300,39	401,40	530,06	23,69
	116	0,25	23,750	53,38	813,25	-233,39	17,81	730,28	-300,39	106,90	562,20	23,69
	Trave 2	201	0,25	0,250	133,61	-617,27	310,61	141,06	-375,47	303,99	93,87	-676,77
203		0,00	1,000	462,67	-581,00	300,79	354,44	-366,64	294,60	450,29	-628,03	27,65
204		0,00	2,350	1008,22	-512,25	269,49	733,79	-332,14	263,75	1020,07	-547,19	24,99
205		0,00	4,250	1661,67	-413,71	225,27	1209,18	-277,57	219,87	1685,77	-435,19	21,49
206		0,00	6,150	2178,48	-312,37	170,23	1604,80	-209,48	165,58	2195,99	-328,34	16,77
207		0,00	8,050	2553,71	-209,26	107,30	1901,49	-132,61	104,07	2558,57	-225,01	10,86
208		0,00	9,950	2784,31	-105,20	39,55	2086,97	-50,86	38,30	2778,81	-123,74	4,06
209		0,00	12,000	2870,10	8,39	-39,55	2159,18	44,67	-38,30	2858,43	-17,41	-4,06
210		0,00	14,050	2783,19	119,53	-107,30	2083,30	126,87	-104,07	2780,51	94,19	-10,86
211		0,00	15,950	2551,54	222,64	-170,23	1894,38	203,74	-165,58	2561,83	197,52	-16,77
212		0,00	17,850	2175,28	323,98	-225,27	1594,27	271,83	-219,87	2200,76	304,38	-21,49
213		0,00	19,750	1657,55	422,52	-269,49	1195,48	326,40	-263,75	1691,90	416,38	-24,99
214		0,00	21,650	1003,45	517,25	-300,79	717,68	362,56	-294,60	1027,22	535,08	-27,65
215		0,00	23,000	460,88	581,85	-310,61	348,24	373,20	-303,99	453,05	625,13	-28,75
216		0,25	23,750	133,61	617,27	-310,61	141,06	375,47	-303,99	93,87	676,77	-28,75

TAB. 7-12

Elemento	Ascissa		Modello 2									
	Relativa	Assoluta	Comb Q1			Comb Q2			Comb Q3			
			<i>M</i>	<i>V</i>	<i>T</i>	<i>M</i>	<i>V</i>	<i>T</i>	<i>M</i>	<i>V</i>	<i>T</i>	
	<i>m</i>	<i>m</i>	<i>KNm</i>	<i>KN</i>	<i>KNM</i>	<i>KNm</i>	<i>KN</i>	<i>KNM</i>	<i>KNm</i>	<i>KN</i>	<i>KNM</i>	
Trave 3	301	0,25	0,250	125,24	-446,50	184,62	126,72	-308,33	22,10	91,20	-613,61	140,89
	303	0,00	1,000	367,71	-425,56	178,52	299,07	-299,72	20,97	417,60	-570,25	136,54
	304	0,00	2,350	780,50	-378,29	160,32	604,85	-270,81	19,43	941,59	-497,21	122,24
	305	0,00	4,250	1283,05	-309,68	134,97	985,73	-226,66	17,79	1555,50	-396,22	101,90
	306	0,00	6,150	1689,42	-233,98	102,84	1303,25	-171,85	14,81	2028,01	-299,00	76,75
	307	0,00	8,050	1989,19	-153,35	65,28	1542,28	-109,49	10,07	2364,92	-204,27	48,25
	308	0,00	9,950	2175,15	-69,82	24,16	1692,17	-42,60	3,86	2570,01	-110,94	17,76
	309	0,00	12,000	2245,85	24,47	-24,16	1750,16	35,63	-3,86	2644,56	-12,24	-17,76
	310	0,00	14,050	2172,86	111,32	-65,28	1688,23	103,03	-10,07	2571,29	90,11	-48,25
	311	0,00	15,950	1984,79	191,95	-102,84	1534,78	165,39	-14,81	2367,39	184,84	-76,75
	312	0,00	17,850	1683,01	267,65	-134,97	1292,40	220,20	-17,79	2031,64	282,05	-101,90
	313	0,00	19,750	1274,84	336,26	-160,32	971,97	264,35	-19,43	1560,16	383,05	-122,24
	314	0,00	21,650	770,90	395,70	-178,52	588,97	295,13	-20,97	947,01	489,14	-136,54
	315	0,00	23,000	363,98	429,91	-184,62	292,98	305,78	-22,10	419,67	568,55	-140,89
	316	0,25	23,750	125,24	446,50	-184,62	126,72	308,33	-22,10	91,20	613,61	-140,89
	Trave 4	401	0,25	0,250	103,81	-366,48	65,76	55,92	-434,95	-74,66	124,07	-390,92
403		0,00	1,000	302,89	-342,45	64,05	273,86	-398,29	-73,08	341,88	-372,69	122,56
404		0,00	2,350	630,49	-299,90	58,56	614,72	-342,97	-65,70	713,61	-331,63	110,93
405		0,00	4,250	1015,92	-241,36	50,23	1003,66	-269,01	-54,22	1165,44	-271,81	93,07
406		0,00	6,150	1318,01	-182,58	38,92	1294,58	-202,86	-40,21	1530,91	-205,49	70,38
407		0,00	8,050	1536,35	-123,20	25,02	1497,76	-141,86	-24,92	1800,48	-134,63	44,35
408		0,00	9,950	1670,06	-63,27	9,35	1619,82	-83,75	-9,13	1967,55	-61,09	16,39
409		0,00	12,000	1718,49	1,51	-9,35	1662,30	-25,41	9,13	2030,66	21,85	-16,39
410		0,00	14,050	1667,71	65,96	-25,02	1620,76	40,70	24,92	1964,67	98,26	-44,35
411		0,00	15,950	1531,99	125,34	-38,92	1499,64	101,70	40,21	1795,00	169,12	-70,38
412		0,00	17,850	1311,97	184,13	-50,23	1297,52	167,84	54,22	1523,01	235,44	-93,07
413		0,00	19,750	1008,62	242,66	-58,56	1007,69	241,80	65,70	1155,45	295,26	-110,93
414		0,00	21,650	622,43	301,78	-64,05	619,65	326,41	73,08	702,12	346,85	-122,56
415		0,00	23,000	299,85	343,89	-65,76	275,78	395,01	74,66	337,48	376,56	-125,52

TAB. 7-13

Elemento	Ascissa		Modello 2									
	Relativa	Assoluta	Comb R1			Comb R2			Comb R3			
			M	V	T	M	V	T	M	V	T	
m	m	KNm	KN	KNM	KNm	KN	KNM	KNm	KN	KNM		
Trave 1	101	0,25	0,250	53,71	-625,13	234,44	17,95	-563,73	301,82	107,43	-419,99	-23,60
	103	0,00	1,000	480,84	-577,14	228,78	397,54	-514,34	294,67	404,07	-395,85	-23,15
	104	0,00	2,350	1151,74	-500,70	207,31	977,89	-441,98	266,37	894,70	-349,15	-20,66
	105	0,00	4,250	1930,84	-395,17	174,44	1637,49	-344,44	223,03	1483,06	-282,15	-16,77
	106	0,00	6,150	2519,24	-297,76	132,33	2122,10	-259,58	168,27	1948,05	-212,93	-12,20
	107	0,00	8,050	2932,76	-206,16	83,63	2455,83	-183,42	105,86	2285,57	-142,34	-7,44
	108	0,00	9,950	3182,59	-118,07	30,95	2655,10	-112,32	39,09	2493,10	-71,02	-2,70
	109	0,00	12,000	3272,61	-27,51	-30,95	2724,48	-42,61	-39,09	2570,72	7,16	2,70
	110	0,00	14,050	3188,39	71,23	-83,63	2661,80	39,83	-105,86	2493,00	83,16	7,44
	111	0,00	15,950	2943,74	162,83	-132,33	2468,62	116,00	-168,27	2285,32	153,75	12,20
	112	0,00	17,850	2534,97	260,24	-174,44	2140,62	200,86	-223,03	1947,57	222,97	16,77
	113	0,00	19,750	1950,56	365,78	-207,31	1661,03	298,39	-266,37	1482,28	289,97	20,66
	114	0,00	21,650	1174,27	481,27	-228,78	1005,07	412,32	-294,67	893,62	353,80	23,15
	115	0,00	23,000	489,45	571,87	-234,44	407,97	507,05	-301,82	403,63	396,62	23,60
	116	0,25	23,750	53,71	625,13	-234,44	17,95	563,73	-301,82	107,43	419,99	23,60
	Trave 2	201	0,25	0,250	134,29	-466,00	312,11	141,81	-287,12	305,34	94,40	-516,34
203		0,00	1,000	465,17	-439,13	302,24	356,32	-280,39	295,91	452,72	-478,88	28,03
204		0,00	2,350	1013,70	-387,51	270,79	737,67	-254,01	264,92	1025,56	-417,05	25,33
205		0,00	4,250	1670,70	-313,31	226,36	1215,56	-212,24	220,84	1694,85	-331,50	21,78
206		0,00	6,150	2190,28	-236,55	171,05	1613,27	-160,16	166,32	2207,83	-250,11	16,99
207		0,00	8,050	2567,53	-158,17	107,82	1911,53	-101,38	104,53	2572,37	-171,56	11,00
208		0,00	9,950	2799,36	-78,92	39,75	2097,98	-38,90	38,47	2793,81	-94,66	4,11
209		0,00	12,000	2885,60	7,83	-39,75	2170,57	34,11	-38,47	2873,87	-14,06	-4,11
210		0,00	14,050	2798,23	92,28	-107,82	2094,30	96,94	-104,53	2795,51	70,79	-11,00
211		0,00	15,950	2565,35	170,66	-171,05	1904,38	155,72	-166,32	2575,64	149,34	-16,99
212		0,00	17,850	2187,07	247,42	-226,36	1602,68	207,80	-220,84	2212,61	230,73	-21,78
213		0,00	19,750	1666,56	321,62	-270,79	1201,78	249,57	-264,92	1700,99	316,28	-25,33
214		0,00	21,650	1008,92	392,31	-302,24	721,47	277,23	-295,91	1032,74	407,28	-28,03
215		0,00	23,000	463,37	439,99	-312,11	350,08	285,37	-305,34	455,50	476,56	-29,15
216		0,25	23,750	134,29	466,00	-312,11	141,81	287,12	-305,34	94,40	516,34	-29,15

TAB. 7-14

Elemento	Ascissa		Modello 2									
	Relativa	Assoluta	Comb R1			Comb R2			Comb R3			
	<i>m</i>	<i>m</i>	<i>M</i>	<i>V</i>	<i>T</i>	<i>M</i>	<i>V</i>	<i>T</i>	<i>M</i>	<i>V</i>	<i>T</i>	
			<i>KNm</i>	<i>KN</i>	<i>KNM</i>	<i>KNm</i>	<i>KN</i>	<i>KNM</i>	<i>KNm</i>	<i>KN</i>	<i>KNM</i>	
Trave 3	301	0,25	0,250	125,89	-336,65	185,65	127,42	-231,32	21,91	91,70	-471,00	141,73
	303	0,00	1,000	369,71	-321,06	179,51	300,75	-224,85	20,79	419,80	-437,56	137,36
	304	0,00	2,350	784,78	-285,54	161,21	608,27	-203,17	19,27	946,52	-381,40	122,97
	305	0,00	4,250	1290,10	-233,93	135,72	991,32	-170,09	17,66	1563,64	-303,78	102,52
	306	0,00	6,150	1698,70	-176,77	103,41	1310,64	-128,99	14,73	2038,63	-229,23	77,22
	307	0,00	8,050	2000,10	-115,76	65,64	1551,03	-82,18	10,02	2377,31	-156,70	48,54
	308	0,00	9,950	2187,08	-52,45	24,29	1701,77	-31,94	3,84	2583,48	-85,33	17,87
	309	0,00	12,000	2258,17	19,11	-24,29	1760,09	26,84	-3,84	2658,42	-9,95	-17,87
	310	0,00	14,050	2184,77	84,85	-65,64	1697,81	77,46	-10,02	2584,77	68,40	-48,54
	311	0,00	15,950	1995,69	145,87	-103,41	1543,49	124,26	-14,73	2379,79	140,92	-77,22
	312	0,00	17,850	1692,26	203,02	-135,72	1299,73	165,37	-17,66	2042,27	215,47	-102,52
	313	0,00	19,750	1281,86	254,63	-161,21	977,49	198,44	-19,27	1568,32	293,09	-122,97
	314	0,00	21,650	775,13	299,10	-179,51	592,31	221,50	-20,79	951,97	374,81	-137,36
	315	0,00	23,000	365,96	324,45	-185,65	294,63	229,45	-21,91	421,88	436,14	-141,73
	316	0,25	23,750	125,89	336,65	-185,65	127,42	231,32	-21,91	91,70	471,00	-141,73
	Trave 4	401	0,25	0,250	104,39	-279,71	66,19	56,19	-320,18	-75,27	124,73	-300,16
403		0,00	1,000	304,53	-261,17	64,46	275,47	-293,26	-73,68	343,67	-286,22	123,22
404		0,00	2,350	633,88	-228,58	58,94	618,40	-252,56	-66,24	717,32	-254,72	111,53
405		0,00	4,250	1021,39	-183,81	50,56	1009,71	-198,17	-54,67	1171,48	-208,79	93,58
406		0,00	6,150	1325,13	-139,03	39,17	1302,40	-149,46	-40,54	1538,84	-157,85	70,76
407		0,00	8,050	1544,66	-93,92	25,18	1506,80	-104,45	-25,13	1809,80	-103,40	44,60
408		0,00	9,950	1679,10	-48,46	9,40	1629,60	-61,51	-9,21	1977,74	-46,89	16,48
409		0,00	12,000	1727,79	0,58	-9,40	1672,34	-18,34	9,21	2041,16	16,85	-16,48
410		0,00	14,050	1676,73	49,54	-25,18	1630,55	30,44	25,13	1974,84	75,55	-44,60
411		0,00	15,950	1540,27	94,65	-39,17	1508,71	75,45	40,54	1804,29	130,00	-70,76
412		0,00	17,850	1319,04	139,43	-50,56	1305,37	124,16	54,67	1530,90	180,94	-93,58
413		0,00	19,750	1014,05	184,20	-58,94	1013,78	178,55	66,24	1161,44	226,87	-111,53
414		0,00	21,650	625,78	229,64	-64,46	623,38	240,67	73,68	705,77	266,43	-123,22
415		0,00	23,000	301,47	262,19	-66,19	277,40	290,97	75,27	339,25	289,17	-126,20

TAB. 7-15

Elemento	Ascissa		Modello 2									
	Relativa	Assoluta	Comb A1			Comb A2			Comb A3			
			M	V	T	M	V	T	M	V	T	
	m	m	KNm	KN	KNM	KNm	KN	KNM	KNm	KN	KNM	
Trave 1	101	0,25	0,250	54,20	-611,49	236,00	18,14	-551,65	303,94	108,22	-409,67	-23,47
	103	0,00	1,000	484,60	-564,51	230,31	400,58	-503,32	296,75	407,38	-386,17	-23,02
	104	0,00	2,350	1160,65	-489,72	208,69	985,28	-432,51	268,25	902,15	-340,64	-20,54
	105	0,00	4,250	1945,77	-386,48	175,60	1649,83	-337,06	224,60	1495,45	-275,30	-16,67
	106	0,00	6,150	2538,75	-291,21	133,21	2138,08	-254,02	169,45	1964,31	-207,77	-12,12
	107	0,00	8,050	2955,49	-201,65	84,19	2474,33	-179,49	106,60	2304,61	-138,87	-7,38
	108	0,00	9,950	3207,28	-115,53	31,16	2675,09	-109,92	39,36	2513,86	-69,23	-2,68
	109	0,00	12,000	3298,00	-27,01	-31,16	2745,00	-41,71	-39,36	2592,12	7,12	2,68
	110	0,00	14,050	3213,12	69,54	-84,19	2681,84	38,95	-106,60	2513,77	81,30	7,38
	111	0,00	15,950	2966,55	159,10	-133,21	2487,20	113,48	-169,45	2304,38	150,20	12,12
	112	0,00	17,850	2554,58	254,37	-175,60	2156,73	196,52	-224,60	1963,84	217,73	16,67
	113	0,00	19,750	1965,62	357,62	-208,69	1673,53	291,97	-268,25	1494,69	283,07	20,54
	114	0,00	21,650	1183,33	470,65	-230,31	1012,65	403,46	-296,75	901,10	345,26	23,02
115	0,00	23,000	493,26	559,34	-236,00	411,08	496,18	-303,94	406,96	386,95	23,47	
116	0,25	23,750	54,20	611,49	-236,00	18,14	551,65	-303,94	108,22	409,67	23,47	
Trave 2	201	0,25	0,250	135,29	-455,03	314,34	142,94	-280,71	307,35	95,20	-504,71	29,74
	203	0,00	1,000	468,88	-428,85	304,40	359,11	-274,13	297,86	456,34	-468,07	28,60
	204	0,00	2,350	1021,84	-378,46	272,72	743,44	-248,34	266,66	1033,72	-407,61	25,85
	205	0,00	4,250	1684,12	-306,03	227,98	1225,05	-207,51	222,29	1708,34	-323,98	22,21
	206	0,00	6,150	2207,84	-231,05	172,27	1625,86	-156,58	167,40	2225,42	-244,44	17,33
	207	0,00	8,050	2588,07	-154,47	108,59	1926,45	-99,12	105,22	2592,89	-167,68	11,21
	208	0,00	9,950	2821,74	-77,02	40,03	2114,36	-38,03	38,72	2816,11	-92,56	4,19
	209	0,00	12,000	2908,66	7,79	-40,03	2187,51	33,34	-38,72	2896,82	-13,82	-4,19
	210	0,00	14,050	2820,61	90,30	-108,59	2110,64	94,77	-105,22	2817,83	69,09	-11,21
	211	0,00	15,950	2585,89	166,89	-172,27	1919,24	152,24	-167,40	2596,19	145,84	-17,33
	212	0,00	17,850	2204,62	241,87	-227,98	1615,19	203,16	-222,29	2230,24	225,39	-22,21
	213	0,00	19,750	1679,97	314,30	-272,72	1211,16	244,00	-266,66	1714,53	309,02	-25,85
	214	0,00	21,650	1017,04	383,26	-304,40	727,11	271,04	-297,86	1040,95	398,02	-28,60
215	0,00	23,000	467,07	429,70	-314,34	352,83	279,00	-307,35	459,13	465,79	-29,74	
216	0,25	23,750	135,29	455,03	-314,34	142,94	280,71	-307,35	95,20	504,71	-29,74	

TAB. 7-16

	Elemento	Ascissa		Modello 2								
		Relativa	Assoluta	Comb A1			Comb A2			Comb A3		
				<i>M</i>	<i>V</i>	<i>T</i>	<i>M</i>	<i>V</i>	<i>T</i>	<i>M</i>	<i>V</i>	<i>T</i>
		<i>m</i>	<i>m</i>	<i>KNm</i>	<i>KN</i>	<i>KNM</i>	<i>KNm</i>	<i>KN</i>	<i>KNM</i>	<i>KNm</i>	<i>KN</i>	<i>KNM</i>
Trave 3	301	0,25	0,250	126,85	-328,69	187,18	128,46	-225,73	21,64	92,46	-460,66	142,99
	303	0,00	1,000	372,68	-313,48	180,99	303,26	-219,42	20,52	423,07	-427,93	138,57
	304	0,00	2,350	791,14	-278,81	162,54	613,36	-198,26	19,04	953,86	-373,00	124,06
	305	0,00	4,250	1300,59	-228,44	136,84	999,64	-165,99	17,48	1575,75	-297,08	103,43
	306	0,00	6,150	1712,50	-172,63	104,26	1321,64	-125,88	14,60	2054,43	-224,17	77,90
	307	0,00	8,050	2016,34	-113,03	66,18	1564,05	-80,20	9,94	2395,74	-153,25	48,97
	308	0,00	9,950	2204,82	-51,19	24,49	1716,05	-31,17	3,81	2603,52	-83,47	18,03
	309	0,00	12,000	2276,48	18,72	-24,49	1774,86	26,21	-3,81	2679,05	-9,78	-18,03
	310	0,00	14,050	2202,50	82,93	-66,18	1712,06	75,60	-9,94	2604,82	66,83	-48,97
	311	0,00	15,950	2011,89	142,53	-104,26	1556,45	121,28	-14,60	2398,24	137,74	-77,90
	312	0,00	17,850	1706,02	198,34	-136,84	1310,65	161,39	-17,48	2058,09	210,65	-103,43
	313	0,00	19,750	1292,29	248,71	-162,54	985,69	193,67	-19,04	1580,46	286,57	-124,06
	314	0,00	21,650	781,44	292,09	-180,99	597,28	216,16	-20,52	959,33	366,52	-138,57
	315	0,00	23,000	368,91	316,81	-187,18	297,08	223,92	-21,64	425,16	426,54	-142,99
	316	0,25	23,750	126,85	328,69	-187,18	128,46	225,73	-21,64	92,46	460,66	-142,99
	Trave 4	401	0,25	0,250	105,25	-273,42	66,82	56,59	-311,86	-76,18	125,71	-293,58
403		0,00	1,000	306,97	-255,28	65,08	277,86	-285,64	-74,57	346,33	-279,95	124,21
404		0,00	2,350	638,94	-223,40	59,50	623,88	-246,00	-67,04	722,84	-249,14	112,43
405		0,00	4,250	1029,54	-179,64	51,04	1018,71	-193,04	-55,33	1180,47	-204,22	94,33
406		0,00	6,150	1335,71	-135,87	39,54	1314,02	-145,58	-41,04	1550,63	-154,39	71,33
407		0,00	8,050	1557,01	-91,79	25,42	1520,26	-101,73	-25,44	1823,66	-101,14	44,96
408		0,00	9,950	1692,53	-47,39	9,49	1644,15	-59,90	-9,32	1992,88	-45,87	16,61
409		0,00	12,000	1741,63	0,51	-9,49	1687,27	-17,83	9,32	2056,79	16,48	-16,61
410		0,00	14,050	1690,14	48,35	-25,42	1645,11	29,69	25,44	1989,96	73,91	-44,96
411		0,00	15,950	1552,58	92,42	-39,54	1522,19	73,54	41,04	1818,11	127,16	-71,33
412		0,00	17,850	1329,57	136,19	-51,04	1317,04	121,00	55,33	1542,62	176,99	-94,33
413		0,00	19,750	1022,13	179,96	-59,50	1022,84	173,96	67,04	1170,34	221,91	-112,43
414		0,00	21,650	630,76	224,41	-65,08	628,93	234,46	74,57	711,19	260,60	-124,21
415		0,00	23,000	303,88	256,27	-66,82	279,82	283,42	76,18	341,87	282,83	-127,21

TAB. 7-17

Elemento	Ascissa		Modello 2									
	Relativa	Assoluta	Comb C11			Comb C12			Comb C13			
			M	V	T	M	V	T	M	V	T	
	m	m	KNm	KN	KNM	KNm	KN	KNM	KNm	KN	KNM	
Trave 1	101	0,25	0,250	52,98	-1558,05	232,12	17,65	-1389,68	298,67	106,26	-1125,26	-23,80
	103	0,00	1,000	475,27	-1440,76	226,52	393,03	-1268,20	291,60	399,14	-1057,78	-23,34
	104	0,00	2,350	1138,51	-1251,53	205,26	966,92	-1089,92	263,59	883,63	-931,10	-20,83
	105	0,00	4,250	1908,67	-989,46	172,71	1619,18	-849,75	220,71	1464,67	-750,25	-16,92
	106	0,00	6,150	2490,29	-745,55	131,01	2098,37	-640,44	166,52	1923,92	-566,11	-12,32
	107	0,00	8,050	2899,01	-514,76	82,79	2428,38	-452,24	104,76	2257,29	-380,11	-7,52
	108	0,00	9,950	3145,94	-291,94	30,64	2625,41	-276,31	38,68	2462,29	-193,19	-2,73
	109	0,00	12,000	3234,91	-61,56	-30,64	2694,02	-103,54	-38,68	2538,97	10,31	2,73
	110	0,00	14,050	3151,68	187,12	-82,79	2632,05	100,18	-104,76	2462,18	210,60	7,52
	111	0,00	15,950	2909,88	417,92	-131,01	2441,03	288,38	-166,52	2257,03	396,61	12,32
	112	0,00	17,850	2505,85	661,83	-172,71	2116,70	497,69	-220,71	1923,41	580,74	16,92
	113	0,00	19,750	1928,20	923,89	-205,26	1642,47	737,87	-263,59	1463,85	761,59	20,83
	114	0,00	21,650	1160,81	1207,97	-226,52	993,82	1018,05	-291,60	882,52	937,35	23,34
	115	0,00	23,000	483,79	1428,72	-232,12	403,35	1250,71	-298,67	398,69	1058,35	23,80
	116	0,25	23,750	52,98	1558,05	-232,12	17,65	1389,68	-298,67	106,26	1125,26	23,80
	Trave 2	201	0,25	0,250	132,79	-1216,18	308,81	140,14	-725,26	302,37	93,22	-1311,95
203		0,00	1,000	459,66	-1142,70	299,04	352,17	-708,16	293,03	447,34	-1218,55	27,18
204		0,00	2,350	1001,60	-1006,12	267,92	729,11	-641,50	262,33	1013,44	-1062,47	24,57
205		0,00	4,250	1650,77	-811,20	223,96	1201,47	-536,20	218,69	1674,82	-845,75	21,13
206		0,00	6,150	2164,22	-612,55	169,23	1594,57	-404,76	164,70	2181,70	-638,07	16,50
207		0,00	8,050	2537,02	-411,53	106,67	1889,38	-256,25	103,52	2541,90	-436,62	10,69
208		0,00	9,950	2766,14	-209,26	39,32	2073,67	-98,23	38,10	2760,70	-238,85	4,00
209		0,00	12,000	2851,38	10,63	-39,32	2145,42	86,48	-38,10	2839,79	-30,65	-4,00
210		0,00	14,050	2765,02	227,44	-106,67	2070,03	245,37	-103,52	2762,39	186,84	-10,69
211		0,00	15,950	2534,86	428,45	-169,23	1882,31	393,87	-164,70	2545,15	388,29	-16,50
212		0,00	17,850	2161,03	627,10	-223,96	1584,11	525,31	-218,69	2186,44	595,97	-21,13
213		0,00	19,750	1646,66	822,02	-267,92	1187,86	630,61	-262,33	1680,91	812,68	-24,57
214		0,00	21,650	996,85	1011,89	-299,04	713,10	700,42	-293,03	1020,55	1041,08	-27,18
215		0,00	23,000	457,87	1143,51	-308,81	346,01	720,96	-302,37	450,09	1213,35	-28,27
216		0,25	23,750	132,79	1216,18	-308,81	140,14	725,26	-302,37	93,22	1311,95	-28,27

TAB. 7-18

Elemento	Ascissa		Modello 2									
	Relativa	Assoluta	Comb C11			Comb C12			Comb C13			
			<i>M</i>	<i>V</i>	<i>T</i>	<i>M</i>	<i>V</i>	<i>T</i>	<i>M</i>	<i>V</i>	<i>T</i>	
	<i>m</i>	<i>m</i>	<i>KNm</i>	<i>KN</i>	<i>KNM</i>	<i>KNm</i>	<i>KN</i>	<i>KNM</i>	<i>KNm</i>	<i>KN</i>	<i>KNM</i>	
Trave 3	301	0,25	0,250	124,45	-881,41	183,38	125,87	-613,24	22,32	90,58	-1178,24	139,87
	303	0,00	1,000	365,30	-839,34	177,31	297,04	-596,13	21,19	414,94	-1095,63	135,55
	304	0,00	2,350	775,33	-745,53	159,24	600,71	-538,61	19,62	935,63	-955,76	121,35
	305	0,00	4,250	1274,54	-609,60	134,07	978,98	-450,62	17,94	1545,67	-762,20	101,17
	306	0,00	6,150	1678,22	-460,46	102,15	1294,31	-341,54	14,92	2015,18	-575,25	76,20
	307	0,00	8,050	1976,01	-302,20	64,85	1531,71	-217,60	10,13	2349,95	-392,61	47,90
	308	0,00	9,950	2160,75	-138,58	24,00	1680,57	-84,81	3,88	2553,73	-212,34	17,63
	309	0,00	12,000	2230,98	45,72	-24,00	1738,16	70,43	-3,88	2627,80	-21,30	-17,63
	310	0,00	14,050	2158,46	216,13	-64,85	1676,66	204,28	-10,13	2555,01	176,07	-47,90
	311	0,00	15,950	1971,63	374,39	-102,15	1524,25	328,22	-14,92	2352,41	358,72	-76,20
	312	0,00	17,850	1671,84	523,53	-134,07	1283,53	437,30	-17,94	2018,80	545,66	-101,17
	313	0,00	19,750	1266,37	659,46	-159,24	965,31	525,29	-19,62	1550,31	739,22	-121,35
	314	0,00	21,650	765,78	778,18	-177,31	584,94	586,66	-21,19	941,03	941,77	-135,55
	315	0,00	23,000	361,59	847,44	-183,38	290,98	607,99	-22,32	417,00	1092,77	-139,87
	316	0,25	23,750	124,45	881,41	-183,38	125,87	613,24	-22,32	90,58	1178,24	-139,87
	Trave 4	401	0,25	0,250	103,11	-710,05	65,25	55,59	-889,33	-73,92	123,27	-750,25
403		0,00	1,000	300,91	-664,24	63,54	271,92	-814,13	-72,36	339,72	-715,07	121,76
404		0,00	2,350	626,38	-582,27	58,10	610,27	-700,95	-65,05	709,13	-636,13	110,20
405		0,00	4,250	1009,30	-469,24	49,84	996,34	-549,45	-53,68	1158,14	-521,30	92,46
406		0,00	6,150	1309,42	-355,00	38,62	1285,14	-414,32	-39,80	1521,33	-394,12	69,91
407		0,00	8,050	1526,32	-239,13	24,83	1486,83	-290,01	-24,67	1789,22	-258,28	44,06
408		0,00	9,950	1659,15	-121,89	9,27	1608,01	-171,80	-9,04	1955,26	-117,29	16,28
409		0,00	12,000	1707,26	5,22	-9,27	1650,17	-53,37	9,04	2017,97	41,64	-16,28
410		0,00	14,050	1656,81	130,99	-24,83	1608,93	81,32	24,67	1952,40	188,17	-44,06
411		0,00	15,950	1521,99	246,86	-38,62	1488,69	205,63	39,80	1783,78	324,01	-69,91
412		0,00	17,850	1303,42	361,10	-49,84	1288,05	340,76	53,68	1513,49	451,19	-92,46
413		0,00	19,750	1002,06	474,13	-58,10	1000,33	492,25	65,05	1148,22	566,01	-110,20
414		0,00	21,650	618,39	587,40	-63,54	615,14	665,85	72,36	697,72	665,25	-121,76
415		0,00	23,000	297,89	667,36	-65,25	273,82	806,95	73,92	335,35	722,57	-124,69

TAB. 7-19

Elemento	Ascissa		Modello 2									
	Relativa	Assoluta	Comb C21			Comb C22			Comb C23			
			M	V	T	M	V	T	M	V	T	
	m	m	KNm	KN	KNM	KNm	KN	KNM	KNm	KN	KNM	
Trave 1	101	0,25	0,250	53,20	-1006,52	232,83	17,74	-901,39	299,64	106,62	-708,31	-23,74
	103	0,00	1,000	476,98	-930,20	227,21	394,41	-822,52	292,54	400,65	-666,45	-23,28
	104	0,00	2,350	1142,56	-807,65	205,89	970,27	-706,87	264,44	887,02	-587,06	-20,78
	105	0,00	4,250	1915,46	-638,12	173,24	1624,78	-551,02	221,42	1470,30	-473,51	-16,88
	106	0,00	6,150	2499,15	-480,82	131,42	2105,64	-415,28	167,05	1931,30	-357,32	-12,28
	107	0,00	8,050	2909,34	-332,32	83,05	2436,78	-293,31	105,10	2265,95	-239,54	-7,49
	108	0,00	9,950	3157,16	-189,15	30,74	2634,50	-179,36	38,80	2471,72	-120,97	-2,72
	109	0,00	12,000	3246,45	-41,43	-30,74	2703,35	-67,52	-38,80	2548,69	8,45	2,72
	110	0,00	14,050	3162,92	118,61	-83,05	2641,15	64,50	-105,10	2471,62	135,26	7,49
	111	0,00	15,950	2920,24	267,11	-131,42	2449,47	186,47	-167,05	2265,69	253,03	12,28
	112	0,00	0,000	2514,77	424,42	-173,24	2124,02	322,21	-221,42	1930,80	369,23	16,88
	113	0,00	19,750	1935,04	593,94	-205,89	1648,15	478,05	-264,44	1469,49	482,77	20,78
	114	0,00	21,650	1164,93	778,35	-227,21	997,27	659,95	-292,54	885,92	592,36	23,28
	115	0,00	23,000	485,52	922,16	-232,83	404,77	811,07	-299,64	400,21	667,14	23,74
	116	0,25	23,750	53,20	1006,52	-232,83	17,74	901,39	-299,64	106,62	708,31	23,74
	Trave 2	201	0,25	0,250	133,25	-772,68	309,82	140,65	-466,24	303,28	93,58	-841,59
203		0,00	1,000	461,34	-726,76	300,02	353,44	-455,26	293,91	448,99	-781,27	27,44
204		0,00	2,350	1005,30	-640,40	268,80	731,73	-412,42	263,13	1017,15	-680,90	24,80
205		0,00	4,250	1656,87	-516,85	224,70	1205,78	-344,68	219,35	1680,95	-541,73	21,33
206		0,00	6,150	2172,19	-390,27	169,79	1600,29	-260,16	165,19	2189,70	-408,71	16,65
207		0,00	8,050	2546,36	-261,75	107,03	1896,16	-164,70	103,83	2551,23	-279,92	10,78
208		0,00	9,950	2776,31	-132,20	39,45	2081,11	-63,15	38,21	2770,83	-153,61	4,03
209		0,00	12,000	2861,86	8,97	-39,45	2153,12	55,52	-38,21	2850,22	-20,84	-4,03
210		0,00	14,050	2775,19	147,53	-107,03	2077,46	157,62	-103,83	2772,53	118,23	-10,78
211		0,00	15,950	2544,20	276,05	-169,79	1889,07	253,08	-165,19	2554,48	247,02	-16,65
212		0,00	0,000	2169,00	402,64	-224,70	1589,80	337,60	-219,35	2194,45	380,04	-21,33
213		0,00	19,750	1652,75	526,19	-268,80	1192,12	405,34	-263,13	1687,06	519,22	-24,80
214		0,00	21,650	1000,54	645,61	-300,02	715,66	450,24	-293,91	1024,28	666,38	-27,44
215		0,00	23,000	459,55	727,60	-309,82	347,25	463,44	-303,28	451,75	777,77	-28,54
216		0,25	23,750	133,25	772,68	-309,82	140,65	466,24	-303,28	93,58	841,59	-28,54

TAB. 7-20

	Elemento	Ascissa		Modello 2								
		Relativa	Assoluta	Comb C21			Comb C22			Comb C23		
				<i>M</i>	<i>V</i>	<i>T</i>	<i>M</i>	<i>V</i>	<i>T</i>	<i>M</i>	<i>V</i>	<i>T</i>
		<i>m</i>	<i>m</i>	<i>KNm</i>	<i>KN</i>	<i>KNM</i>	<i>KNm</i>	<i>KN</i>	<i>KNM</i>	<i>KNm</i>	<i>KN</i>	<i>KNM</i>
Trave 3	301	0,25	0,250	124,89	-559,35	184,08	126,34	-387,45	22,19	90,93	-760,13	140,44
	303	0,00	1,000	366,65	-532,93	177,99	298,17	-376,63	21,07	416,42	-706,58	136,10
	304	0,00	2,350	778,22	-473,59	159,85	603,02	-340,30	19,52	938,97	-616,20	121,85
	305	0,00	4,250	1279,30	-387,51	134,57	982,75	-284,77	17,86	1551,17	-491,19	101,58
	306	0,00	6,150	1684,49	-292,75	102,54	1299,31	-215,88	14,86	2022,36	-370,69	76,51
	307	0,00	8,050	1983,38	-191,98	65,09	1537,62	-137,54	10,09	2358,32	-253,14	48,09
	308	0,00	9,950	2168,81	-87,66	24,09	1687,06	-53,55	3,87	2562,84	-137,25	17,70
	309	0,00	12,000	2239,30	29,98	-24,09	1744,87	44,66	-3,87	2637,18	-14,59	-17,70
	310	0,00	14,050	2166,51	138,52	-65,09	1683,13	129,30	-10,09	2564,12	112,42	-48,09
	311	0,00	15,950	1978,99	239,29	-102,54	1530,14	207,64	-14,86	2360,79	229,96	-76,51
	312	0,00	0,000	1678,09	334,05	-134,57	1288,49	276,54	-17,86	2025,98	350,46	-101,58
	313	0,00	19,750	1271,11	420,13	-159,85	969,04	332,06	-19,52	1555,82	475,48	-121,85
	314	0,00	21,650	768,64	494,95	-177,99	587,20	370,78	-21,07	944,38	606,59	-136,10
	315	0,00	23,000	362,93	538,25	-184,08	292,10	384,20	-22,19	418,49	704,58	-140,44
	316	0,25	23,750	124,89	559,35	-184,08	126,34	387,45	-22,19	90,93	760,13	-140,44
	Trave 4	401	0,25	0,250	103,50	-455,64	65,54	55,77	-552,86	-74,34	123,72	-484,16
403		0,00	1,000	302,02	-425,95	63,82	273,01	-506,20	-72,76	340,93	-461,54	122,21
404		0,00	2,350	628,68	-373,17	58,36	612,76	-435,86	-65,41	711,64	-410,64	110,61
405		0,00	4,250	1013,01	-300,50	50,06	1000,44	-341,78	-53,98	1162,22	-336,55	92,80
406		0,00	6,150	1314,23	-227,32	38,79	1290,42	-257,74	-40,03	1526,69	-254,44	70,17
407		0,00	8,050	1531,94	-153,28	24,94	1492,95	-180,31	-24,81	1795,52	-166,72	44,23
408		0,00	9,950	1665,26	-78,48	9,31	1614,62	-106,60	-9,09	1962,14	-75,67	16,34
409		0,00	12,000	1713,54	2,47	-9,31	1656,96	-32,66	9,09	2025,07	26,98	-16,34
410		0,00	14,050	1662,91	82,83	-24,94	1615,55	51,24	24,81	1959,27	121,59	-44,23
411		0,00	15,950	1527,59	156,87	-38,79	1494,82	128,67	40,03	1790,06	209,31	-70,17
412		0,00	0,000	1308,20	230,05	-50,06	1293,35	212,71	53,98	1518,82	291,42	-92,80
413		0,00	19,750	1005,73	302,73	-58,36	1004,45	306,79	65,41	1152,27	365,52	-110,61
414		0,00	21,650	620,65	375,90	-63,82	617,66	414,49	72,76	700,18	429,47	-122,21
415		0,00	23,000	298,99	427,83	-65,54	274,92	501,91	74,34	336,54	466,35	-125,15

TAB. 7-21

Elemento	Ascissa		Modello 2									
	Relativa	Assoluta	Comb C31			Comb C32			Comb C33			
			M	V	T	M	V	T	M	V	T	
	m	m	KNm	KN	KNM	KNm	KN	KNM	KNm	KN	KNM	
Trave 1	101	0,25	0,250	53,52	-714,74	233,84	17,87	-643,06	301,01	107,13	-487,73	-23,65
	103	0,00	1,000	479,41	-660,09	228,20	396,38	-586,75	293,88	402,79	-459,43	-23,20
	104	0,00	2,350	1148,32	-572,82	206,78	975,05	-504,22	265,66	891,84	-405,05	-20,70
	105	0,00	4,250	1925,11	-452,25	173,99	1632,76	-392,98	222,43	1478,31	-327,11	-16,81
	106	0,00	6,150	2511,76	-340,77	131,99	2115,97	-296,17	167,82	1941,82	-246,86	-12,23
	107	0,00	8,050	2924,04	-235,80	83,41	2448,74	-209,24	105,58	2278,26	-165,18	-7,46
	108	0,00	9,950	3173,12	-134,77	30,87	2647,43	-128,07	38,98	2485,14	-82,75	-2,71
	109	0,00	12,000	3262,87	-30,78	-30,87	2716,61	-48,46	-38,98	2562,52	7,47	2,71
	110	0,00	14,050	3178,91	82,37	-83,41	2654,11	45,63	-105,58	2485,04	95,40	7,46
	111	0,00	15,950	2934,99	187,34	-131,99	2461,49	132,56	-167,82	2278,01	177,08	12,23
	112	0,00	0,000	2527,45	298,82	-173,99	2134,44	229,37	-222,43	1941,33	257,33	16,81
	113	0,00	19,750	1944,78	419,38	-206,78	1656,23	340,61	-265,66	1477,52	335,27	20,70
	114	0,00	21,650	1170,79	551,07	-228,20	1002,17	470,50	-293,88	890,75	409,85	23,20
	115	0,00	23,000	487,99	654,17	-233,84	406,78	578,48	-301,01	402,36	460,19	23,65
	116	0,25	23,750	53,52	714,74	-233,84	17,87	643,06	-301,01	107,13	487,73	23,65
	Trave 2	201	0,25	0,250	133,90	-538,06	311,26	141,38	-329,20	304,57	94,10	-592,76
203		0,00	1,000	463,74	-506,71	301,42	355,25	-321,47	295,17	451,33	-549,93	27,81
204		0,00	2,350	1010,57	-446,93	270,05	735,46	-291,23	264,25	1022,43	-479,04	25,14
205		0,00	4,250	1665,55	-361,13	225,74	1211,92	-243,36	220,29	1689,67	-380,89	21,61
206		0,00	6,150	2183,55	-272,67	170,58	1608,44	-183,65	165,90	2201,08	-287,37	16,87
207		0,00	8,050	2559,65	-182,51	107,52	1905,80	-116,26	104,27	2564,50	-197,02	10,92
208		0,00	9,950	2790,78	-91,44	39,64	2091,70	-44,60	38,37	2785,25	-108,51	4,08
209		0,00	12,000	2876,76	8,10	-39,64	2164,07	39,14	-38,37	2865,06	-15,66	-4,08
210		0,00	14,050	2789,65	105,26	-107,52	2088,03	111,20	-104,27	2786,96	81,94	-10,92
211		0,00	15,950	2557,48	195,42	-170,58	1898,68	178,59	-165,90	2567,77	172,29	-16,87
212		0,00	0,000	2180,35	283,89	-225,74	1597,88	238,30	-220,29	2205,85	265,81	-21,61
213		0,00	19,750	1661,42	369,68	-270,05	1198,19	286,17	-264,25	1695,81	363,96	-25,14
214		0,00	21,650	1005,80	451,83	-301,42	719,31	317,88	-295,17	1029,59	468,16	-27,81
215		0,00	23,000	461,95	507,57	-311,26	349,03	327,21	-304,57	454,10	547,33	-28,92
216		0,25	23,750	133,90	538,06	-311,26	141,38	329,20	-304,57	94,10	592,76	-28,92

TAB. 7-22

Elemento	Ascissa		Modello 2									
	Relativa	Assoluta	Comb C31			Comb C32			Comb C33			
			<i>M</i>	<i>V</i>	<i>T</i>	<i>M</i>	<i>V</i>	<i>T</i>	<i>M</i>	<i>V</i>	<i>T</i>	
	<i>m</i>	<i>m</i>	<i>KNm</i>	<i>KN</i>	<i>KNM</i>	<i>KNm</i>	<i>KN</i>	<i>KNM</i>	<i>KNm</i>	<i>KN</i>	<i>KNM</i>	
Trave 3	301	0,25	0,250	125,52	-388,98	185,06	127,02	-268,00	22,02	91,42	-538,93	141,25
	303	0,00	1,000	368,57	-370,84	178,94	299,79	-260,51	20,89	418,54	-500,77	136,89
	304	0,00	2,350	782,34	-329,72	160,71	606,32	-235,39	19,36	943,71	-436,57	122,55
	305	0,00	4,250	1286,08	-270,01	135,30	988,13	-197,04	17,74	1559,00	-347,81	102,17
	306	0,00	6,150	1693,41	-204,02	103,09	1306,42	-149,40	14,77	2032,58	-262,46	76,95
	307	0,00	8,050	1993,88	-133,67	65,44	1546,04	-95,19	10,04	2370,24	-179,36	48,37
	308	0,00	9,950	2180,28	-60,73	24,22	1696,29	-37,02	3,85	2575,80	-97,53	17,80
	309	0,00	12,000	2251,15	21,66	-24,22	1754,42	31,03	-3,85	2650,51	-11,04	-17,80
	310	0,00	14,050	2177,98	97,46	-65,44	1692,35	89,64	-10,04	2577,08	78,74	-48,37
	311	0,00	15,950	1989,47	167,82	-103,09	1538,52	143,85	-14,77	2372,72	161,84	-76,95
	312	0,00	0,000	1686,99	233,81	-135,30	1295,55	191,49	-17,74	2036,21	247,19	-102,17
	313	0,00	19,750	1277,86	293,51	-160,71	974,34	229,84	-19,36	1563,67	335,95	-122,55
	314	0,00	21,650	772,72	345,11	-178,94	590,41	256,57	-20,89	949,14	429,27	-136,89
	315	0,00	23,000	364,83	374,69	-185,06	293,69	265,81	-22,02	420,62	499,22	-141,25
	316	0,25	23,750	125,52	388,98	-185,06	127,02	268,00	-22,02	91,42	538,93	-141,25
	Trave 4	401	0,25	0,250	104,06	-321,04	65,95	56,03	-374,85	-74,92	124,35	-343,39
403		0,00	1,000	303,60	-299,89	64,22	274,55	-343,29	-73,34	342,65	-327,41	122,84
404		0,00	2,350	631,95	-262,55	58,72	616,30	-295,63	-65,93	715,20	-291,36	111,19
405		0,00	4,250	1018,27	-211,23	50,37	1006,26	-231,91	-54,41	1168,04	-238,81	93,29
406		0,00	6,150	1321,07	-159,77	39,02	1297,94	-174,90	-40,35	1534,32	-180,54	70,54
407		0,00	8,050	1539,92	-107,87	25,09	1501,65	-122,27	-25,01	1804,49	-118,28	44,46
408		0,00	9,950	1673,94	-55,51	9,37	1624,03	-72,10	-9,16	1971,93	-53,66	16,43
409		0,00	12,000	1722,49	1,02	-9,37	1666,61	-21,71	9,16	2035,17	19,23	-16,43
410		0,00	14,050	1671,58	57,36	-25,09	1624,96	35,32	25,01	1969,04	86,37	-44,46
411		0,00	15,950	1535,55	109,27	-39,02	1503,54	87,95	40,35	1799,00	148,63	-70,54
412		0,00	0,000	1315,01	160,72	-50,37	1300,90	144,97	54,41	1526,40	206,90	-93,29
413		0,00	19,750	1010,96	212,05	-58,72	1010,31	208,68	65,93	1158,02	259,45	-111,19
414		0,00	21,650	623,87	264,00	-64,22	621,25	281,51	73,34	703,69	304,74	-122,84
415		0,00	23,000	300,54	301,11	-65,95	276,48	340,53	74,92	338,24	330,80	-125,81

TAB. 7-23

Elemento	Ascissa		Modello 2									
	Relativa	Assoluta	Comb C41			Comb C42			Comb C43			
			M	V	T	M	V	T	M	V	T	
	m	m	KNm	KN	KNM	KNm	KN	KNM	KNm	KN	KNM	
Trave 1	101	0,25	0,250	53,64	-655,02	234,21	17,92	-590,19	301,51	107,32	-442,59	-23,62
	103	0,00	1,000	480,30	-604,81	228,56	397,10	-538,49	294,37	403,58	-417,06	-23,17
	104	0,00	2,350	1150,44	-524,76	207,11	976,81	-462,74	266,10	893,61	-367,80	-20,68
	105	0,00	4,250	1928,67	-414,21	174,27	1635,70	-360,63	222,80	1481,26	-297,15	-16,79
	106	0,00	6,150	2516,41	-312,11	132,20	2119,78	-271,79	168,10	1945,69	-224,25	-12,21
	107	0,00	8,050	2929,46	-216,05	83,55	2453,14	-192,03	105,75	2282,80	-149,96	-7,44
	108	0,00	9,950	3179,00	-123,64	30,92	2652,19	-117,57	39,05	2490,09	-74,93	-2,70
	109	0,00	12,000	3268,92	-28,60	-30,92	2721,50	-44,56	-39,05	2567,62	7,26	2,70
	110	0,00	14,050	3184,80	74,95	-83,55	2658,89	41,76	-105,75	2489,99	87,24	7,44
	111	0,00	15,950	2940,42	171,01	-132,20	2465,92	121,52	-168,10	2282,55	161,53	12,21
	112	0,00	0,000	2532,12	273,11	-174,27	2138,28	210,37	-222,80	1945,20	234,43	16,79
	113	0,00	19,750	1948,37	383,66	-207,11	1659,21	312,48	-266,10	1480,47	305,08	20,68
	114	0,00	21,650	1172,95	504,56	-228,56	1003,97	431,73	-294,37	892,53	372,49	23,17
	115	0,00	23,000	488,90	599,33	-234,21	407,52	530,88	-301,51	403,15	417,83	23,62
	116	0,25	23,750	53,64	655,02	-234,21	17,92	590,19	-301,51	107,32	442,59	23,62
	Trave 2	201	0,25	0,250	134,14	-490,04	311,79	141,65	-301,16	305,05	94,29	-541,83
203		0,00	1,000	464,63	-461,68	301,93	355,91	-294,09	295,63	452,19	-502,58	27,95
204		0,00	2,350	1012,51	-407,33	270,51	736,83	-266,43	264,66	1024,37	-437,73	25,26
205		0,00	4,250	1668,75	-329,26	226,13	1214,18	-222,63	220,63	1692,89	-347,98	21,71
206		0,00	6,150	2187,73	-248,60	170,87	1611,44	-168,00	166,16	2205,27	-262,54	16,95
207		0,00	8,050	2564,54	-166,29	107,71	1909,36	-106,34	104,43	2569,39	-180,05	10,97
208		0,00	9,950	2796,11	-83,10	39,70	2095,60	-40,80	38,43	2790,57	-99,28	4,10
209		0,00	12,000	2882,26	7,92	-39,70	2168,11	35,78	-38,43	2870,53	-14,59	-4,10
210		0,00	14,050	2794,98	96,61	-107,71	2091,92	101,70	-104,43	2792,27	74,51	-10,97
211		0,00	15,950	2562,37	178,92	-170,87	1902,22	163,35	-166,16	2572,66	156,99	-16,95
212		0,00	0,000	2184,53	259,58	-226,13	1600,86	217,98	-220,63	2210,05	242,43	-21,71
213		0,00	19,750	1664,61	337,65	-270,51	1200,42	261,78	-264,66	1699,03	332,19	-25,26
214		0,00	21,650	1007,73	412,17	-301,93	720,65	290,79	-295,63	1031,55	427,59	-27,95
215		0,00	23,000	462,83	462,53	-311,79	349,68	299,32	-305,05	454,97	500,17	-29,06
216		0,25	23,750	134,14	490,04	-311,79	141,65	301,16	-305,05	94,29	541,83	-29,06

TAB. 7-24

	Elemento	Ascissa		Modello 2								
		Relativa	Assoluta	Comb C41			Comb C42			Comb C43		
				<i>M</i>	<i>V</i>	<i>T</i>	<i>M</i>	<i>V</i>	<i>T</i>	<i>M</i>	<i>V</i>	<i>T</i>
		<i>m</i>	<i>m</i>	<i>KNm</i>	<i>KN</i>	<i>KNM</i>	<i>KNm</i>	<i>KN</i>	<i>KNM</i>	<i>KNm</i>	<i>KN</i>	<i>KNM</i>
Trave 3	301	0,25	0,250	125,75	-354,11	185,43	127,27	-243,56	21,95	91,60	-493,66	141,55
	303	0,00	1,000	369,28	-337,66	179,29	300,39	-236,75	20,83	419,32	-458,64	137,18
	304	0,00	2,350	783,85	-300,28	161,02	607,53	-213,92	19,31	945,46	-399,80	122,81
	305	0,00	4,250	1288,58	-245,97	135,56	990,11	-179,08	17,69	1561,88	-318,47	102,38
	306	0,00	6,150	1696,69	-185,86	103,29	1309,04	-135,80	14,74	2036,34	-240,31	77,12
	307	0,00	8,050	1997,74	-121,73	65,57	1549,14	-86,52	10,03	2374,63	-164,26	48,48
	308	0,00	9,950	2184,50	-55,21	24,26	1699,69	-33,64	3,85	2580,57	-89,40	17,84
	309	0,00	12,000	2255,51	19,96	-24,26	1757,94	28,24	-3,85	2655,43	-10,31	-17,84
	310	0,00	14,050	2182,20	89,06	-65,57	1695,74	81,52	-10,03	2581,86	71,85	-48,48
	311	0,00	15,950	1993,33	153,19	-103,29	1541,61	130,80	-14,74	2377,11	147,90	-77,12
	312	0,00	0,000	1690,26	213,29	-135,56	1298,15	174,08	-17,69	2039,97	226,06	-102,38
	313	0,00	19,750	1280,34	267,60	-161,02	976,30	208,92	-19,31	1566,56	307,39	-122,81
	314	0,00	21,650	774,22	314,45	-179,29	591,59	233,20	-20,83	950,90	392,98	-137,18
	315	0,00	23,000	365,54	341,21	-185,43	294,27	241,58	-21,95	421,40	457,18	-141,55
	316	0,25	23,750	125,75	354,11	-185,43	127,27	243,56	-21,95	91,60	493,66	-141,55
	Trave 4	401	0,25	0,250	104,26	-293,50	66,10	56,13	-338,42	-75,14	124,59	-314,58
403		0,00	1,000	304,18	-274,09	64,37	275,12	-309,95	-73,55	343,28	-299,96	123,08
404		0,00	2,350	633,15	-239,91	58,86	617,60	-266,92	-66,12	716,52	-266,94	111,40
405		0,00	4,250	1020,21	-192,96	50,49	1008,40	-209,43	-54,57	1170,18	-218,81	93,47
406		0,00	6,150	1323,59	-145,95	39,11	1300,71	-157,94	-40,47	1537,13	-165,42	70,68
407		0,00	8,050	1542,86	-98,57	25,15	1504,85	-110,39	-25,08	1807,79	-108,37	44,54
408		0,00	9,950	1677,15	-50,81	9,39	1627,49	-65,04	-9,19	1975,54	-49,15	16,46
409		0,00	12,000	1725,78	0,72	-9,39	1670,17	-19,47	9,19	2038,89	17,64	-16,46
410		0,00	14,050	1674,78	52,15	-25,15	1628,43	32,07	25,08	1972,64	79,16	-44,54
411		0,00	15,950	1538,48	99,52	-39,11	1506,75	79,62	40,47	1802,29	136,21	-70,68
412		0,00	0,000	1317,51	146,53	-50,49	1303,68	131,10	54,57	1529,19	189,60	-93,47
413		0,00	19,750	1012,88	193,49	-58,86	1012,47	188,60	66,12	1160,15	237,74	-111,40
414		0,00	21,650	625,06	241,10	-64,37	622,57	254,30	73,55	704,98	279,21	-123,08
415		0,00	23,000	301,12	275,17	-66,10	277,05	307,50	75,14	338,86	303,06	-126,05

TAB. 7-25

7.1.8. Verifiche – Trave Laterale 1

Nella presente sezione, coerentemente a quanto imposto dalle NTC, § 4.1.2.2, viene dichiarata l'evoluzione dello stato tensionale nella sezione trasversale della **trave di bordo 1**, in corrispondenza della fibra inferiore e superiore della stessa trave e dell'estradosso della soletta. In particolare gli sforzi dichiarati sono ottenuti applicando sull'impalcato i valori delle azioni introdotte nelle precedenti sezioni, combinate secondo la combinazione *quasi permanente*, frequente e *caratteristica (rara)* (Si vedano le espressioni (2.5.2) e (2.5.4) riportata nelle NTC, § 2.5.3, ed i relativi coefficienti di combinazione definiti nelle NTC, tab. 5.1.VI § 5.1.3.12.

Viene inoltre dichiarata la variazione di tensione durante le fasi costruttive in corrispondenza del C.R. Le verifiche vengono svolte in corrispondenza della sezione di mezzeria.

7.1.8.1. Caratteristiche geometriche della sezione trasversale

Sezione trasversale di mezzeria				$x = 12,000 \text{ m}$	
	Fase 1 e Fase 2		Fase 3		
	Sezione lorda	Sezione omogeneizzata	Sezione lorda	Sezione omogeneizzata	
h	1400 mm	1400 mm	1660 mm	1660 mm	
A	679 600 mm ²	706 354 mm ²	1 445 919 mm ²	1 472 672 mm ²	
S	4,684E+08 mm ³	4,734E+08 mm ³	1,641E+09 mm ³	1,646E+09 mm ³	
y _{inf}	689,3 mm	670 mm	1135 mm	1118 mm	
J _X	4,912E+11 mm ⁴	4,940E+11 mm ⁴	2,289E+12 mm ⁴	2,292E+12 mm ⁴	
J _{G3}	1,683E+11 mm ⁴	1,768E+11 mm ⁴	4,272E+11 mm ⁴	4,529E+11 mm ⁴	
A*	334 200 mm ²	334 200 mm ²	972 200 mm ²	972 200 mm ²	
y*	462,1 mm	462 mm	346,0 mm	346 mm	
S*	1,544E+08 mm ³	1,544E+08 mm ³	3,364E+08 mm ³	3,364E+08 mm ³	
t _w	140 mm	140 mm	140 mm	140 mm	
A _{SH}	152 569 mm ²	160 293 mm ²	177 791 mm ²	188 487 mm ²	
2Ω _{t_{min}}	5,773E+08 mm ³	5,773E+08 mm ³	5,773E+08 mm ³	5,773E+08 mm ³	
J _{TORQUE}	1,171E+11 mm ⁴	1,171E+11 mm ⁴	1,171E+11 mm ⁴	1,171E+11 mm ⁴	
W _{sol}			9,135E+08 mm ³	9,377E+08 mm ³	
W _{sup}	2,368E+08 mm ³	2,423E+08 mm ³	1,611E+09 mm ³	1,604E+09 mm ³	
W _G					
W _{GP}	3,330E+08 mm ³	3,636E+08 mm ³	4,492E+08 mm ³	4,850E+08 mm ³	
W _{inf}	2,442E+08 mm ³	2,638E+08 mm ³	3,764E+08 mm ³	4,052E+08 mm ³	

Sezione trasversale intermedia

$x = 9,950 \text{ m}$

	Fase 1 e Fase 2		Fase 3	
	Sezione lorda	Sezione omogeneizzata	Sezione lorda	Sezione omogeneizzata
h	1400 mm	1400 mm	1660 mm	1660 mm
A	679 600 mm ²	706 354 mm ²	1 445 919 mm ²	1 472 672 mm ²
S	4,684E+08 mm ³	4,734E+08 mm ³	1,641E+09 mm ³	1,646E+09 mm ³
y _{inf}	689,3 mm	670 mm	1135 mm	1118 mm
J _X	4,912E+11 mm ⁴	4,940E+11 mm ⁴	2,289E+12 mm ⁴	2,292E+12 mm ⁴
J _{G3}	1,683E+11 mm ⁴	1,768E+11 mm ⁴	4,272E+11 mm ⁴	4,529E+11 mm ⁴
A*	334 200 mm ²	334 200 mm ²	972 200 mm ²	972 200 mm ²
y*	462,1 mm	462 mm	346 mm	346 mm
S*	1,544E+08 mm ³	1,544E+08 mm ³	3,364E+08 mm ³	3,364E+08 mm ³
t _w	140 mm	140 mm	140 mm	140 mm
A _{SH}	152 569 mm ²	160 293 mm ²	177 791 mm ²	188 487 mm ²
2Ω _{t_{min}}	5,773E+08 mm ³	5,773E+08 mm ³	5,773E+08 mm ³	5,773E+08 mm ³
J _{TORQUE}	1,171E+11 mm ⁴	1,171E+11 mm ⁴	1,171E+11 mm ⁴	1,171E+11 mm ⁴
W _{sol}			9,135E+08 mm ³	9,377E+08 mm ³
W _{sup}	2,368E+08 mm ³	2,423E+08 mm ³	1,611E+09 mm ³	1,604E+09 mm ³
W _G				
W _{GP}	3,330E+08 mm ³	3,636E+08 mm ³	4,492E+08 mm ³	4,850E+08 mm ³
W _{inf}	2,442E+08 mm ³	2,638E+08 mm ³	3,764E+08 mm ³	4,052E+08 mm ³

Sezione trasversale intermedia

$x = 8,050 m$

	Fase 1 e Fase 2		Fase 3	
	Sezione lorda	Sezione omogeneizzata	Sezione lorda	Sezione omogeneizzata
h	1400 mm	1400 mm	1660 mm	1660 mm
A	679 600 mm ²	706 354 mm ²	1 445 919 mm ²	1 472 672 mm ²
S	4,684E+08 mm ³	4,734E+08 mm ³	1,641E+09 mm ³	1,646E+09 mm ³
y _{inf}	689,3 mm	670 mm	1135 mm	1118 mm
J _X	4,912E+11 mm ⁴	4,940E+11 mm ⁴	2,289E+12 mm ⁴	2,292E+12 mm ⁴
J _{G3}	1,683E+11 mm ⁴	1,768E+11 mm ⁴	4,272E+11 mm ⁴	4,529E+11 mm ⁴
A*	334 200 mm ²	334 200 mm ²	972 200 mm ²	972 200 mm ²
y*	462,1 mm	462 mm	346 mm	346 mm
S*	1,544E+08 mm ³	1,544E+08 mm ³	3,364E+08 mm ³	3,364E+08 mm ³
t _w	140 mm	140 mm	140 mm	140 mm
A _{SH}	152 569 mm ²	160 293 mm ²	177 791 mm ²	188 487 mm ²
2Ω _{t_{min}}	5,773E+08 mm ³	5,773E+08 mm ³	5,773E+08 mm ³	5,773E+08 mm ³
J _{TORQUE}	1,171E+11 mm ⁴	1,171E+11 mm ⁴	1,171E+11 mm ⁴	1,171E+11 mm ⁴
W _{sol}			9,135E+08 mm ³	9,377E+08 mm ³
W _{sup}	2,368E+08 mm ³	2,423E+08 mm ³	1,611E+09 mm ³	1,604E+09 mm ³
W _G				
W _{GP}	3,330E+08 mm ³	3,636E+08 mm ³	4,492E+08 mm ³	4,850E+08 mm ³
W _{inf}	2,442E+08 mm ³	2,638E+08 mm ³	3,764E+08 mm ³	4,052E+08 mm ³

Sezione trasversale ai quarti

$x = 6,150 m$

	Fase 1 e Fase 2		Fase 3	
	Sezione lorda	Sezione omogeneizzata	Sezione lorda	Sezione omogeneizzata
h	1400 mm	1400 mm	1660 mm	1660 mm
A	679 600 mm ²	706 354 mm ²	1 445 919 mm ²	1 472 672 mm ²
S	4,684E+08 mm ³	4,734E+08 mm ³	1,641E+09 mm ³	1,646E+09 mm ³
y _{inf}	689,3 mm	670 mm	1135 mm	1118 mm
J _X	4,912E+11 mm ⁴	4,940E+11 mm ⁴	2,289E+12 mm ⁴	2,292E+12 mm ⁴
J _{G3}	1,683E+11 mm ⁴	1,768E+11 mm ⁴	4,272E+11 mm ⁴	4,529E+11 mm ⁴
A*	334 200 mm ²	334 200 mm ²	972 200 mm ²	972 200 mm ²
y*	462,1 mm	462 mm	346 mm	346 mm
S*	1,544E+08 mm ³	1,544E+08 mm ³	3,364E+08 mm ³	3,364E+08 mm ³
t _w	140 mm	140 mm	140 mm	140 mm
A _{SH}	152 569 mm ²	160 293 mm ²	177 791 mm ²	188 487 mm ²
2Ω _{t_{min}}	5,773E+08 mm ³	5,773E+08 mm ³	5,773E+08 mm ³	5,773E+08 mm ³
J _{TORQUE}	1,171E+11 mm ⁴	1,171E+11 mm ⁴	1,171E+11 mm ⁴	1,171E+11 mm ⁴
W _{sol}			9,135E+08 mm ³	9,377E+08 mm ³
W _{sup}	2,368E+08 mm ³	2,423E+08 mm ³	1,611E+09 mm ³	1,604E+09 mm ³
W _G				
W _{GP}	3,330E+08 mm ³	3,636E+08 mm ³	4,492E+08 mm ³	4,850E+08 mm ³
W _{inf}	2,442E+08 mm ³	2,638E+08 mm ³	3,764E+08 mm ³	4,052E+08 mm ³

Sezione trasversale intermedia

$x = 4,250 \text{ m}$

	Fase 1 e Fase 2		Fase 3	
	Sezione lorda	Sezione omogeneizzata	Sezione lorda	Sezione omogeneizzata
h	1400 mm	1400 mm	1660 mm	1660 mm
A	679 600 mm ²	706 354 mm ²	1 445 919 mm ²	1 472 672 mm ²
S	4,684E+08 mm ³	4,734E+08 mm ³	1,641E+09 mm ³	1,646E+09 mm ³
y _{inf}	689,3 mm	670 mm	1135 mm	1118 mm
J _X	4,912E+11 mm ⁴	4,940E+11 mm ⁴	2,289E+12 mm ⁴	2,292E+12 mm ⁴
J _{G3}	1,683E+11 mm ⁴	1,768E+11 mm ⁴	4,272E+11 mm ⁴	4,529E+11 mm ⁴
A*	334 200 mm ²	334 200 mm ²	972 200 mm ²	972 200 mm ²
y*	462,1 mm	462 mm	346 mm	346 mm
S*	1,544E+08 mm ³	1,544E+08 mm ³	3,364E+08 mm ³	3,364E+08 mm ³
t _w	140 mm	140 mm	140 mm	140 mm
A _{SH}	152 569 mm ²	160 293 mm ²	177 791 mm ²	188 487 mm ²
2Ω _{t_{min}}	5,773E+08 mm ³	5,773E+08 mm ³	5,773E+08 mm ³	5,773E+08 mm ³
J _{TORQUE}	1,171E+11 mm ⁴	1,171E+11 mm ⁴	1,171E+11 mm ⁴	1,171E+11 mm ⁴
W _{sol}			9,135E+08 mm ³	9,377E+08 mm ³
W _{sup}	2,368E+08 mm ³	2,423E+08 mm ³	1,611E+09 mm ³	1,604E+09 mm ³
W _G				
W _{GP}	3,330E+08 mm ³	3,636E+08 mm ³	4,492E+08 mm ³	4,850E+08 mm ³
W _{inf}	2,442E+08 mm ³	2,638E+08 mm ³	3,764E+08 mm ³	4,052E+08 mm ³

Sezione trasversale intermedia

$x = 2,350 m$

	Fase 1 e Fase 2		Fase 3	
	Sezione lorda	Sezione omogeneizzata	Sezione lorda	Sezione omogeneizzata
h	1400 mm	1400 mm	1660 mm	1660 mm
A	679 600 mm ²	706 354 mm ²	1 445 919 mm ²	1 472 672 mm ²
S	4,684E+08 mm ³	4,734E+08 mm ³	1,641E+09 mm ³	1,646E+09 mm ³
y _{inf}	689,3 mm	670 mm	1135 mm	1118 mm
J _X	4,912E+11 mm ⁴	4,940E+11 mm ⁴	2,289E+12 mm ⁴	2,292E+12 mm ⁴
J _{G3}	1,683E+11 mm ⁴	1,768E+11 mm ⁴	4,272E+11 mm ⁴	4,529E+11 mm ⁴
A*	334 200 mm ²	334 200 mm ²	972 200 mm ²	972 200 mm ²
y*	462,1 mm	462 mm	346 mm	346 mm
S*	1,544E+08 mm ³	1,544E+08 mm ³	3,364E+08 mm ³	3,364E+08 mm ³
t _w	140 mm	140 mm	140 mm	140 mm
A _{SH}	152 569 mm ²	160 293 mm ²	177 791 mm ²	188 487 mm ²
2Ω _{t_{min}}	5,773E+08 mm ³	5,773E+08 mm ³	5,773E+08 mm ³	5,773E+08 mm ³
J _{TORQUE}	1,171E+11 mm ⁴	1,171E+11 mm ⁴	1,171E+11 mm ⁴	1,171E+11 mm ⁴
W _{sol}			9,135E+08 mm ³	9,377E+08 mm ³
W _{sup}	2,368E+08 mm ³	2,423E+08 mm ³	1,611E+09 mm ³	1,604E+09 mm ³
W _G				
W _{GP}	3,330E+08 mm ³	3,636E+08 mm ³	4,492E+08 mm ³	4,850E+08 mm ³
W _{inf}	2,442E+08 mm ³	2,638E+08 mm ³	3,764E+08 mm ³	4,052E+08 mm ³

Sezione trasversale in corrispondenza del termine della rastremazione $x = 1,000 m$

	Fase 1 e Fase 2		Fase 3	
	Sezione lorda	Sezione omogeneizzata	Sezione lorda	Sezione omogeneizzata
h	1400 mm	1400 mm	1660 mm	1660 mm
A	679 600 mm ²	705 138 mm ²	1 445 919 mm ²	1 471 456 mm ²
S	4,684E+08 mm ³	4,733E+08 mm ³	1,641E+09 mm ³	1,646E+09 mm ³
y _{inf}	689,3 mm	671 mm	1135 mm	1118 mm
J _X	4,912E+11 mm ⁴	4,940E+11 mm ⁴	2,289E+12 mm ⁴	2,292E+12 mm ⁴
J _{G3}	1,683E+11 mm ⁴	1,764E+11 mm ⁴	4,272E+11 mm ⁴	4,515E+11 mm ⁴
A*	334 200 mm ²	334 200 mm ²	972 200 mm ²	972 200 mm ²
y*	462,1 mm	462 mm	346 mm	346 mm
S*	1,544E+08 mm ³	1,544E+08 mm ³	3,364E+08 mm ³	3,364E+08 mm ³
t _w	140 mm	140 mm	140 mm	140 mm
A _{SH}	152 569 mm ²	159 875 mm ²	177 791 mm ²	187 915 mm ²
2Ω _{t_{min}}	5,773E+08 mm ³	5,773E+08 mm ³	5,773E+08 mm ³	5,773E+08 mm ³
J _{TORQUE}	1,171E+11 mm ⁴	1,171E+11 mm ⁴	1,171E+11 mm ⁴	1,171E+11 mm ⁴
W _{sol}			9,135E+08 mm ³	9,363E+08 mm ³
W _{sup}	2,368E+08 mm ³	2,420E+08 mm ³	1,611E+09 mm ³	1,604E+09 mm ³
W _G				
W _{GP}	3,371E+08 mm ³	3,665E+08 mm ³	4,521E+08 mm ³	4,863E+08 mm ³
W _{inf}	2,442E+08 mm ³	2,627E+08 mm ³	3,764E+08 mm ³	4,037E+08 mm ³

Sezione trasversale in appoggio

$x = 0,250 \text{ m}$

	Fase 1 e Fase 2		Fase 3	
	Sezione lorda	Sezione omogeneizzata	Sezione lorda	Sezione omogeneizzata
h	1400 mm	1400 mm	1660 mm	1660 mm
A	1 010 700 mm ²	1 036 238 mm ²	1 777 019 mm ²	1 802 556 mm ²
S	7,365E+08 mm ³	7,413E+08 mm ³	1,909E+09 mm ³	1,914E+09 mm ³
y _{inf}	728,7 mm	715 mm	1074 mm	1062 mm
J _X	7,472E+11 mm ⁴	7,500E+11 mm ⁴	2,545E+12 mm ⁴	2,548E+12 mm ⁴
J _{G3}	2,105E+11 mm ⁴	2,197E+11 mm ⁴	4,947E+11 mm ⁴	5,163E+11 mm ⁴
A*	511 600 mm ²	511 600 mm ²	1 081 400 mm ²	1 081 400 mm ²
y*	401 mm	401 mm	380 mm	380 mm
S*	2,049E+08 mm ³	2,049E+08 mm ³	4,107E+08 mm ³	4,107E+08 mm ³
t _w	278 mm	278 mm	278 mm	278 mm
A _{SH}	285 552 mm ²	297 965 mm ²	334 836 mm ²	349 461 mm ²
2Ωt _{min}	8,768E+08 mm ³	8,768E+08 mm ³	8,768E+08 mm ³	8,768E+08 mm ³
J _{TORQUE}	2,391E+11 mm ⁴	2,391E+11 mm ⁴	2,391E+11 mm ⁴	2,391E+11 mm ⁴
W _{sol}			9,484E+08 mm ³	9,691E+08 mm ³
W _{sup}	3,136E+08 mm ³	3,209E+08 mm ³	1,519E+09 mm ³	1,526E+09 mm ³
W _G				
W _{GP}	3,908E+08 mm ³	4,181E+08 mm ³	5,594E+08 mm ³	5,923E+08 mm ³
W _{inf}	2,889E+08 mm ³	3,070E+08 mm ³	4,605E+08 mm ³	4,863E+08 mm ³

7.1.8.2. Verifica agli S.L.E. – Combinazione quasi permanente – sezione in mezzeria

Evoluzione dello stato tensionale nella sezione trasversale della trave

		FASE 1A						FASE 1B		FASE 2			
		Peso proprio trave	Precompressione	Cadute di tensione	Tensioni iniziali (a vuoto)	Perdite a tempo T ₁	Tensioni finali (a vuoto)	Traversi	Soletta	Permanenti	Perdite a tempo T ₂	Accidentali	
		D _T	PS	L	D + PS + L	L ₈	D + PS + L + L ₈	D _S	D _C	P		LL	
Sollecitazioni	M	1223,28 KNm	-4238,19 KNm	198,79 KNm	-2816,12 KNm	41,09 KNm	-2775,02 KNm	0,00 KNm	1060,02 KNm	588,61 KNm	80,80 KNm	2219,05 KNm	
	N	-	8715,30 KN	-408,79 KN	8306,51 KN	-227,05 KN	8079,47 KN	-	-	-	-216,70 KN	-	
Tensioni	<i>Valori parziali</i>	σ _{SOL}	-	-	-	-	-	-	-	0,56 N/mmq	-0,05 N/mmq	2,11 N/mmq	
		σ _{SUP}	5,05 N/mmq	-5,16 N/mmq	0,24 N/mmq		-0,15 N/mmq		0,00 N/mmq	4,38 N/mmq	0,37 N/mmq	-0,09 N/mmq	1,38 N/mmq
		σ _{GP}	-3,36 N/mmq	23,99 N/mmq	-1,13 N/mmq								
		σ _{INF}	-4,64 N/mmq	28,40 N/mmq	-1,33 N/mmq		-0,48 N/mmq		0,00 N/mmq	-4,02 N/mmq	-1,45 N/mmq	-0,31 N/mmq	-5,48 N/mmq
	<i>Valori cumulati</i>	σ _{SOL}	-	-	-	-	-	-	-	-	0,56 N/mmq	0,50 N/mmq	2,61 N/mmq
		σ _{SUP}	5,05 N/mmq	-0,11 N/mmq	0,14 N/mmq	0,14 N/mmq	-0,02 N/mmq	-0,02 N/mmq	-0,02 N/mmq	4,36 N/mmq	4,73 N/mmq	4,64 N/mmq	6,02 N/mmq
	σ _{INF}	-4,64 N/mmq	23,77 N/mmq	22,43 N/mmq	22,43 N/mmq	21,96 N/mmq	21,96 N/mmq	21,96 N/mmq	17,94 N/mmq	16,49 N/mmq	16,18 N/mmq	10,70 N/mmq	

Evoluzione dello stato tensionale nell'armatura di precompressione

Condizione iniziale	σ _{sp0}	1425,00 N/mmq	Tensione di tiro
	δσ _{R, in}	-27,84 N/mmq	Rilassamento
	δσ _{S, in}	-39,00 N/mmq	Trattamento termico
	σ _{spi}	1358,16 N/mmq	Tensione di precompressione iniziale
Condizione a tempo 8	δσ _g	-37,12 N/mmq	Rilassamento per effetto di viscosità e ritiro (T ₁)
	σ _{sp}	1321,04 N/mmq	Tensione di precompressione finale
	δσ _g	-35,43 N/mmq	Rilassamento per effetto di viscosità e ritiro (T ₂)
	σ _{sp}	1285,61 N/mmq	Tensione di precompressione finale

7.1.8.3. Verifica agli S.L.E. – Combinazione frequente

Evoluzione dello stato tensionale nella sezione trasversale della trave

		FASE 1A						FASE 1B		FASE 2		
		Peso proprio trave	Precompressione	Cadute di tensione	Tensioni iniziali (a vuoto)	Perdite a tempo T ₁	Tensioni finali (a vuoto)	Traversi	Soletta	Permanenti	Perdite a tempo T ₂	Accidentali
		D _T	PS	L	D + PS + L	L ₈	D + PS + L + L ₈	D _S	D _C	P		LL
Sollecitazioni	M	1223,28 KNm	-4238,19 KNm	198,79 KNm	-2816,12 KNm	41,09 KNm	-2775,02 KNm	0,00 KNm	1060,02 KNm	589,43 KNm	80,80 KNm	2836,36 KNm
	N	-	8715,30 KN	-408,79 KN	8306,51 KN	-227,05 KN	8079,47 KN	-	-	-	-216,70 KN	-
Tensioni	<i>Valori parziali</i>	σ _{SOL}	-	-	-	-	-	-	-	0,56 N/mm ²	-0,05 N/mm ²	2,69 N/mm ²
		σ _{SUP}	5,05 N/mm ²	-5,16 N/mm ²	0,24 N/mm ²		-0,15 N/mm ²	0,00 N/mm ²	4,38 N/mm ²	0,37 N/mm ²	-0,09 N/mm ²	1,77 N/mm ²
		σ _{GP}	-3,36 N/mm ²	23,99 N/mm ²	-1,13 N/mm ²							
	<i>Valori cumulati</i>	σ _{INF}	-4,64 N/mm ²	28,40 N/mm ²	-1,33 N/mm ²		-0,48 N/mm ²	0,00 N/mm ²	-4,02 N/mm ²	-1,45 N/mm ²	-0,31 N/mm ²	-7,00 N/mm ²
		σ _{SOL}	-	-	-	-	-	-	-	0,56 N/mm ²	0,51 N/mm²	3,20 N/mm²
		σ _{SUP}	5,05 N/mm ²	-0,11 N/mm ²	0,14 N/mm ²	0,14 N/mm²	-0,02 N/mm ²	-0,02 N/mm²	-0,02 N/mm ²	4,36 N/mm²	4,73 N/mm ²	6,41 N/mm²
σ _{INF}	-4,64 N/mm ²	23,77 N/mm ²	22,43 N/mm ²	22,43 N/mm²	21,96 N/mm ²	21,96 N/mm²	21,96 N/mm ²	17,94 N/mm²	16,48 N/mm ²	16,18 N/mm²	9,18 N/mm²	

Evoluzione dello stato tensionale nell'armatura di precompressione

Condizione iniziale	σ _{sp0}	1425,00 N/mm²	Tensione di tiro
	δσ _{R, in}	-27,84 N/mm ²	Rilassamento
	δσ _{S, in}	-39,00 N/mm ²	Trattamento termico
	σ _{spi}	1358,16 N/mm²	Tensione di precompressione iniziale
Condizione a tempo 8	δσ ₈	-37,12 N/mm ²	Rilassamento per effetto di viscosità e ritiro (T ₁)
	σ _{sp}	1321,04 N/mm²	Tensione di precompressione finale
	δσ ₈	-35,43 N/mm ²	Rilassamento per effetto di viscosità e ritiro (T ₂)
	σ _{sp}	1285,61 N/mm²	Tensione di precompressione finale

7.1.8.4. Verifica agli S.L.E. – Combinazione caratteristica (rara)

Evoluzione dello stato tensionale nella sezione trasversale della trave

		FASE 1A						FASE 1B			FASE 2			
		Peso proprio trave	Precompressione	Cadute di tensione	Tensioni iniziali (a vuoto)	Perdite a tempo T: 60 gg	Tensioni finali (a vuoto)	Traversi	Soletta	Perdite a tempo T: 180 gg	Permanenti	Perdite a tempo T: 20000 gg	Accidentali	
		D _T	PS	L	D + PS + L	L _g	D + PS + L + L _g	D _s	D _c		P		LL	
Solicitazioni	M	1223,28 KNm	-4238,19 KNm	198,79 KNm	-2816,12 KNm	430,49 KNm	-2385,63 KNm	0,00 KNm	1549,08 KNm	186,30 KNm	534,41 KNm	1105,84 KNm	3218,35 KNm	
	N	-	8715,30 KN	-408,79 KN	8306,51 KN	-885,25 KN	7421,27 KN	-	-	-383,10 KN	-	-1184,34 KN	-	
Tensioni	Valori parziali	σ _{SOL}	-	-	-	-	-	-	-	-	0,51 N/mm ²	0,33 N/mm ²	3,06 N/mm ²	
		σ _{SUP}	5,05 N/mm ²	-5,16 N/mm ²	0,24 N/mm ²		0,52 N/mm ²		0,00 N/mm ²	6,39 N/mm ²	0,23 N/mm ²	0,33 N/mm ²	-0,10 N/mm ²	2,01 N/mm ²
		σ _{GP}	-3,36 N/mm ²	23,99 N/mm ²	-1,13 N/mm ²		-2,4 Kg/cm ²		0,00 N/mm ²	-4,26 N/mm ²	-1,05 N/mm ²	-1,47 N/mm ²		
	σ _{INF}	-4,64 N/mm ²	28,40 N/mm ²	-1,33 N/mm ²		-2,88 N/mm ²		0,00 N/mm ²	-5,87 N/mm ²	-1,25 N/mm ²	-1,32 N/mm ²	-3,15 N/mm ²	-7,94 N/mm ²	
	Valori cumulati	σ _{SOL}	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,51 N/mm ²	0,84 N/mm²	3,90 N/mm²
		σ _{SUP}	5,05 N/mm ²	-0,11 N/mm ²	0,14 N/mm ²	0,14 N/mm²	0,66 N/mm ²	0,66 N/mm²	0,66 N/mm ²	7,05 N/mm²	7,28 N/mm²	7,61 N/mm ²	7,51 N/mm²	9,52 N/mm²
σ _{INF}		-4,64 N/mm ²	23,77 N/mm ²	22,43 N/mm ²	22,43 N/mm²	19,55 N/mm ²	19,55 N/mm²	19,55 N/mm ²	13,68 N/mm²	12,43 N/mm²	11,11 N/mm ²	7,96 N/mm²	0,02 N/mm²	

Evoluzione dello stato tensionale nell'armatura di precompressione

Condizione iniziale	σ _{sp0}	1425,00 N/mm ²	Tensione di tiro
	δσ _{R, in}	-27,84 N/mm ²	Rilassamento
	δσ _{TH, in}	-39,00 N/mm ²	Trattamento termico
	σ _{spi}	1358,16 N/mm ²	Tensione di precompressione iniziale
Condizione a tempo 8	δσ _{FRS, 1}	-144,74 N/mm ²	Rilassamento per mutuo effetto di viscosità, rilassamento e ritiro (T = 60 gg)
		1213,42 N/mm ²	Tensione di precompressione (T = 60 gg)
	δσ _{FRS, 2}	-62,64 N/mm ²	Rilassamento per mutuo effetto di viscosità, rilassamento e ritiro (T = 180 gg)
		1150,78 N/mm ²	Tensione di precompressione (T = 180 gg)
	δσ _{FRS, 3}	-193,65 N/mm ²	
	σ _{sp}	957,13 N/mm ²	Tensione di precompressione finale

7.1.8.5. S.L.U. – Verifica a rottura – Resistenza a sforzo normale e flessione

Per quanto riguarda le verifiche agli stati limite ultimi, adottando i coefficienti di combinazione riportati nelle NTC (Tab. 5.1.V, § 5.1.3.12), si applicano ai carichi propri e permanenti rispettivamente i fattori 1,35 ed 1,50 ed ai carichi accidentali il fattore 1,35.

Evidentemente la verifica viene svolta esclusivamente nella sola sezione di mezzeria, trattandosi l'impalcato di una struttura isostatica. Pertanto risultano automaticamente verificate tutte le altre sezioni.

Caratteristiche geometriche della sezione

Sezione a "T" equivalente

B_F	180,68 cm	Larghezza della soletta equivalente
t_F	26,00 cm	Spessore della soletta equivalente
t_w	32,20 cm	Larghezza dell'anima equivalente
$y_{P, SUP}$	146,45 cm	Distanza del baricentro di precompressione rispetto all'estradosso della sezione

Caratteristiche dei materiali

Acciaio armonico

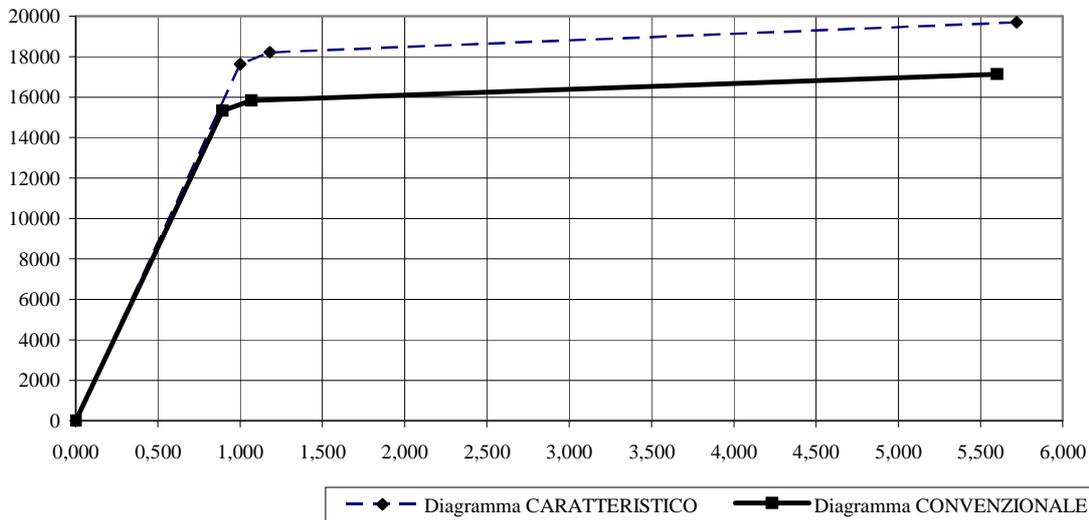
E_s	18600	Modulo elastico dell'acciaio armonico
γ_s	1,15	Coefficiente di sicurezza dell'acciaio

Calcestruzzo

R_{CK}	550	Resistenza cubica caratteristica
γ_{CLS}	1,60	Coefficiente di sicurezza del CLS
f_{CD}	285,31	Resistenza di calcolo cilindrica
σ_{CU}	242,52	Tensione ultima del CLS nel diagramma parabola rettangolo

Definizione del diagramma caratteristico e del diagramma convenzionale dell'acciaio armonico

Punto	Identificazione dei punti del diagramma CARATTERISTICO				Identificazione dei punti del diagramma CONVENZIONALE			
	ϵ	σ	P		ϵ	σ	P	grad σ
O	0,00	0,000	0	0	0,00	0	0	
P	1,00	1,000	17638	24516	0,89	15337	21318	17185
Q	0,20	1,179	18214	25317	1,07	15838	22015	2851
R	5,72	5,720	19707	27392	5,60	17136	23820	287



Calcolo del coefficiente a rottura

Caratteristiche di precompressione

Armatura di precompressione

	3/8	5/10	6/10
A_{Pu}	0,00 cmq	0,00 cmq	1,39 cmq
nK	0	0	44
$A_{Pi} = nK \times A_{Pu}$	0,00 cmq	0,00 cmq	61,16 cmq
$A_p = \Sigma A_{Pi}$	61,16 cmq Area totale di armatura		

Verifica a rottura

Diagramma a rottura

ϵ_{CLS}	0,2326 % Deformazione a rottura del CLS
ϵ_s	1,0000 % Deformazione a rottura dell'acciaio
k	0,1887
y	27,6333 cm Posizione dell'asse neutro rispetto all'estradosso
b_c	1,3555 cm Braccio della coppia interna a rottura

Tensioni nell'armatura di precompressione

σ_{sp0}	14250 Kg/cmq Tensione di precompressione	$C(\epsilon_{CLS})$	980177 Kg	Risultante delle compressioni
σ_{spi}	14059 Kg/cmq Tensioe iniziale	$T(\epsilon_s)$	980177 Kg	Risultante delle trazioni
σ_{sp}	12479 Kg/cmq Tensione finale	M_s	923326,80 Kgm	Momento sollecitante
ϵ_{sp}	0,726150452 Deformazione iniziale	M_R	1328629,56 Kgm	Momento a rottura
		η_R	1,439	Coefficiente di sicurezza alla rottura

7.1.8.6. S.L.U. – Verifica a taglio e torsione concomitante in appoggio

Si riportano le verifiche allo stato limite ultimo di taglio. Tali verifiche vengono dichiarate esclusivamente per la sezione terminale della trave esterna. Risultano evidentemente verificate le altre sezioni intermedie.

$$V_{Rsd} = 0,90 d (A_s/s) f_{sd} (\cotg \alpha + \cotg \theta) \sin \alpha =$$

$$= 0,90 \cdot 1660 \text{ mm}^2 (615,44 \text{ mm}/125 \text{ mm}) \cdot 0,34 \text{ KN/mm}^2 = 2500,95 \text{ KN};$$

$$V_{Rcd} = 0,90 d t f'_{cd} (\cotg \alpha + \cotg \theta) / (1 + \cotg^2 \theta) =$$

$$= 0,90 \cdot 1660 \text{ mm}^2 \cdot 560 \text{ mm} (22,825 \text{ N/mm}^2) / 2 = 9548,15 \text{ KN};$$

$$V_{Rd} = \min \{V_{Rsd}; V_{Rcd}\} = 2500,95 \text{ KN};$$

$$V_{Ed} = 1,30 \times (199,63 \text{ KN} + 252,80 \text{ KN}) + 1,50 \times (88,04 \text{ KN} + 611,49 \text{ KN}) = 1637,45 \text{ KN} < 2500,95 \text{ KN};$$

7.2. VERIFICA DELLA SOLETTA

La soletta lavora in direzione perpendicolare alle travi.

Le sollecitazioni di verifica si ottengono sommando le sollecitazioni risultanti dall'analisi globale alle sollecitazioni derivanti, per quanto riguarda i carichi mobili, da un'analisi locale.

Nell'analisi locale vengono considerate le sollecitazioni derivanti dall'applicazione degli schemi di carico 2 e 3.

$$\text{Momento sollecitante} \quad M_{Ed, SLU} = 1,35 \times (23,57 + 17,45) \text{ KN/m} \quad = \quad 55,38 \text{ KN/m};$$

$$\text{Momento sollecitante} \quad M_{Ed, SLE, rara} = (23,57 + 17,45) \text{ KN/m} \quad = \quad 41,02 \text{ KN/m};$$

$$s_{SOL, min} = 0,25 \text{ m}$$

$$\text{Armatura superiore} \quad A'_S = \emptyset 16/20 = \quad 10,048 \text{ cm}^2/\text{m} \quad c'_S = \quad 0,035 \text{ m}$$

$$\text{Armatura inferiore} \quad A_S = \emptyset 16/20 = \quad 10,048 \text{ cm}^2/\text{m} \quad c_S = \quad 0,020 \text{ m}$$

7.2.1.1. S.L.U. – Verifica a rottura per flessione nella soletta (Armatura principale)

La verifica viene eseguita applicando il momento trovato con segno alternato.

Verifica C.A. S.L.U. - File: V_soletta

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

Titolo : _____

N° figure elementari 1 Zoom N° strati barre 2 Zoom

N°	b [mm]	h [mm]	N°	As [mm²]	d [mm]
1	1000	250	1	1005	45
			2	1005	170

Sollecitazioni S.L.U. Metodo n

N_{Ed} 0 kN
M_{xEd} 55,38 kNm
M_{yEd} 0 kNm

P.to applicazione N
 Centro Baricentro cls
 Coord.[mm] xN 0 yN 0

Tipo rottura Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

Metodo di calcolo
 S.L.U. + S.L.U. -
 Metodo n

Tipo flessione
 Retta Deviata

N° rett. 100

Calcola MRd Dominio M-N

L₀ 0 mm Col. modello

Precompresso

Materiali

B450C	C32/40
ϵ_{su} 67,5 ‰	ϵ_{c2} 2 ‰
f_{yd} 391,3 N/mm ²	ϵ_{cu} 3,5 ‰
E_s 200.000 N/mm ²	f_{cd} 18,13
E_s/E_c 15	f_{cc}/f_{cd} 0,8
ϵ_{syd} 1,957 ‰	$\sigma_{c,adm}$ 12,25
$\sigma_{s,adm}$ 255 N/mm ²	τ_{co} 0,7333
	τ_{c1} 2,114

M_{xRd} 65,25 kNm

σ_c -18,13 N/mm²
 σ_s 391,3 N/mm²
 ϵ_c 3,5 ‰
 ϵ_s 12,56 ‰
 d 170 mm
 x 37,05 x/d 0,2179
 δ 0,7124

Verifica C.A. S.L.U. - File: V_soletta

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

Titolo : _____

N° figure elementari 1 Zoom N° strati barre 2 Zoom

N°	b [mm]	h [mm]	N°	As [mm²]	d [mm]
1	1000	250	1	1005	45
			2	1005	170

Sollecitazioni S.L.U. Metodo n

N_{Ed} 0 kN
M_{xEd} 55,38 kNm
M_{yEd} 0 kNm

P.to applicazione N
 Centro Baricentro cls
 Coord.[mm] xN 0 yN 0

Tipo rottura Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

Metodo di calcolo
 S.L.U. + S.L.U. -
 Metodo n

Tipo flessione
 Retta Deviata

N° rett. 100

Calcola MRd Dominio M-N

L₀ 0 mm Col. modello

Precompresso

Materiali

B450C	C32/40
ϵ_{su} 67,5 ‰	ϵ_{c2} 2 ‰
f_{yd} 391,3 N/mm ²	ϵ_{cu} 3,5 ‰
E_s 200.000 N/mm ²	f_{cd} 18,13
E_s/E_c 15	f_{cc}/f_{cd} 0,8
ϵ_{syd} 1,957 ‰	$\sigma_{c,adm}$ 12,25
$\sigma_{s,adm}$ 255 N/mm ²	τ_{co} 0,7333
	τ_{c1} 2,114

M_{xRd} -93,84 kNm

σ_c -18,13 N/mm²
 σ_s 391,3 N/mm²
 ϵ_c 3,5 ‰
 ϵ_s 10,23 ‰
 d 205 mm
 x 52,24 x/d 0,2548
 δ 0,7585

7.2.1.2. S.L.E. -- Combinazione caratteristica rara

La verifica viene eseguita solo per il momento con segno negativo, essendo inferiormente presente la lastra predalle.

M	41,02	kNm	Occorre mettere sempre il momento positivo
N	0,00	kN	Positiva se di compressione
Rck	40	MPa	
B	100	cm	
H	25	cm	

Note: **occorre calcolare la fessura**

c min	3,50 cm	copriferro minimo da normativa
w lim	0,30 mm	Apertura massima delle fessure
w amm	0,30 mm	Apertura ammessa delle fessure

$$\sigma_{camm} = 12,25 \text{ MPa}$$

	Superiore	Inferiore	
Armatura:	1	2	3
y	8	0	20,5
n°	5	0	5
φ [mm]	16	0	16

MN in esercizio	
$\sigma_c =$	7,07 MPa
$\sigma_{s'}$	MPa
$\sigma_{s2} =$	0,0 MPa
$\sigma_{s3} =$	216,94 MPa

Momenti di fessurazione	
$M_{fessurazione}$	30,00 kNm
$M_{cracking} =$	35,72 kNm
$\sigma_{sr} =$	188,9 MPa

w k	w limite
0,261 mm	0,300 mm

7.3. VERIFICA TRAVERSI DI TESTATA

I traverzi di testata hanno spessore di 0,50 m e vengono verificati in condizione di sollevamento dell'impalcato.

Il sollevamento dell'impalcato in c.a.p. è realizzato con tre martinetti, disposti in asse agli appoggi che costituiscono l'impalcato, come da schema seguente:

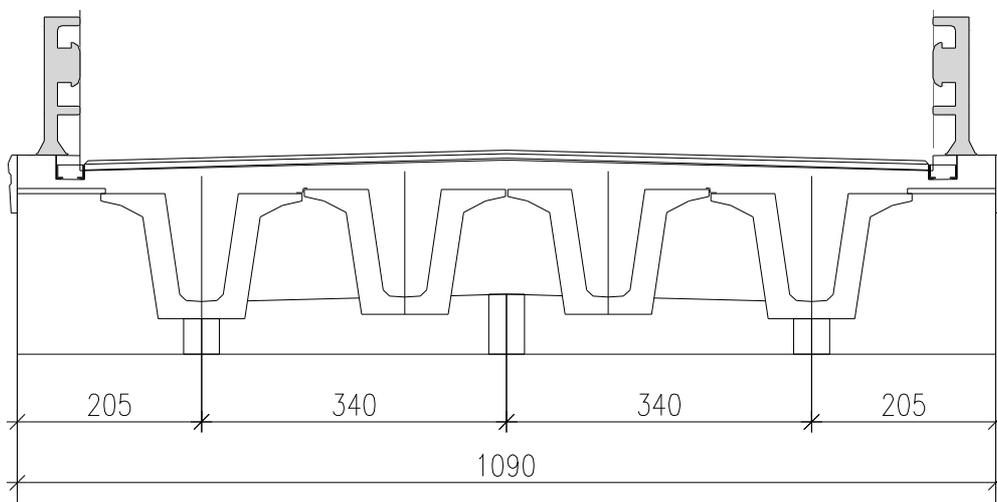


FIG. 7-13

Durante il sollevamento il traverso sostiene il carico permanente di metà impalcato.

Per le verifiche esso è schematizzato come trave su tre appoggi con carico uniformemente distribuito equivalente alla massima reazione verticale permanente sull'impalcato, calcolata nel paragrafo **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**

$$R = 2460.4 \text{ kN}$$

Il traverso di spessore 0.5 m e altezza 1.48 m, compresa la soletta e ha una lunghezza complessiva di 10.90 m.

Il carico uniformemente distribuito applicato al traverso è:

$$q = 2460.4 / 10.90 = 225.73 \text{ kN/m}$$

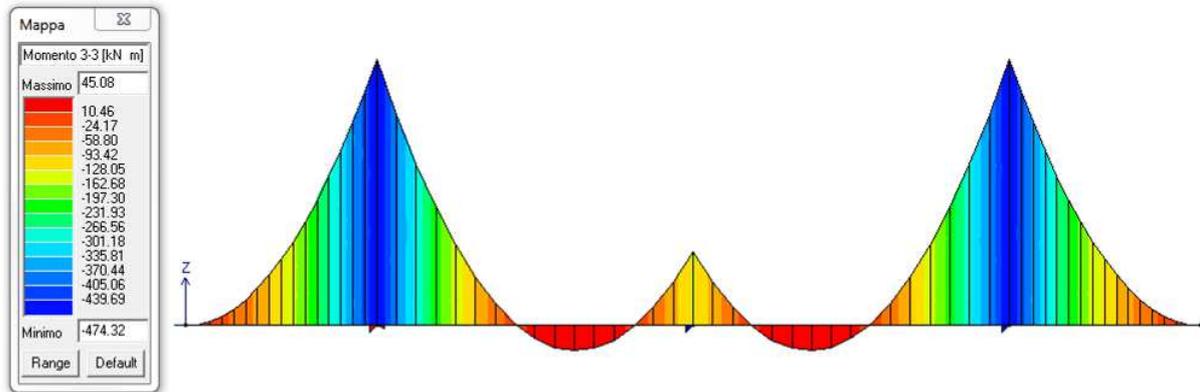


FIG. 7-14

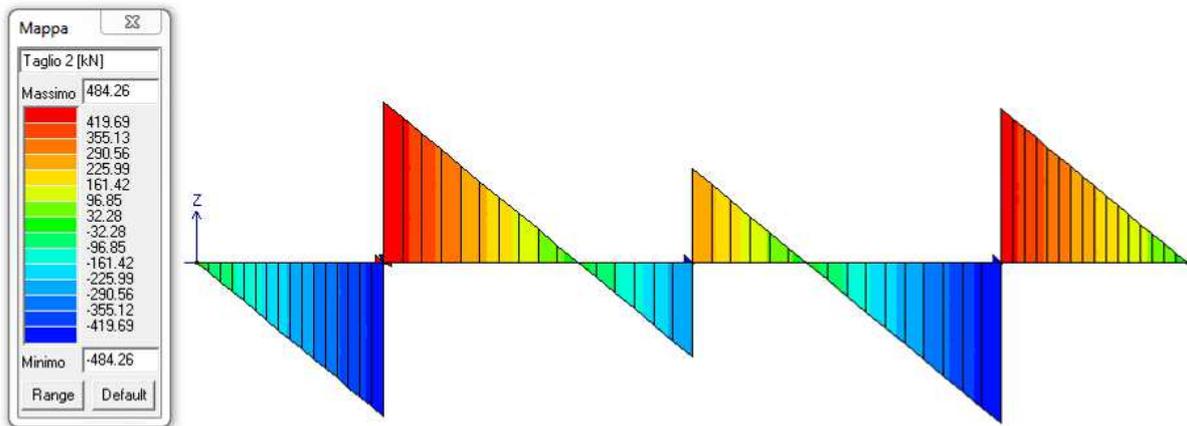


FIG. 7-15

I diagrammi sopra riportati evidenziano che le sollecitazioni massime sono:

$$M_{SLE+} = 45.08 \text{ kNm}$$

$$M_{SLU+} = 60.86 \text{ kNm}$$

$$M_{SLE-} = -474.32 \text{ kNm}$$

$$M_{SLU-} = -640.33 \text{ kNm}$$

$$T = 484.3 \text{ kN}$$

$$T_{SLU} = 653.8 \text{ kNm}$$

La verifica di seguito riportata evidenzia che è necessaria la disposizione di un'apposita armatura a taglio.

La massima reazione nei martinetti è 947 kN.

Il traverso presenta la seguente armatura:

al lembo inferiore 6 ϕ 26, che corrono per tutto il suo sviluppo del traverso attraversando le trave in apposite asole;

al lembo superiore 6 ϕ 26 in corrispondenza del lembo superiore della soletta.

7.3.1.1. S.L.E. – Combinazione caratteristica rara

M	474,32	kNm	Occorre mettere sempre il momento positivo
N	0,00	kN	Positiva se di compressione
Rck	40	MPa	
B	50	cm	
H	148	cm	

Note: **non si fessura**

c min	3,00 cm	copriferro minimo da normativa
w lim	0,30 mm	Apertura massima delle fessure
w amm	0,30 mm	Apertura ammessa delle fessure

$\sigma_{camm} = 12,25 \text{ MPa}$

	Superiore		Inferiore	
Armatura:	1	2	3	
y	14,1	0	128,	
n°	6	0	6	
ϕ [mm]	26	0	26	

MN in esercizio	
$\sigma_c =$	3,42 MPa
$\sigma_{s1} =$	31,41 MPa
$\sigma_{s2} =$	0,0 MPa
$\sigma_{s3} =$	129,03 MPa

Momenti di fessurazione	
M _{fessurazione}	574,71 kNm
M _{cracking}	684,18 kNm
$\sigma_{sr} =$	186,1 MPa

w _k	w _{limite}
0,212 mm	0,300 mm

7.3.1.2. S.L.U. – Verifica a rottura per flessione

Verifica C.A. S.L.U. - File: V_traverso

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

Titolo: _____

N° figure elementari 1 Zoom N° strati barre 2 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	50	148	1	31,86	20
			2	31,86	134

Tipologia Sezione:
 Rettan.re Trapezi
 a T Circolare
 Rettangoli Coord.

Tipologia rottura:
 S.L.U.+ S.L.U.-
 Metodo n

Tipologia flessione:
 Retta Deviata

Calcola MRd Dominio M-N
 L₀ 0 cm Col. modello

Precompresso

Materiali: B450C C32/40

E_{su}	67,5 %	ϵ_{c2}	2 ‰
f_{yd}	391,3 N/mm²	ϵ_{cu}	3,5 ‰
E_s	200.000 N/mm²	f_{cd}	18,13
E_s/E_c	15	f_{cc}/f_{cd}	0,8
ϵ_{syd}	1,957 ‰	$\sigma_{c,adm}$	12,25
$\sigma_{s,adm}$	255 N/mm²	τ_{co}	0,7333
		τ_{c1}	2,114

Sollecitazioni S.L.U. Metodo n

N_{Ed} 0 kN
 M_{xEd} 60,86 kNm
 M_{yEd} 0 kNm

P.to applicazione N
 Centro Baricentro cls
 Coord.[cm] xN 0 yN 0

Tipologia rottura: Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

M_{xRd} 1,589 kN m

σ_c -18,13 N/mm²
 σ_s 391,3 N/mm²
 ϵ_c 3,5 ‰
 ϵ_s 21,39 ‰
 d 134 cm
 x 18,84 x/d 0,1406
 δ 0,7

N° rett. 100

Verifica C.A. S.L.U. - File: V_traverso

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

Titolo: _____

N° figure elementari 1 Zoom N° strati barre 2 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	50	148	1	31,86	20
			2	31,86	134

Tipologia Sezione:
 Rettan.re Trapezi
 a T Circolare
 Rettangoli Coord.

Tipologia rottura:
 S.L.U.+ S.L.U.-
 Metodo n

Tipologia flessione:
 Retta Deviata

Calcola MRd Dominio M-N
 L₀ 0 cm Col. modello

Precompresso

Materiali: B450C C32/40

E_{su}	67,5 %	ϵ_{c2}	2 ‰
f_{yd}	391,3 N/mm²	ϵ_{cu}	3,5 ‰
E_s	200.000 N/mm²	f_{cd}	18,13
E_s/E_c	15	f_{cc}/f_{cd}	0,8
ϵ_{syd}	1,957 ‰	$\sigma_{c,adm}$	12,25
$\sigma_{s,adm}$	255 N/mm²	τ_{co}	0,7333
		τ_{c1}	2,114

Sollecitazioni S.L.U. Metodo n

N_{Ed} 0 kN
 M_{xEd} -640,33 kNm
 M_{yEd} 0 kNm

P.to applicazione N
 Centro Baricentro cls
 Coord.[cm] xN 0 yN 0

Tipologia rottura: Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

M_{xRd} -1,507 kN m

σ_c -18,13 N/mm²
 σ_s 391,3 N/mm²
 ϵ_c 3,5 ‰
 ϵ_s 26,41 ‰
 d 128 cm
 x 14,98 x/d 0,117
 δ 0,7

N° rett. 100

7.3.1.3. S.L.U. – Verifica a taglio

Verifica a taglio SLU

D.M. 14 gennaio 2008 - Norme tecniche per le costruzioni - 4.1.2.1.3

Classe Calcestruzzo : C32/40
Calcestruzzo Rck : 40
Precompresso : No
Acciaio : B450C

Base : 50 cm
Altezza : 148 cm

copriferro netto $A_{s,tesa}$: 15 cm

n° ferri	φ ferri
6	26
0	0
$A_{s,tesa} = 3186 \text{ mm}^2$	

SOLLECITAZIONE

N_{Ed} : 0 kN
 V_{Ed} : 653,8 kN

N_{Ed} è la forza longitudinale nella sezione dovuta ai carichi o alla precompressione (compressione +)

Elementi in c.a. ordinario privi di armatura a taglio

$$V_{Rd} = \left\{ \frac{0,18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3}}{\gamma_c} \right\} \cdot b_w \cdot d \geq (v_{\min} + 0,15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d$$

$V_{Rd} = 279 \text{ kN}$

$k = 1,3878 \leq 2$
 $d = 1330 \text{ mm}$ altezza utile della sezione
 $\rho_l = 0,00479 \leq 0,02$ rapporto geometrico di armatura longitudinale
 $b_w = 500 \text{ mm}$ larghezza minima della sezione
 $f_{ck} = 33,20 \text{ N/mm}^2$
 $\gamma_c = 1,5$
 $\sigma_{cp} = 0,00 \text{ N/mm}^2 \leq 0,2 f_{cd}$ tensione media di compressione della sezione
 $v_{\min} = 0,33$

$V_{Rd} < V_{Ed}$ è necessaria armatura a taglio!

Elementi in c.a. ordinario dotati di armatura a taglio

Con riferimento all'armatura trasversale, la resistenza a "taglio trazione" si calcola:

$$V_{Rsd} = 0,9 \cdot d \cdot \frac{A_{sw}}{s} \cdot f_{yd} \cdot (\operatorname{ctg} \alpha + \operatorname{ctg} \theta) \cdot \sin \alpha$$

$V_{Rsd} = 1.059 \text{ kN}$

$\phi_{sw} = 12 \text{ mm}$

bracci = 4

$s = 200 \text{ mm}$

interasse tra due armature trasversali consecutive

$A_{sd} = 452 \text{ mm}^2$ *area dell'armatura trasversale*

$f_{yd} = 391,30 \text{ N/mm}^2$

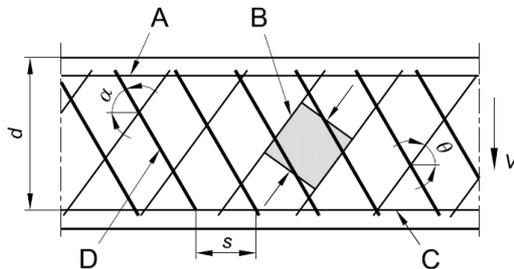
$\alpha = 90^\circ$

angolo di inclinazione dell'armatura trasversale rispetto all'asse della trave;

$\theta = 45^\circ$

inclinazione dei puntoni di calcestruzzo rispetto all'asse della trave

- A Corrente compresso
- B Puntoni
- C Corrente teso
- D Armatura a taglio



Con riferimento al calcestruzzo d'anima, la resistenza di calcolo a "taglio compressione" si calcola:

$$V_{Rcd} = \frac{0,9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_c \cdot f'_{cd} \cdot (\operatorname{ctg} \alpha + \operatorname{ctg} \theta)}{(1 + \operatorname{ctg}^2 \theta)}$$

$V_{Rcd} = 2.815 \text{ kN}$

$f'_{cd} = 9,41 \text{ N/mm}^2$

resistenza a compressione ridotta del calcestruzzo d'anima

$\alpha_c = 1,00$

coefficiente maggiorativo per membrature non compresse

$V_{Rd} = 1.059 \text{ kN}$

min (V_{Rsd} , V_{Rcd})

$V_{Rd} > V_{Ed}$

la verifica è soddisfatta.

7.4. REAZIONI VINCOLARI

Si riportano le reazioni vincolari.

Le azioni totali riportate alla fine sono state moltiplicate per i coefficienti parziali di sicurezza per le combinazioni di carico agli SLU.

		Reazioni vincolari			
		Trave 1	Trave 2	Trave 3	Trave 4
Peso proprio travi		225,25 kN	225,25 kN	225,25 kN	225,25 kN
Peso proprio traversi		14,19 kN	23,62 kN	23,62 kN	14,19 kN
Peso proprio soletta		271,09 kN	185,50 kN	185,50 kN	260,85 kN
Permanenti		91,55 kN	96,30 kN	94,46 kN	92,09 kN
Vento ad opera scarica		6,49 kN	2,16 kN	-2,16 kN	-6,49 kN
Totali ad opera scarica		608,56 kN	532,84 kN	526,67 kN	585,89 kN
Vento ad opera carica		49,88 kN	16,63 kN	-16,63 kN	-49,88 kN
Accidentali	Combinazione A	800,66 kN	393,75 kN	289,69 kN	207,90 kN
	Combinazione B	773,36 kN	143,92 kN	120,61 kN	351,11 kN
	Combinazione C	408,48 kN	557,30 kN	520,62 kN	205,60 kN
	<i>Inviluppo</i>	<i>800,66 kN</i>	<i>557,30 kN</i>	<i>520,62 kN</i>	<i>351,11 kN</i>
Totali ad opera carica		1452,62 kN	1104,60 kN	1032,83 kN	893,60 kN
Sisma		84,59 kN	74,06 kN	73,21 kN	81,44 kN
Totali con azioni sismiche		686,66 kN	604,74 kN	602,04 kN	673,81 kN
Totali (SLU statica)		1961,03 kN	1491,21 kN	1394,32 kN	1206,36 kN
Totali (SLU sismica)		686,66 kN	604,74 kN	602,04 kN	673,81 kN

7.5. VERIFICHE DELLE PREDALLES IN FASE DI COSTRUZIONE

Le lastre predalle sono verificate per la fase di getto della soletta. Dal punto di vista esecutivo, per ovviare a problemi di dimensionamento degli sbalzi, si prevede di effettuare un getto suddiviso in due fasi:

- Fase 1 – Montaggio delle lastre, posa dell'armatura integrativa della soletta e getto delle campate centrali;
- Fase 2 – A getto di prima fase indurito, montaggio delle velette di bordo e dell'armatura integrativa del cordolo, getto di completamento sullo sbalzo (larghezza massima considera 118 cm) fino a ridosso della veletta.

7.5.1. Campata

Si fa riferimento alla condizione più gravosa (luce di calcolo 115 cm) – fase 2.

Geometria

Larghezza lastra:	240 cm
Spessore lastra:	5 cm
Spessore impalcato:	24+5 = 29 cm

Analisi dei carichi

Peso proprio lastra 5 cm:	$0.05 \cdot 2.40 \cdot 25 = 3.00$ kN/m
Peso proprio getto 24 cm:	$0.24 \cdot 2.40 \cdot 26 = 14.98$ kN/m

Totale carico permanente: 17.98 kN/m

Carico variabile: 1.50 kN/m²

Combinazione di carico

$$F_d = 1.35 \cdot 17.98 + 1.5 \cdot (1.5 \cdot 2.40) = 29.67 \text{ kN/m}$$

Sollecitazioni SLE

Taglio: $T = 21.58 \cdot 1.15 / 2 = 12.41 \text{ kN}$
 Momento flettente: $M = 21.58 \cdot 1.15^2 / 8 = 3.57 \text{ kNm}$

Sollecitazioni SLU

Taglio: $T = 29.67 \cdot 1.15 / 2 = 17.06 \text{ kN}$
 Momento flettente: $M = 29.67 \cdot 1.15^2 / 8 = 4.90 \text{ kNm}$

7.5.1.1. Verifiche SLE

Si ipotizza in prima approssimazione un'armatura tesa costituita da $\varnothing 8/200$

M	3,57	kNm	Occorre mettere sempre il momento positivo
N	0,00	kN	Positiva se di compressione
Rck	35	MPa	
B	240	cm	
H	5	cm	

Note: **occorre calcolare la fessura**

c min	2,00 cm	copriferro minimo da normativa
w lim	0,40 mm	Apertura massima delle fessure
w amm	0,40 mm	Apertura ammessa delle fessure

$\sigma_{cam} = 11,00 \text{ MPa}$

	Superiore	Inferiore	
Armatura:	1	2	3
y	0	0	2,5
n°	0	0	12
ϕ [mm]	8	0	8

M/N in esercizio	
$\sigma_c =$	13,05 MPa
$\sigma_{s1} =$	MPa
$\sigma_{s2} =$	0,0 MPa
$\sigma_{s3} =$	271,65 MPa

Momenti di fessurazione	
$M_{fessurazione} =$	2,38 kNm
$M_{cracking} =$	2,84 kNm
$\sigma_{sr} =$	216,0 MPa

w k	w limite
0,317 mm	0,400 mm

7.5.1.2. Verifiche SLU

Verifica C.A. S.L.U. - File: V_predalle_campata

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008

Titolo :

N° figure elementari 1 Zoom N° strati barre 1 Zoom

N°	b [mm]	h [mm]	N°	As [mm²]	d [mm]
1	2400	50	1	603	25

Sollecitazioni S.L.U. Metodo n

N_{Ed} 0 kN
M_{xEd} 4,9 kNm
M_{yEd} 0 kNm

P.to applicazione N
 Centro Baricentro cls
 Coord. [mm] xN 0 yN 0

Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

Materiali

B450C	C28/35
ϵ_{su} 67,5 ‰	ϵ_{c2} 2 ‰
f_{yd} 391,3 N/mm ²	ϵ_{cu} 3,5 ‰
E_s 200.000 N/mm ²	f_{cd} 15,87
E_s/E_c 15	f_{cc}/f_{cd} 0,8
ϵ_{syd} 1,957 ‰	$\sigma_{c,adm}$ 11
$\sigma_{s,adm}$ 255 N/mm ²	τ_{co} 0,6667
	τ_{c1} 1,971

M_{xRd} 5,147 kNm

σ_c -15,87 N/mm²
 α_s 391,3 N/mm²
 ϵ_c 3,5 ‰
 ϵ_s 7,942 ‰
d 25 mm
x 7,647 x/d 0,3059
 δ 0,8223

Tipo Sezione
 Rettan.re Trapezi
 a T Circolare
 Rettangoli Coord.

Tipo flessione
 Retta Deviata

Tipo rottura
 S.L.U.+ S.L.U.-
 Metodo n

Calcola MRd Dominio M-N
L_o 0 mm Col. modello
 Precompresso

L'armatura ipotizzata nelle verifiche SLE viene confermata.

La lastra viene armata con una rete Ø8/200x200.

Verifica a taglio SLU

D.M. 14 gennaio 2008 - Norme tecniche per le costruzioni - 4.1.2.1.3

Classe Calcestruzzo : C28/35
Calcestruzzo Rck : 35
Precompresso : No
Acciaio : B450C

Base : 240 cm
Altezza : 5 cm

copriferro netto $A_{s,tesa}$: 2,5 cm

n° ferri	ϕ ferri
12	8
0	0
$A_{sl,tesa} = 603 \text{ mm}^2$	

SOLLECITAZIONE

N_{Ed} : 0 kN
 V_{Ed} : 17,06 kN

N_{Ed} è la forza longitudinale nella sezione dovuta ai carichi o alla precompressione (compressione +)

Elementi in c.a. ordinario privi di armatura a taglio

$$V_{Rd} = \left\{ \frac{0,18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3}}{\gamma_c} \right\} \cdot b_w \cdot d \geq (v_{\min} + 0,15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d$$

$V_{Rd} = 44 \text{ kN}$

$k = 2,0000 \leq 2$

$d = 25 \text{ mm}$ altezza utile della sezione

$\rho_l = 0,01005 \leq 0,02$ rapporto geometrico di armatura longitudinale

$b_w = 2400 \text{ mm}$ larghezza minima della sezione

$f_{ck} = 29,05 \text{ N/mm}^2$

$\gamma_c = 1,5$

$\sigma_{cp} = 0,00 \text{ N/mm}^2 \leq 0,2 f_{cd}$ tensione media di compressione della sezione

$v_{\min} = 0,53$

$V_{Rd} > V_{Ed}$ non è necessaria armatura a taglio.

7.5.2. Sbalzo

Si fa riferimento alla condizione più gravosa (luce di calcolo sbalzo 136 cm).

Geometria

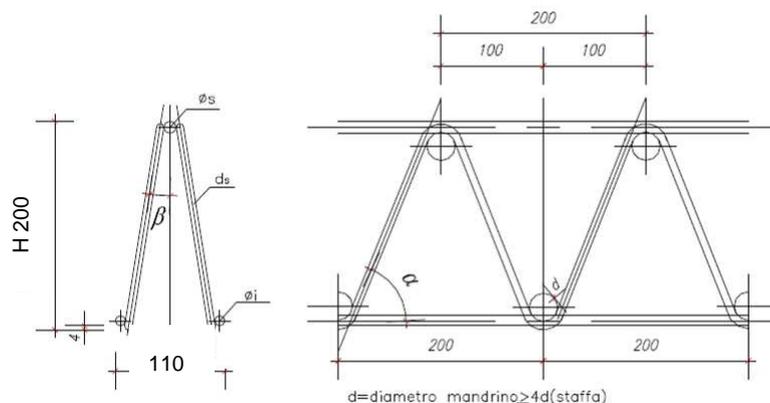
Larghezza lastra:	240 cm
Spessore lastra:	7 cm
Spessore impalcato:	18+7 = 25 cm
Spessore cordolo:	18 cm

Le lastre hanno moduli da 240 cm, armati con 6 trallicci, ognuno di essi costituito da due ferri longitudinali inferiori $\phi_i = 12\text{mm}$ ed uno superiore $\phi_s = 14\text{mm}$ e da una doppia staffatura continua $d_s = 8\text{mm}/200$ (vedi schema di seguito riportato). Per il singolo traliccio si prevede un'altezza complessiva di 200 mm.

Le caratteristiche geometriche assunte per il traliccio sono le seguenti:

- $h =$ interasse verticale $\phi_s - \phi_i = 175\text{ mm}$;
- $\alpha = 72^\circ$;
- $\beta = 16^\circ$.

VISTA TRALICCIO



Ai fini del dimensionamento strutturale risulta più gravosa la fase 2.

Analisi dei carichi

Peso proprio lastra 7 cm: $0.07 \cdot 2.40 \cdot 25 = 4.20 \text{ kN/m}$

Peso proprio getto 18 cm: $0.18 \cdot 2.40 \cdot 26 = 11.23 \text{ kN/m}$

 Totale carico permanente distribuito: 15.43 kN/m

Veletta: $0.0524 \cdot 2.40 \cdot 25 = 3.14 \text{ kN}$

Cordolo $0.70 \cdot 0.18 \cdot 2.40 \cdot 26 = 7.86 \text{ kN}$

Carico variabile: 1.50 kN/m^2

Combinazione di carico

$F_d = 1.35 \cdot \text{carichi permanenti} + 1.5 \cdot \text{carichi variabili}$

Sollecitazioni SLU

$T = 1.35 \cdot (15.43 \cdot 1.36 + 3.14 + 7.86) + 1.5 \cdot 1.5 \cdot 2.40 \cdot 1.36 = 50.52 \text{ kN}$

$M = 1.35 \cdot (15.43 \cdot 1.36^2 / 2 + 3.14 \cdot 1.36 + 7.86 \cdot (1.36 - 0.35)) + 1.5 \cdot 1.5 \cdot 2.40 \cdot 1.36^2 / 2 = 40.74 \text{ kNm}$

7.5.2.1. Verifiche SLU

Verifica a trazione delle barre superiori del traliccio

Med	40,74	KNm
h	175	mm
nf	6	
Fed	38,80	KN
ϕ	14	mm
γ_s	1,15	
Nrd	60,24	KN
Nrd/Fed	1,55	

Verifica a compressione delle barre inferiori

Med	40,74	KNm
h	175	mm
nf	12	
Fed	19,40	KN
L0	175	mm
ϕ	12	mm
A	113,10	mm ²
J	1017,88	mm ⁴
f _y	450,00	N/mm ²
N _{cr}	68,89	KN
λ	0,86	
α	0,49	
Φ	1,03	
χ	0,62	
γ_s	1,15	
Nrd	27,7	KN
Nrd/Fed	1,43	

Verifica a taglio

La resistenza a taglio del sistema è affidata alle staffe che lavorano secondo un meccanismo a traliccio con bracci inclinati alternativamente tesi e compressi. La verifica è svolta con riferimento alla situazione più gravosa, ossia al taglio generato nella sezione di appoggio per effetto della 2^a fase di carico ($V=47.38\text{kN}$). Si riporta la verifica di stabilità a compressione del braccio compresso.

Lo sforzo di compressione nel singolo braccio è calcolato come: $F_d = [V/(2 \cdot \sin\alpha \cdot \cos\beta)]/6 = 4.34\text{kN}$

Ved	50,52	KN
α	71	°
β	16	°
Fed	4,63	KN
L0	202	mm
ϕ	8	mm
A	50,27	mm ²
J	201,06	mm ⁴
f _y	450,00	N/mm ²
N _{cr}	10,26	KN
λ	1,48	
α	0,49	
Φ	1,92	
χ	0,32	
γ_s	1,15	
N _{rd}	6,3	KN
N _{rd} /F _{ed}	1,36	

8. DIMENSIONAMENTO DELL'OPERA: APPOGGI E GIUNTI

Analogamente a quanto descritto per il calcolo dell'azione sismica sulle sottostrutture, si determina il massimo varco di giunto allo SLC (analisi elastica) dimensionante per il tipo di giunto da disporre sulle due spalle.

Per valutare le azioni e gli spostamenti in tale fase si segue la seguente procedura:

- Noti M e T_{is} , si determina il taglio alla base agente sugli appoggi $F_{SLC} = M \cdot S_{e,slc}(T_{is}, \xi_{esi})$
- Si determina lo spostamento del centro di rigidità $d_c = M \cdot S_{e,slc}(T_{is}, \xi_{esi}) / K_{esi}$ che definirà l'ampiezza del varco di giunto.

TAB. 8-1

Mtot	492,1	t	massa totale impalcato
Tis	2	s	
csi	0,15		sistema di isolamento
Nis	8		
q	1		fattore di struttura (SLC)
eta	0,707		
Fo	2,538		
ag	0,188	g	
S	1,414		
Tb	0,148		
Tc	0,443		
Td	2,352		
Se (Tis;csi)	0,106	g	
Se (Tis;csi)	1,037	m/s ²	
Sd (mm)	105,0	mm	
dc	105	mm	spostamento
Vimpalcato	510	KN	azione trasmessa dall'impalcato isolato
Vspalla	255	KN	azione trasmessa alla spalla
Visolatore	64	KN	azione trasmessa al singolo isolatore
Kis	4857	kN/m	rigidezza sistema di isolamento
Kis	607,10	kN/m	rigidezza 1 isolatore $K_{long} = K_{trasv}$

Il taglio massimo allo SLC sul singolo isolatore è pari a 64 kN.

Lo spostamento dell'impalcato allo SLC è pari a ± 105 mm.

Si definisce quindi un isolatore con capacità minima di spostamento pari a **D = ± 110 mm.**

Il giunto dovrà avere la stessa capacità minima di spostamento in direzione longitudinale pari a **Dx = ± 110 mm.**