

ORDINE DEGLI INGEGNERI
DELLA PROV. DI TRENTO

dott.ing. **ROBERTO BOSETTI**

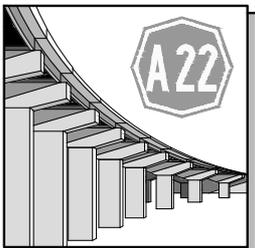
INSCRIZIONE ALBO N° 1027

IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO
dott. ing. Roberto Bosetti

autostrada del brennero

PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE
DELLA TERZA CORSIA NEL TRATTO COMPRESO
TRA VERONA NORD (KM 223) E L'INTERSEZIONE
CON L'AUTOSTRADA A1 (KM 314)

A1	LOTTO 2 - dal km 223+100 al km 230+717
4.20.2.6	INTERVENTI SULLE OPERE D'ARTE Sottopasso F.S. Verona-Mantova (pr km 230+163) Relazioni di calcolo Pile

0	MAR. 2021	EMISSIONE	POLUZZI	M. ZINI	C. COSTA
REVISIONE:	DATA:	DESCRIZIONE:	REDAZIONE:	VERIFICA:	APPROVAZIONE:
DATA PROGETTO: LUGLIO 2009			DIREZIONE TECNICA GENERALE		IL DIRETTORE TECNICO GENERALE E PROGETTISTA: 
NUMERO PROGETTO: 31/09					

INDICE

1	RELAZIONE ILLUSTRATIVA	6
1.1	ASPETTI GENERALI	6
1.2	ELEMENTI STRUTTURALI	8
1.2.1	METODO DI CALCOLO	10
1.2.2	CRITERI E DEFINIZIONE DELL'AZIONE SISMICA	10
1.2.3	COMBINAZIONI DI CARICO	11
1.2.4	SISTEMA DI VINCOLAMENTO	14
1.2.5	VALUTAZIONE DELLE SPINTE DEL TERRENO	14
1.2.6	VERIFICHE DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI	15
1.3	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO	15
2	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	16
3	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI	17
3.1	TABELLA RIASSUNTIVA CLASSI DI ESPOSIZIONE SECONDO NORMATIVA UNI EN 206-1	17
3.2	PARAMETRI DI IDENTIFICAZIONE PER LA VERIFICA A FESSURAZIONE	18
3.3	CALCESTRUZZO PER MAGRONE	19
3.4	CALCESTRUZZO PER PALI DI FONDAZIONE	19
3.5	CALCESTRUZZO PER OPERE DI FONDAZIONE	19
3.6	CALCESTRUZZO PER OPERE DI ELEVAZIONE	19
3.7	ACCIAIO PER CEMENTO ARMATO	19
3.8	COPRIFERRI	20
4	CODICI DI CALCOLO	21
5	CALCOLO DELLA STRUTTURA	22
5.1	SCHEMATIZZAZIONE DELLA STRUTTURA	22
5.2	CARATTERISTICHE ELEMENTI IMPLEMENTATI NEL PROGRAMMA	24
5.2.1	CONVENZIONI SUI SEGNI	25
5.3	DATI PER ANALISI SISMICA	26
5.4	ELENCO DATI	27

COMMITTENTE AUTOSTRADA DEL BRENNERO	CODIFICA DOCUMENTO AI_04_20_02_06_RELAZIONE_CALCULO_PILE.DOC	FOGLIO 3 DI 135
5.4.1 DATI IMPALCATO PRESSO PILA		27
5.4.1.1 Dati relativi alla struttura in acciaio		27
5.4.1.2 Dati relativi alla soletta		27
5.4.1.3 Dati relativi a pavimentazione e finiture		27
5.4.1.4 Dati relativi ai carichi mobile		27
5.4.1.5 Dati relativi ai dispositivi di appoggio		27
5.4.2 DATI RELATIVI ALLA PILA		28
5.4.2.1 Dati relativi all'elevazione		28
5.4.2.2 Dati relativi alla platea di fondazione		28
5.4.2.3 Dati relativi al terreno		28
5.5 AZIONI IN CONDIZIONI DI ESERCIZIO		29
5.5.1 AZIONI RELATIVE ALL'IMPALCATO		29
5.5.1.1 Carichi strutturali		29
5.5.1.2 Carichi permanenti		29
5.5.1.3 Carichi mobili		29
5.5.1.4 Azioni orizzontali longitudinali		30
5.5.1.4.1 Azione di frenamento		30
5.5.1.4.2 Azione di attrito		31
5.5.1.4.3 Azione termica		31
5.5.1.5 Azioni orizzontali trasversali		32
5.5.1.5.1 Azione dovuta al vento		32
5.5.1.5.2 Azione centrifuga		34
5.5.2 RIASSUNTO AZIONI TRASMESSE DALL'IMPALCATO		34
5.5.3 AZIONI RELATIVE ALLA PILA		36
5.5.3.1 Carichi permanenti relativi all'elevazione		36
5.5.3.2 Azione del vento		36
5.5.3.3 Azioni relative alla platea di fondazione		36
5.5.3.4 Azioni eccezionali – Urti		36
5.5.4 PALIFICATA DI FONDAZIONE		37
5.5.5 CASI DI CARICO E COMBINAZIONI		38
5.5.5.1 CASI DI CARICO		38
5.5.5.2 COMBINAZIONI DI CARICO		40
5.5.5.2.1 Stati limite ultimo		40
5.5.5.2.2 Stati limite ultimo per geotecnica pali		41
5.5.5.2.3 Stati limite di esercizio		42
5.5.5.2.4 Stati limite di esercizio: fessurazione		43
5.5.5.2.5 Stati limite ultimo – Eccezionale		44

COMMITTENTE AUTOSTRADA DEL BRENNERO	CODIFICA DOCUMENTO AI_04_20_02_06_RELAZIONE_CALCULO_PILE.DOC	FOGLIO 4 DI 135
5.6	AZIONI IN CONDIZIONI SISMICHE	45
5.6.1	CASI DI CARICO E COMBINAZIONI	47
5.6.1.1	CASI DI CARICO	47
5.6.1.2	COMBINAZIONI	47
5.6.1.2.1	Stati limite ultimo - Sisma	47
5.6.2	AZIONI SISMICHE	48
5.6.3	CARATTERISTICHE FISICO-MECCANICHE DEL TERRENO	48
6	SOLLECITAZIONI E VERIFICHE SUGLI ELEMENTI STRUTTURALI	49
6.1	SOLLECITAZIONI E VERIFICA PALIFICATA	51
6.1.1	SOLLECITAZIONI PALI	52
6.1.2	VERIFICHE PALI	55
6.1.2.1	CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DEI PALI	55
6.1.2.2	VERIFICHE ALLO STATO LIMITE ULTIMO - COMBINAZIONE 1A)	56
6.1.2.3	STATO LIMITE DI ESERCIZIO – COMBINAZIONE RARA	57
6.1.2.4	VERIFICHE A FESSURAZIONE – COMBINAZIONI FREQUENTE E QUASI PERMANENTE	58
6.1.2.5	VERIFICHE IN CONDIZIONI SISMICHE	64
6.1.2.6	VERIFICHE IN CONDIZIONI ECCEZZIONALI	65
6.1.2.7	VERIFICHE TAGLIO PALI	65
6.2	SOLLECITAZIONI E VERIFICHE PLATEA	67
6.2.1	SOLLECITAZIONI PLATEA DI FONDAZIONE	67
6.2.2	VERIFICHE PLATEA DI FONDAZIONE	68
6.2.2.1	VERIFICHE ALLO STATO LIMITE ULTIMO - COMBINAZIONE 1A)	70
6.2.2.2	STATO LIMITE DI ESERCIZIO – COMBINAZIONE RARA	71
6.2.2.3	VERIFICHE A FESSURAZIONE – COMBINAZIONI FREQUENTE E QUASI PERMANENTE	71
6.2.2.4	VERIFICHE IN CONDIZIONI SISMICHE	73
6.2.2.5	VERIFICHE IN CONDIZIONI ECCEZZIONALI	74
6.2.2.6	VERIFICA DI PUNZONAMENTO DELLA PLATEA	74
6.3	SOLLECITAZIONI E VERIFICHE FUSTO PILA	78
6.3.1	SOLLECITAZIONI FUSTO PILA	80
6.3.2	VERIFICHE FUSTO PILA	109
6.3.2.1	VERIFICHE ALLO STATO LIMITE ULTIMO - COMBINAZIONE 1A)	109
6.3.2.2	STATO LIMITE DI ESERCIZIO – COMBINAZIONE RARA	111

6.3.2.3	VERIFICHE A FESSURAZIONE – COMBINAZIONI FREQUENTE E QUASI PERMANENTE	113
6.3.2.4	VERIFICHE IN CONDIZIONI SISMICHE	123
6.3.2.5	VERIFICHE IN CONDIZIONI ECCEZZIONALI	125
6.3.2.6	VERIFICHE TAGLIO FUSTO	125
7	VERIFICHE GEOTECNICHE SULLE FONDAZIONI	128
7.1	PORTANZA VERTICALE PALI	128
7.1.1	SOLLECITAZIONI	128
7.1.2	VERIFICHE	129
7.2	CARICO LIMITE ORIZZONTALE PALI	134

1 RELAZIONE ILLUSTRATIVA

1.1 ASPETTI GENERALI

Nella presente relazione viene riportato il dimensionamento di appoggi e giunti relativi l'allargamento dell'opera nei pressi della linea ferroviaria VERONA-MANTOVA nell'ambito del progetto esecutivo di adeguamento del tracciato A22 tra lo svincolo di Verona Nord (km 225+372) ed il sovrappasso della linea ferroviaria Verona-Mantova (km 230+163): gli attuali impalcati a tre campate di luci 11.00+22.60+11.00m (intervallati da circa 1.30m sulle pile e separati per le carreggiate Nord e Sud) saranno sostituiti con altrettanti impalcati in sezione mista (acciaio-calcestruzzo) di luci 16.60m+23.10m+16.60m. Il tutto nel rispetto dei vincoli di quote connessi al profilo dell'Autostrada e della sottopassante linea Ferroviaria.

Relativamente al comportamento del ponte nei confronti delle azioni sismiche si prevede di fissare gli impalcati a spalle e pile mediante isolatori elastomerici.

Le due pile in progetto avranno una sezione unica a "biscotto" allungato per via di corsa nord e sud, ad altezza variabile per assecondare la pendenza trasversale dell'impalcato, influenzata oltretutto dalla forte obliquità del ponte.

Come già specificato nella relazione generale, l'intervento di sostituzione ed adeguamento del viadotto dovrà avvenire per fasi. Anche per la demolizione e ricostruzione delle pile è prevista quindi una fasistica riassunta di seguito:

realizzazione delle porzione centrale di pila a sostegno delle prime 2 travi in progetto;

realizzazione delle semi-pila a sud, prevista solidale a quanto già costruito in precedenza mediante una "fascia" di collegamento opportunamente armata (sia in fondazione, sia in elevazione);

completamento della porzione di pila lato nord, sempre mediante l'impiego della "fascia" di collegamento a quanto realizzato in fase 1

Il tutto nel rispetto delle distanze imposte dalla normativa ferroviaria

Si riporta di seguito lo schema grafico dell'intervento.

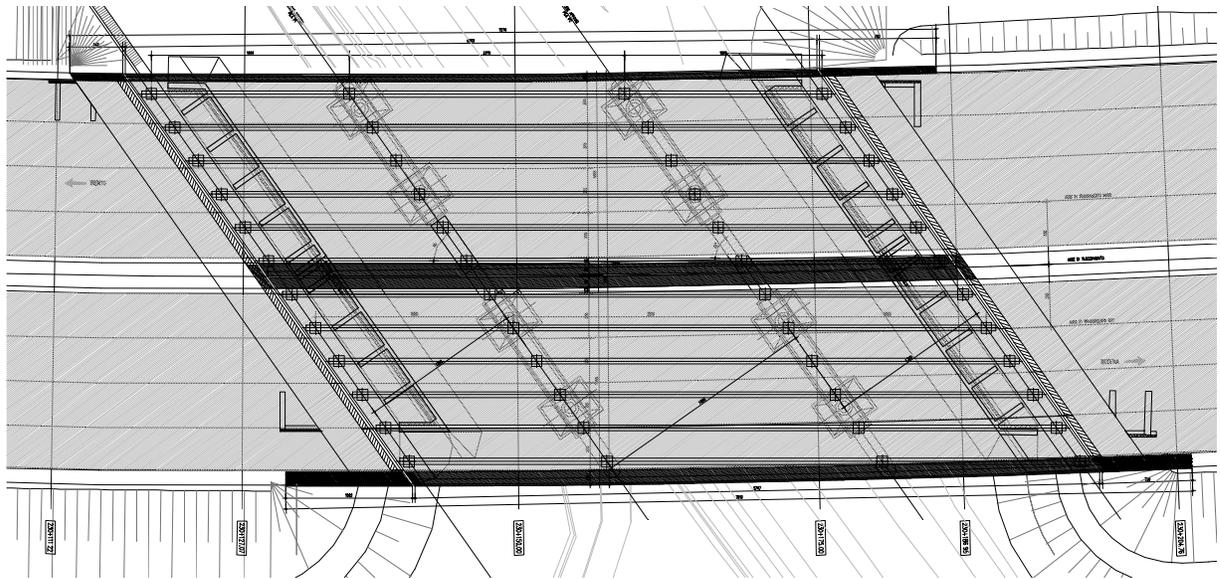


Figura 1.1 Pianta impalcato

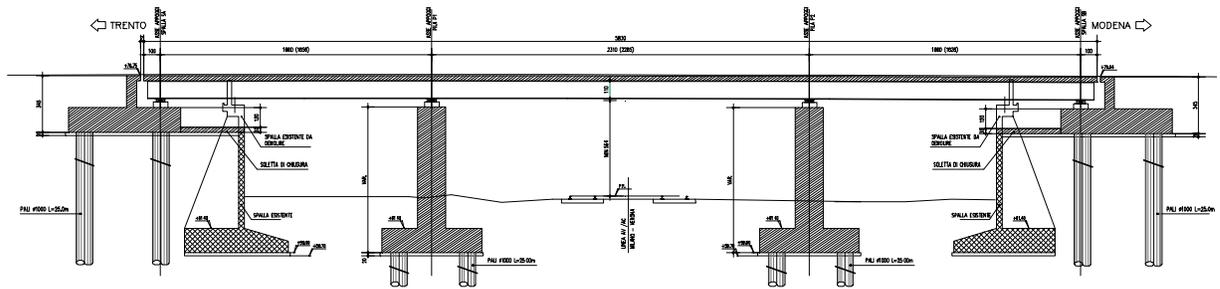


Figura 1.2 Sezione longitudinale

1.2 ELEMENTI STRUTTURALI

Le due pile di sostegno dell'impalcato sono complessivamente simili come geometria e vincolamento: presentano una sezione in pianta a forma di rettangolo allungato a sezione piena, di dimensioni 1.40m x 40.60m circa; la loro disposizione è fortemente obliqua rispetto l'asse di tracciamento (angolo $\alpha=55^\circ$ deg). L'altezza delle pile è variabile lungo il proprio lato maggiore, per assecondare la pendenza trasversale dell'impalcato; la variabilità, simile per le due pile, va da un minimo di 6.75m ad un massimo di 7.90m. I plinti di fondazione sono di spessore pari a 1.50m e presentano una sezione in pianta di dimensioni 5.00m x 41.60m; sono posti su palificata composta da n.2 file di 14 pali $\Phi = 1000$ mm, interessati di 3.00m in entrambe le direzioni.

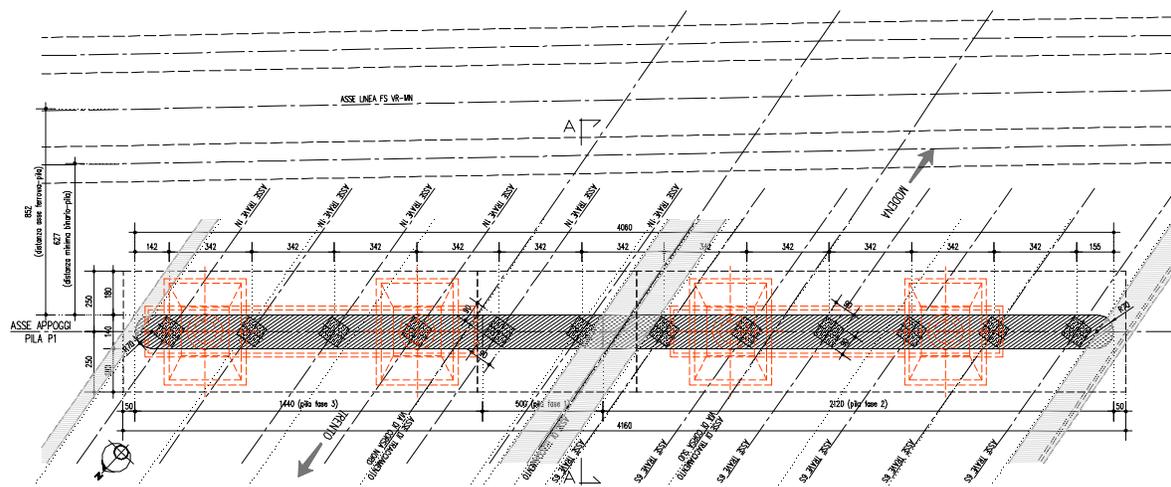


Figura 1.3 Pila – Pianta

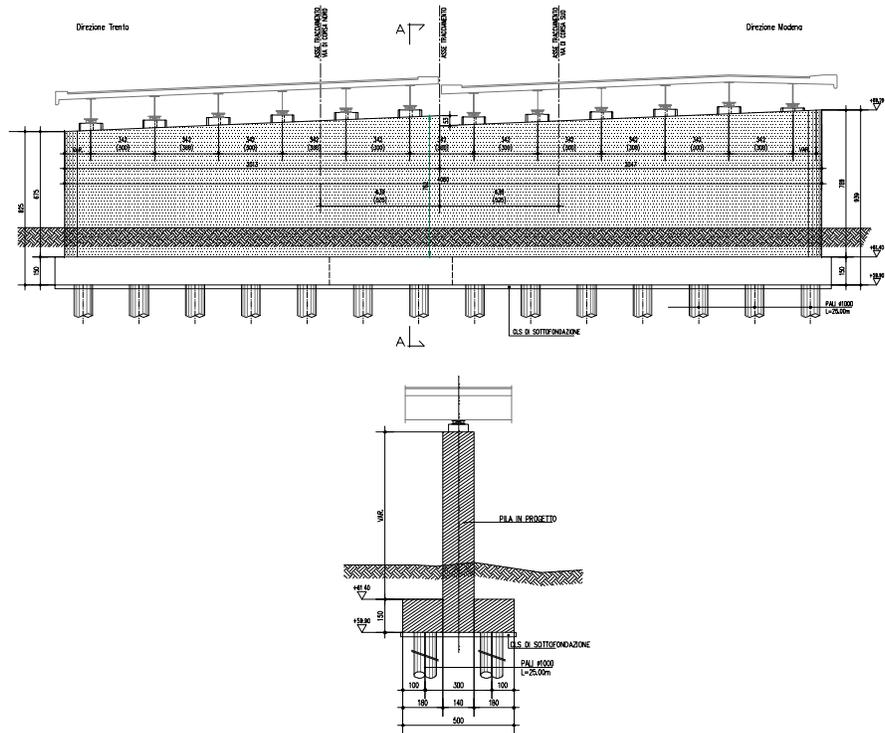


Figura 1.4 Pila - Sezione in retto impalcato e sezione trasversale

1.2.1 METODO DI CALCOLO

La sicurezza strutturale è verificata tramite il metodo semiprobabilistico agli stati limite, applicando il DM14/01/2008 “Norme Tecniche per le costruzioni” e relative Istruzioni.

In particolare viene verificata la sicurezza sia nei confronti degli stati limite ultimi (SLU) sia nei confronti degli stati limite di esercizio (SLE).

1.2.2 CRITERI E DEFINIZIONE DELL’AZIONE SISMICA

L’effetto dell’azione sismica di progetto sull’opera nel suo complesso, includendo il volume significativo di terreno, la struttura di fondazione, gli elementi strutturali e non, nonché gli impianti, deve rispettare gli stati limite ultimi e di esercizio definiti al § 3.2.1, i cui requisiti di sicurezza sono indicati nel § 7.1 della norma.

Il rispetto degli stati limite si considera conseguito quando:

nei confronti degli stati limite di esercizio siano rispettate le verifiche relative al solo Stato Limite di Danno;

nei confronti degli stati limite ultimi siano rispettate le indicazioni progettuali e costruttive riportate nel § 7 e siano soddisfatte le verifiche relative al solo Stato Limite di salvaguardia della Vita.

Per Stato Limite di Danno (SLD) s’intende che l’opera, nel suo complesso, a seguito del terremoto, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, subisce danni tali da non provocare rischi agli utenti e non compromette significativamente la capacità di resistenza e di rigidità nei confronti delle azioni verticali e orizzontali. Lo stato limite di esercizio comporta la verifica delle tensioni di lavoro, come riportato al § 4.1.2.2.5.

Per Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV) si intende che l’opera a seguito del terremoto subisce rotture e crolli dei componenti non strutturali e impiantistici e significativi danni di componenti strutturali, cui si associa una perdita significativa di rigidità nei confronti delle azioni orizzontali (creazione di cerniere plastiche secondo il criterio della gerarchia delle resistenze), mantenendo ancora un margine di sicurezza (resistenza e rigidità) nei confronti delle azioni verticali.

Gli stati limite, sia di esercizio sia ultimi, sono individuati riferendosi alle prestazioni che l’opera a realizzarsi deve assolvere durante un evento sismico; nel caso di specie per la funzione che l’opera deve espletare nella sua vita utile, è significativo calcolare lo Stato Limite di Danno (SLD) per l’esercizio e lo Stato Limite di Salvaguardia della Vita (SLV) per lo stato limite ultimo.

Essendo le pile e le palle sede di dispositivi elastomerici, secondo quanto prescritto dalla normativa vigente (punto § 7.10.2), la sottostruttura deve mantenersi in campo elastico: a tal riguardo quindi, nel calcolo allo SLV, vengono eseguite le verifiche alle tensioni di esercizio (§ 4.1.2.2.5), assumendo come limite delle tensioni di esercizio quelle adottate per la combinazione caratteristica (rara). Tale condizione inoltre, in accordo al punto § 7.10.6.1., consente di ritenere soddisfatte anche le verifiche nei confronti dello SLD.

Per la definizione dell'azione sismica considerata si rimanda alla relazione A1_4_20_1 in cui si specificano i dati relativi alla vita nominale (100 anni) ed alla classe d'uso ($C_u=2.0$): i risultati relativi alla combinazione sismica non vengono riportati, essendo per l'impalcato più severa la condizione sotto l'azione dei carichi da traffico.

1.2.3 COMBINAZIONI DI CARICO

Le combinazioni di carico, considerate ai fini delle verifiche, sono stabilite in modo da garantire la sicurezza in conformità a quanto prescritto al . 5.1.3.12 e 2.5.3 del D.M. 14/01/2008.

I carichi variabili sono stati suddivisi in carichi da traffico, vento e resistenza passiva dei vincoli; di conseguenza, le combinazioni sono state generate assumendo alternativamente ciascuno dei tre suddetti carichi come azione variabile di base.

Fra i carichi variabili si distinguono:

Q	carichi da traffico
Q_T	azioni termiche
Q_w	azione del vento

Inoltre, come indicato nella tabella 5.1.IV, sono stati identificati tre gruppi di azioni caratteristiche, corrispondenti rispettivamente ai carichi verticali, alla forza di frenamento e alla forza centrifuga.

Ai fini delle verifiche degli stati limite si definiscono le seguenti combinazioni delle azioni:

1) – Combinazione fondamentale, generalmente impiegata per gli stati limite ultimi (SLU):

$$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \gamma_{Q2} \cdot \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \gamma_{Q3} \cdot \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots \quad (2.5.1)$$

2) – Combinazione caratteristica (rara), generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) irreversibili, da utilizzarsi nelle verifiche alle tensioni ammissibili di cui al § 2.7:

$$G_1 + G_2 + P + Q_{k1} + \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots \quad (2.5.2)$$

3) – Combinazione frequente, generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) reversibili:

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots \quad (2.5.3)$$

4) – Combinazione quasi permanente (SLE), generalmente impiegata per gli effetti a lungo termine:

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots \quad (2.5.4)$$

5) – Combinazione sismica, impiegata per gli stati limite ultimi e di esercizio connessi all'azione sismica E (v. § 3.2):

$$E + G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots \quad (2.5.5)$$

6) – Combinazione eccezionale, impiegata per gli stati limite ultimi connessi alle azioni eccezionali di progetto A_d (v. § 3.6):

$$G_1 + G_2 + P + A_d + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots \quad (2.5.6)$$

Nelle combinazioni per SLE, si intende che vengono omessi i carichi Q_{kj} che danno un contributo favorevole ai fini delle verifiche e, se del caso, i carichi G_2 .

Gli stati limite ultimi delle opere interrato si riferiscono allo sviluppo di meccanismi di collasso, determinati dalla mobilitazione della resistenza del terreno, e al raggiungimento della resistenza degli elementi strutturali che compongono l'opera.

Le verifiche agli stati limite ultimi devono essere eseguiti in riferimento ai seguenti stati limite:

- SLU di tipo geotecnico (GEO): collasso per carico limite dell'insieme fondazione-terreno;
- SLU di tipo strutturale (STR): raggiungimento della resistenza negli elementi strutturali.

Le verifiche saranno condotte secondo l'approccio progettuale "Approccio 1", utilizzando i coefficienti parziali riportati nelle Tabelle 6.2.I e 5.1.V per i parametri geotecnici e le azioni, Tabella 6.2.II per i parametri del terreno, e Tabella 6.4.II e 6.4.IV per i parametri di resistenza per le opere di fondazione su pali.

OPERE DI FONDAZIONE – FONDAZIONI SU PALI (CAP.6.4.3)

Approccio 1

(A1+M1+R1)

(verifica strutturale)

(A2+M1+R2)

(verifica geotecnica)

Tabella 6.2.I/5.1.V - Coefficienti parziali di sicurezza per le combinazioni di carico agli SLU

		Coefficiente	EQU ⁽¹⁾	A1 STR	A2 GEO
Carichi permanenti	favorevoli	γ_{G1}	0.90	1.00	1.00
	sfavorevoli		1.10	1.35	1.00
Carichi permanenti non strutturali ⁽²⁾	favorevoli	γ_{G2}	0.00	0.00	0.00
	sfavorevoli		1.50	1.50	1.30
Carichi variabili da traffico	favorevoli	γ_Q	0.00	0.00	0.00
	sfavorevoli		1.35	1.35	1.15
Carichi variabili	favorevoli	γ_{Qi}	0.00	0.00	0.00
	sfavorevoli		1.50	1.50	1.30
Distorsioni e presollecitazioni di progetto	favorevoli	$\gamma_{\epsilon 1}$	0.90	1.00	1.00
	sfavorevoli		1.00 ⁽³⁾	1.00 ⁽⁴⁾	1.00
Ritiro e viscosità, Variazioni termiche, Cedimenti vincolari	favorevoli	$\gamma_{e2}, \gamma_{e3}, \gamma_{e4}$	0.00	0.00	0.00
	sfavorevoli		1.20	1.20	1.00

⁽¹⁾ Equilibrio che non coinvolga i parametri di deformabilità e resistenza del terreno: altrimenti si applicano i valori GEO.

⁽²⁾ Nel caso in cui i carichi permanenti non strutturali (ad es. carichi permanenti portati) siano compiutamente definiti si potranno adottare coefficienti validi per le azioni permanenti.

⁽³⁾ 1.30 per instabilità in strutture con precompressione esterna.

⁽⁴⁾ 1.20 per effetti locali

Tabella 6.2.II - Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

PARAMETRO	GRANDEZZA ALLA QUALE APPLICARE IL COEFFICIENTE PARZIALE	COEFFICIENTE PARZIALE γ_M	(M1)	(M2)
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan \phi'_k$	γ_{ϕ}	1.00	1.25
Coesione efficace	c'_k	$\gamma_{c'}$	1.00	1.25
Resistenza non drenata	c_{uk}	γ_{cu}	1.00	1.40
Peso dell'unità di volume	γ	γ_γ	1.00	1.00

Tabella 6.4.II – Coefficienti parziali γ da applicare alle resistenze caratteristiche.

Resistenza	Simbolo	Pali infissi			Pali trivellati			Pali ad elica continua		
		(R1)	(R2)	(R3)	(R1)	(R2)	(R3)	(R1)	(R2)	(R3)
Base	γ_b	1,0	1,45	1,15	1,0	1,7	1,35	1,0	1,6	1,3
Laterale in compressione	γ_c	1,0	1,45	1,15	1,0	1,45	1,15	1,0	1,45	1,15
Totale ⁽¹⁾	γ_t	1,0	1,45	1,15	1,0	1,6	1,30	1,0	1,55	1,25
Laterale in trazione	γ_{ct}	1,0	1,6	1,25	1,0	1,6	1,25	1,0	1,6	1,25

⁽¹⁾ da applicare alle resistenze caratteristiche dedotte dai risultati di prove di carico di progetto.

$$R_{c,\lambda} = \text{Min} \left\{ \frac{(R_{c,cal})_{media}}{\xi_3}, \frac{(R_{c,cal})_{min}}{\xi_4} \right\} \quad (6.2.10)$$

$$R_{t,\lambda} = \text{Min} \left\{ \frac{(R_{t,cal})_{media}}{\xi_3}, \frac{(R_{t,cal})_{min}}{\xi_4} \right\} \quad (6.2.11)$$

Tabella 6.4.IV – Fattori di correlazione ξ per la determinazione della resistenza caratteristica in funzione del numero di verticali indagate.

Numero di verticali indagate	1	2	3	4	5	7	≥ 10
ξ_3	1,70	1,65	1,60	1,55	1,50	1,45	1,40
ξ_4	1,70	1,55	1,48	1,42	1,34	1,28	1,21

Ai fini delle verifiche degli stati limite ultimi si definiscono le seguenti combinazioni:

- 1A) STR) $\Rightarrow \gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \sum_i \psi_{0i} \cdot Q_{ki}$
 \Rightarrow (terreno non defattorizzato e spinta a riposo)
- 1B) GEO) $\Rightarrow \gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \sum_i \psi_{0i} \cdot Q_{ki}$
 \Rightarrow (terreno non defattorizzato e spinta a riposo)
- 6) Eccezionale) $\Rightarrow G_1 + G_2 + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \sum_i \psi_{2i} \cdot Q_{ki}$

Ai fini delle verifiche degli stati limite di esercizio si definiscono le seguenti combinazioni:

- 2) Rara) $\Rightarrow G_1 + G_2 + P + Q_{k1} + \sum_i \psi_{0i} \cdot Q_{ki}$

Ai fini delle verifiche degli stati limite di esercizio (fessurazione) si definiscono le seguenti combinazioni:

- 3) Frequente) $\Rightarrow G_1 + G_2 + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \sum_i \psi_{2i} \cdot Q_{ki}$
- 4) Quasi permanente) $\Rightarrow G_1 + G_2 + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \sum_i \psi_{2i} \cdot Q_{ki}$

Per la condizione sismica, le combinazioni per gli stati limite ultimi da prendere in considerazione sono le seguenti:

- 5A) STR) $\Rightarrow E + G_1 + G_2 + \sum_i \psi_{2i} \cdot Q_{ki}$
 \Rightarrow (terreno non defattorizzato e spinta attiva)

Gli effetti dell'azione sismica saranno valutati tenendo conto delle masse associate ai seguenti carichi gravitazionali:

$$G_1 + G_2 + \sum_i \psi_{2i} \cdot Q_{ki}$$

I valori del coefficiente ψ_{2i} sono quelli riportati nella tabella 2.5.I della norma; la stessa propone nel caso di ponti, e più in generale per opere stradali, di assumere per i carichi dovuti al transito dei mezzi $\psi_{2i} = 0.2$

(condizione cautelativa). Data la natura dell'opera in progetto, così come previsto dalla norma, si assume $\psi_{2i} = 0.00$.

1.2.4 SISTEMA DI VINCOLAMENTO

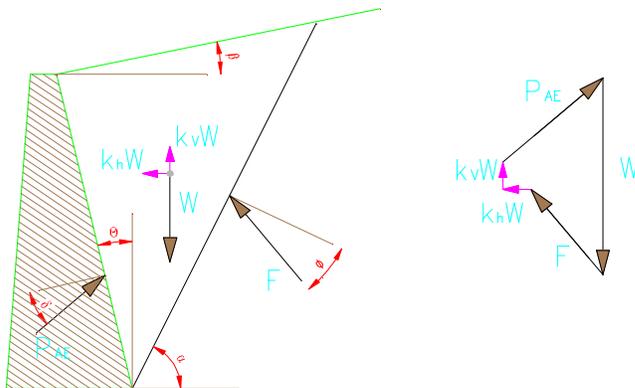
Il calcolo svolto nella condizione sismica è un'analisi statica equivalente, secondo quanto previsto dalla normativa di riferimento. Tale analisi è dipendente dalle caratteristiche dei dispositivi di isolamento ed in particolare dal valore della rigidità orizzontale e dal coefficiente di smorzamento equivalente.

Le caratteristiche dei dispositivi ed in particolare i valori delle rigidità orizzontali vengono considerate nel calcolo delle sollecitazioni degli elementi di sostegno dell'opera in condizioni sismiche in un'analisi di tipo statico equivalente al fine della valutazione delle azioni sismiche ed in condizioni di esercizio per la ripartizione delle forze orizzontali tra i diversi elementi di sostegno.

Le caratteristiche dei dispositivi di appoggio ed isolamento utilizzati per l'opera in oggetto, già descritte nella premessa, consentono la trasmissione delle azioni derivanti dall'impalcato proporzionalmente alle rigidità a pile e spalle.

1.2.5 VALUTAZIONE DELLE SPINTE DEL TERRENO

Si specificache per le pile oggetto della presente relazione il comportamento del terreno sul fusto non è particolarmente significativo stante il fatto che l'interramento è di circa 1.50m: il dimensionamento delle strutture sarà effettuato tenuto conto el terreno imbarcato e della sovraspinta sismica, in cui si è considerato lo schema di spinta attiva con incremento dinamico secondo l'approccio di Mononobe-Okabe.



$$E_d = 1/2 \gamma^* (1 \pm k_v) K H^2 + E_{ws}$$

H : altezza del muro

E_{ws} : spinta idrostatica

γ^* : peso specifico del terreno

K : coefficiente di spinta del terreno (statico+dinamico)

$$\psi = \arctan (k_h / (1 \pm k_v)) =$$

$$k_{AE} = \frac{[\cos^2 (\phi - \theta - \psi)]}{[\cos \psi^* \cos^2 \theta * \cos(\delta + \theta + \psi) * (1 + ((\sin(\delta + \phi) * \sin(\phi - \beta - \psi) / \cos(\delta + \theta + \psi) / \cos(\beta - \theta))^{1/2})^2]}$$

$$\Delta e_d = P_{AE(k_v)} - S_a$$

1.2.6 VERIFICHE DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI

Le verifiche degli elementi strutturali verranno svolte secondo quanto prescritto dalla normative in vigore (DM 14/01/2008); i limiti tensionali massimi assunti sono riportati nel paragrafo specifico relativo alle caratteristiche dei materiali.

Per la tipologia di vincolamento assunto (isolatori elastomerici) in condizioni sismiche le “sottostrutture” devono rimanere in campo elastico; si sono quindi effettuate le seguenti verifiche: allo stato limite ultimo per le condizioni di esercizio e di controllo del mantenimento del comportamento elastico dei materiali per le condizioni sismiche, nonché le verifiche a fessurazione per lo stato limite di esercizio.

1.3 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

La presente relazione è inscindibile dagli elaborate grafici e dai seguenti documenti:

	A1_4_20_2_1	Relazione di Calcolo Impalcato
A1_4_20_2_2		Relazione di Calcolo Soletta
A1_4_20_2_3		Relazione di Calcolo apparecchi di Appoggio e Giunti
A1_4_20_2_4		Relazione di Calcolo Spalla SA - Lato Trento
A1_4_20_2_5		Relazione di Calcolo Spalla SB - Lato Modena
A1_4_20_2_6		Relazione di Calcolo Pile

2 **NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

I calcoli sviluppati nel seguito sono svolti secondo il Metodo degli Stati Limite e nel rispetto della normativa vigente; in particolare si sono osservate le prescrizioni riportate nel cap.2 della relazione A1_4_20_1-Relazione Tecnica e Illustrativa, facente parte del progetto in oggetto.

3 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

Materiali come prescritti dal Decreto Ministeriale 14.01.2008 “Norme Tecniche per le Costruzioni”.

3.1 TABELLA RIASSUNTIVA CLASSI DI ESPOSIZIONE SECONDO NORMATIVA UNI EN 206-1

Questa tabella è da compilarsi in funzione dell’opera da eseguire: associare ad ogni elemento progettuale (fondazione, elevazione.....).

Tab 2

Classi di esposizione ambientale secondo UNI EN 206-1								
Classe di esposizione ambientale	Descrizione dell'ambiente di esposizione	Esempi di condizioni ambientali	UNI 9838	A/C massimo	Contenuto minimo di cemento kg/m ³	Rok minima N/mm ²	Copri ferro minimo di aria %	Copri ferro minimo Mm
1 Assenza di rischio di corrosione o attacco								
X0	Molto secco	Cls per interni di edifici con umidità dell'aria molto bassa	1	-		C12/15	-	15
2 Composizione delle armature per effetto della carbonatazione								
XC1	Secco o permanentemente bagnato	Cls per interni di edifici con umidità relativa bassa o immerso in acqua	2a	0,65	260	C20/25	-	20
XC2	Bagnato, raramente secco	Superfici in cls a contatto con acqua per lungo tempo es. fondazioni	2a	0,60	280	C25/30	-	20
XC3	Umidità moderata	Cls per interni con umidità relativa moderata o alta e cls all'esterno protetto dalla pioggia	5a	0,55	280	C30/37	-	30
XC4	Ciclicamente bagnato ed asciutto	Superfici in cls a contatto con l'acqua, non nella classe XC2.	4a, 5b	0,50	300	C30/37	-	30
3 Composizione delle armature per effetto dei cloruri esclusi quelli provenienti dall'acqua di mare								
XD1	Umidità moderata	Superfici in cls esposte a nebbia salina	5a	0,55	300*	C30/37	-	30
XD2	Bagnato, raramente asciutto	Piscine; cls esposto ad acque industriali contenenti cloruri	4a, 5b	0,55	300	C30/37	-	30
XD3	Ciclicamente bagnato ed asciutto	Parti di ponti esposte a spruzzi contenenti cloruri, pavimentazioni di parcheggi	5c	0,45	320	C35/45	-	40
4 Composizione delle armature indotta da cloruri presenti nell'acqua di mare								
XS1	Esposto alla nebbia salina ma non all'acqua di mare	Strutture prossime o sulla costa	4a, 5b	0,50	300	C30/37	-	30
XS2	Permanentemente sommerso	Parti di strutture marine	5c	0,45	320	C35/45	-	40
XS3	Zone esposte alle onde o alla marea	Parti di strutture marine	5c	0,45	340	C35/45	-	40
5 Attacco dei cicli di gelo/degelo o cono senza sali disgelanti								
XF1	Moderata saturazione d'acqua in assenza di sali disgelanti	Superfici verticali in cls esposte alla pioggia e al gelo	2b	0,55	300	C30/37	-	30
XF2	Moderata saturazione d'acqua in presenza di sali disgelanti	Superfici verticali in cls di strutture stradali esposte al gelo e nebbia dei sali disgelanti	3, 4b	0,55	300	C25/30	4,0 e aggregati resistenti al gelo/degelo	30
XF3	Elevata saturazione d'acqua in assenza di sali disgelanti	Superfici orizzontali in cls esposte alla pioggia e al gelo	2b	0,50	320	C30/37	4,0 e aggregati resistenti al gelo/degelo	30
XF4	Elevata saturazione d'acqua in presenza di sali disgelanti o acqua di mare	Strade e impalcati da ponte esposti ai sali disgelanti. Superfici in cls esposte direttamente a nebbia contenente sali disgelanti	3, 4b	0,45	340	C30/37	4,0 e aggregati resistenti al gelo/degelo	40
6 Attacco chimico								
XA1	Ambiente chimico debolmente aggressivo (vd. prospetto 2 della EN 206)	-	5a	0,55	300	C30/37	-	30
XA2	Ambiente chimico moderatamente aggressivo (vd. prospetto 2 della EN 206)	-	4*, 5b	0,50	320 cemento resistente ai solati	C30/37	-	30
XA3	Ambiente chimico fortemente aggressivo (vd. prospetto 2 della EN 206)	-	5c	0,45	360 cemento resistente ai solati	C35/45	-	40

Conglomerato cementizio per elementi strutturali:

ELEMENTO	CLASSE DI ESPOSIZIONE	CLASSE DI RESISTENZA MINIMA (Mpa)	COPRIFERRO (mm)	CLASSE DI CONSISTENZA	RAPPORTO ACQUA/CEMENTO (+Aria %)	DIMENSIONE MASSIMA NOMINALE DEGLI AGGREGATI (mm)
PALI $\Phi > 800$ mm	XC2	C25/30	60	S4	0.60	40
PLINTI	XC2	C25/30	40	S4	0.60	40
ELEVAZIONE PILE	XC4+XF2	C32/40	40	S4	0.50 (+4%)	32
PULVINI E BAGGIOLI E RITEGNI	XC4+ XF4	C32/40	40	S5	0.45 (+4%)	25

(non si ritiene di applicare la classe XD3, poiché oltre ai sali disgelanti è prevista la situazione di gelo-disgelo (XF4) che costituisce l'unica causa della presenza di cloruri, né vi sono altre fonti da cui provengano cloruri (per questo motivo la classe di esposizione XD3 non appare nella Tabella)

3.2 PARAMETRI DI IDENTIFICAZIONE PER LA VERIFICA A FESSURAZIONE

Nel capitolo 4 del DM 14.01.2008 si identificano i parametri a cui fare riferimento per la verifica a fessurazione.

Tabella 4.1.III – Descrizione delle condizioni ambientali

CONDIZIONI AMBIENTALI	CLASSE DI ESPOSIZIONE
Ordinarie	XC0, XC1, XC2, XC3, XF1
Aggressive	XC4, XD1, XS1, XA1, XA2, XF2, XF3
Molto aggressive	XD2, XD3, XS2, XS3, XA3, XF4

Tabella 4.1.IV – Criteri di scelta dello stato limite di fessurazione

Gruppi di esigenze	Condizioni ambientali	Combinazione di azioni	Armatura			
			Sensibile		Poco sensibile	
			Stato limite	w_d	Stato limite	w_d
a	Ordinarie	frequente	ap. fessure	$\leq w_2$	ap. fessure	$\leq w_3$
		quasi permanente	ap. fessure	$\leq w_1$	ap. fessure	$\leq w_2$
b	Aggressive	frequente	ap. fessure	$\leq w_1$	ap. fessure	$\leq w_2$
		quasi permanente	decompressione	-	ap. fessure	$\leq w_1$
c	Molto aggressive	frequente	formazione fessure	-	ap. fessure	$\leq w_1$
		quasi permanente	decompressione	-	ap. fessure	$\leq w_1$

w_1, w_2, w_3 sono definiti al § 4.1.2.2.4.1, il valore di calcolo w_d è definito al § 4.1.2.2.4.6.

Le verifiche saranno comunque condotte secondo quanto prescritto dall'Istruzione 44A di RFI, in cui i valori limite di apertura delle fessure, per la **combinazione frequente** e per armature poco sensibili, sono i seguenti:

δf ≤ w_1 per strutture in condizioni ambientali aggressive e molto aggressive, così come identificate nel par. 4.1.2.2.4.3 del DM 14.1.2008, per tutte le strutture a permanente contatto con il terreno e per tutte le zone non ispezionabili;

b) δf ≤ w_2 per strutture in condizioni ambientali ordinarie secondo il citato paragrafo del DM 14.1.2008.

In ogni caso devono essere condotte le verifiche a fessurazione mediante calcolo diretto, ai sensi del D.M. 14.01.2008, p.to 4.1.2.2.4.6.

3.3 CALCESTRUZZO PER MAGRONE

Per il magrone di sottofondazione si prevede l'utilizzo di calcestruzzo di classe Rck 15.

3.4 CALCESTRUZZO PER PALI DI FONDAZIONE

Per la realizzazione dei pali di fondazione in cemento armato di pile e spalle, si prevede l'utilizzo di calcestruzzo in classe Rck ≥ 30 N/mm², che presenta le seguenti caratteristiche:

Resistenza a compressione (cilindrica)	→ $f_{ck} = 0.83 * R_{ck} =$	24.90 N/mm ²
Resistenza di calcolo a compressione	→ $f_{cd} = \alpha_{cc} * f_{ck} / \gamma_c = 0.85 * f_{ck} / 1.5 =$	14.16 N/mm ²
Resistenza di calcolo a compressione elastica	→ $\sigma_c = 0.60 * f_{ck} =$	15.00 N/mm ²
Resistenza a trazione media	→ $f_{ctm} = 0.30 * f_{ck}^{2/3} =$	2.56 N/mm ²
Resistenza a trazione	→ $f_{ctk} = 0.7 * f_{ctm} =$	1.795 N/mm ²
Resistenza a trazione di calcolo	→ $f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_c =$	1.197 N/mm ²
Resistenza di calcolo a trazione	→ $\tau_c = 0.50 * f_{ctk} =$	0.900 N/mm ²

3.5 CALCESTRUZZO PER OPERE DI FONDAZIONE

Per la realizzazione della platea di fondazione in cemento armato di pile e spalle, si prevede l'utilizzo di calcestruzzo in classe Rck ≥ 30 N/mm², che presenta le seguenti caratteristiche:

Resistenza a compressione (cilindrica)	→ $f_{ck} = 0.83 * R_{ck} =$	24.90 N/mm ²
Resistenza di calcolo a compressione	→ $f_{cd} = \alpha_{cc} * f_{ck} / \gamma_c = 0.85 * f_{ck} / 1.5 =$	14.16 N/mm ²
Resistenza di calcolo a compressione elastica	→ $\sigma_c = 0.60 * f_{ck} =$	15.00 N/mm ²
Resistenza a trazione media	→ $f_{ctm} = 0.30 * f_{ck}^{2/3} =$	2.56 N/mm ²
Resistenza a trazione	→ $f_{ctk} = 0.7 * f_{ctm} =$	1.795 N/mm ²
Resistenza a trazione di calcolo	→ $f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_c =$	1.197 N/mm ²
Resistenza di calcolo a trazione	→ $\tau_c = 0.50 * f_{ctk} =$	0.900 N/mm ²

3.6 CALCESTRUZZO PER OPERE DI ELEVAZIONE

Per la realizzazione delle opere di elevazione in cemento armato di pile e spalle, si prevede l'utilizzo di calcestruzzo in classe Rck ≥ 40 N/mm², che presenta le seguenti caratteristiche:

Resistenza a compressione (cilindrica)	→ $f_{ck} = 0.83 * R_{ck} =$	33.20 N/mm ²
Resistenza di calcolo a compressione	→ $f_{cd} = \alpha_{cc} * f_{ck} / \gamma_c = 0.85 * f_{ck} / 1.5 =$	18.81 N/mm ²
Resistenza di calcolo a compressione elastica	→ $\sigma_c = 0.60 * f_{ck} =$	19.92 N/mm ²
Resistenza a trazione media	→ $f_{ctm} = 0.30 * f_{ck}^{2/3} =$	3.10 N/mm ²
Resistenza a trazione	→ $f_{ctk} = 0.7 * f_{ctm} =$	2.169 N/mm ²
Resistenza a trazione di calcolo	→ $f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_c =$	1.446 N/mm ²

3.7 ACCIAIO PER CEMENTO ARMATO

Per le armature metalliche si adottano tondini in acciaio del tipo B450C controllato in stabilimento, che presentano le seguenti caratteristiche:

Limite di snervamento f_y	≥ 450 MPa
Limite di rottura f_t	≥ 540 MPa
Allungamento totale al carico massimo A_{gt}	$\geq 7\%$
Rapporto f_v/f_y	$1,13 \leq R_m/R_e \leq 1,35$
Rapporto $f_{v \text{ misurato}}/f_{v \text{ nom}}$	$\leq 1,25$

Tensione di snervamento caratteristica	→ $f_{yk} \geq$	450.00 N/mm ²
Tensione caratteristica a rottura	→ $f_{tk} \geq$	540.00 N/mm ²
Tensione di calcolo elastica	→ $\sigma_c = 0.80 * f_{yk} =$	360.00 N/mm ²
Fattore di sicurezza acciaio	→ $\gamma_s =$	1.15
Resistenza a trazione di calcolo	→ $f_{vd} = f_{yk} / \gamma_s =$	391.30 N/mm ²

3.8 COPRIFERRI

Pile - Si adottano copriferri pari a:

	Copriferro - c_{min} [mm]
FONDAZIONI	
Pali $\phi \geq 800$ mm	60
Platea	40
ELEVAZIONE	
Fusti	40
Baggioli	40

4 CODICI DI CALCOLO

Per il dimensionamento delle strutture facenti parte del ponte in oggetto sono stati utilizzati programmi come descritto nella relazione A1_4_20_1: si riassumono di seguito i programmi di calcolo utilizzati.

SAP 2000

Nome software	N° revisione	Data revisione	Estensore	Data d'acquisto	Data validazione
SAP 2000	14.2.3	11 Ottobre 2010	CSI	10.09.2009	(fare riferimento al produttore)

ENG - SIGMAC

Nome software	N° revisione	Data revisione	Estensore	Data d'acquisto	Data validazione
Eng	8.15	Dicembre 2009	SIGMAc Soft		(fare riferimento al produttore)

VCASLU

Il programma VcaSlu consente la verifica di sezioni in cemento armato normale e precompresso, soggette a presso-flessione o tenso-flessione retta o deviata sia allo stato limite ultimo che con il metodo n.

5 CALCOLO DELLA STRUTTURA

Per la valutazione delle sollecitazioni sulle strutture facenti parte della pila (fusto e fondazioni) si è fatto ricorso ad un modello di calcolo con l'elaboratore, utilizzando il programma di calcolo agli elementi finiti Sap2000 della CSI.

Per la valutazione sismica, si è proceduto ad un'analisi statica equivalente, così come previsto dalla normativa vigente.

5.1 SCHEMATIZZAZIONE DELLA STRUTTURA

Si sono implementati i singoli elementi strutturali come di seguito descritto.

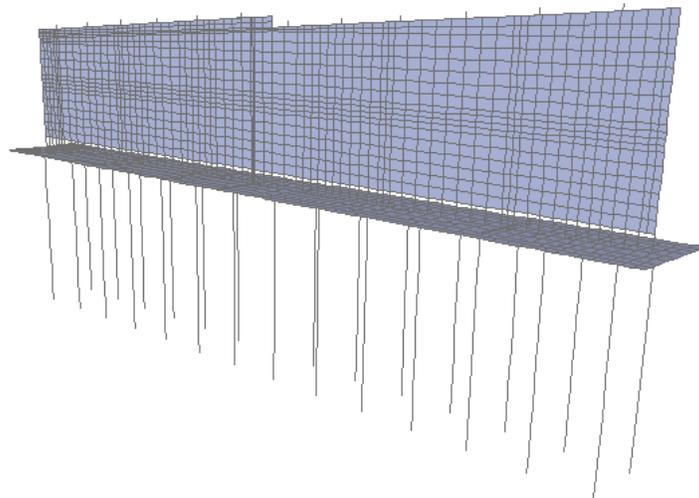
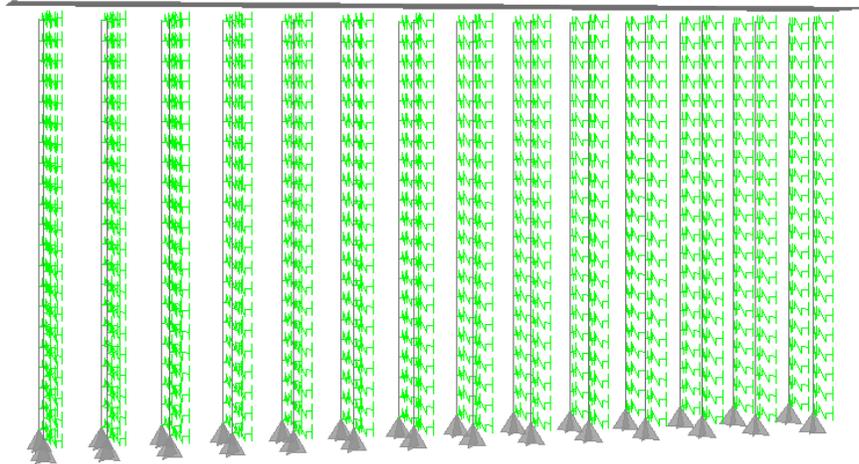


Figura 5.1 Modello 3D

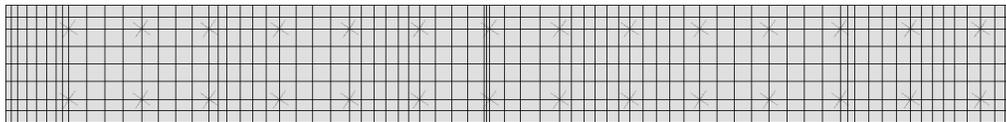
Pali

I pali sono schematizzati come elementi frame di rigidità equivalente al palo in oggetto (modulo elastico relativo al materiale, area relativa all'elemento) immerso in un suolo elastico alla Winkler; la schematizzazione del terreno viene quindi fatta tramite "line spring", molle lineari nelle 2 direzioni principali dell'elemento.



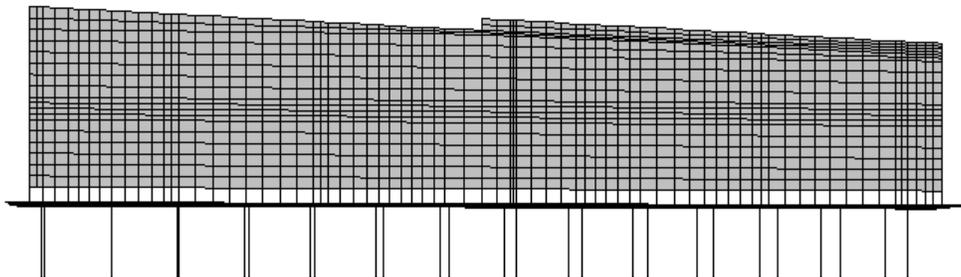
Fondazioni

La platea di fondazione è stata schematizzata con degli elementi shell di spessore pari allo spessore della platea stessa.



Fusto

Il fusto è stato schematizzato con degli elementi shell di spessore pari allo spessore del fusto stesso.



Pulvino

La tipologia di pila oggetto della presente relazione non presenta un pulvino.

5.2 CARATTERISTICHE ELEMENTI IMPLEMENTATI NEL PROGRAMMA

PROPRIETA' DEI MATERIALI

TABLE: Material Properties 02 - Basic Mechanical Properties					
Material	UnitWeight	UnitMass	E1	G12	U12
Text	KN/m3	KN-s2/m4	KN/m2	KN/m2	Unitless
C25/30	25	2.5493	3.14E+07	1.31E+07	0.2
C32/40	25	2.5493	3.36E+07	1.40E+07	0.2
ElevazionePesoNulla	0	0	3.30E+07	1.38E+07	0.2
Nulla	0	0	1.00E+04	4.55E+03	0.1
PlateaBeam	0	0	3.30E+07	1.38E+07	0.2
PlateaShell	3750	382.39	3.30E+07	1.38E+07	0.2
Rigido	0	0	1.00E+10	4.17E+09	0.2

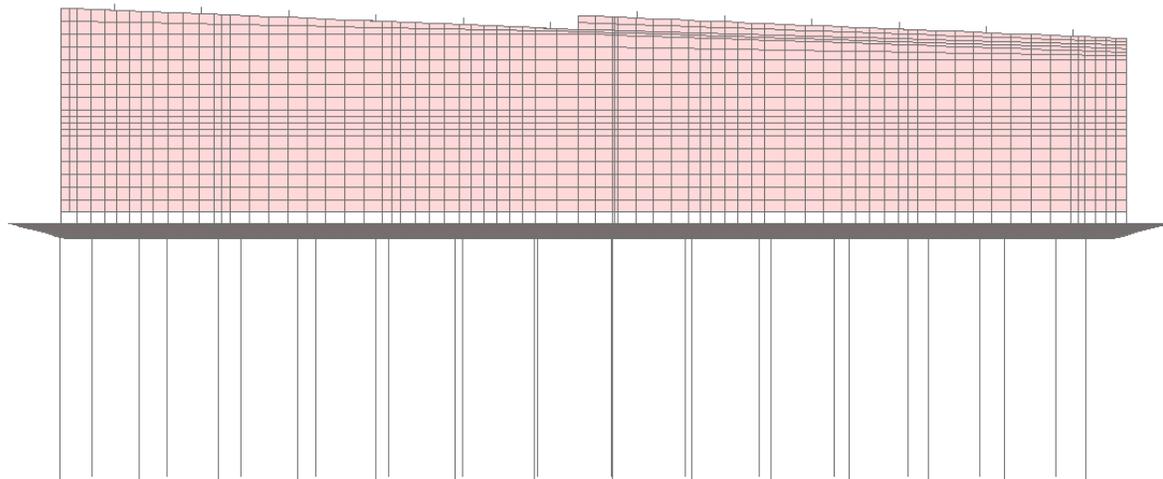
PROPRIETA' DELLE SEZIONI "SHELL"

TABLE: Area Section Properties						
Section	Material	MatAngle	AreaType	Type	Thickness	BendThick
Text	Text	Degrees	Text	Text	m	m
Fusto	C32/40	0	Shell	Shell-Thick	1.4	1.4
Platea	C25/30	0	Shell	Shell-Thick	1.5	1.5

PROPRIETA' DELLE SEZIONI "FRAME"

TABLE: Frame Section Properties 01 - General				
SectionName	Material	Shape	t3	t2
Text	Text	Text	m	m
Appoggio	Rigido	Circle	0.01	
Baggiolo	C32/40	Rectangular	0.9	0.9
Palo1000-L20	C25/30	Circle	1	
Pulvino	C32/40	Rectangular	1.4	1.4
RigidoPlatea	Rigido	Circle	1	
_NULLA	Nulla	General	0.05	0.05

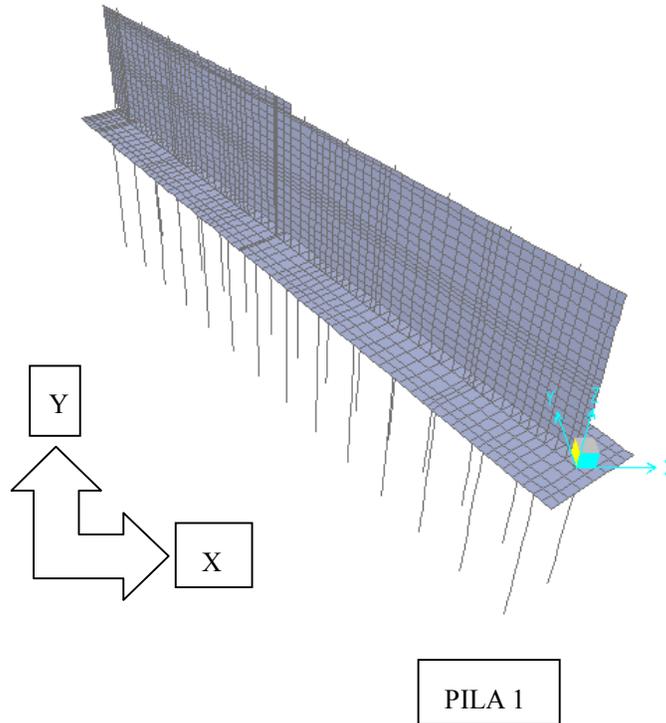
SCHEMA GENERALE DEL MODELLO - PROSPETTO PILA



5.2.1 CONVENZIONI SUI SEGNI

Il sistema di riferimento globale è costituito dagli assi X, Y e Z, con l'asse X parallelo all'asse del ponte, l'asse Y perpendicolare.

Le Z sono positive se dirette verso l'alto, e le X positive in direzione Modena.



5.3 DATI PER ANALISI SISMICA

In merito alle pile, nel rispetto del punto § 7.10, si è applicata l'analisi statica equivalente, affidando come carichi trasmessi dall'impalcato quanto trasferito dai dispositivi elastomerici.

Le verifiche sismiche delle pile da ponte, possono essere eseguite applicando l'azione sismica indipendentemente nelle due direzioni orizzontali ed in quella verticale, rispettivamente trasversale e longitudinale e verticale, e combinandole successivamente tra di loro.

Gli effetti massimi generati dalle due componenti sismiche ai fini delle verifiche di resistenza allo SLU, possono essere ottenuti utilizzando come azione di progetto:

$$\gamma_1 \times E + G_k + P_k$$

Le combinazioni delle azioni dovute alle due componenti orizzontali sono ottenute utilizzando come azione di progetto (§ 7.3.5), la combinazione più sfavorevole tra:

$$E_L = A_{EL} + 0.30 A_{ET} + 0.30 A_{EV}$$

$$E_T = A_{ET} + 0.30 A_{EL} + 0.30 A_{EV}$$

$$E_V = A_{EV} + 0.30 A_{EL} + 0.30 A_{ET}$$

Per il calcolo delle forze d'inerzia agenti sulla pila, vengono considerati i contributi di tutte le sue parti, dei carichi strutturali e permanenti dell'impalcato, nonché del terreno imbarcato.

5.4 ELENCO DATI**5.4.1 DATI IMPALCATO PRESSO PILA****5.4.1.1 Dati relativi alla struttura in acciaio**

VIA DI CORSA NORD (DIREZIONE TRENTO) e VIA DI CORSA SUD (DIREZIONE MODENA)

numero travi in acciaio	6
peso della struttura in acciaio (kN/m ²)	3.000
interasse travi (m)	2.800
altezza trave massima (m)	1.100
altezza trave minima (m)	1.100
lunghezza dell'impalcato di pertinenza (P1)	19.85

5.4.1.2 Dati relativi alla soletta

VIA DI CORSA NORD (DIREZIONE TRENTO)

larghezza totale soletta (m)	17.10
Spessore minimo soletta (m)	0.300
larghezza cordolo n° 1 (m)	0.550
larghezza cordolo n° 2 (m)	0.900
Altezza media cordoli (m)	0.120

VIA DI CORSA SUD (DIREZIONE MODENA)

larghezza totale soletta (m)	17.10
Spessore minimo soletta (m)	0.300
larghezza cordolo n° 1 (m)	1.200
larghezza cordolo n° 2 (m)	0.900
Altezza media cordoli (m)	0.120

5.4.1.3 Dati relativi a pavimentazione e finiture

VIA DI CORSA NORD (DIREZIONE TRENTO) e VIA DI CORSA SUD (DIREZIONE MODENA)

peso pavimentazione (kN/m ²)	3.000
peso barriere antirumore – cordolo esterno (kN/m)	4.000
peso barriere di sicurezza – cordolo interno (kN/m)	2.000

5.4.1.4 Dati relativi ai carichi mobile

VIA DI CORSA NORD (DIREZIONE TRENTO) e VIA DI CORSA SUD (DIREZIONE MODENA)

numero max. colonne di carico	10
larghezza colonne di carico (m)	3.000
larghezza colonna q _{IF} su cordolo n.1 sx - esterno (m)	0.000
larghezza colonna q _{IF} su cordolo n.2 sx - interno (m)	0.000
larghezza colonna q _{IF} su cordolo n.1 dx - esterno (m)	0.000
larghezza colonna q _{IF} su cordolo n.2 dx - interno (m)	0.000

5.4.1.5 Dati relativi ai dispositivi di appoggio

VIA DI CORSA NORD (DIREZIONE TRENTO) e VIA DI CORSA SUD (DIREZIONE MODENA)

altezza media dei baggioli (m)	0.230
--------------------------------	-------

spessore appoggi (m)	0.200
----------------------	-------

5.4.2 DATI RELATIVI ALLA PILA

5.4.2.1 Dati relativi all'elevazione

altezza fusto (m) - variabile	6.800/8.00 0
obliquità (°)	35
lunghezza in pianta -dir.y- del fusto in sommità (m)	40.600
larghezza in pianta -dir.x- del fusto in sommità (m)	1.400
lunghezza in pianta -dir.y- del fusto alla base (m)	40.600
larghezza in pianta -dir.x- del fusto alla base (m)	1.400

5.4.2.2 Dati relativi alla platea di fondazione

peso specifico calcestruzzo (kN/m ³)	25.000
lunghezza platea (m)	41.600
larghezza platea (m)	5.000
spessore platea (m)	1.500

5.4.2.3 Dati relativi al terreno

peso specifico terreno (kN/m ³)	19.000
altezza di ricoprimento platea (m)	1.500

5.5 AZIONI IN CONDIZIONI DI ESERCIZIO

5.5.1 AZIONI RELATIVE ALL'IMPALCATO

Le azioni trasmesse dall'impalcato sono state implementate in corrispondenza degli appoggi con valori derivanti dalla modellazione spaziale dello stesso (per pote considerare la forte obliquità): i carichi orizzontali sono quelli trasmessi dai dispositivi elastomerici, in funzione della loro rigidezza.

Si riporta di seguito i carichi base del dimensionamento dell'impalcato e successivamente la tabella riassuntiva dei carichi trasmessi alla pila.

5.5.1.1 Carichi strutturali

I carichi strutturali relativi l'impalcato sono stati inseriti come carichi distribuiti sugli elementi, di intensità pari a:

soletta:	$q_{c.a.} = 25.0 * 0.30 =$	7.50 kN/mq
travi:	$q_{acciaio} = 3.00 * 3.50 =$	10.50 kN/mq

5.5.1.2 Carichi permanenti

Si riassumono di seguito i valori dei carichi permanenti:

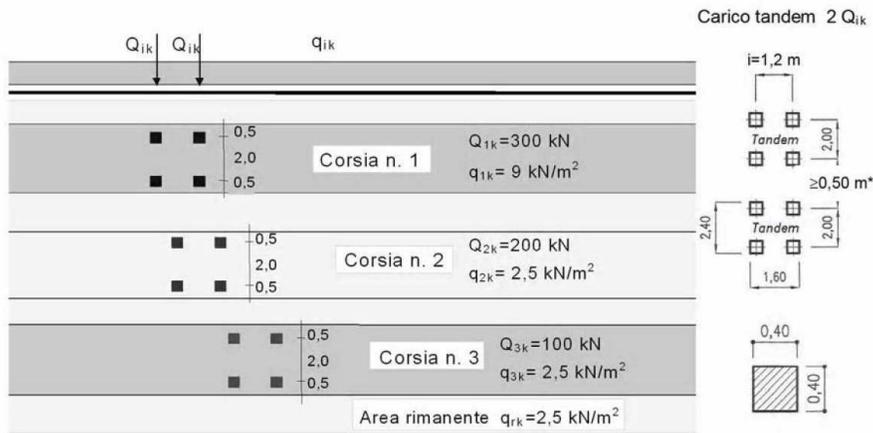
Cordoli:	$q_{cordoli} = 25.0 * 0.12 =$	3.00 kN/mq
Pavimentazione:	$q_{pav} =$	3.00 kN/mq
Barriera antirumore:	$q_{ba} =$	4.00 kN/m
Barriera sicurezza:	$q_{bs} =$	2.00 kN/m

5.5.1.3 Carichi mobili

Secondo quanto disposto dalla normativa vigente (cap.5 DM 14.01.2008), la disposizione e la numerazione delle corsie va determinata in modo da indurre le più sfavorevoli condizioni di progetto.

Quando la carreggiata consiste di due parti separate portate da due impalcati indipendenti e da un'unica pila (o spalla), per il progetto della pila o della spalla si adotta un'unica numerazione di colonne di carico per le due parti.

Per ciascuna singola verifica e per ciascuna corsia convenzionale, si applicano gli Schemi di Carico definiti nel seguito per una lunghezza e per una disposizione longitudinale, tali da ottenere l'effetto più sfavorevole.



Schema di carico 1 (dimensioni in [m])

*per $w \leq 2,90$ m

Le colonne dei carichi mobili vengono disposte, a partire da quella di entità massima, in adiacenza al cordolo più esterno (caso n° 1 cordolo esterno carreggiata direzione Trento, caso n°2 cordolo esterno carreggiata direzione Modena).

La larghezza della carreggiata è pari a 15.61m (x 2 impalcati), perciò vi trovano posto n°10 colonne di carico accidentale, di larghezza 3.00m ciascuna, costituite ciascuna da carichi concentrati Q_{1k} e distribuiti q_{1k} .

Le reazioni vincolari sulla pila vengono valutate attraverso un modello spaziale agli elementi finiti in cui sono schematizzati tutti gli elementi dell'impalcato e delle pile.

Non si considera il carico della folla poiché sull'impalcato non sono presenti i marciapiedi.

5.5.1.4 Azioni orizzontali longitudinali

5.5.1.4.1 Azione di frenamento

Per la tipologia di appoggi previsti, l'azione di frenatura si trasferisce alle pile proporzionalmente alle rigidità dei dispositivi.

Dal calcolo degli appoggi si ha:

AZIONE DI FRENATURA

L'azione di frenatura si distribuisce sulle pile e sulle spalle in maniera direttamente proporzionale alle rigidità degli appoggi che le collegano all'impalcato.

La forza totale di frenatura sull'impalcato di una via di corsa è pari a:

$$F_{fren} = 0.6 \cdot (2Q_{1k}) + 0.10 q_{1k} \cdot w_1 \cdot L = 515.25 \quad \text{kN}$$

Le rigidità degli appoggi sono pari a:

$K_{i,S} =$	2.41	kN/mm	Rigidità App. Spalla
$K_{i,P} =$	1.65	kN/mm	Rigidità App. Pila
$K_{TOT} =$	48.72	kN/mm	Rigidità Totale

Lo spostamento e lo scorrimento angolare dovuto alla frenatura sarà pari a

$$\Delta L_{fren} = F_{fren} / K_{TOT} = 10.58 \quad \text{mm}$$

$$\gamma_{fren,S} = \Delta L_{fren} / t_{e,S} = 0.19$$

$$\gamma_{fren,P} = \Delta L_{fren} / t_{e,P} = 0.18$$

$G_{din}(\gamma)/G_{din}(\gamma=1)$ Spalla =	1.73	
$G_{din}(\gamma)/G_{din}(\gamma=1)$ Pila =	1.81	
$G_S = G_{din}(\gamma)/G_{din}(\gamma=1) * G =$	2.42	N/mm ²
$G_P = G_{din}(\gamma)/G_{din}(\gamma=1) * G =$	2.53	N/mm ²

Le rigidezze calcolate iterativamente in funzione dello scorrimento sono pari a:

$K_{i,S} =$	8.92	kN/mm	Rigidezza App. Spalla
$K_{i,P} =$	6.16	kN/mm	Rigidezza App. Pila
$K_{TOT} =$	180.90	kN/mm	Rigidezza Totale

Ne consegue che le forze sui singoli appoggi delle spalle e delle pile dovute ad una sola via di corsa sono pari a:

$F_{i,S} = F * K_{i,S} / (K_{i,S} + K_{i,P}) : n_{app,S} =$	25.39	kN
$F_{i,P} = F * K_{i,P} / (K_{i,S} + K_{i,P}) : n_{app,P} =$	17.54	kN

5.5.1.4.2 Azione di attrito

Per la tipologia di appoggi previsti, non si ha attrito.

5.5.1.4.3 Azione termica

Per la tipologia di appoggi previsti, l'azione termica si trasferisce alle pile proporzionalmente alle rigidezze dei dispositivi.

Dal calcolo degli appoggi si ha:

AZIONE TERMICA

Si sono considerati i seguenti dati:

$\square\square\square$	20	°C	Temperatura media
$\Delta T =$	30	°C	Variazione termica;
$\square\square\square\square\square\square\square\square\square\square\square\square$	50	°C	Temperatura limite appoggio
$c =$	0.959		Incremento rigidezze per temperatura
$\alpha =$	1.20E-05	°C ⁻¹	Coefficiente di dilatazione termica;
$L_S =$	27.75	m	Luce di influenza spalla;
$L_P =$	11.15	m	Luce di influenza pila;

Si calcolano quindi le variazioni di lunghezza dell'impalcato sulla spalla e sulla pila:

$\Delta L_{Spalla} =$	9.99	mm
$\Delta L_{Pila} =$	4.01	mm

Noti gli spostamenti in sommità degli appoggi si possono calcolare gli scorrimenti:

$\gamma_{Spalla} = \Delta L_{Spalla} / t_{e,S} =$	0.178
$\gamma_{Pila} = \Delta L_{Pila} / t_{e,P} =$	0.067

$G_{din}(\gamma)/G_{din}(\gamma=1)$ Spalla =	1.79	
$G_{din}(\gamma)/G_{din}(\gamma=1)$ Pila =	2.53	
$G_S = G_{din}(\gamma)/G_{din}(\gamma=1) * G =$	2.51	N/mm ²
$G_P = G_{din}(\gamma)/G_{din}(\gamma=1) * G =$	3.54	N/mm ²

Da cui si ricava la tensione tangenziale:

$\tau_{Spalla} = c * G_S * \gamma_{Spalla} =$	0.430	N/mm ²
---	-------	-------------------

$$\tau_{Pila} = c * G_p * \gamma_{Pila} = 0.227 \quad N/mm^2$$

E la forza orizzontale applicata ad ogni singolo appoggio:

$$H_{Spalla} = \tau_{Spalla} * A_{app,S} = 41.34 \quad kN$$

$$H_{Pila} = \tau_{Pila} * A_{app,P} = 16.07 \quad kN$$

5.5.1.5 Azioni orizzontali trasversali

5.5.1.5.1 Azione dovuta al vento

Come prescritto nel § 5.1.3.7 (Azioni di Neve, Vento: q5) del D.M. del 14.01.2008 (Norme tecniche per le costruzioni), per le azioni da neve e vento vale quanto specificato al Cap. 3.

L'azione del vento può essere convenzionalmente assimilata ad un carico orizzontale statico, diretto ortogonalmente all'asse del ponte e/o diretto nelle direzioni più sfavorevoli per alcuni dei suoi elementi (ad es. le pile). Tale azione si considera agente sulla proiezione nel piano verticale delle superfici direttamente investite.

La superficie dei carichi transitanti sul ponte esposta al vento si assimila ad una parete rettangolare continua dell'altezza di 3 m a partire dal piano stradale.

Il carico neve si considera non concomitante con i carichi da traffico, salvo che per ponti coperti

La pressione del vento è data dall'espressione:

$$p = q_b * c_e * c_p * c_d \quad (3.3.2)$$

dove

q_b è la pressione cinetica di riferimento di cui al § 3.3.6;

c_e è il coefficiente di esposizione di cui al § 3.3.7;

c_p è il coefficiente di forma (o coefficiente aerodinamico), funzione della tipologia e della geometria della costruzione e del suo orientamento rispetto alla direzione del vento. Il suo valore può essere ricavato da dati suffragati da opportuna documentazione o da prove sperimentali in galleria del vento;

c_d è il coefficiente dinamico con cui si tiene conto degli effetti riduttivi associati alla non contemporaneità delle massime pressioni locali e degli effetti amplificativi dovuti alle vibrazioni strutturali. Indicazioni per la sua valutazione sono riportate al § 3.3.8.

Si è fatta una prima analisi confrontando la pressione cinetica determinata con i criteri del DM del 14/01/2008, considerando un coefficiente di forma relativo alle travi ad anima piena e reticolari multiple (§ 3.3.10.4.2), con i criteri suggeriti dalle "Istruzioni per la valutazione delle azioni e degli effetti del vento sulle costruzioni" emanate dal CNR del 17 gennaio 2008. Da tale confronto sono risultate pressioni del vento inferiori a quelle indicate nel DM 4 maggio 1990 (aggiornamento delle norme tecniche per la progettazione, la esecuzione e il collaudo dei ponti stradali), pertanto, a favore di sicurezza, si assume un carico pari a 2.50 kN/m².

Per la presenza delle barriere antirumore, non si differenzia il valore dell'azione del vento tra ponte carico e ponte scarico.

Per la forte obliquità dell'impalcato rispetto le strutture di sostegno, si sono considerate due direzioni principali, e precisamente perpendicolare alla direzione dell'impalcato, perpendicolare alla direzione della pila.

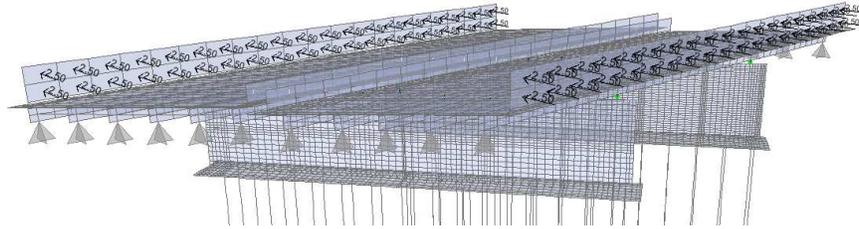


Figura 5.2 Vento perpendicolare alla direzione dell'impalcato

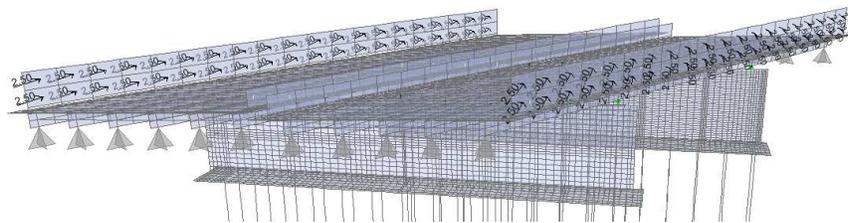


Figura 5.3 Vento perpendicolare alla direzione della pila

Per la tipologia di appoggi previsti, l'azione di frenatura si trasferisce alle pile proporzionalmente alle rigidezze dei dispositivi.

Dal calcolo degli appoggi si ha:

AZIONE VENTO TRASVERSALE

Forza vento complessiva

$F_{ven} = V * Lc =$ 632.5 kN

Le rigidezze degli appoggi sono pari a:

$K_{i,S} =$	2.41	kN/mm	Rigidezza App. Spalla
$K_{i,P} =$	1.65	kN/mm	Rigidezza App. Pila
$K_{TOT} =$	48.72	kN/mm	Rigidezza Totale

Lo spostamento e lo scorrimento angolare dovuto al vento sarà pari a

$\Delta L_{ven} = F_{ven} / K_{TOT} =$ 12.98 mm

$\gamma_{ven,S} = \Delta L_{ven} / t_{e,S} =$ 0.23

$\gamma_{ven,P} = \Delta L_{ven} / t_{e,P} =$ 0.22

$G_{din}(\gamma) / G_{din}(\gamma=1)$ Spalla =	1.55	
$G_{din}(\gamma) / G_{din}(\gamma=1)$ Pila =	1.57	
$G_S = G_{din}(\gamma) / G_{din}(\gamma=1) * G =$	2.17	N/mm ²
$G_P = G_{din}(\gamma) / G_{din}(\gamma=1) * G =$	2.20	N/mm ²

Le rigidezze calcolate iterativamente in funzione dello scorrimento sono pari a:

$K_{i,S} =$	8.59	kN/mm	Rigidezza App. Spalla
$K_{i,P} =$	5.95	kN/mm	Rigidezza App. Pila
$K_{TOT} =$	174.43	kN/mm	Rigidezza Totale

Ne consegue che le forze sui singoli appoggi delle spalle e delle pile dovute ad una sola via di corsa sono pari a:

$F_{i,S} = F * K_{i,S} / (K_{i,S} + K_{i,P}) : n_{app,S} =$	31.14	kN
$F_{i,P} = F * K_{i,P} / (K_{i,S} + K_{i,P}) : n_{app,P} =$	21.57	kN

5.5.1.5.2 Azione centrifuga

Il ponte è in curva con raggio di curvatura pari a:

$R = 1610m$

Di conseguenza non si ha nessun contributo di sollecitazione.

5.5.2 RIASSUNTO AZIONI TRASMESSE DALL'IMPALCATO

Si riportano di seguito gli scarichi verticali degli appoggi relative all'impalcato. Si precisa che P1.A è l'appoggio più esterno (positive sono le sollecitazioni verso il basso)

TABLE: Joint Reactions

Joint	OutputCase	F3
Text	Text	kN
P1.A	g1.Peso Proprio Acciaio Impalcato	104.41
P1.A	g1.soletta	566.70
P1.B	g1.Peso Proprio Acciaio Impalcato	157.07
P1.B	g1.soletta	471.90
P1.C	g1.Peso Proprio Acciaio Impalcato	135.40
P1.C	g1.soletta	465.90
P1.D	g1.Peso Proprio Acciaio Impalcato	133.94
P1.D	g1.soletta	464.35
P1.E	g1.Peso Proprio Acciaio Impalcato	136.00
P1.E	g1.soletta	487.02
P1.F	g1.Peso Proprio Acciaio Impalcato	117.28
P1.F	g1.soletta	557.58

TABLE: Joint Reactions

Joint	OutputCase	F3
Text	Text	kN
P1.A	g2-Perm	488.65
P1.A	e2-Ritiro	67.81
P1.A	e4-Ced_1	-22.07
P1.A	e4-Ced_2	-6.07
P1.B	g2-Perm	182.66
P1.B	e2-Ritiro	239.98
P1.B	e4-Ced_1	-15.86
P1.B	e4-Ced_2	-2.70

P1.C	g2-Perm	158.30
P1.C	e2-Ritiro	168.85
P1.C	e4-Ced_1	-19.06
P1.C	e4-Ced_2	-3.72
P1.D	g2-Perm	152.34
P1.D	e2-Ritiro	158.24
P1.D	e4-Ced_1	-19.11
P1.D	e4-Ced_2	-3.44
P1.E	g2-Perm	176.45
P1.E	e2-Ritiro	182.80
P1.E	e4-Ced_1	-16.76
P1.E	e4-Ced_2	-2.17
P1.F	g2-Perm	342.15
P1.F	e2-Ritiro	-3.23
P1.F	e4-Ced_1	-24.36
P1.F	e4-Ced_2	-4.37

TABLE: Joint Reactions

Joint	OutputCase	F3		
Text	Text	kN	Qk	qk
P1.A	q5-Vento+	154.47		
P1.A	q5-Vento-	-154.47		
P1.A	e3_dT+10	-27.84		
P1.A	e3_dT-5	13.92		
P1.A	Q1_Accidentale pos.1	807.46	371.7	436
P1.A	Q1_Accidentale pos.2	-13.38	0.3	-13.8
P1.B	q5-Vento+	-112.21		
P1.B	q5-Vento-	112.21		
P1.B	e3_dT+10	-77.28		
P1.B	e3_dT-5	38.64		
P1.B	Q1_Accidentale pos.1	830.55	507	323.6
P1.B	Q1_Accidentale pos.2	1.38	-4.8	6
P1.C	q5-Vento+	-20.57		
P1.C	q5-Vento-	20.57		
P1.C	e3_dT+10	-57.25		
P1.C	e3_dT-5	28.62		
P1.C	Q1_Accidentale pos.1	422.30	244.2	178.2
P1.C	Q1_Accidentale pos.2	109.35	45.2	64.2
P1.D	q5-Vento+	-14.38		
P1.D	q5-Vento-	14.38		
P1.D	e3_dT+10	-52.96		
P1.D	e3_dT-5	26.48		
P1.D	Q1_Accidentale pos.1	172.78	83.4	89.4
P1.D	Q1_Accidentale pos.2	368.17	215.6	152.5
P1.E	q5-Vento+	-4.96		
P1.E	q5-Vento-	4.96		
P1.E	e3_dT+10	-70.88		
P1.E	e3_dT-5	35.44		

P1.E	Q1_Accidentale pos.1	16.08	-6.3	22.4
P1.E	Q1_Accidentale pos.2	646.94	385.5	261.5
P1.F	q5-Vento+	3.04		
P1.F	q5-Vento-	-3.04		
P1.F	e3_dT+10	14.16		
P1.F	e3_dT-5	-7.08		
P1.F	Q1_Accidentale pos.1	-29.70	-6.4	-7.91
P1.F	Q1_Accidentale pos.2	1024.07	527.8	496.5

5.5.3 AZIONI RELATIVE ALLA PILA

5.5.3.1 Carichi permanenti relativi all'elevazione

I carichi strutturali relativi la pila vengono determinati automaticamente dal programma assumendo il peso specifico del materiale (c.c.a $\gamma = 25.0 \text{ kN/m}^3$).

5.5.3.2 Azione del vento

Come per l'impalcato, l'azione del vento sulla pila è stata valutata in due direzioni principali: perpendicolare alla direzione dell'impalcato, perpendicolare alla direzione della pila.

Il valore assunto è pari a:

vento: $q_v = 2.50 \text{ kN/mq}$

5.5.3.3 Azioni relative alla platea di fondazione

I carichi strutturali relativi la fondazione vengono determinati automaticamente dal programma assumendo il peso specifico del materiale (c.c.a $\gamma = 25.0 \text{ kN/m}^3$).

I carichi permanenti sono relative il terreno imbarcato, il cui valore corrisponde a:

terreno: $q_{c.a.} = 19.0 * 1.50 = 28.50 \text{ kN/mq}$

5.5.3.4 Azioni eccezionali – Urti

Urto di un veicolo contro le strutture.

I piedritti dei ponti ubicati a distanza $\leq 5,0 \text{ m}$ dalla sede stradale, dovranno essere protetti contro il pericolo di urti di veicoli stradali, mediante adeguate opere chiaramente destinate alla protezione dei piedritti stessi.

Per il ponte in oggetto si deve fare riferimento al paragrafo § 3.6.3.4 (Urti da traffico ferroviario) del DM 2008.

All'occorrenza di un deragliamento può verificarsi il rischio di collisione fra i veicoli deragliati e le strutture adiacenti la ferrovia. Queste ultime dovranno essere progettate in modo da resistere alle azioni conseguenti ad una tale evenienza. In mancanza di specifiche analisi di rischio possono assumersi le seguenti azioni statiche equivalenti, in funzione della distanza d degli elementi esposti dall'asse del binario; essendo $d_{\min} = 5.64 \text{ m}$ ($5 \text{ m} < d \leq 15 \text{ m}$), si dovrà assumere:

- 2000 kN in direzione parallela alla direzione di marcia dei convogli ferroviari;

- 750 kN in direzione perpendicolare alla direzione di marcia dei convogli ferroviari.

Queste forze dovranno essere applicate a 1,80 m dal piano del ferro e non dovranno essere considerate agenti simultaneamente.

5.5.4 PALIFICATA DI FONDAZIONE

Come indicato nel capitolo 7.1.1, il palo è schematizzato come elementi immersi in suolo elastico alla Winkler: le caratteristiche del terreno inducono ad assumere una costante elastica pari a:

$$k_w = 0.03 \text{ N/mm}^3$$

Geometria Della Palificata

diámetro pali =	100 cm
numero totale pali =	28
numero pali attivi longitudinalmente =	28
numero pali attivi trasversalmente =	28
interasse longitudinale =	3.0m
interasse trasversale =	3.0m

5.5.5 CASI DI CARICO E COMBINAZIONI

Si riportano di seguito le combinazioni di carico considerate.

5.5.5.1 CASI DI CARICO

TABLE: Case - Static 1 - Load Assignments		
Case	LoadType	LoadName
Text	Text	Text
g1) Pila Peso Proprio	Load pattern	g1) Pila Peso Proprio
g2) Pila Terra Imbarcata	Load pattern	g2) Pila Terra Imbarcata
g2) Pila Permanente	Load pattern	g2) Pila Permanente
g1) Impalcato Peso Proprio	Load pattern	g1) Impalcato Peso Proprio
g2) Impalcato Permanente	Load pattern	g2) Impalcato Permanente
q1.a) Acc.1 P1 Imp. Tandem	Load pattern	q1.a) Acc.1 P1 Imp. Tandem
q1.a) Acc.1 P1 Imp. Distribuito	Load pattern	q1.a) Acc.1 P1 Imp. Distribuito
q1.b) Acc.2 P1 Imp. Tandem	Load pattern	q1.b) Acc.2 P1 Imp. Tandem
q1.b) Acc.2 P1 Imp. Distribuito	Load pattern	q1.b) Acc.2 P1 Imp. Distribuito
q1.a1) Folla 1 P1 Marc.Lato Acc.	Load pattern	q1.a1) Folla 1 P1 Marc.Lato Acc.
q1.a2) Folla 1 P1 Marc.Centro	Load pattern	q1.a2) Folla 1 P1 Marc.Centro
q1.a3) Folla 1 P1 Marc.Lato Opposto	Load pattern	q1.a3) Folla 1 P1 Marc.Lato Opposto
q1.b1) Folla 2 P1 Marc.Lato Acc.	Load pattern	q1.b1) Folla 2 P1 Marc.Lato Acc.
q1.b2) Folla 2 P1 Marc.Centro	Load pattern	q1.b2) Folla 2 P1 Marc.Centro
q1.b3) Folla 2 P1 Marc.Lato Opposto	Load pattern	q1.b3) Folla 2 P1 Marc.Lato Opposto
q3.a) Frenatura 1 P1	Load pattern	q3.a) Frenatura 1 P1
q3.b) Frenatura 2 P1	Load pattern	q3.b) Frenatura 2 P1
q4.a) Azione Centrifuga 1 P1	Load pattern	q4.a) Azione Centrifuga 1 P1
q4.b) Azione Centrifuga 2 P1	Load pattern	q4.b) Azione Centrifuga 2 P1
Q5.1) VENTO Imp.carico	Load pattern	q5.1) VENTO Imp.carico
	Load pattern	q5.5) VENTO Pila PerpImp
Q5.2) VENTO Perp.Pila Imp.carico	Load pattern	q5.2) VENTO Perp.Pila Imp.carico
	Load pattern	q5.6) VENTO Pila PerpPila
Q5.3) VENTO Imp.scarico	Load pattern	q5.3) VENTO Imp.scarico
	Load pattern	q5.5) VENTO Pila PerpImp
Q5.4) VENTO Perp.Pila Imp.scarico	Load pattern	q5.4) VENTO Perp.Pila Imp.scarico
	Load pattern	q5.6) VENTO Pila PerpPila
q5.5) VENTO Pila PerpImp	Load pattern	q5.5) VENTO Pila PerpImp
q5.6) VENTO Pila PerpPila	Load pattern	q5.6) VENTO Pila PerpPila
q5.7) Neve	Load pattern	q5.7) Neve
q6.1b) SismLong.Pila	Load pattern	q6.1b) SismLong.Pila
q6.2b) SismTrasv.Pila	Load pattern	q6.2b) SismTrasv.Pila
q6.3bL) SismVertLong.Pila	Load pattern	q6.3bL) SismVertLong.Pila
q6.3bT) SismVertTrasv.Pila	Load pattern	q6.3bT) SismVertTrasv.Pila
Q6.L) Sisma Long	Load pattern	q6.1a) SismLong.Impalcato
	Load pattern	q6.1b) SismLong.Pila
	Load pattern	q6.4aL) EccentricitaImp.Long
Q6.T) Sisma Trasv	Load pattern	q6.2a) SismTrasv.Impalcato
	Load pattern	q6.2b) SismTrasv.Pila
	Load pattern	q6.4aT) EccentricitaImp.Trasv
Q6.VL) Sisma VertLong	Load pattern	q6.3aL) SismVertLong.Impalcato
	Load pattern	q6.3bL) SismVertLong.Pila
Q6.VT) Sisma VertTrasv	Load pattern	q6.3aT) SismVertTrasv.Impalcato
	Load pattern	q6.3bT) SismVertTrasv.Pila
q7.1) Attrito Imp.Struttura	Load pattern	q7.1) Attrito Imp.Struttura

q7.2) Attrito Imp.Portati	Load pattern	q7.2) Attrito Imp.Portati
q9.1) Urti P1 Parallelo	Load pattern	q9.1) Urti P1 Parallelo
q9.2) Urti P1 Perpendicolare	Load pattern	q9.2) Urti P1 Perpendicolare
e.1) Presollecitazioni	Load pattern	e.1) Presollecitazioni
e.2) Ritiro+Fluage	Load pattern	e.2) Ritiro+Fluage
e.3U+) TemperaturaUnif+	Load pattern	e.3U+) TemperaturaUnif+
e.3U-) TemperaturaUnif-	Load pattern	e.3U-) TemperaturaUnif-
e.3G+) TemperaturaGrad+	Load pattern	e.3G+) TemperaturaGrad+
e.3G-) TemperaturaGrad-	Load pattern	e.3G-) TemperaturaGrad-

5.5.5.2.2 Stati limite ultimo per geotecnica pali

1B) Carichi elementari combinazione A2-M1 (terreno non defattorizzato e spinta a riposo)

$$\gamma_{G1} * G1 + \gamma_{G2} * G2 + \gamma_P * P + \gamma_{Q1} * Q_{k1} + \gamma_{Q2} * \psi_2 * Q_{k2} + \gamma_{Q3} * \psi_3 * Q_{k3} + \dots$$

CATEGORIA	DESCRIZIONE	A1	A2	A3	R1	R2	C1	C2	C3	D	E	F	G	H	I	L1	L2	L3	M1	M2	M3	N	O	P	Q1	Q2	Q3	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA	AB	AC	AD	AE	AF	AG	AH	AI	AJ	AK	AL	AM	AN	AO	AP	AQ	AR	AS	AT	AU	AV	AW	AX	AY	AZ	BA	BB	BC	BD	BE	BF	BG	BH	BI	BJ	BK	BL	BM	BN	BO	BP	BQ	BR	BS	BT	BU	BV	BW	BX	BY	BZ	CA	CB	CC	CD	CE	CF	CG	CH	CI	CJ	CK	CL	CM	CN	CO	CP	CQ	CR	CS	CT	CU	CV	CW	CX	CY	CZ	DA	DB	DC	DD	DE	DF	DG	DH	DI	DJ	DK	DL	DM	DN	DO	DP	DQ	DR	DS	DT	DU	DV	DW	DX	DY	DZ	EA	EB	EC	ED	EE	EF	EG	EH	EI	EJ	EK	EL	EM	EN	EO	EP	EQ	ER	ES	ET	EU	EV	EW	EX	EY	EZ	FA	FB	FC	FD	FE	FF	FG	FH	FI	FJ	FK	FL	FM	FN	FO	FP	FQ	FR	FS	FT	FU	FV	FW	FX	FY	FZ	GA	GB	GC	GD	GE	GF	GG	GH	GI	GJ	GK	GL	GM	GN	GO	GP	GQ	GR	GS	GT	GU	GV	GW	GX	GY	GZ	HA	HB	HC	HD	HE	HF	HG	HH	HI	HJ	HK	HL	HM	HN	HO	HP	HQ	HR	HS	HT	HU	HV	HW	HX	HY	HZ	IA	IB	IC	ID	IE	IF	IG	IH	II	IJ	IK	IL	IM	IN	IO	IP	IQ	IR	IS	IT	IU	IV	IW	IX	IY	IZ	JA	JB	JC	JD	JE	JF	JG	JH	JI	JJ	JK	JL	JM	JN	JO	JP	JQ	JR	JS	JT	JU	JV	JW	JX	JY	JZ	KA	KB	KC	KD	KE	KF	KG	KH	KI	KJ	KL	KM	KN	KO	KP	KQ	KR	KS	KT	KU	KV	KW	KX	KY	KZ	LA	LB	LC	LD	LE	LF	LG	LH	LI	LJ	LK	LM	LN	LO	LP	LQ	LR	LS	LT	LU	LV	LW	LX	LY	LZ	MA	MB	MC	MD	ME	MF	MG	MH	MI	MJ	MK	ML	MM	MN	MO	MP	MQ	MR	MS	MT	MU	MV	MW	MX	MY	MZ	NA	NB	NC	ND	NE	NF	NG	NH	NI	NJ	NK	NL	NM	NN	NO	NP	NQ	NR	NS	NT	NU	NV	NW	NX	NY	NZ	OA	OB	OC	OD	OE	OF	OG	OH	OI	OJ	OK	OL	OM	ON	OO	OP	OQ	OR	OS	OT	OU	OV	OW	OX	OY	OZ	PA	PB	PC	PD	PE	PF	PG	PH	PI	PJ	PK	PL	PM	PN	PO	PP	PQ	PR	PS	PT	PU	PV	PW	PX	PY	PZ	QA	QB	QC	QD	QE	QF	QG	QH	QI	QJ	QK	QL	QM	QN	QO	QP	QQ	QR	QS	QT	QU	QV	QW	QX	QY	QZ	RA	RB	RC	RD	RE	RF	RG	RH	RI	RJ	RK	RL	RM	RN	RO	RP	RQ	RR	RS	RT	RU	RV	RW	RX	RY	RZ	SA	SB	SC	SD	SE	SF	SG	SH	SI	SJ	SK	SL	SM	SN	SO	SP	SQ	SR	SS	ST	SU	SV	SW	SX	SY	SZ	TA	TB	TC	TD	TE	TF	TG	TH	TI	TJ	TK	TL	TM	TN	TO	TP	TQ	TR	TS	TT	TU	TV	TW	TX	TY	TZ	UA	UB	UC	UD	UE	UF	UG	UH	UI	UJ	UK	UL	UM	UN	UO	UP	UQ	UR	US	UT	UU	UV	UW	UX	UY	UZ	VA	VB	VC	VD	VE	VF	VG	VH	VI	VJ	VK	VL	VM	VN	VO	VP	VQ	VR	VS	VT	VU	VV	VW	VX	VY	VZ	WA	WB	WC	WD	WE	WF	WG	WH	WI	WJ	WK	WL	WM	WN	WO	WP	WQ	WR	WS	WT	WU	WV	WW	WX	WY	WZ	XA	XB	XC	XD	XE	XF	XG	XH	XI	XJ	XK	XL	XM	XN	XO	XP	XQ	XR	XS	XT	XU	XV	XW	XX	XY	XZ	YA	YB	YC	YD	YE	YF	YG	YH	YI	YJ	YK	YL	YM	YN	YO	YP	YQ	YR	YS	YT	YU	YV	YW	YX	YY	YZ	ZA	ZB	ZC	ZD	ZE	ZF	ZG	ZH	ZI	ZJ	ZK	ZL	ZM	ZN	ZO	ZP	ZQ	ZR	ZS	ZT	ZU	ZV	ZW	ZX	ZY	ZZ

5.5.5.2.3 Stati limite di esercizio

2) *SLE - Combinazione caratteristica rara* ($G_1 + G_2 + P + Q_{k1} + \psi_{02} * Q_{k2} + \psi_{03} * Q_{k3} + \dots$)

CATEGORIA	DESCRIZIONE	SLE	I		II		III		IV	
			Q1	Q2	Q1	Q2	Q1	Q2	Q1	Q2
CARICHI D'ATTACCO	Gruppo 2b	I	Wp1a1c	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60
	Wp1a1c		0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60
	Wp1a1c		0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60
	Wp1a1c		0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60
	Wp1a1c		0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60
	Wp1a1c		0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60
	Wp1a1c		0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60
	Wp1a1c		0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60
	Wp1a1c		0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60
	Wp1a1c		0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60
	Wp1a1c		0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60
	Wp1a1c		0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60
VENTO	BASE	I	Wp1a1	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60
	Wp1a1		0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60
	Wp1a1		0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60
	Wp1a1		0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60
	Wp1a1		0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60
	Wp1a1		0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60
	Wp1a1		0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60
	Wp1a1		0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60
	Wp1a1		0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60
	Wp1a1		0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60
	Wp1a1		0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60
	Wp1a1		0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60
gruppo 1a	II	Wp1a1	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60
		Wp1a1	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60
		Wp1a1	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60
		Wp1a1	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60
		Wp1a1	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60
		Wp1a1	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60
		Wp1a1	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60
		Wp1a1	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60
		Wp1a1	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60
		Wp1a1	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60
		Wp1a1	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60
		Wp1a1	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60
gruppo 2a	III	Wp1a1	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60
		Wp1a1	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60
		Wp1a1	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60
		Wp1a1	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60
		Wp1a1	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60
		Wp1a1	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60
		Wp1a1	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60
		Wp1a1	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60
		Wp1a1	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60
		Wp1a1	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60
		Wp1a1	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60
		Wp1a1	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60
gruppo 2b	IV	Wp1a1	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60
		Wp1a1	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60
		Wp1a1	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60
		Wp1a1	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60
		Wp1a1	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60
		Wp1a1	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60
		Wp1a1	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60
		Wp1a1	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60
		Wp1a1	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60
		Wp1a1	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60
		Wp1a1	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60
		Wp1a1	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60

SLE - Combinazione caratteristica rara
 $G_1 + G_2 + P + Q_{k1} + \psi_{02} * Q_{k2} + \psi_{03} * Q_{k3} + \dots$

CARICHI D'ATTACCO

5.6 AZIONI IN CONDIZIONI SISMICHE

L'opera viene progettata ai sensi del DM 14.01.2008, inerente la nuova normativa e classificazione sismica del territorio nazionale; coerentemente con il contenuto del succitato DM le verifiche vengono condotte secondo il criterio semi-probabilistico agli stati limite.

Come anticipato nel capitolo 1.2.2, essendo le pile e le palle sede di dispositivi elastomerici, secondo quanto prescritto dalla normativa vigente (punto § 7.10.2), la sottostruttura deve mantenersi in campo elastico: a tal riguardo quindi, nel calcolo allo SLV, vengono eseguite le verifiche alle tensioni di esercizio (§ 4.1.2.2.5), assumendo come limite delle tensioni di esercizio quelle adottate per la combinazione caratteristica (rara). Tale condizione inoltre, in accordo al punto § 7.10.6.1., consente di ritenere soddisfatte anche le verifiche nei confronti dello SLD.

Le azioni sismiche sono calcolate mediante analisi statica equivalente implementate su programma agli elementi finiti SAP2000 utilizzando gli spettri forniti dalla normativa agenti separatamente nelle tre direzioni principali (x, y, z), e successivamente combinati secondo quanto prescritto dalla normativa.

Al fine della verifica delle strutture di fondazione si considera la combinazione di carico con lo spettro elastico (fattore di struttura $q=1.0$); lo studio dei pali in condizioni sismiche, seguendo l'Approccio 1, prevede:

combinazione 1 (Struttura): $A1+M1+R1$

combinazione 2 (Geotecnica): $A2+M1+R2$

dove però i coefficienti γ_a di amplificazione dei carichi devono essere posti = 1; esiste quindi un'unica combinazione di carico.

Le masse che intervengono per la determinazione delle sollecitazioni sismiche sono:

fusto pila

fondazione pila

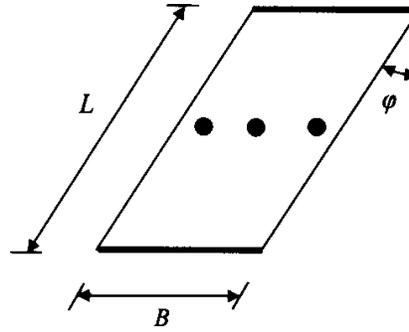
terreno imbarcato

pali

impalcato struttura

permanenti portati (cordoli, pavimentazione, barriere)

Quando l'impalcato abbia angolo di obliquità $\phi > 20^\circ$ (v. Fig. 7.9.1) o sia particolarmente largo rispetto alla lunghezza (rapporto tra larghezza B e lunghezza L, $B/L > 2,0$) particolare attenzione deve essere dedicata ai moti torsionali del ponte intorno all'asse verticale, in particolare evitando che la rigidità torsionale d'insieme del ponte sia affidata ad un'unica pila, nel caso di impalcati continui, o progettando gli apparecchi d'appoggio per resistere agli effetti torsionali, nel caso di impalcati semplicemente appoggiati.



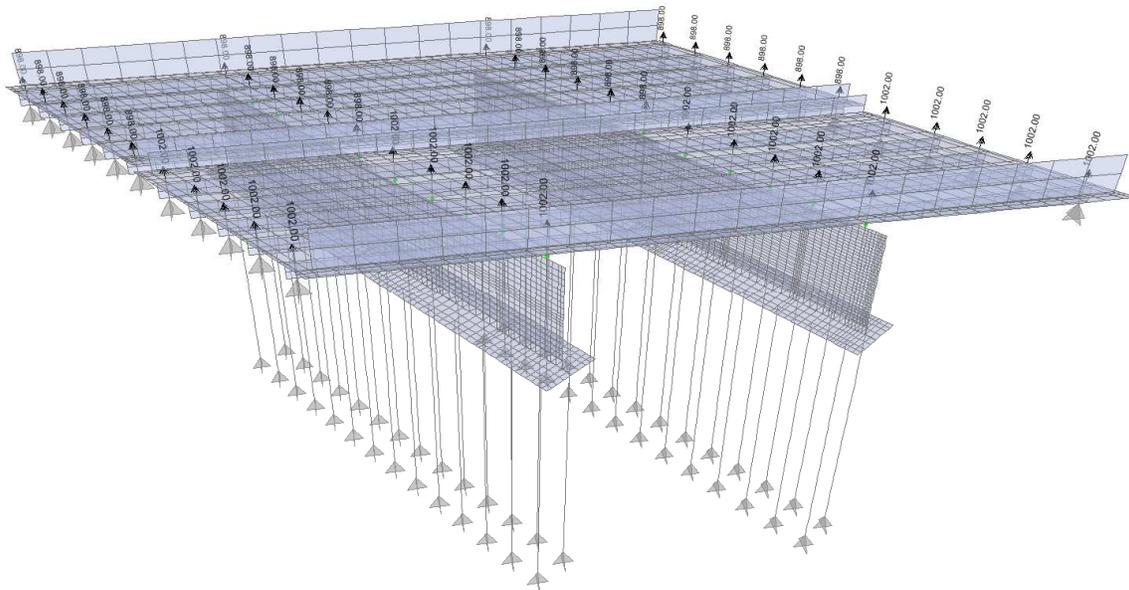
In assenza di più accurate determinazioni, l'eccentricità accidentale di cui al § 7.2.6 è riferita all'impalcato e può essere assunta pari a 0,03 volte la dimensione dell'impalcato stesso misurata perpendicolarmente alla direzione dell'azione sismica.

Eccentricità Longitudinale: $e_x = 0.03 * 17.50 = 0.53\text{m}$

Eccentricità Trasversale: $e_y = 0.03 * (16.60+23.05+16.60) = 1.69\text{m}$

Si è individuato il carico trasmesso dall'impalcato agli appoggi (separatamente lato Trento e lato Modena), e si è applicato un momento torcente agli appoggi.

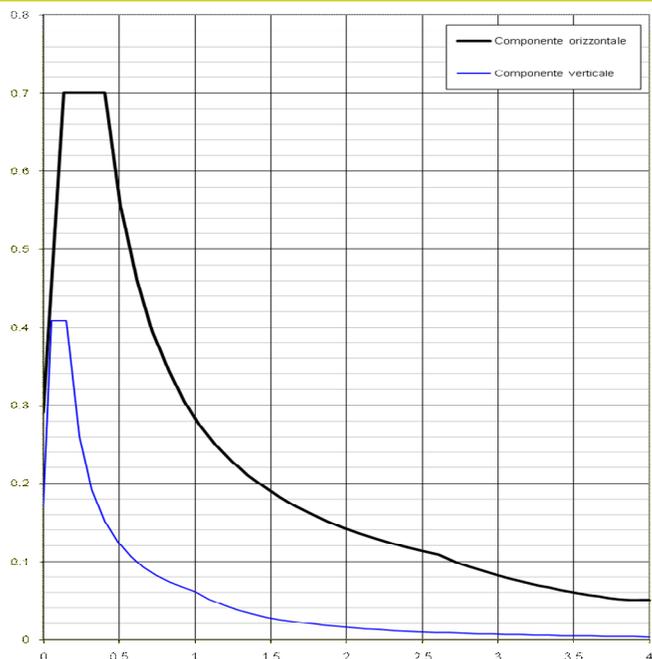
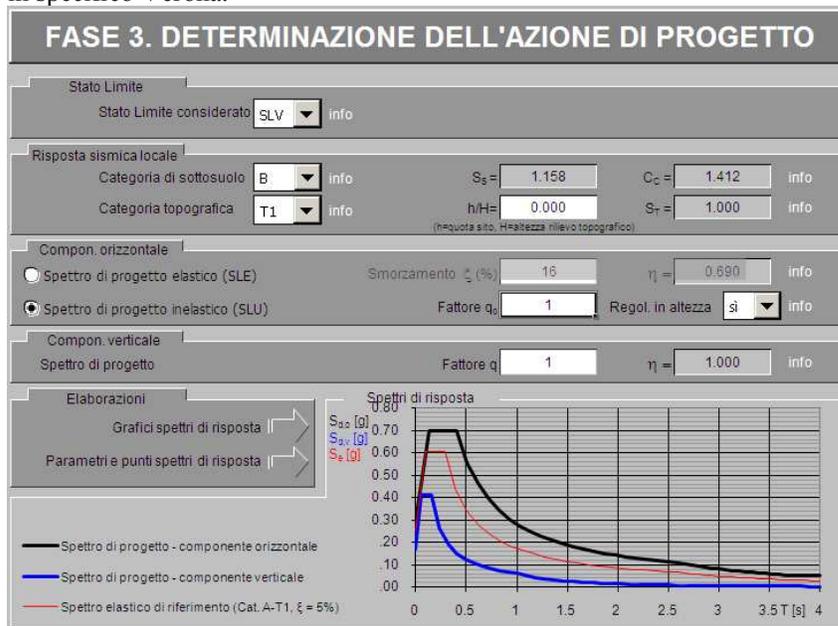
TRENTO/MODENA		
Ptot,t =	40674.19	kN
ex	0.53	
ey	1.69	
n.appoggi	4*6=	24
mTx =	898	kNm/app
mTy =	2864	kNm/app



5.6.2 AZIONI SISMICHE

Si opera ai sensi del DM 14.01.2008. In base alla nuova classificazione sismica del territorio nazionale il comune ricade

Le azioni sismiche di seguito riportate sono ottenute applicando lo spettro elastico della zona considerata, in specifico Verona.



5.6.3 CARATTERISTICHE FISICO-MECCANICHE DEL TERRENO

Ai fini della definizione della azione sismica di progetto, il suolo può essere inquadrato nella categoria di tipo "B".

6 SOLLECITAZIONI E VERIFICHE SUGLI ELEMENTI STRUTTURALI

Si specifica che nella presente relazione viene riportato il dimensionamento della sola Pila n.1, in quanto la Pila n.2 è analoga in geometria e condizioni di carico.

Le combinazioni di carico considerate sono quelle di stato limite di esercizio e di stato limite ultimo.

Di seguito si riportano le verifiche delle sezioni più significative e per le Combinazioni di carico risultate più critiche.

I calcoli di verifica sono effettuati con il metodo degli Stati Limite, applicando il combinato D.M.14.01.2008 con l'UNI EN 1992 (Eurocodice 2); risultano i seguenti tipi di verifiche:

Verifiche agli Stati Limite Ultimi (Approccio 1, combinazione 1 – A1M1R1): $E_d \leq R_d$

Presso-Flessione

Taglio

Verifiche allo Stato Limite di Esercizio (condizioni di esercizio, combinazione “rara”): si verifica che le massime tensioni presenti nel calcestruzzo siano inferiori a $\sigma_c < 0.60 f_{ck}$ e quelle dell'acciaio $\sigma_s < 0.80 f_{yk}$

Presso-Flessione

Taglio

Verifiche allo Stato Limite di Fessurazione (condizioni di esercizio, combinazione “frequente” e “quasi permanente”): come indicato nel D.M.14.01.2008 si verifica l'ampiezza di apertura delle fessure con le limitazioni imposte dalle Istruzioni 44A della normativa ferroviaria.

Verifiche delle azioni Sismiche (Approccio 1, combinazione 1 – A1M1): si verifica che le massime tensioni presenti nel calcestruzzo siano inferiori a $\sigma_c < 0.60 f_{ck}$ e quelle dell'acciaio $\sigma_s < 0.80 f_{yk}$

Presso-Flessione

Taglio

Verifiche agli Stati Limite Ultimi (condizione “Eccezionale”): $E_d \leq R_d$

Presso-Flessione

Taglio

Per ogni elemento strutturale si riporta la sollecitazione massima in una direzione con le restanti sollecitazioni associate:

Nmax/Nmin con M e T associate (negativo se di compressione)

Mmax/Mmin con N e T associate (sia in x, sia in y)

Tmax/Tmin con N e M associate

Inoltre per individuare gli eventuali stati di sollecitazione intermedi che possano indurre in presso/flessione deviate una situazione più gravosa si è individuata la condizione che induce una tensione massima/minima sulla sezione ideale:

$$\sigma = N/A + M_x/W_x + M_y/W_y$$

cond.1	cond.2	cond.3	cond.4	cond.5	cond.6	cond.7	cond.8
M2max	M2min	M3max	M3min	Pmin Comp.	Pmax Comp.	σ_{max}	σ_{max}

Nelle verifiche allo stato limite ultimo, si è creato il dominio in corrispondenza di $M_y = \text{costante}$:
i pali (elementi frame) hanno sezione circolare e quindi una direzione principale;
per la platea ed il fusto (elementi shell) si affronta la verifica considerando una direzione principale per volta.

6.1 SOLLECITAZIONI E VERIFICA PALIFICATA

Si riporta la numerazione degli elementi che identificano la palificata nel modello col programma di calcolo SAP2000.

FILA PALI ANTERIORE

2235 2234 2233 2232 2231 2230 2229 2228 2227 2226 2225 2224 2223 2222 2221 2220 2219 2218 2217 2216

2275 2274 2273 2272 2271 2270 2269 2268 2267 2266 2265 2264 2263 2262 2261 2260 2259 2258 2257 2256

2315 2314 2313 2312 2311 2310 2309 2308 2307 2306 2305 2304 2303 2302 2301 2300 2299 2298 2297 2296

2355 2354 2353 2352 2351 2350 2349 2348 2347 2346 2345 2344 2343 2342 2341 2340 2339 2338 2337 2336

2395 2394 2393 2392 2391 2390 2389 2388 2387 2386 2385 2384 2383 2382 2381 2380 2379 2378 2377 2376

2435 2434 2433 2432 2431 2430 2429 2428 2427 2426 2425 2424 2423 2422 2421 2420 2419 2418 2417 2416

2475 2474 2473 2472 2471 2470 2469 2468 2467 2466 2465 2464 2463 2462 2461 2460 2459 2458 2457 2456

2515 2514 2513 2512 2511 2510 2509 2508 2507 2506 2505 2504 2503 2502 2501 2500 2499 2498 2497 2496

2555 2554 2553 2552 2551 2550 2549 2548 2547 2546 2545 2544 2543 2542 2541 2540 2539 2538 2537 2536

2595 2594 2593 2592 2591 2590 2589 2588 2587 2586 2585 2584 2583 2582 2581 2580 2579 2578 2577 2576

2635 2634 2633 2632 2631 2630 2629 2628 2627 2626 2625 2624 2623 2622 2621 2620 2619 2618 2617 2616

2675 2674 2673 2672 2671 2670 2669 2668 2667 2666 2665 2664 2663 2662 2661 2660 2659 2658 2657 2656

2715 2714 2713 2712 2711 2710 2709 2708 2707 2706 2705 2704 2703 2702 2701 2700 2699 2698 2697 2696

2755 2754 2753 2752 2751 2750 2749 2748 2747 2746 2745 2744 2743 2742 2741 2740 2739 2738 2737 2736

FILA PALI ANTERIORE

2815 2814 2813 2812 2811 2810 2809 2808 2807 2806 2805 2804 2803 2802 2801 2800 2799 2798 2797 2796

2855 2854 2853 2852 2851 2850 2849 2848 2847 2846 2845 2844 2843 2842 2841 2840 2839 2838 2837 2836

2895 2894 2893 2892 2891 2890 2889 2888 2887 2886 2885 2884 2883 2882 2881 2880 2879 2878 2877 2876

2935 2934 2933 2932 2931 2930 2929 2928 2927 2926 2925 2924 2923 2922 2921 2920 2919 2918 2917 2916

2975 2974 2973 2972 2971 2970 2969 2968 2967 2966 2965 2964 2963 2962 2961 2960 2959 2958 2957 2956

3015 2414 2413 2412 2411 2410 2409 2408 2407 2406 2405 2404 2403 2402 2401 2400 2399 2398 2397 2396

3055 2454 2453 2452 2451 2450 2449 2448 2447 2446 2445 2444 2443 2442 2441 2440 2439 2438 2437 2436

3095 2494 2493 2492 2491 2490 2489 2488 2487 2486 2485 2484 2483 2482 2481 2480 2479 2478 2477 2476

3135 2534 2533 2532 2531 2530 2529 2528 2527 2526 2525 2524 2523 2522 2521 2520 2519 2518 2517 2516

3175 2574 2573 2572 2571 2570 2569 2568 2567 2566 2565 2564 2563 2562 2561 2560 2559 2558 2557 2556

3215 2614 2613 2612 2611 2610 2609 2608 2607 2606 2605 2604 2603 2602 2601 2600 2599 2598 2597 2596

3255 2654 2653 2652 2651 2650 2649 2648 2647 2646 2645 2644 2643 2642 2641 2640 2639 2638 2637 2636

3295 2694 2693 2692 2691 2690 2689 2688 2687 2686 2685 2684 2683 2682 2681 2680 2679 2678 2677 2676

3335 2734 2733 2732 2731 2730 2729 2728 2727 2726 2725 2724 2723 2722 2721 2720 2719 2718 2717 2716

6.1.1 SOLLECITAZIONI PALI

1A) Stato limite ultimo

Per la molteplicità di elementi si sono individuati 7 gruppi di pali partendo dai primi 4 lato corsia nord e procedendo verso la corsia sud, sempre a gruppi di 4 pali (2+2).

	cond.1	cond.2	cond.3	cond.4	cond.5	cond.6	cond.7	cond.8
	M2max	M2min	M3max	M3min	Pmin Comp.	Pmax Comp.	V2max	V3max
M2	67.24	-121.63	10.35	-40.56	-21.97	-4.41	-63.42	-109.49
P	-2027.73	-2431.52	-1745.40	-2351.55	-1025.93	-3037.12	-2421.85	-1960.03
M3	-2.50	-16.40	77.50	-100.56	11.78	4.52	-99.16	-36.36
V2	-2.04	-9.41	2119	-27.14	-6.64	0.30	-33.57	-11.79
V3	37.81	-44.70	2101	-21.53	0.72	-2.21	-27.68	-48.21
cond	1.2-1A) I Vi+H-T-R 1	3.6-2-1A) III Vi-Aa+F+T-R 2	1.2-1A) I Vi+H-T-R 1	4.0-2-1A) III Vi-Aa+F+T-R 2	1.3-1A) I Vp+1	1.8-2-1A) II Vi+Vp+T-R 2	3.6-2-1A) III Vi-Aa+F+T-R 2	3.2-1A) I Vi+H-T-R 1
elem	2696	2716	2676	2736	2676	2744	2736	2716
dist. dal 1° vert.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00

	cond.1	cond.2	cond.3	cond.4	cond.5	cond.6	cond.7	cond.8
	M2max	M2min	M3max	M3min	Pmin Comp.	Pmax Comp.	V2max	V3max
M2	79.74	-97.67	26.76	-43.13	-13.55	-7.82	13.00	-94.38
P	-1904.99	-2201.31	-1623.03	-1646.81	-971.69	-2698.79	-2374.64	-1840.44
M3	8.19	10.48	82.10	-87.46	13.64	3.21	-56.77	-12.97
V2	1.05	-1.42	22.55	-26.45	-6.18	0.26	-30.16	-4.67
V3	42.02	-37.40	26.45	-29.00	3.60	-2.38	12.48	-43.84
cond	1.2-1A) I Vi+H-T-R 1	3.6-2-1A) III Vi-Aa+F+T-R 2	1.2-1A) I Vi+H-T-R 1	3.2-1A) I Vi+H-T-R 1	1.3-1A) I Vp+1	1.8-2-1A) II Vi+Vp+T-R 2	2.2-1A) III Vp+Vp+T-R 2	3.2-1A) I Vi+H-T-R 1
elem	2616	2636	2596	2656	2596	2664	2656	2636
dist. dal 1° vert.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00

	cond.1	cond.2	cond.3	cond.4	cond.5	cond.6	cond.7	cond.8
	M2max	M2min	M3max	M3min	Pmin Comp.	Pmax Comp.	V2max	V3max
M2	83.58	-90.28	34.39	-41.96	-9.73	-3.80	18.08	83.58
P	-1843.90	-1798.61	-1560.21	-1603.48	-941.51	-2512.67	-2266.20	-1843.90
M3	13.78	-12.47	83.15	-82.52	14.11	6.29	-48.33	13.78
V2	2.68	-4.34	22.87	-24.79	-6.09	1.43	-27.79	2.68
V3	43.42	-42.70	29.05	-28.68	5.00	-1.26	14.44	43.42
cond	1.2-1A) I Vi+H-T-R 1	3.2-1A) I Vi+H-T-R 1	1.2-1A) I Vi+H-T-R 1	3.2-1A) I Vi+H-T-R 1	1.3-1A) I Vp+1	2.2-1A) II Vp+Vp+T-R 2	2.2-1A) III Vp+Vp+T-R 2	1.2-1A) I Vi+H-T-R 1
elem	2536	2556	2516	2576	2516	2584	2576	2536
dist. dal 1° vert.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00

	cond.1	cond.2	cond.3	cond.4	cond.5	cond.6	cond.7	cond.8
	M2max	M2min	M3max	M3min	Pmin Comp.	Pmax Comp.	V2max	V3max
M2	83.65	-88.89	35.66	-41.65	-7.62	3.30	20.91	83.65
P	-1823.20	-1769.53	-1539.05	-1572.58	-926.56	-2467.30	-2202.34	-1823.20
M3	14.82	-13.13	83.01	-80.55	14.93	-5.72	-43.40	14.82
V2	2.95	-4.60	22.80	-24.21	-5.84	-1.15	-26.40	2.95
V3	43.43	-42.51	29.46	-28.75	5.75	0.58	15.43	43.43
cond	1.2-1A) I Vi+H-T-R 1	3.2-1A) I Vi+H-T-R 1	1.2-1A) I Vi+H-T-R 1	3.2-1A) I Vi+H-T-R 1	1.3-1A) I Vp+1	2.4-2-1A) II Vp+Vp+T-R 2	2.2-1A) III Vp+Vp+T-R 2	1.2-1A) I Vi+H-T-R 1
elem	2496	2436	2476	2456	2436	2484	2496	2496
dist. dal 1° vert.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00

	cond.1	cond.2	cond.3	cond.4	cond.5	cond.6	cond.7	cond.8
	M2max	M2min	M3max	M3min	Pmin Comp.	Pmax Comp.	V2max	V3max
M2	80.08	-90.69	34.84	-43.78	-7.50	4.32	-29.90	-90.69
P	-1781.62	-1748.96	-1497.37	-1552.15	-917.69	-2428.00	-2007.43	-1748.96
M3	15.00	-15.84	80.82	-81.77	15.48	-4.84	-75.39	-15.84
V2	2.91	-5.66	22.11	-24.79	-5.59	-1.04	-26.80	-5.66
V3	42.10	-43.25	29.02	-29.53	5.76	0.74	-18.40	-43.25
cond	1.2-1A) I Vi+H-T-R 1	3.2-1A) I Vi+H-T-R 1	1.2-1A) I Vi+H-T-R 1	3.2-1A) I Vi+H-T-R 1	1.3-1A) I Vp+1	2.4-2-1A) II Vp+Vp+T-R 2	2.2-1A) III Vp+Vp+T-R 2	3.2-1A) I Vi+H-T-R 1
elem	2416	2356	2396	2376	2356	2404	2376	2356
dist. dal 1° vert.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00

	cond.1	cond.2	cond.3	cond.4	cond.5	cond.6	cond.7	cond.8
	M2max	M2min	M3max	M3min	Pmin Comp.	Pmax Comp.	V2max	V3max
M2	75.75	-92.09	33.63	-45.61	-8.40	-3.92	-35.83	-92.09
P	-1730.14	-1720.72	-1447.82	-1526.23	-908.97	-2351.91	-1933.53	-1720.72
M3	15.56	-19.32	78.86	-82.75	15.69	7.70	-76.31	-19.32
V2	3.08	-7.10	2161	-25.44	-5.29	2.76	-27.34	-7.10
V3	40.31	-43.79	28.25	-30.12	5.28	-1.70	-20.61	-43.79
cond	1.2-1A) IVi+T-R 1	3.2-1A) IVi+T-R 1	1.2-1A) IVi+T-R 1	3.2-1A) IVi+T-R 1	1.3-1A) IVp+1	2.2-1A) III Vp+Aa+F+T-R	2.2-1A) III Vi+Ab+F+T-R 1	3.2-1A) IVi+T-R 1
elem	2336	2276	2316	2296	2276	2344	2296	2276
dist. dal 1° vert.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00

	cond.1	cond.2	cond.3	cond.4	cond.5	cond.6	cond.7	cond.8
	M2max	M2min	M3max	M3min	Pmin Comp.	Pmax Comp.	V2max	V3max
M2	67.89	-93.79	29.09	-46.55	-7.09	-3.00	-38.26	-93.79
P	-1582.23	-1698.43	-1375.33	-1507.42	-891.28	-2274.88	-1886.94	-1698.43
M3	16.70	-20.79	74.44	-83.77	16.93	7.76	-77.31	-20.79
V2	3.69	-7.79	20.63	-25.98	-4.46	2.70	-27.72	-7.79
V3	37.34	-44.29	26.30	-30.36	5.28	-1.53	-21.48	-44.29
cond	1.3-1A) IVi+T+1	3.2-1A) IVi+T-R 1	1.2-1A) IVi+T-R 1	3.2-1A) IVi+T-R 1	1.3-1A) IVp+1	2.2-1A) III Vp+Aa+F+T-R	2.2-1A) III Vi+Ab+F+T-R 1	3.2-1A) IVi+T-R 1
elem	2256	2236	2236	2256	2196	2264	2256	2236
dist. dal 1° vert.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00

2) Stato limite di esercizio – combinazione rara

Per la molteplicità di elementi si sono individuati 3 gruppi di pali partendo dai primi 10 (5+5) lato corsia nord e procedendo verso la corsia sud con gruppi di 8 (4+4) ed ulteriore gruppo di 10 (5+5).

	cond.1	cond.2	cond.3	cond.4	cond.5	cond.6	cond.7	cond.8
	M2max	M2min	M3max	M3min	Pmin Comp.	Pmax Comp.	V2max	V3max
M2	62.16	-87.22	17.18	-38.50	-11.01	-2.86	-44.35	-87.22
P	-1601.11	-1761.22	-1405.16	-1872.09	-889.28	-2207.08	-1768.91	-1761.22
M3	1.55	-9.62	64.86	-77.49	14.35	3.48	-70.53	-9.62
V2	-0.49	-6.38	17.93	-23.64	-2.53	0.25	-24.16	-6.38
V3	31.14	-31.49	17.97	-17.41	2.05	-1.49	-18.95	-31.49
cond	3.7.2-2) IV Vi+Ab+C+T-R	1.8.2-2) III Vi+Ab+F+T-R	3.7.2-2) IV Vi+Ab+C+T-R	1.0.2-2) II Vi+Ab+T-R	7-2) IVp+	9.2-2) II Vi+Aa+T-R	1.8.2-2) III Vi+Ab+F+T-R	1.8.2-2) III Vi+Ab+F+T-R
elem	2576	2716	2556	2736	2556	2744	2736	2716
dist. dal 1° vert.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00

	cond.1	cond.2	cond.3	cond.4	cond.5	cond.6	cond.7	cond.8
	M2max	M2min	M3max	M3min	Pmin Comp.	Pmax Comp.	V2max	V3max
M2	62.67	-60.14	18.69	-9.53	-7.99	-3.46	-17.30	62.67
P	-1587.57	-1479.07	-1391.12	-1524.51	-860.09	-1827.70	-1485.54	-1587.57
M3	2.66	9.27	64.88	-54.66	15.21	3.91	-52.35	2.66
V2	-0.20	-0.98	17.90	-16.89	-2.26	0.98	-18.89	-0.20
V3	31.30	-23.64	18.47	-9.26	3.11	-0.89	-11.22	31.30
cond	3.7.2-2) IV Vi+Ab+C+T-R	2.6.2-2) III Vi+Ab+F+T-R	3.7.2-2) IV Vi+Ab+C+T-R	1.4.2-2) II Vi+Ab+T-R	7-2) IVp+	1.5.2-2) II Vp+Ab+T-R	2.6.2-2) III Vi+Ab+F+T-R	3.7.2-2) IV Vi+Ab+C+T-R
elem	2536	2396	2516	2416	2396	2544	2416	2536
dist. dal 1° vert.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00

	cond.1	cond.2	cond.3	cond.4	cond.5	cond.6	cond.7	cond.8
	M2max	M2min	M3max	M3min	Pmin Comp.	Pmax Comp.	V2max	V3max
M2	53.74	-65.76	13.84	-21.34	-8.42	-1.92	-26.77	53.74
P	-1517.25	-1371.53	-1320.86	-1363.59	-828.45	-1766.29	-1375.07	-1517.25
M3	0.42	1.49	58.87	-57.54	15.48	4.70	-55.14	0.42
V2	-1.18	-3.59	15.87	-18.44	-1.73	1.13	-20.08	-1.18
V3	27.98	-26.03	16.48	-13.41	2.48	-0.65	-14.73	27.98
cond	3.7.2-2) IV Vi+Ab+C+T-R	2.6.2-2) III Vi+Ab+F+T-R	3.7.2-2) IV Vi+Ab+C+T-R	1.4.2-2) II Vi+Ab+T-R	7-2) IVp+	1.5.2-2) II Vp+Ab+T-R	2.6.2-2) III Vi+Ab+F+T-R	3.7.2-2) IV Vi+Ab+C+T-R
elem	2376	2236	2356	2256	2196	2384	2256	2376
dist. dal 1° vert.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00

3) Stato limite di esercizio – combinazione quasi frequente

	cond.1	cond.2	cond.3	cond.4	cond.5	cond.6	cond.7	cond.8
	M2max	M2min	M3max	M3min	Pmin Comp.	Pmax Comp.	V2max	V3max
M2	27.03	-57.14	-14.23	-13.47	-1.81	0.82	-13.47	-53.63
P	-1438.83	-1787.52	-1389.91	-1818.38	-890.46	-1995.10	-1818.38	-1607.29
M3	-21.35	9.26	36.30	-52.97	20.87	4.30	-52.97	3.62
V2	-6.89	191	9.91	-16.26	6.36	0.22	-16.26	0.25
V3	1125	-16.09	-0.76	-3.30	2.06	-0.11	-3.30	-17.36
cond	12-3) I Vi+T-R	9.2-3) II Aa+T-R	12-3) I Vi+T-R	9.2-3) II Aa+T-R	5-3) I Vi	9.2-3) II Aa+T-R	9.2-3) II Aa+T-R	2.2-3) I Vi+T-R
elem	2496	2716	2516	2736	2196	2744	2736	2716
dist. dal 1° vert.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00

4) Stato limite di esercizio – combinazione quasi permanente

	cond.1	cond.2	cond.3	cond.4	cond.5	cond.6	cond.7	cond.8
	M2max	M2min	M3max	M3min	Pmin Comp.	Pmax Comp.	V2max	V3max
M2	18.70	-46.68	-22.47	-9.21	-9.70	0.51	-9.21	-46.68
P	-1422.50	-1601.44	-1404.89	-1632.30	-913.85	-1809.01	-1632.30	-1601.44
M3	-27.71	9.99	29.93	-43.39	14.61	3.58	-43.39	9.99
V2	-8.70	2.09	8.10	-13.49	4.46	0.22	-13.49	2.09
V3	6.45	-13.08	-5.52	-2.10	-2.54	-0.11	-2.10	-13.08
cond	12-4) I+T-R	12-4) I+T-R	12-4) I+T-R	12-4) I+T-R	2-4) I/	12-4) I+T-R	12-4) I+T-R	12-4) I+T-R
elem	2496	2716	2516	2736	2196	2744	2736	2716
dist. dal 1° vert.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00

5) Stato limite di ultimo – combinazione sismica

Per la molteplicità di elementi si sono individuati 3 gruppi di pali partendo dai primi 10 (5+5) lato corsia nord e procedendo verso la corsia sud con gruppi di 8 (4+4) ed ulteriore gruppo di 10 (5+5).

	cond.1	cond.2	cond.3	cond.4	cond.5	cond.6	cond.7	cond.8
	M2max	M2min	M3max	M3min	Pmax Traz.	Pmax Comp.	V2max	V3max
M2	445.06	-452.08	403.98	-409.36	-225.17	-23.30	-409.36	421.74
P	-525.60	-435.16	-2318.49	-2378.48	127.83	-3085.32	-2378.48	-1616.36
M3	416.16	-411.18	478.28	-475.79	-333.20	-77.75	-475.79	257.96
V2	270.85	-269.43	289.09	-289.49	-230.71	-29.43	-289.49	121.85
V3	160.34	-160.50	148.45	-147.93	-55.00	-183	-147.93	201.22
cond	9.2-5A) c.1 M+T-R X-++	4.2-5A) c.2 M+T-R X+-	9.2-5A) c.1 M+T-R X-++	4.2-5A) c.2 M+T-R X+-	5-5A) d.1 M1 X-++	10.2-5A) c.1 M+T-R X-++	4.2-5A) c.2 M+T-R X+-	10.2-5A) c.1 M+T-R X-++
elem	2576	2716	2556	2576	2716	2724	2576	2576
dist. dal 1° vert.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00

	cond.1	cond.2	cond.3	cond.4	cond.5	cond.6	cond.7	cond.8
	M2max	M2min	M3max	M3min	Pmax Traz.	Pmax Comp.	V2max	V3max
M2	449.86	-456.45	408.64	-413.54	231.15	12.34	-413.54	424.34
P	-404.51	-570.36	-2273.29	-2423.18	92.04	-2824.57	-2423.18	-1537.39
M3	423.48	-414.60	478.64	-478.48	338.36	78.10	-478.48	263.29
V2	273.42	-271.80	289.42	-290.76	233.42	29.94	-290.76	123.57
V3	162.09	-162.10	149.93	-149.64	58.09	-2.89	-149.64	202.23
cond	9.2-5A) c.1 M+T-R X-++	4.2-5A) c.2 M+T-R X+-	9.2-5A) c.1 M+T-R X-++	4.2-5A) c.2 M+T-R X+-	14-5A) d.1 M1 X-++	10.2-5A) c.2 M+T-R X-++	4.2-5A) c.2 M+T-R X+-	10.2-5A) c.1 M+T-R X-++
elem	2456	2396	2516	2456	2416	2464	2456	2496
dist. dal 1° vert.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00

	cond.1	cond.2	cond.3	cond.4	cond.5	cond.6	cond.7	cond.8
	M2max	M2min	M3max	M3min	Pmax Traz.	Pmax Comp.	V2max	V3max
M2	448.05	-456.51	410.34	-417.00	227.56	13.60	-417.00	-428.78
P	-325.31	-586.59	-2127.36	-2448.99	241.72	-2834.08	-2448.99	-1524.75
M3	420.73	-411.99	466.66	-477.04	323.49	77.32	-477.04	-262.24
V2	271.93	-270.53	284.87	-289.90	224.60	29.67	-289.90	-124.79
V3	161.87	-162.34	150.36	-151.43	60.21	-2.51	-151.43	-201.65
cond	9.2-5A) c.1 M+T-R X-++	4.2-5A) c.2 M+T-R X+-	9.2-5A) c.1 M+T-R X-++	4.2-5A) c.2 M+T-R X+-	14-5A) d.1 M1 X-++	10.2-5A) c.2 M+T-R X-++	4.2-5A) c.2 M+T-R X+-	10.2-5A) c.1 M+T-R X-++
elem	2376	2356	2356	2376	2216	2344	2376	2356
dist. dal 1° vert.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00

6) Stato limite ultimo – combinazione eccezionale

	cond.1	cond.2	cond.3	cond.4	cond.5	cond.6	cond.7	cond.8
	M2max	M2min	M3max	M3min	Pmin Comp.	Pmax Comp.	V2max	V3max
M2	40.06	-133.55	-14.30	-98.37	12.70	15.56	-98.37	-133.55
P	-1340.55	-1515.67	-818.10	-1515.67	-813.24	-2067.18	-1515.67	-1515.67
M3	-25.87	-56.07	41.13	-106.32	26.03	-11.98	-106.32	-56.07
V2	-148	-29.04	43.39	-43.70	32.15	-5.40	-43.70	-29.04
V3	10.81	-57.07	-2126	-46.81	-8.75	4.69	-46.81	-57.07
cond	3.1-6) II+U+R	1.1-6) II+U+R	4-6) IIU	1.1-6) II+U+R	4-6) IIU	3.1-6) II+U+R	1.1-6) II+U+R	1.1-6) II+U+R
elem	2536	2716	2736	2736	2696	2724	2736	2716
dist. dal 1° vert.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00

6.1.2 VERIFICHE PALI

I pali sono soggetti ad un'azione di sforzo normale ed ad un'azione tagliante necessaria ad equilibrare le spinte.

Per valutare le caratteristiche di sollecitazione nel palo, relative all'azione tagliante applicata in sommità, si segue l'ipotesi di Winkler, assumendo il coefficiente $k = 0.030N/mm^3$ (valore plausibile per i terreni attraversati) ed ipotizzando che la pur debole coesione degli strati superficiali consenta una risposta 'elastica anche alle quote più alte ove il carico di terra è modesto.

Verifiche in condizioni di esercizio

- 1A) Dominio di rottura
- 2) Verifica tensionale
- 3-4) Verifica a fessurazione

Verifiche in condizioni sismiche

- 5) Verifica tensionale

Verifiche in condizioni eccezionali

- 6) Dominio di rottura

In riferimento ai dati riportati nel paragrafo “sollecitazioni palificata”, si riportano le verifiche relative, in cui il nome della “condizione” ha il seguente significato:

cond.1	cond.2	cond.3	cond.4	cond.5	cond.6	cond.7	cond.8
M2max	M2min	M3max	M3min	Pmin Comp.	Pmax Comp.	σ_{max}	σ_{max}

6.1.2.1 CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DEI PALI

Diametro palo	ϕ_p	= 1000 mm		
Area palo	A_p	= $\pi * \phi_p^2 / 4 =$	7853.98 cm ²	
Armatura corrente del palo	A_a	= 12 ϕ 20=	37.7 cm ² > 0.3% A_p	
Armatura in testa	A'_a	= 24 ϕ 20=	75.4 cm ² > 0.3% A_p	
Copriferro	c	= 80 mm	(0+10+20/2)	
Lunghezza palo	L	= 20.00 m		

6.1.2.2 VERIFICHE ALLO STATO LIMITE ULTIMO - COMBINAZIONE 1A)

Le verifiche a presso-flessione vengono eseguite controllando che per la combinazione di carico più gravosa i valori delle sollecitazioni calcolati in precedenza e riportati nel paragrafo "Sollecitazioni sugli elementi strutturali" rientrino all'interno del dominio di rottura SLU della sezione di verifica.

Sollecitazioni Resistenti (M,N)

Piano	Soll. Minima	Def. Limite	Soll. Massima	Def. Limite
N	-14003.19	-0.0035 (sez)	2950.37	0.01 (arm)
Mx	-1084.25	-0.0035 (sez)	1084.25	-0.0035 (sez)
My	-1083.98	-0.0035 (sez)	1083.98	-0.0035 (sez)

Verifica

Comb	Coeff di sicurezza	Mat. limitazione
1	6.2745	sezione
2	4.9689	sezione
3	7.0399	sezione
4	5.2047	sezione
5	12.7272	sezione
6	4.5860	sezione
7	11.0473	sezione
8	5.0162	sezione
9	6.5018	sezione
10	5.5838	sezione
11	7.3852	sezione
12	7.1518	sezione
13	13.6193	sezione
14	5.1455	sezione
15	11.4212	sezione
16	5.6606	sezione
17	6.6426	sezione
18	6.7137	sezione
19	7.5830	sezione
20	7.3768	sezione
21	14.1221	sezione
22	5.5298	sezione
23	11.6725	sezione
24	6.0357	sezione
25	6.7057	sezione
26	6.8224	sezione
27	7.6639	sezione
28	7.5236	sezione
29	14.3549	sezione
30	5.6355	sezione
31	11.8053	sezione
32	6.1408	sezione
33	6.8791	sezione
34	6.8671	sezione
35	7.8755	sezione
36	7.5780	sezione
37	14.4649	sezione
38	5.7269	sezione
39	11.9605	sezione
40	6.2026	sezione
41	7.1045	sezione

42	6.9361	sezione
43	8.1350	sezione
44	7.6608	sezione
45	14.5679	sezione
46	5.8952	sezione
47	12.0429	sezione
48	6.2802	sezione
49	7.7789	sezione
50	6.9883	sezione
51	8.5932	sezione
52	7.7202	sezione
53	14.8123	sezione
54	6.0953	sezione
55	12.7231	sezione
56	6.4926	sezione

La verifica risulta soddisfatta.

6.1.2.3 STATO LIMITE DI ESERCIZIO – COMBINAZIONE RARA

Le verifiche a presso-flessione vengono eseguite controllando che per la combinazione di carico più gravosa i valori delle sollecitazioni calcolati in precedenza e riportati nel paragrafo “Sollecitazioni sugli elementi strutturali” rimangano entro i limiti tensionali.

Si effettua la verifica tensionale.

comb.	σ_{\max}	σ_{\min}	$\sigma_{s \max}$	$\sigma_{s \min}$
1	-2.31	-1.26	-20.13	-33.45
2	-2.71	-1.22	-20.13	-38.81
3	-2.14	-1.00	-16.32	-30.70
4	-2.82	-1.35	-22.07	-40.58
5	-1.15	-0.84	-12.96	-16.80
6	-2.50	-2.42	-36.45	-37.41
7	-1.40	-0.68	-11.04	-20.17
8	-2.82	-1.35	-22.07	-40.58
9	-2.30	-1.24	-19.85	-33.28
10	-2.17	-1.13	-18.27	-31.23
11	-2.13	-0.98	-16.05	-30.51
12	-2.17	-1.23	-19.59	-31.43
13	-1.11	-0.81	-12.55	-16.23
14	-2.08	-1.99	-30.02	-31.14
15	-1.38	-0.62	-10.18	-19.79
16	-2.13	-1.19	-18.96	-30.75
17	-2.15	-1.24	-19.63	-31.15
18	-2.09	-0.97	-15.90	-30.00
19	-1.99	-0.96	-15.63	-28.58
20	-2.04	-1.00	-16.27	-29.36
21	-1.07	-0.77	-11.98	-15.75
22	-2.01	-1.93	-29.02	-30.10
23	-1.29	-0.58	-9.61	-18.49
24	-2.12	-1.15	-18.42	-30.64
25	-9.45	0.00	227.82	-109.79
26	-9.52	0.00	241.50	-109.36
27	-8.78	0.00	53.34	-115.44
28	-8.81	0.00	50.69	-116.06
29	-6.30	0.00	220.81	-66.72

30	-4.13	-2.75	-42.93	-60.32
31	-9.48	0.00	239.40	-109.32
32	-8.81	0.00	50.69	-116.06
33	-9.62	0.00	249.39	-110.40
34	-9.55	0.00	225.04	-111.25
35	-8.83	0.00	56.83	-115.83
36	-8.88	0.00	49.73	-117.10
37	-6.42	0.00	219.05	-68.56
38	-3.82	-2.48	-38.84	-55.69
39	-9.64	0.00	264.87	-109.24
40	-8.89	0.00	49.49	-117.30
41	-9.59	0.00	259.31	-109.15
42	-9.52	0.00	221.90	-111.02
43	-8.74	0.00	63.17	-114.05
44	-8.90	0.00	48.80	-117.47
45	-6.16	0.00	234.99	-63.28
46	-3.83	-2.49	-39.04	-55.80
47	-9.55	0.00	281.85	-106.63
48	-8.87	0.00	45.54	-117.44

La verifica risulta soddisfatta.

6.1.2.4 VERIFICHE A FESSURAZIONE – COMBINAZIONI FREQUENTE E QUASI PERMANENTE

Le verifiche vengono eseguite controllando che per la combinazione di carico più gravosa i valori delle sollecitazioni calcolati in precedenza e riportati nel paragrafo “Sollecitazioni sugli elementi strutturali” inducano delle aperture delle fessure inferiori a quanto prescritto dalla normativa FS (44a): in condizioni ordinarie (XC2) per le strutture contro terra deve essere $w_1 = 0,2\text{mm}$.

Tensioni massime nei materiali

Combinazioni frequenti :

comb.	σ_{\max}	σ_{\min}	$\sigma_{s \max}$	$\sigma_{s \min}$
1	-1.90	-1.31	-20.41	-27.74
2	-2.49	-1.50	-23.74	-36.08
3	-1.88	-1.22	-19.11	-27.41
4	-2.49	-1.56	-24.57	-36.28
5	-1.17	-0.82	-12.66	-17.14
6	-2.26	-2.19	-32.92	-33.85
7	-1.17	-0.82	-12.66	-17.14
8	-2.49	-1.56	-24.57	-36.28

Combinazioni quasi permanenti :

comb.	σ_{\max}	σ_{\min}	$\sigma_{s \max}$	$\sigma_{s \min}$
1	-1.87	-1.30	-20.23	-27.38
2	-2.19	-1.38	-21.69	-31.90
3	-1.89	-1.25	-19.53	-27.49
4	-2.20	-1.44	-22.57	-32.06
5	-1.17	-0.87	-13.42	-17.17
6	-2.05	-1.99	-29.89	-30.65
7	-1.17	-0.87	-13.42	-17.17
8	-2.20	-1.44	-22.57	-32.06

La verifica risulta soddisfatta.

Verifiche a fessurazione

Combinazione frequente: M2max

Sezione tutta compressa

Armature efficaci: Area totale = 2199.11

$$A_{cls,eff} = 167756.44 \quad \rho_{eff} = 0.0131$$

$$\text{Tensione baricentrica} = -23.60$$

$$\text{Copriferro} = 69.22$$

$$K_1 = 0.8000 \quad K_2 = 0.5000 \quad \varnothing_{equivalente} = 20.00$$

$$\text{Modulo elastico calcestruzzo} = 31447.16$$

$$\text{Resistenza a trazione } f_{ctm} = 2.56$$

$$\text{Modulo elastico acciaio} = 205000.00 \quad K_t = 0.6$$

$$\text{Deformazione media } \varepsilon_{sm} = -0.000069 \quad \text{Distanza fessure } \Delta_{s,max} = 494.7144$$

$$\text{Ampiezza fessure } w_d = -0.0342 \quad (<0.2000)$$

Combinazione frequente: M2min

Sezione tutta compressa

Armature efficaci: Area totale = 2199.11

$$A_{cls,eff} = 167756.44 \quad \rho_{eff} = 0.0131$$

$$\text{Tensione baricentrica} = -33.19$$

$$\text{Copriferro} = 69.22$$

$$K_1 = 0.8000 \quad K_2 = 0.5000 \quad \varnothing_{equivalente} = 20.00$$

$$\text{Modulo elastico calcestruzzo} = 31447.16$$

$$\text{Resistenza a trazione } f_{ctm} = 2.56$$

$$\text{Modulo elastico acciaio} = 205000.00 \quad K_t = 0.6$$

$$\text{Deformazione media } \varepsilon_{sm} = -0.000097 \quad \text{Distanza fessure } \Delta_{s,max} = 494.7144$$

$$\text{Ampiezza fessure } w_d = -0.0481 \quad (<0.2000)$$

Combinazione frequente: M3max

Sezione tutta compressa

Armature efficaci: Area totale = 2199.11

$$A_{cls,eff} = 167756.44 \quad \rho_{eff} = 0.0131$$

$$\text{Tensione baricentrica} = -21.91$$

$$\text{Copriferro} = 69.22$$

$$K_1 = 0.8000 \quad K_2 = 0.5000 \quad \varnothing_{equivalente} = 20.00$$

$$\text{Modulo elastico calcestruzzo} = 31447.16$$

$$\text{Resistenza a trazione } f_{ctm} = 2.56$$

$$\text{Modulo elastico acciaio} = 205000.00 \quad K_t = 0.6$$

$$\text{Deformazione media } \varepsilon_{sm} = -0.000064 \quad \text{Distanza fessure } \Delta_{s,max} = 494.7144$$

$$\text{Ampiezza fessure } w_d = -0.0317 \quad (<0.2000)$$

Combinazione frequente: M3min

Sezione tutta compressa

Armature efficaci: Area totale = 2199.11

$$A_{cls,eff} = 167756.44 \quad \rho_{eff} = 0.0131$$

$$\text{Tensione baricentrica} = -34.71$$

$$\text{Copriferro} = 69.22$$

$$K_1 = 0.8000 \quad K_2 = 0.5000 \quad \varnothing_{equivalente} = 20.00$$

$$\text{Modulo elastico calcestruzzo} = 31447.16$$

$$\text{Resistenza a trazione } f_{ctm} = 2.56$$

$$\text{Modulo elastico acciaio} = 205000.00 \quad K_t = 0.6$$

$$\text{Deformazione media } \varepsilon_{sm} = -0.000102 \quad \text{Distanza fessure } \Delta_{s,max} = 494.7144$$

$$\text{Ampiezza fessure } w_d = -0.0503 \quad (<0.2000)$$

Combinazione frequente: Pmin Comp.

Sezione tutta compressa

Armature efficaci: Area totale = 2199.11

$$A_{cls,eff} = 167756.44 \quad \rho_{eff} = 0.0131$$

$$\text{Tensione baricentrica} = -13.69$$

$$\text{Copriferro} = 69.22$$

$$K_1 = 0.8000 \quad K_2 = 0.5000 \quad \varnothing_{equivalente} = 20.00$$

$$\text{Modulo elastico calcestruzzo} = 31447.16$$

$$\text{Resistenza a trazione } f_{ctm} = 2.56$$

$$\text{Modulo elastico acciaio} = 205000.00 \quad K_t = 0.6$$

$$\text{Deformazione media } \varepsilon_{sm} = -0.000040 \quad \text{Distanza fessure } \Delta_{s,max} = 494.7144$$

$$\text{Ampiezza fessure } w_d = -0.0198 \quad (<0.2000)$$

Combinazione frequente: Pmax Comp.

Sezione tutta compressa

Armature efficaci: Area totale = 2199.11

$$A_{cls,eff} = 167756.44 \quad \rho_{eff} = 0.0131$$

$$\text{Tensione baricentrica} = -33.05$$

$$\text{Copriferro} = 69.22$$

$$K_1 = 0.8000 \quad K_2 = 0.5000 \quad \varnothing_{equivalente} = 20.00$$

$$\text{Modulo elastico calcestruzzo} = 31447.16$$

$$\text{Resistenza a trazione } f_{ctm} = 2.56$$

$$\text{Modulo elastico acciaio} = 205000.00 \quad K_t = 0.6$$

$$\text{Deformazione media } \varepsilon_{sm} = -0.000097 \quad \text{Distanza fessure } \Delta_{s,max} = 494.7144$$

$$\text{Ampiezza fessure } w_d = -0.0479 \quad (<0.2000)$$

Combinazione frequente: smax

Sezione tutta compressa

Armature efficaci: Area totale = 2199.11

$$A_{cls,eff} = 167756.44 \quad \rho_{eff} = 0.0131$$

$$\text{Tensione baricentrica} = -13.69$$

$$\text{Copriferro} = 69.22$$

$$K_1 = 0.8000 \quad K_2 = 0.5000 \quad \varnothing_{equivalente} = 20.00$$

$$\text{Modulo elastico calcestruzzo} = 31447.16$$

$$\text{Resistenza a trazione } f_{ctm} = 2.56$$

$$\text{Modulo elastico acciaio} = 205000.00 \quad K_t = 0.6$$

$$\text{Deformazione media } \varepsilon_{sm} = -0.000040 \quad \text{Distanza fessure } \Delta_{s,max} = 494.7144$$

$$\text{Ampiezza fessure } w_d = -0.0198 \quad (<0.2000)$$

Combinazione frequente: smin

Sezione tutta compressa

Armature efficaci: Area totale = 2199.11

$$A_{cls,eff} = 167756.44 \quad \rho_{eff} = 0.0131$$

$$\text{Tensione baricentrica} = -34.71$$

$$\text{Copriferro} = 69.22$$

$$K_1 = 0.8000 \quad K_2 = 0.5000 \quad \varnothing_{equivalente} = 20.00$$

$$\text{Modulo elastico calcestruzzo} = 31447.16$$

$$\text{Resistenza a trazione } f_{ctm} = 2.56$$

$$\text{Modulo elastico acciaio} = 205000.00 \quad K_t = 0.6$$

$$\text{Deformazione media } \varepsilon_{sm} = -0.000102 \quad \text{Distanza fessure } \Delta_{s,max} = 494.7144$$

$$\text{Ampiezza fessure } w_d = -0.0503 \quad (<0.2000)$$

Combinazione quasi permanente: M2max

Sezione tutta compressa

Armature efficaci: Area totale = 2199.11

$$A_{cls,eff} = 167756.44 \quad \rho_{eff} = 0.0131$$

$$\text{Tensione baricentrica} = -24.30$$

$$\text{Copriferro} = 69.22$$

$$K_1 = 0.8000 \quad K_2 = 0.5000 \quad \varnothing_{equivalente} = 20.00$$

$$\text{Modulo elastico calcestruzzo} = 31447.16$$

$$\text{Resistenza a trazione } f_{ctm} = 2.56$$

$$\text{Modulo elastico acciaio} = 205000.00 \quad K_t = 0.6$$

$$\text{Deformazione media } \varepsilon_{sm} = -0.000071 \quad \text{Distanza fessure } \Delta_{s,max} = 494.7144$$

$$\text{Ampiezza fessure } w_d = -0.0352 \quad (<0.2000)$$

Combinazione quasi permanente: M2min

Sezione tutta compressa

Armature efficaci: Area totale = 2199.11

$$A_{cls,eff} = 167756.44 \quad \rho_{eff} = 0.0131$$

$$\text{Tensione baricentrica} = -29.33$$

$$\text{Copriferro} = 69.22$$

$$K_1 = 0.8000 \quad K_2 = 0.5000 \quad \varnothing_{equivalente} = 20.00$$

$$\text{Modulo elastico calcestruzzo} = 31447.16$$

$$\text{Resistenza a trazione } f_{ctm} = 2.56$$

$$\text{Modulo elastico acciaio} = 205000.00 \quad K_t = 0.6$$

$$\text{Deformazione media } \varepsilon_{sm} = -0.000086 \quad \text{Distanza fessure } \Delta_{s,max} = 494.7144$$

$$\text{Ampiezza fessure } w_d = -0.0425 \quad (<0.2000)$$

Combinazione quasi permanente: M3max

Sezione tutta compressa

Armature efficaci: Area totale = 2199.11

$$A_{cls,eff} = 167756.44 \quad \rho_{eff} = 0.0131$$

$$\text{Tensione baricentrica} = -23.13$$

$$\text{Copriferro} = 69.22$$

$$K_1 = 0.8000 \quad K_2 = 0.5000 \quad \varnothing_{equivalente} = 20.00$$

$$\text{Modulo elastico calcestruzzo} = 31447.16$$

$$\text{Resistenza a trazione } f_{ctm} = 2.56$$

$$\text{Modulo elastico acciaio} = 205000.00 \quad K_t = 0.6$$

$$\text{Deformazione media } \varepsilon_{sm} = -0.000068 \quad \text{Distanza fessure } \Delta_{s,max} = 494.7144$$

$$\text{Ampiezza fessure } w_d = -0.0335 \quad (<0.2000)$$

Combinazione quasi permanente: M3min

Sezione tutta compressa

Armature efficaci: Area totale = 2199.11

$$A_{cls,eff} = 167756.44 \quad \rho_{eff} = 0.0131$$

$$\text{Tensione baricentrica} = -30.70$$

$$\text{Copriferro} = 69.22$$

$$K_1 = 0.8000 \quad K_2 = 0.5000 \quad \varnothing_{equivalente} = 20.00$$

$$\text{Modulo elastico calcestruzzo} = 31447.16$$

$$\text{Resistenza a trazione } f_{ctm} = 2.56$$

$$\text{Modulo elastico acciaio} = 205000.00 \quad K_t = 0.6$$

$$\text{Deformazione media } \varepsilon_{sm} = -0.000090 \quad \text{Distanza fessure } \Delta_{s,max} = 494.7144$$

$$\text{Ampiezza fessure } w_d = -0.0445 \quad (<0.2000)$$

Combinazione quasi permanente: Pmin Comp.

Sezione tutta compressa

Armature efficaci: Area totale = 2199.11

$$A_{cls,eff} = 167756.44 \quad \rho_{eff} = 0.0131$$

$$\text{Tensione baricentrica} = -15.02$$

$$\text{Copriferro} = 69.22$$

$$K_1 = 0.8000 \quad K_2 = 0.5000 \quad \varnothing_{equivalente} = 20.00$$

$$\text{Modulo elastico calcestruzzo} = 31447.16$$

$$\text{Resistenza a trazione } f_{ctm} = 2.56$$

$$\text{Modulo elastico acciaio} = 205000.00 \quad K_t = 0.6$$

$$\text{Deformazione media } \varepsilon_{sm} = -0.000044 \quad \text{Distanza fessure } \Delta_{s,max} = 494.7144$$

$$\text{Ampiezza fessure } w_d = -0.0217 \quad (<0.2000)$$

Combinazione quasi permanente: Pmax Comp.

Sezione tutta compressa

Armature efficaci: Area totale = 2199.11

$$A_{cls,eff} = 167756.44 \quad \rho_{eff} = 0.0131$$

$$\text{Tensione baricentrica} = -30.01$$

$$\text{Copriferro} = 69.22$$

$$K_1 = 0.8000 \quad K_2 = 0.5000 \quad \varnothing_{equivalente} = 20.00$$

$$\text{Modulo elastico calcestruzzo} = 31447.16$$

$$\text{Resistenza a trazione } f_{ctm} = 2.56$$

$$\text{Modulo elastico acciaio} = 205000.00 \quad K_t = 0.6$$

$$\text{Deformazione media } \varepsilon_{sm} = -0.000088 \quad \text{Distanza fessure } \Delta_{s,max} = 494.7144$$

$$\text{Ampiezza fessure } w_d = -0.0434 \quad (<0.2000)$$

Combinazione quasi permanente: smax

Sezione tutta compressa

Armature efficaci: Area totale = 2199.11

$$A_{cls,eff} = 167756.44 \quad \rho_{eff} = 0.0131$$

$$\text{Tensione baricentrica} = -15.02$$

$$\text{Copriferro} = 69.22$$

$$K_1 = 0.8000 \quad K_2 = 0.5000 \quad \varnothing_{equivalente} = 20.00$$

$$\text{Modulo elastico calcestruzzo} = 31447.16$$

$$\text{Resistenza a trazione } f_{ctm} = 2.56$$

$$\text{Modulo elastico acciaio} = 205000.00 \quad K_t = 0.6$$

$$\text{Deformazione media } \varepsilon_{sm} = -0.000044 \quad \text{Distanza fessure } \Delta_{s,max} = 494.7144$$

$$\text{Ampiezza fessure } w_d = -0.0217 \quad (<0.2000)$$

Combinazione quasi permanente: smin

Sezione tutta compressa

Armature efficaci: Area totale = 2199.11

$$A_{cls,eff} = 167756.44 \quad \rho_{eff} = 0.0131$$

$$\text{Tensione baricentrica} = -30.70$$

$$\text{Copriferro} = 69.22$$

$$K_1 = 0.8000 \quad K_2 = 0.5000 \quad \varnothing_{equivalente} = 20.00$$

$$\text{Modulo elastico calcestruzzo} = 31447.16$$

$$\text{Resistenza a trazione } f_{ctm} = 2.56$$

$$\text{Modulo elastico acciaio} = 205000.00 \quad K_t = 0.6$$

$$\text{Deformazione media } \varepsilon_{sm} = -0.000090 \quad \text{Distanza fessure } \Delta_{s,max} = 494.7144$$

$$\text{Ampiezza fessure } w_d = -0.0445 \quad (< 0.2000)$$

6.1.2.5 VERIFICHE IN CONDIZIONI SISMICHE

Dovendo sottostare alle condizioni di gerarchia delle resistenze, e come prescritto dalla Normativa nel capitolo § 7.2.5 (requisiti strutturali degli elementi di fondazione), è da evitare la formazione di cerniere plastiche nei pali di fondazione. Si effettuano quindi le verifiche tensionali.

Tensioni massime nei materiali :

comb.	σ_{max}	σ_{min}	$\sigma_{s,max}$	$\sigma_{s,min}$
25	-9.45	0.00	227.82	-109.79
26	-9.52	0.00	241.50	-109.36
27	-8.78	0.00	53.34	-115.44
28	-8.81	0.00	50.69	-116.06
29	-6.30	0.00	220.81	-66.72
30	-4.13	-2.75	-42.93	-60.32
31	-9.48	0.00	239.40	-109.32
32	-8.81	0.00	50.69	-116.06
33	-9.62	0.00	249.39	-110.40
34	-9.55	0.00	225.04	-111.25
35	-8.83	0.00	56.83	-115.83
36	-8.88	0.00	49.73	-117.10
37	-6.42	0.00	219.05	-68.56
38	-3.82	-2.48	-38.84	-55.69
39	-9.64	0.00	264.87	-109.24
40	-8.89	0.00	49.49	-117.30
41	-9.59	0.00	259.31	-109.15
42	-9.52	0.00	221.90	-111.02
43	-8.74	0.00	63.17	-114.05
44	-8.90	0.00	48.80	-117.47
45	-6.16	0.00	234.99	-63.28
46	-3.83	-2.49	-39.04	-55.80
47	-9.55	0.00	281.85	-106.63
48	-8.87	0.00	45.54	-117.44

La verifica risulta soddisfatta.

6.1.2.6 VERIFICHE IN CONDIZIONI ECCEZIONALI

Le verifiche a presso-flessione vengono eseguite controllando che per la combinazione di carico più gravosa i valori delle sollecitazioni calcolati in precedenza e riportati nel paragrafo “Sollecitazioni sugli elementi strutturali” rientrino all’interno del dominio di rottura SLU della sezione di verifica.

Sollecitazioni Resistenti (M,N)

Piano	Soll. Minima	Def. Limite	Soll. Massima	Def. Limite
N	-14003.19	-0.0035 (sez)	2950.37	0.01 (arm)
Mx	-1084.25	-0.0035 (sez)	1084.25	-0.0035 (sez)
My	-1083.98	-0.0035 (sez)	1083.98	-0.0035 (sez)

Verifica

Comb	Coeff. di sicurezza	Mat. limitazione
1	9.4242	sezione
2	6.9827	sezione
3	14.6533	sezione
4	6.9831	sezione
5	15.5322	sezione
6	6.5982	sezione
7	15.5322	sezione
8	6.9831	sezione

La verifica risulta soddisfatta.

6.1.2.7 VERIFICHE TAGLIO PALI

Il taglio massimo sui pali è dovuto all’azione sismica.

$$V_{Rsd} = 0,9 \cdot d \cdot \frac{A_{sw}}{s} \cdot f_{yd} \cdot (\text{ctg}\alpha + \text{ctg}\theta) \cdot \sin \alpha$$

$$V_{Rcd} = 0,9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_c \cdot f'_{cd} \cdot (\text{ctg}\alpha + \text{ctg}\theta) / (1 + \text{ctg}^2\theta)$$

$$V_{Rd} = \min (V_{Rsd}, V_{Rcd})$$

Come da Par 7.9.5.2.2 del D.M. 14/01/2008 i valori di resistenza degli elementi vengono divisi per il fattore di sicurezza aggiuntivo nei confronti della rottura fragile, assumendolo prudenzialmente pari ad 1.25.

Si effettua la verifica a taglio ultimo: la sollecitazione massima risulta:

cond.7	cond.8
V2max	V3max
-289.90	-124.79
-151.43	-201.65
4.2-5A) c.2 M1+T+R X+--	27.2-5A) c.1 M1+T-R Y+--
Quadratura V 327.07	237.14

V_{rd}	= 838.81	kN	Resistenza a taglio di elementi strutturali dotati di specifica armatura a taglio
V_{ed}	= 327.07	kN	Valore di calcolo dello sforzo di taglio agente

V_{rsd}	=	838.81	kN
V_{rcd}	=	1195.63	kN
N_{ed}	=	0.00	kN
sezione verificata a taglio			

Resistenza di calcolo a "taglio trazione"

Resistenza di calcolo a "taglio compressione"

Valore di calcolo dello sforzo normale

α	=	21.80	°
b_w	=	90.00	cm
d	=	75.85	cm

Inclinazione puntoni di cls rispetto all'asse della trave

Larghezza utile della sezione

Altezza utile della sezione

ϕ_{staf}	=	10	mm
		2	n°
A_{sw}	=	157	mm ²
s	=	10	cm
α	=	90	°
f_{yk}	=	450	N/mm ²

Diametro staffe

n°braccia staffe

Area armatura trasversale

Interasse tra due armature trasversali consecutive

angolo d'inclinazione dell'armatura trasversale rispetto all'asse della trave

Resistenza a trazione caratteristica dell'acciaio delle staffe

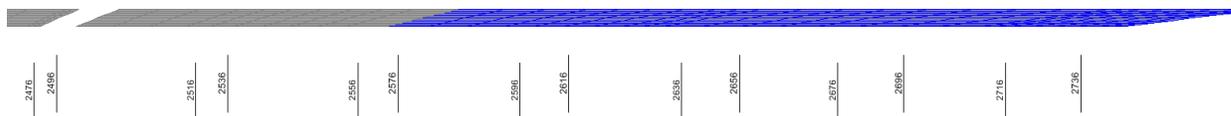
6.2 SOLLECITAZIONI E VERIFICHE PLATEA

Per la geometria della platea su pali in oggetto si prevede di effettuare le verifiche ad elemento tozzo: per tale ragione si riportano le sollecitazioni massime trasmesse dai pali alla platea, depurate del contributo di peso proprio platea e terra imbarcata.

SEMI-PILA DIREZIONE MODENA – Numerazione elementi



SEMI-PILA DIREZIONE TRENTO – Numerazione elementi



6.2.1 SOLLECITAZIONI PLATEA DI FONDAZIONE

1A) Stato limite ultimo

	cond.5	cond.6
	Pmin Comp.	Pmax Comp.
P	-297.01	-1988.12
cond	13-1A) I Vp+ 1	18.2-1A) II Vi+Aa+T-R 2
elem	2196	2736
dist. dal 1° vert.	0.00	1.00

2) Stato limite di esercizio – combinazione rara

	cond.5	cond.6
	Pmin Comp.	Pmax Comp.
P	-339.70	-1458.43
cond	7-2) I Vp+	9.2-2) II Vi+Aa+T-R
elem	2196	2736
dist. dal 1° vert.	0.00	1.00

3) Stato limite di esercizio – combinazione quasi frequente

	cond.5	cond.6
	Pmin Comp.	Pmax Comp.
P	-401.71	-1246.44
cond	5-3) I Vi	9.2-3) II Aa+T-R
elem	2196	2736
dist. dal 1° vert.	0.00	1.00

4) Stato limite di esercizio – combinazione quasi permanente

	cond.5	cond.6
	Pmin Comp.	Pmax Comp.

P	-425.10	-1060.36
cond	2-4) I /	1.2-4) I I+T-R
elem	2196	2736
dist. dal 1° vert.	0.00	1.00

5) Stato limite di ultimo – combinazione sismica

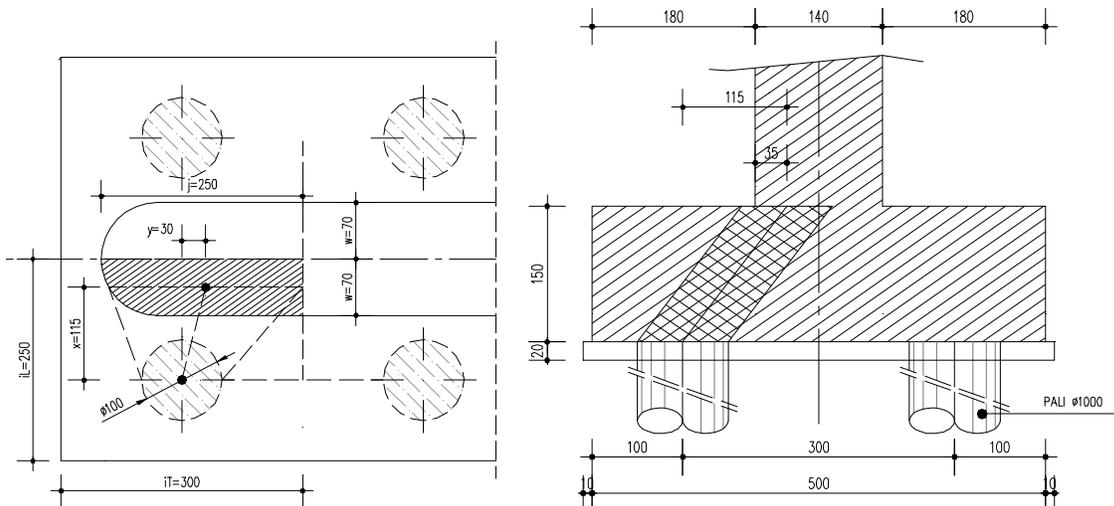
	cond.5	cond.6
	Pmax Traz.	Pmax Comp.
P	508.51	-2143.63
cond	14-5A) d.1 M1 X--+	10.2-5A) c.1 M1+T-R
elem	2216	2716
dist. dal 1° vert.	0.00	1.00

6) Stato limite ultimo – combinazione eccezionale

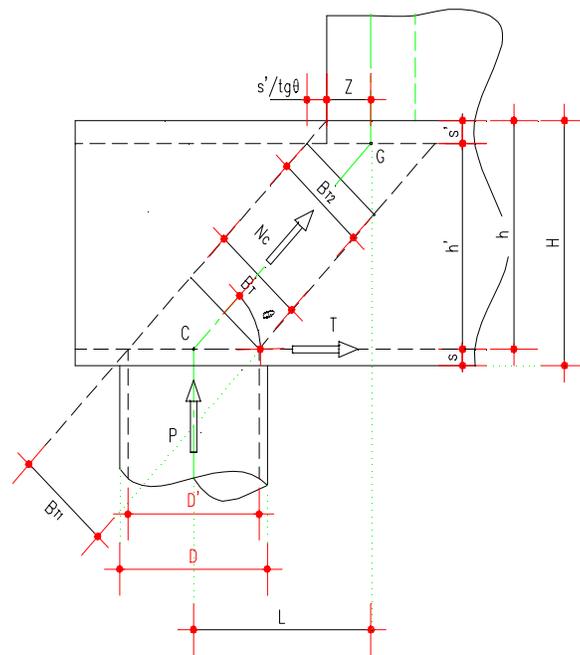
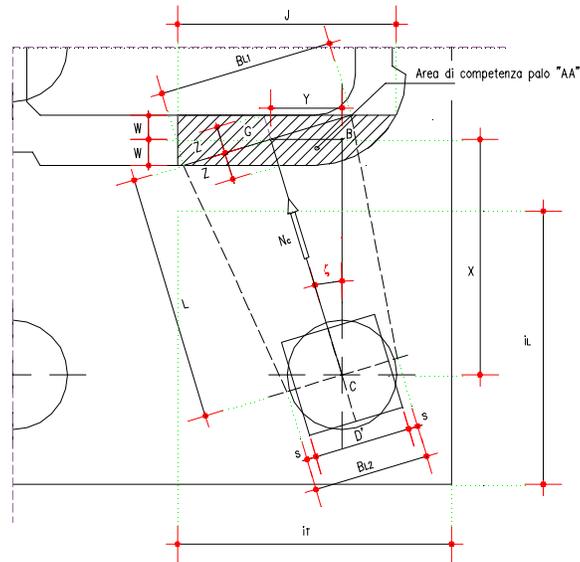
	cond.5	cond.6
	Pmin Comp.	Pmax Comp.
P	-226.52	-1318.53
cond	4-6) II U	3.1-6) II I+U+R
elem	2736	2716
dist. dal 1° vert.	0.00	1.00

6.2.2 VERIFICHE PLATEA DI FONDAZIONE

Per le caratteristiche geometriche della sezione in oggetto si imposta la verifica come “sezione Tozza”: si individua quindi la biella compressa che dal centro del palo si attesta ad ¼ della sezione del fusto, secondo lo schema riportato nel grafico seguente.



Pianta Sezione verticale



Caratteristiche geometriche della sezione

Altezza sezione: 1.50 m

2-2) Armatura direzione longitudinale

Estradosso Intradosso

1 ϕ 20/20'' 1 ϕ 20/20''

$c = 40 + 20 + 20/2 = 70.0\text{mm}$ $c = 40 + 24 + 20/2 = 74.0\text{mm}$

1-1) Armatura direzione trasversale

Estradosso Intradosso

1 ϕ 20/20'' 1 ϕ 22/20'' + 1 ϕ 24/20''

$c = 40 + 20/2 = 50.0\text{mm}$ $c = 40 + 24/2 = 52.0\text{mm}$

Dati geometrici

Distanza trasversale baricentro G dell' area "AA" di competenza palo / palo:	Y =	0.300	[m]
Distanza longitudinale baricentro "G" dell' area "AA" di competenza palo / palo:	X =	1.150	[m]
Angolo tra la direzione longitudinale e quella della biella tesa:	$\zeta = \arctg (Y / X) =$	14.621	[°]
Distanza palo / baricentro G:	$L = X / \cos \zeta =$	1.188	[m]
Distanza longitudinale baricentro G / bordo area "AA":	W =	0.700	[m]
Distanza, lungo la direzione della biella tesa, baricentro G / bordo area "AA":	Z =	0.723	[m]
Diametro palo:	D =	1.00	[m]
Lato sezione quadrata equivalente:	$D' = D/2*\sqrt{\pi} =$	0.89	[m]
Spessore plinto di fondazione:	H =	1.50	[m]
Copriferro baricentro armatura tesa:	s =	5.2	[cm]
Altezza utile plinto:	$h = H - s =$	1.45	[m]
Braccio del tirante:	$h' = 0.85 * h =$	1.23	[m]
Altezza utile plinto - braccio del tirante:	$s' = h - h' = 0.15 * h =$	0.22	[m]
Angolo di inclinazione della direzione del puntone rispetto all'orizzontale:	$\theta = \arctg (h' / L) =$	46.00	[°]

Area sezione biella compressa

Base in direzione trasversale: $B_T = \min [B_{T1} ; B_{T2}]$	0.638	[m]
con:		
$B_{T1} = D' * \sin\theta =$	0.638	[m]
$B_{T2} = 2 * (Z+s'/\tg\theta) * \sin\theta =$	1.343	[m]
Base in direzione longitudinale: $B_L = D'$	0.886	[m]

Armatura

Larghezza di influenza in direzione trasversale: $i_T =$	3.000	[m]
Armatura in direzione longitudinale: $A_{aL} = (1\phi22/20+1\phi24/20) * i_T =$	124.8	[cm ²]
Larghezza di influenza in direzione longitudinale: $i_L =$	2.50	[m]
Armatura in direzione trasversale: $A_{aT} = (1\phi20/20+1\phi20/40) * i_L =$	58.875	[cm ²]

6.2.2.1 VERIFICHE ALLO STATO LIMITE ULTIMO - COMBINAZIONE 1A)

Le verifiche vengono eseguite controllando che per la combinazione di carico più gravosa i valori delle sollecitazioni calcolati in precedenza e riportati nel paragrafo "Sollecitazioni sugli elementi strutturali" siano inferiori ai valori di rottura indicati dalla normativa.

b) SLU (1A)

Carico efficace sul palo: P =	1988.12	[kN]	
Compressione nel puntone: $N_{ce} = P / \sin\theta =$	2763.72	[kN]	
Tiro nella biella tesa: $T_e = N_{ce} * \cos\theta =$	1919.77	[kN]	
Tiro longitudinale: $T_{Le} = T_e * \cos\zeta =$	1857.60	[kN]	
Tiro trasversale: $T_{Te} = T_e * \sin\zeta =$	484.59	[kN]	
Verifica armatura biella tesa			
In direzione longitudinale: $\sigma_{ae} = T_{Le} / A_{aL} =$	148.85	[N/mm ²]	
Tensione Ultima: $f_{yd_Le} =$	360.00	[N/mm ²]	Verificato
In direzione trasversale: $\sigma_{ae} = T_{Te} / A_{aT} =$	82.31	[N/mm ²]	
Tensione Ultima: $f_{yd_Le} =$	360.00	[N/mm ²]	Verificato
Verifica a compressione del puntone			
$\sigma_c = N_c / (B_T * B_L) =$	4.89	[N/mm ²]	
Tensione Ultima calcestruzzo: $f_{cd} =$	18.00	[N/mm ²]	Verificato

6.2.2.2 STATO LIMITE DI ESERCIZIO – COMBINAZIONE RARA

Le verifiche vengono eseguite controllando che per la combinazione di carico più gravosa i valori delle sollecitazioni calcolati in precedenza e riportati nel paragrafo “Sollecitazioni sugli elementi strutturali” siano inferiori allo stato limite tensionale indicato dalla normativa per la condizione rara (resistenza a compressione della biella compressa, resistenza a trazione dell’armatura tesa).

c) Condizioni di esercizio rara (2)		
Carico efficace sul palo: $P =$	1458.43	[kN]
Compressione nel puntone: $N_{ce} = P / \sin\theta =$	2027.39	[kN]
Tiro nella biella tesa: $T_e = N_{ce} * \cos\theta =$	1408.29	[kN]
Tiro longitudinale: $T_{Le} = T_e * \cos\zeta =$	1362.69	[kN]
Tiro trasversale: $T_{Te} = T_e * \sin\zeta =$	355.48	[kN]
Verifica armatura biella tesa		
In direzione longitudinale: $\sigma_{ae} = T_{Le} / A_{aL} =$	109.19	[N/mm ²]
Tensione ammissibile: $\sigma_{amm_Le} =$	360.00	[N/mm ²]
In direzione trasversale: $\sigma_{ae} = T_{Te} / A_{aT} =$	60.38	[N/mm ²]
Tensione ammissibile: $\sigma_{amm_Te} =$	360.00	[N/mm ²]
Verifica a compressione del puntone		
$\sigma_c = N_c / (B_T * B_L) =$	3.59	[N/mm ²]
Tensione ammissibile: $\sigma_{c_amm} =$	18.00	[N/mm ²]

Verificato

Verificato

Verificato

6.2.2.3 VERIFICHE A FESSURAZIONE – COMBINAZIONI FREQUENTE E QUASI PERMANENTE

Le verifiche vengono eseguite controllando che per la combinazione di carico più gravosa i valori delle sollecitazioni calcolati in precedenza e riportati nel paragrafo “Sollecitazioni sugli elementi strutturali” inducano delle aperture delle fessure inferiori a quanto prescritto dalla normativa FS (44a): in condizioni ordinarie (XC2) per le strutture contro terra deve essere $w_1 = 0,2\text{mm}$.

Si riporta di seguito l’individuazione delle sollecitazioni nelle bielle tese e successivamente la verifica di apertura delle fessure.

d) Condizioni di fessurazione (frequente)		
Carico efficace sul palo: $P =$	1246.44	[kN]
Compressione nel puntone: $N_{cf} = P / \sin\theta =$	1732.70	[kN]
Tiro nella biella tesa: $T_f = N_{cf} * \cos\theta =$	1203.59	[kN]
Tiro longitudinale: $T_{Lf} = T_f * \cos\zeta =$	1164.61	[kN]
Tiro trasversale: $T_{Tf} = T_f * \sin\zeta =$	303.81	[kN]
Verifica armatura biella tesa		
In direzione longitudinale: $\sigma_{af} = T_{Lf} / A_{aL} =$	93.32	[N/mm ²]
Tensione ammissibile: $\sigma_{amm_Lf} =$	220.00	[N/mm ²]
(come prescritto dal DM2008, verifica senza calcolo diretto)		
In direzione trasversale: $\sigma_{af} = T_{Tf} / A_{aT} =$	51.60	[N/mm ²]
Tensione ammissibile: $\sigma_{amm_Tf} =$	220.00	[N/mm ²]

Verificato

Verificato

(come prescritto dal DM2008, verifica senza calcolo diretto)

e) Condizioni di fessurazione (quasi permanente)

Carico efficace sul palo: $P =$	1060.36	[kN]	
Compressione nel puntone: $N_{cf} = P / \sin\theta =$	1474.02	[kN]	
Tiro nella biella tesa: $T_f = N_{cf} * \cos\theta =$	1023.91	[kN]	
Tiro longitudinale: $TL_f = T_f * \cos\zeta =$	990.75	[kN]	
Tiro trasversale: $TT_f = T_f * \sin\zeta =$	258.46	[kN]	
Verifica armatura biella tesa			
In direzione longitudinale: $\sigma_{af} = TL_f / A_{aL} =$	79.39	[N/mm ²]	
Tensione ammissibile: $\sigma_{amm_Lf} =$	220.00	[N/mm ²]	Verificato
(come prescritto dal DM2008, verifica senza calcolo diretto)			
In direzione trasversale: $\sigma_{af} = TT_f / A_{aT} =$	43.90	[N/mm ²]	
Tensione ammissibile: $\sigma_{amm_Tf} =$	220.00	[N/mm ²]	Verificato
(come prescritto dal DM2008, verifica senza calcolo diretto)			

Verifica fessurazione in direzione perpendicolare alla pila

Caratteristiche dei materiali

Coefficiente di omogeneizzazione	$n =$	15	
Classe cls	$R_{ck} =$	30	N/mm ²
Modulo elastico acciaio	$E_s =$	2.1E+05	N/mm ²

Caratteristiche geometriche della sezione

Larghezza biella tesa (i_T)	$b_{tesa} =$	3.00	cm
Area acciaio in biella tesa	$A_s =$	124.8	cm ²
Ricoprimento strato più esterno	$c =$	5.2	cm
Ricoprimento strato più interno	$c+S =$	5.2	cm
Diametro massimo barre	$F =$	2.4	cm

Sezione non fessurata: formazione fessure

Tiro nella biella in condizioni di esercizio $T_{Lf} =$	$N_{es} =$	1164.61	kN
Resistenza media a trazione semplice del cls	$f_{ctm} =$	2.56	N/mm ²
Resistenza limite per formazione fessure	$s_t =$	2.13	N/mm ²
Altezza biella tesa (= altezza efficace)	$d_{eff} =$	23.2	cm
Area ideale biella tesa	$A_{btesa} =$	1941.6	cm ²
Tiro di formazione delle fessure	$N_{ff} =$	413.90	kN
Trazione nel cls prodotta da N_{es}	$s_{ct} =$	6.00	N/mm ²

Sezione fessurata: apertura fessure

Tiro nella biella in condizioni di fessurazione	$N =$	1164.61	kN
Tensione acciaio teso	$s_s =$	93.32	N/mm ²
Tiro di fessurazione	$N_{sr} =$	496.684	kN
Tensione acciaio di fessurazione	$s_{sr} =$	39.80	N/mm ²

Distanza media fra due fessure attigue

Distanza barre	$s =$	10.0	cm
Coefficiente k_2	$k_2 =$	0.4	
Tensioni nel cls teso	$s_1 =$	6.00	N/mm ²
	$s_2 =$	6.00	N/mm ²

Coefficiente k_3

	$k_3 =$	0.250	
Larghezza efficace	$b_{eff} =$	10.0	cm
Area efficace	$A_{ceff} =$	232.0	cm ²
Area armature poste in A_{ceff}	$A_{sef} =$	4.16	cm ²
Distanza media fra due fessure attigue	$s_{rm} =$	25.78	cm

Deformazione unitaria media

Coefficiente b_1	$b_1 =$	1.0	
Coefficiente b_2	$b_2 =$	0.5	
Deformazione unitaria media	$e_{sm} =$	4.040E-04	

Ampiezza fessura

$w_{amm} =$	w_l	0.2	mm
-------------	-------	-----	----

$$w_k = 0.177 \quad \text{mm} \quad < w_{amm}$$

Verifica fessurazione in direzione parallela asse pila

Caratteristiche dei materiali

Coefficiente di omogeneizzazione	$n =$	15	
Classe cls	$R_{ck} =$	30	N/mm ²
Modulo elastico acciaio	$E_s =$	2.1E+05	N/mm ²

Caratteristiche geometriche della sezione

Larghezza biella tesa (i_T)	$b_{tesa} =$	2.50	cm
Area acciaio in biella tesa	$A_s =$	58.875	cm ²
Ricoprimento strato più esterno	$c =$	7.4	cm
Ricoprimento strato più interno	$c+S =$	7.4	cm
Diametro massimo barre	$F =$	2	cm

Sezione non fessurata: formazione fessure

Tiro nella biella in condizioni di esercizio $T_{Lf} =$	$N_{es} =$	303.81	kN
Resistenza media a trazione semplice del cls	$f_{ctm} =$	2.56	N/mm ²
Resistenza limite per formazione fessure	$s_t =$	2.13	N/mm ²
Altezza biella tesa (= altezza efficace)	$d_{eff} =$	22.4	cm
Area ideale biella tesa	$A_{blesa} =$	939.1	cm ²
Tiro di formazione delle fessure	$N_{ff} =$	200.20	kN
Trazione nel cls prodotta da N_{es}	$s_{ct} =$	3.24	N/mm ²

Sezione fessurata: apertura fessure

Tiro nella biella in condizioni di fessurazione	$N =$	303.81	kN
Tensione acciaio teso	$s_s =$	51.60	N/mm ²
Tiro di fessurazione	$N_{sr} =$	240.239	kN
Tensione acciaio di fessurazione	$s_{sr} =$	40.80	N/mm ²

Distanza media fra due fessure attigue

Distanza barre	$s =$	15.0	cm
Coefficiente k_2	$k_2 =$	0.4	
Tensioni nel cls teso	$s_1 =$	3.24	N/mm ²
	$s_2 =$	3.24	N/mm ²

Coefficiente k_3

Larghezza efficace	$b_{eff} =$	15.0	cm
Area efficace	$A_{ceff} =$	336.0	cm ²
Area armature poste in A_{ceff}	$A_{sef} =$	3.14	cm ²
Distanza media fra due fessure attigue	$s_{rm} =$	39.20	cm

Deformazione unitaria media

Coefficiente b_1	$b_1 =$	1.0	
Coefficiente b_2	$b_2 =$	0.5	
Deformazione unitaria media	$e_{sm} =$	1.689E-04	

Ampiezza fessura

$w_{amm} =$	$w_l =$	0.2	mm	
	$w_k =$	0.113	mm	$< w_{amm}$

6.2.2.4 VERIFICHE IN CONDIZIONI SISMICHE

Le verifiche vengono eseguite controllando che per la combinazione di carico più gravosa i valori delle sollecitazioni calcolati in precedenza e riportati nel paragrafo "Sollecitazioni sugli elementi strutturali" siano inferiori allo stato limite tensionale indicato dalla normativa per la condizione rara (resistenza a compressione della biella compressa, resistenza a trazione dell'armatura tesa).

a) Condizioni sismiche

Carico efficace sul palo: P =	2143.63	[kN]
-------------------------------	---------	--------

Compressione nel puntone: $N_{cs} = P / \text{sen}q =$	2979.90	[kN]	Verificato
Tiro nella biella tesa: $T_s = N_{cs} * \text{cos}q =$	2069.93	[kN]	
Tiro longitudinale: $T_{Ls} = T_s * \text{cos}z =$	2002.90	[kN]	
Tiro trasversale: $T_{Ts} = T_s * \text{sen}z =$	522.50	[kN]	
Verifica armatura biella tesa			
In direzione longitudinale: $s_{as} = T_{Ls} / A_{aL} =$	160.49	[N/mm ²]	
Tensione ammissibile: $s_{amm_Ls} =$	360.00	[N/mm ²]	
In direzione trasversale: $s_{as} = T_{Ts} / A_{aT} =$	88.75	[N/mm ²]	
Tensione ammissibile: $s_{amm_Ts} =$	360.00	[N/mm ²]	
Verifica a compressione del puntone			
$s_c = N_c / (B_T * B_L) =$	5.27	[N/mm ²]	Verificato
Tensione ammissibile: $s_{c_amm} =$	18.00	[N/mm ²]	

6.2.2.5 VERIFICHE IN CONDIZIONI ECCEZIONALI

Le verifiche vengono eseguite controllando che per la combinazione di carico più gravosa i valori delle sollecitazioni calcolati in precedenza e riportati nel paragrafo “Sollecitazioni sugli elementi strutturali” siano inferiori ai valori di rottura indicati dalla normativa.

Si omette la verifica essendo la sollecitazione inferiore a quella relative la combinazione 1A).

6.2.2.6 VERIFICA DI PUNZONAMENTO DELLA PLATEA

Si esegue la verifica di punzonamento della platea per effetto dell’azione assiale ultima trasmessa dal palo più sollecitato.

La sollecitazione massima trasmessa è in condizione sismiche

	cond.6
	Pmax Comp.
P	-2143.63

MATERIALI					
CLS			Acciaio teso		
$f_{ck} =$	30	N/mm ²	$f_{yk} =$	450	N/mm ²
$\gamma_c =$	1.6		$\gamma_s =$	1.15	
$f_{cd} =$	15.94	N/mm ²	$f_{yd} =$	391	N/mm ²

$$f_{cd} = \frac{0.85 f_{ck}}{\gamma_c}$$

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s}$$

PILASTRO CIRCOLARE DI BORDO:

Diametro D = **1000** mm

DATI SOLETTA:

Spessore h = **1500** mm

Copriferro netto = **5.2** mm

Altezza utile d = 1474 mm $\Rightarrow d = \frac{dz + dy}{2}$

Perimetro pilastro $u_0 =$ 2571 mm

Perimetro di base $u_1 =$ 11834 mm \Rightarrow Perimetro di verifica a distanza costante dal bordo del pilastro pari a 2d

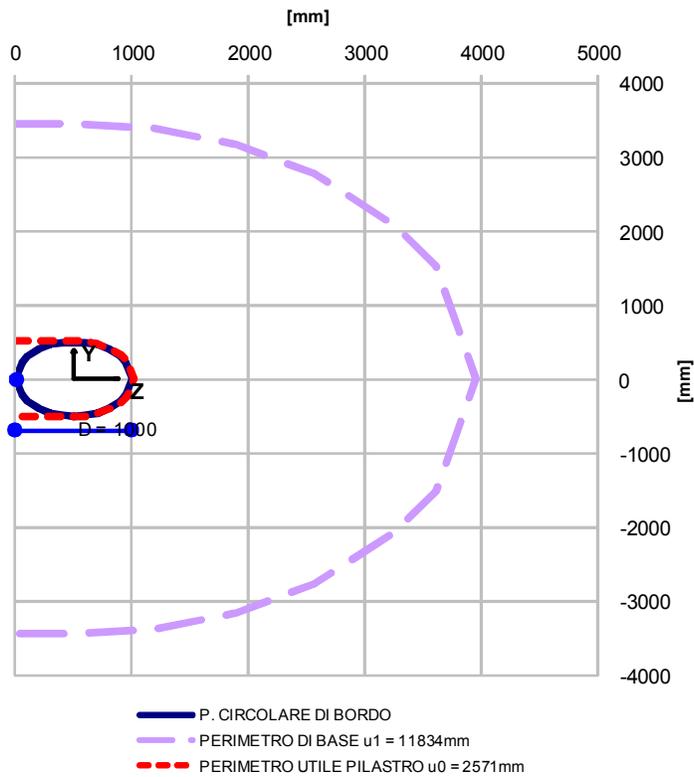
ARMATURA LONGITUDINALE SOLETTA:

La larghezza in cui l'armatura longitudinale serve ai fini del punzonamento è pari alla larghezza del pilastro + 3d per lato

ARMATURA LONGITUDINALE z					
$l_z =$		5422.9 [mm]			
ARM. BASE		AGGIUNTIVI SU l_z			
ϕ	Passo	ϕ	n°	$A_{sl,z}$	$\rho_{l,z}$
[mm]	[cm]	[mm]		[mm ²]	
20	20	0	0	8518	0.0011

ARMATURA LONGITUDINALE y					
$l_y =$		9845.8 [mm]			
ARM. BASE		AGGIUNTIVI SU l_y			
ϕ	Passo	ϕ	n°	$A_{sl,y}$	$\rho_{l,y}$
[mm]	[cm]	[mm]		[mm ²]	
22	20	24	20	27761	0.0019

RAPPRESENTAZIONE PERIMETRI DI VERIFICA



SOLLECITAZIONI ALLO SLU:

$V_{Ed} = 3563$ [kN]
 $M_{Sd,y} = 0$ [kNm]
 $M_{Sd,z} = 0$ [kNm]

METODO DI VERIFICA: **SEMPLIFICATO**

Il metodo semplificato che utilizza valori di β approssimati, si può utilizzare per strutture la cui stabilità trasversale non dipende dal funzionamento a telaio del complesso piastra-pilastri, e se le luci adiacenti non differiscono in lunghezza più del 25%.

PER PILASTRO CIRCOLARE DI BORDO: $\beta = 1.40$

a) $V_{Rd,max}$ Valore massimo di progetto di Taglio-Punzonamento **EC2 - Par. 6.4.4**

Lungo il perimetro del pilastro, o il perimetro dell'area caricata la massima tensione di taglio-punzonamento non deve essere superata:

$$v_{Ed} \leq v_{Rd,max}$$

Coefficiente di riduzione della resistenza del calcestruzzo fessurato per taglio:

$$v = 0.528$$

==>

$$v = 0.7 \left[1 - \frac{f_{ck}}{250} \right]$$

EC2 - Par. 6.2.2

$V_{Rd,max} =$	4.21	[N/mm ²]
----------------	-------------	----------------------

Tensione di Taglio-Punzonamento lungo il perimetro del pilastro:

$v_{Ed} =$	0.79	[N/mm ²]
------------	-------------	----------------------

==> $v_{Ed} = \frac{\beta V_{Ed}}{u_0 d}$

VERIFICA: OK

$v_{Ed}/v_{Rd,max} = 0.188$

b) $V_{Rd,c}$ Resistenza a punzonamento di piastre prive di armatura a taglio **EC2 - Par. 6.4.5**

N.B. In questo foglio di calcolo non è prevista la precompressione della piastra

$f_{ck} =$	30.00	[N/mm ²]
------------	-------	----------------------

$k =$	1.37	
-------	------	--

==> $k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} \leq 2.0$

$\rho_l =$	0.00	Perc. Geom. di armatura
------------	------	-------------------------

==> $\rho_l = \sqrt{\rho_{l,z} \cdot \rho_{l,y}} \leq 0.02$

$C_{Rd,c} =$	0.11	
--------------	------	--

==> $C_{Rd,c} = \frac{0.18}{\gamma_c}$

$v_{min} =$	0.31	[N/mm ²]
-------------	------	----------------------

==> $v_{min} = 0.035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2}$

$V_{Rd,c} =$	0.25	[N/mm ²]
--------------	------	----------------------

$V_{Rd,c} =$	0.31	[N/mm ²]
--------------	-------------	----------------------

==> $v_{Rd,c} = C_{Rd,c} k (100 \rho_l f_{ck})^{1/3} \geq v_{min}$

Tensione di Taglio-Punzonamento lungo il perimetro dei verifica:

$v_{Ed} =$	0.17	[N/mm ²]
------------	-------------	----------------------

==> $v_{Ed} = \frac{\beta V_{Ed}}{u_1 d}$

VERIFICA: OK

$v_{Ed}/v_{Rd,c} = 0.561$

6.3 SOLLECITAZIONI E VERIFICHE FUSTO PILA

Per lo studio del fusto della pila si sono individuate 3 “fasce” orizzontali:

F1: da $q=0.00\text{m}$ a $q=3.00\text{m}$;

F2: da $q=3.00\text{m}$ a $q=6.00\text{m}$;

F3: oltre 6.00m .

A loro volta ogni fascia orizzontale è stata suddivisa in zone per consentire una più facile interpretazione dei dati di output del programma SAP2000 (vedasi schema allegato).

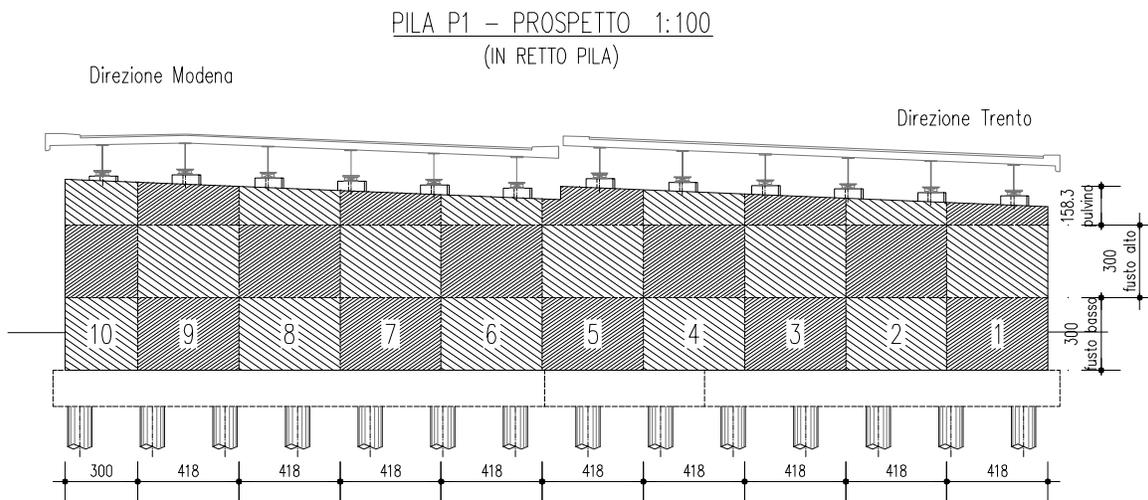


Figura 6.1 Schema individuazione “fasce” fusto pila

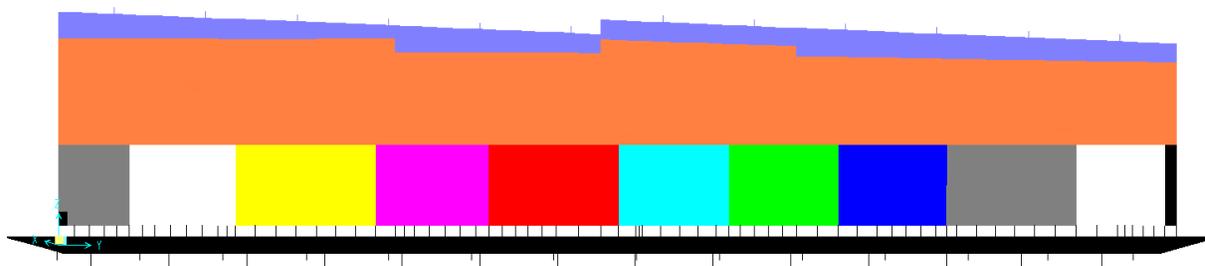


Figura 6.2 Schema individuazione “fasce” fusto pila modella SAP2000

Figura 6.3 Numerazione elementi semi-pila corsia Nord

Figura 6.4 Numerazione elementi semi-pila corsia Sud

Vengono di seguito riportati i valori del momento flettente, del taglio e dello sforzo normale che si evidenziano al piede del fusto della pila per ogni combinazione di carico, nelle due direzioni principali (verticale ed orizzontale).

La convenzione sul simbolismo utilizzato è riportata di seguito:

3) Pila T 0.0-4.0	Identificazione elemento di verifica Sezione di verifica
M1	momento flettente orizzontale
F1	sforzo normale orizzontale (positivo se di trazione)
M2	momento flettente verticale
F2	sforzo normale verticale (positivo se di trazione)
cond	condizione di carico che induce la sollecitazione massima
elem	elemento più sollecitato
nodo	nodo più sollecitato

6.3.1 SOLLECITAZIONI FUSTO PILA

1A) Stato limite ultimo

F1: da q=0.00m a q=3.00m - Flessione

PARETE.1	cond.1	cond.2	cond.5	cond.6
Orizz.	M1max	M1min	F1max Traz.	F1max Comp.
M1	18.3	-27.1	-3.3	-12.7
F1	-50.1	-113.6	227.5	-167.7
cond	15-1A) I Vp- 1	41.1-1A) III Vp+Aa+F+T+R 1	22.2-1A) II Vp+Aa+T-R 2	18.2-1A) II Vi+Aa+T-R 2
elem	3634	3634	2044	3634
nodo	2393	2393	2884	5434
	cond.3	cond.4	cond.7	cond.8
Vert.	M2max	M2min	F2max Traz.	F2max Comp.
M2	96.3	-144.1	-42.5	-74.5
F2	-349.2	-904.0	250.2	-1263.5
cond	15-1A) I Vp- 1	41.1-1A) III Vp+Aa+F+T+R 1	10-1A) I Vi+ 2	18.2-1A) II Vi+Aa+T-R 2
elem	3634	3634	2044	1371
nodo	2393	2393	2884	1047

PARETE.2	cond.1	cond.2	cond.5	cond.6
Orizz.	M1max	M1min	F1max Traz.	F1max Comp.
M1	20.0	-29.6	-4.2	-15.0
F1	-81.8	-170.0	127.2	-304.5
cond	15-1A) I Vp- 1	41.1-1A) III Vp+Aa+F+T+R 1	18.2-1A) II Vi+Aa+T-R 2	18.2-1A) II Vi+Aa+T-R 2
elem	3678	3678	3652	3677
nodo	1045	1045	5445	2409
	cond.3	cond.4	cond.7	cond.8
Vert.	M2max	M2min	F2min Comp.	F2max Comp.
M2	101.7	-151.8	22.6	-79.5
F2	-391.2	-939.4	-189.9	-1315.0
cond	15-1A) I Vp- 1	41.1-1A) III Vp+Aa+F+T+R 1	11-1A) I Vi- 1	18.2-1A) II Vi+Aa+T-R 2
elem	3678	3678	3652	3673
nodo	1045	1045	5444	996

PARETE.3	cond.1	cond.2	cond.5	cond.6
Orizz.	M1max	M1min	F1max Traz.	F1max Comp.
M1	19.9	-29.6	3.9	-15.3
F1	-87.8	-185.1	4.6	-413.6
cond	15-1A) I Vp- 1	41.1-1A) III Vp+Aa+F+T+R 1	11-1A) I Vi- 1	18.2-1A) II Vi+Aa+T-R 2
elem	3583	3583	1440	3580
nodo	3822	3822	4954	2441
	cond.3	cond.4	cond.7	cond.8
Vert.	M2max	M2min	F2min Comp.	F2max Comp.
M2	102.3	-152.4	20.3	-79.9
F2	-357.5	-858.9	-222.2	-1123.9
cond	15-1A) I Vp- 1	41.1-1A) III Vp+Aa+F+T+R 1	11-1A) I Vi- 1	18.2-1A) II Vi+Aa+T-R 2
elem	3584	3584	1480	3579
nodo	1043	1043	4948	995

PARETE.4	cond.1	cond.2	cond.5	cond.6
Orizz.	M1max	M1min	F1min Comp.	F1max Comp.
M1	20.4	-30.2	3.8	-15.6
F1	-120.2	-163.0	-6.5	-361.1
cond	15-1A) I Vp- 1	41.1-1A) III Vp+Aa+F+T+R 1	11-1A) I Vi- 1	18.2-1A) II Vi+Aa+T-R 2
elem	3528	1491	1480	3527
nodo	993	1041	4948	2489
	cond.3	cond.4	cond.7	cond.8
Vert.	M2max	M2min	F2min Comp.	F2max Comp.
M2	103.2	-153.5	20.8	33.9
F2	-345.9	-826.4	-218.7	-1020.5
cond	15-1A) I Vp- 1	41.1-1A) III Vp+Aa+F+T+R 1	11-1A) I Vi- 1	24.2-1A) II Vp-Aa+T-R 2
elem	3523	3523	1538	1491
nodo	1041	1041	2513	2476

PARETE.5	cond.1	cond.2	cond.5	cond.6
Orizz.	M1max	M1min	F1max Traz.	F1max Comp.
M1	21.1	-32.8	7.7	-15.7
F1	-55.9	-86.4	36.7	-302.6
cond	15-1A) I Vp- 1	41.1-1A) III Vp+Aa+F+T+R 1	23.3-1A) II Vp-Aa+T+ 1	18.2-1A) II Vi+Aa+T-R 2
elem	1589	1571	1569	3469
nodo	1037	2540	998	3760
	cond.3	cond.4	cond.7	cond.8
Vert.	M2max	M2min	F2min Comp.	F2max Comp.
M2	105.6	-156.4	-21.2	41.7
F2	-313.7	-772.3	-210.3	-1107.9
cond	15-1A) I Vp- 1	41.1-1A) III Vp+Aa+F+T+R 1	9-1A) I Vi+ 1	24.2-1A) II Vp-Aa+T-R 2
elem	1571	1571	1598	1571
nodo	2537	2537	2561	1037

PARETE.6	cond.1	cond.2	cond.5	cond.6
Orizz.	M1max	M1min	F1max Traz.	F1max Comp.
M1	21.5	-31.8	8.0	-15.4
F1	-29.5	-50.2	59.5	-222.7
cond	15-1A) I Vp- 1	41.1-1A) III Vp+Aa+F+T+R 1	19.2-1A) II Vi-Aa+T-R 1	18.2-1A) II Vi+Aa+T-R 2
elem	3277	3277	3277	3274
nodo	3656	3656	2601	2601
	cond.3	cond.4	cond.7	cond.8
Vert.	M2max	M2min	F2min Comp.	F2max Comp.
M2	105.2	-155.9	-21.3	11.5
F2	-327.5	-792.7	-207.7	-1065.7
cond	15-1A) I Vp- 1	41.1-1A) III Vp+Aa+F+T+R 1	9-1A) I Vi+ 1	28.2-1A) II Vi-Ab+T-R 2
elem	1629	1629	1618	1611
nodo	1035	1035	2577	2572

PARETE.7	cond.1	cond.2	cond.5	cond.6
Orizz.	M1max	M1min	F1max Traz.	F1max Comp.

M1	28.3	-41.8	10.7	-9.6
F1	42.1	128.8	352.2	-226.1
cond	15-1A) I Vp- 1	41.1-1A) III Vp+Aa+F+T+R 1	20.2-1A) II Vi-Aa+T-R 2	22.2-1A) II Vp+Aa+T-R 2
elem	1689	1689	1689	1689
nodo	2633	2633	2633	2620
	cond.3	cond.4	cond.7	cond.8
Vert.	M2max	M2min	F2min Comp.	F2max Comp.
M2	110.4	-162.8	-50.8	36.9
F2	-412.2	-961.1	-39.6	-1264.3
cond	15-1A) I Vp- 1	41.1-1A) III Vp+Aa+F+T+R 1	9-1A) I Vi+ 1	20.2-1A) II Vi-Aa+T-R 2
elem	3129	3129	1691	1691
nodo	1031	1031	2633	2636

PARETE.8	cond.1	cond.2	cond.5	cond.6
Orizz.	M1max	M1min	F1max Traz.	F1max Comp.
M1	22.7	-33.2	7.7	-12.9
F1	-53.0	-98.8	31.5	-140.1
cond	15-1A) I Vp- 1	41.1-1A) III Vp+Aa+F+T+R 1	23.2-1A) II Vp-Aa+T-R 1	22.3-1A) II Vp+Aa+T+ 2
elem	3130	3130	3131	3129
nodo	3577	3577	2636	1031
	cond.3	cond.4	cond.7	cond.8
Vert.	M2max	M2min	F2min Comp.	F2max Comp.
M2	110.4	-162.8	-28.5	41.9
F2	-412.2	-961.1	-203.5	-1249.3
cond	15-1A) I Vp- 1	41.1-1A) III Vp+Aa+F+T+R 1	9-1A) I Vi+ 1	20.2-1A) II Vi-Aa+T-R 2
elem	3129	3129	3191	3129
nodo	1031	1031	3611	1031

PARETE.9	cond.1	cond.2	cond.5	cond.6
Orizz.	M1max	M1min	F1max Traz.	F1max Comp.
M1	20.7	-30.5	-7.6	-0.2
F1	-28.4	7.6	28.0	-173.5
cond	15-1A) I Vp- 1	41.1-1A) III Vp+Aa+F+T+R 1	54.2-1A) III Vi+Ab+F-T-R 2	36.3-1A) III Vi-Aa+F+T+ 2
elem	2989	1751	1751	2986
nodo	3504	2681	2681	2697
	cond.3	cond.4	cond.7	cond.8
Vert.	M2max	M2min	F2min Comp.	F2max Comp.
M2	113.7	-165.2	-28.2	41.6
F2	-298.8	-734.3	-203.8	-912.2
cond	15-1A) I Vp- 1	41.1-1A) III Vp+Aa+F+T+R 1	9-1A) I Vi+ 1	20.2-1A) II Vi-Aa+T-R 2
elem	3026	3025	1758	1749
nodo	2713	1027	2674	1029

PARETE.10	cond.1	cond.2	cond.5	cond.6
Orizz.	M1max	M1min	F1max Traz.	F1max Comp.
M1	32.6	-28.8	0.9	-3.5
F1	-84.2	-155.3	290.7	-327.7
cond	41.1-1A) III Vp+Aa+F+T+R 1	41.1-1A) III Vp+Aa+F+T+R 1	20.2-1A) II Vi-Aa+T-R 2	26.2-1A) II Vi+Ab+T-R 2

elem	1832	3029	1829	1829
nodo	2748	2713	2745	2732
	cond.3	cond.4	cond.7	cond.8
Vert.	M2max	M2min	F2min Comp.	F2max Comp.
M2	129.3	-183.6	59.7	-167.1
F2	-496.8	-1132.9	-81.6	-1352.6
cond	15-1A) I Vp- 1	41.1-1A) III Vp+Aa+F+T+R 1	11-1A) I Vi- 1	42.2-1A) III Vp+Aa+F+T-R 2
elem	1811	1811	1829	1829
nodo	1025	1025	2745	2732

F1: da q=0.00m a q=3.00m - Taglio

PARETE.1	V13max	V23max
V13	13.37	
V23		-34.24
cond	41.1-1A) III Vp+Aa+F+T+R 1	41.1-1A) III Vp+Aa+F+T+R 1
elem	2043	3633
nodo	2883	1047

PARETE.2	V13max	V23max
V13	3.79	
V23		-34.26
cond	41.1-1A) III Vp+Aa+F+T+R 1	41.1-1A) III Vp+Aa+F+T+R 1
elem	3634	1429
nodo	5434	1045

PARETE.3	V13max	V23max
V13	1.34	
V23		-33.84
cond	41.1-1A) III Vp+Aa+F+T+R 1	41.1-1A) III Vp+Aa+F+T+R 1
elem	3584	3584
nodo	3822	3822

PARETE.4	V13max	V23max
V13	1.24	
V23		-34.08
cond	41.1-1A) III Vp+Aa+F+T+R 1	41.1-1A) III Vp+Aa+F+T+R 1
elem	1491	3523
nodo	2473	1041

PARETE.5	V13max	V23max
V13	2.39	
V23		-35.34
cond	41.1-1A) III Vp+Aa+F+T+R 1	41.1-1A) III Vp+Aa+F+T+R 1
elem	1569	1571
nodo	998	2537

PARETE.6	V13max	V23max
----------	--------	--------

V13	1.01	
V23		-34.40
cond	41.1-1A) III Vp+Aa+F+T+R 1	41.1-1A) III Vp+Aa+F+T+R 1
elem	1611	1629
nodo	2569	1035

PARETE.7	V13max	V23max
V13	2.73	
V23		-34.67
cond	41.1-1A) III Vp+Aa+F+T+R 1	41.1-1A) III Vp+Aa+F+T+R 1
elem	1691	3129
nodo	2633	1031

PARETE.8	V13max	V23max
V13	1.39	
V23		-34.67
cond	41.1-1A) III Vp+Aa+F+T+R 1	41.1-1A) III Vp+Aa+F+T+R 1
elem	3174	3129
nodo	3602	1031

PARETE.9	V13max	V23max
V13	1.59	
V23		-36.83
cond	13-1A) I Vp+ 1	41.1-1A) III Vp+Aa+F+T+R 1
elem	2990	3025
nodo	3504	1027

PARETE.10	V13max	V23max
V13	11.36	
V23		-36.59
cond	15-1A) I Vp- 1	41.1-1A) III Vp+Aa+F+T+R 1
elem	1829	3030
nodo	1025	3526

F2: da q=3.00m a q=6.00m – Flessione

PARETE.1	cond.1 M1max	cond.2 M1min	cond.5 F1max Traz.	cond.6 F1max Comp.
M1	2.9	-4.7	1.4	0.5
F1	64.0	73.1	205.2	-42.0
cond	39.1-1A) III Vi-Aa+F-T+R 1	33.1-1A) III Vi+Aa+F+T+R 1	18.2-1A) II Vi+Aa+T-R 2	18.2-1A) II Vi+Aa+T-R 2
elem	1849	1849	1388	2076
nodo	2383	2383	2339	1497
PARETE.2	cond.1 M1max	cond.2 M1min	cond.5 F1max Traz.	cond.6 F1max Comp.
M1	7.3	-12.1	-0.2	-0.1
F1	3.2	-1.2	236.5	-71.2
cond	39.1-1A) III Vi-Aa+F-T+R 1	41.1-1A) III Vp+Aa+F+T+R 1	18.2-1A) II Vi+Aa+T-R 2	35.2-1A) III Vi-Aa+F+T-R 1
elem	3734	3734	3707	3671

nodo	5174	5174	5479	5457
PARETE.3	cond.1 M1max	cond.2 M1min	cond.5 F1max Traz.	cond.6 F1max Comp.
M1	7.5	-12.2	-1.1	2.7
F1	-38.7	-37.5	297.4	-67.6
cond	39.1-1A) III Vi-Aa+F-T+R 1	41.1-1A) III Vp+Aa+F+T+R 1	18.3-1A) II Vi+Aa+T+ 2	20.2-1A) II Vi-Aa+T-R 2
elem	1889	3622	3521	1889
nodo	2465	5168	3788	5168
PARETE.4	cond.1 M1max	cond.2 M1min	cond.5 F1max Traz.	cond.6 F1max Comp.
M1	7.7	-12.5	-1.3	1.5
F1	-39.5	-41.8	260.1	-89.6
cond	39.1-1A) III Vi-Aa+F-T+R 1	33.1-1A) III Vi+Aa+F+T+R 1	18.3-1A) II Vi+Aa+T+ 2	24.2-1A) II Vp-Aa+T-R 2
elem	3568	3568	1506	3568
nodo	4942	4942	2357	4942
PARETE.5	cond.1 M1max	cond.2 M1min	cond.5 F1max Traz.	cond.6 F1max Comp.
M1	7.9	-12.8	-0.6	-0.8
F1	-35.0	-32.5	192.4	-263.6
cond	39.1-1A) III Vi-Aa+F-T+R 1	33.1-1A) III Vi+Aa+F+T+R 1	26.3-1A) II Vi+Ab+T+ 2	27.2-1A) II Vi-Ab+T-R 1
elem	1937	1937	3503	1606
nodo	5150	5150	2366	2371
PARETE.6	cond.1 M1max	cond.2 M1min	cond.5 F1max Traz.	cond.6 F1max Comp.
M1	7.9	-13.0	-1.6	-0.4
F1	-33.9	-41.0	159.5	-339.5
cond	39.1-1A) III Vi-Aa+F-T+R 1	41.1-1A) III Vp+Aa+F+T+R 1	18.2-1A) II Vi+Aa+T-R 2	23.2-1A) II Vp-Aa+T-R 1
elem	3353	3353	1626	3307
nodo	4979	4979	5008	4976
PARETE.7	cond.1 M1max	cond.2 M1min	cond.5 F1max Traz.	cond.6 F1max Comp.
M1	7.9	-13.1	-0.8	-0.6
F1	-42.5	-51.5	58.4	-276.1
cond	39.1-1A) III Vi-Aa+F-T+R 1	41.1-1A) III Vp+Aa+F+T+R 1	22.3-1A) II Vp+Aa+T+ 2	24.2-1A) II Vp-Aa+T-R 2
elem	3369	3369	3312	3351
nodo	5136	5136	3636	2188
PARETE.8	cond.1 M1max	cond.2 M1min	cond.5 F1max Traz.	cond.6 F1max Comp.
M1	7.3	-11.9	-0.6	-1.0
F1	-55.9	-61.1	42.9	-229.6
cond	39.1-1A) III Vi-Aa+F-T+R 1	41.1-1A) III Vp+Aa+F+T+R 1	35.3-1A) III Vi-Aa+F+T+ 1	24.2-1A) II Vp-Aa+T-R 2
elem	3210	3210	3113	3101
nodo	2657	2657	2205	2203
PARETE.9	cond.1 M1max	cond.2 M1min	cond.5 F1max Traz.	cond.6 F1max Comp.
M1	6.6	-10.7	-0.4	1.0
F1	-48.4	-51.3	21.7	-106.2
cond	39.1-1A) III Vi-Aa+F-T+R 1	33.1-1A) III Vi+Aa+F+T+R 1	35.3-1A) III Vi-Aa+F+T+ 1	54.2-1A) III Vi+Ab+F-T-R 2
elem	2003	2003	2953	2958
nodo	2689	2689	2219	3485

PARETE.10	cond.1 M1max	cond.2 M1min	cond.5 F1max Traz.	cond.6 F1max Comp.
M1	4.5	-6.6	2.1	1.3
F1	38.8	-20.0	87.3	-37.6
cond	41.1-1A) III Vp+Aa+F+T+R 1	33.1-1A) III Vi+Aa+F+T+R 1	21.3-1A) II Vp+Aa+T+ 1	18.2-1A) II Vi+Aa+T-R 2
elem	2975	3085	2976	1212
nodo	3496	2721	5099	2239

PARETE.1	cond.3 M2max	cond.4 M2min	cond.7 F2max Traz.	cond.8 F2max Comp.
M2	36.1	-59.0	-15.9	-12.3
F2	-680.1	-412.5	4.6	-1251.8
cond	39.1-1A) III Vi- Aa+F-T+R 1	33.1-1A) III Vi+Aa+F+T+R 1	9-1A) I Vi+ 1	18.2-1A) II Vi+Aa+T-R 2
elem	1851	2081	2081	1388
nodo	5180	1054	2918	2392

PARETE.2	cond.3 M2max	cond.4 M2min	cond.7 F2min Comp.	cond.8 F2max Comp.
M2	39.3	-63.9	3.0	-6.8
F2	-763.7	-760.3	-89.7	-1096.7
cond	39.1-1A) III Vi- Aa+F-T+R 1	33.1-1A) III Vi+Aa+F+T+R 1	11-1A) I Vi- 1	26.2-1A) II Vi+Ab+T-R 2
elem	3734	3734	3671	3672
nodo	5174	5174	2407	2408

PARETE.3	cond.3 M2max	cond.4 M2min	cond.7 F2min Comp.	cond.8 F2max Comp.
M2	40.2	-65.4	1.9	-23.6
F2	-673.9	-674.4	-108.2	-931.8
cond	39.1-1A) III Vi- Aa+F-T+R 1	33.1-1A) III Vi+Aa+F+T+R 1	11-1A) I Vi- 1	26.2-1A) II Vi+Ab+T-R 2
elem	1889	1889	3615	1875
nodo	5168	5168	5012	2433

PARETE.4	cond.3 M2max	cond.4 M2min	cond.7 F2min Comp.	cond.8 F2max Comp.
M2	41.1	-66.9	2.0	9.0
F2	-632.3	-643.2	-110.0	-807.6
cond	39.1-1A) III Vi- Aa+F-T+R 1	41.1-1A) III Vp+Aa+F+T+R 1	11-1A) I Vi- 1	24.2-1A) II Vp- Aa+T-R 2
elem	3568	3568	1506	3568
nodo	4942	4942	2357	4942

PARETE.5	cond.3 M2max	cond.4 M2min	cond.7 F2min Comp.	cond.8 F2max Comp.
M2	41.4	-67.5	-2.2	-0.9
F2	-632.4	-652.6	-96.6	-922.5
cond	39.1-1A) III Vi- Aa+F-T+R 1	41.1-1A) III Vp+Aa+F+T+R 1	9-1A) I Vi+ 1	28.2-1A) II Vi- Ab+T-R 2
elem	1937	1937	1606	1937
nodo	5150	5150	2371	2818

PARETE.6	cond.3 M2max	cond.4 M2min	cond.7 F2min Comp.	cond.8 F2max Comp.
M2	42.1	-68.8	-2.2	-3.1
F2	-652.7	-669.9	-89.3	-1161.2
cond	39.1-1A) III Vi- Aa+F-T+R 1	41.1-1A) III Vp+Aa+F+T+R 1	9-1A) I Vi+ 1	28.2-1A) II Vi- Ab+T-R 2
elem	3353	3353	1608	1626
nodo	4979	4979	5008	2165

PARETE.7	cond.3 M2max	cond.4 M2min	cond.7 F2min Comp.	cond.8 F2max Comp.
M2	44.4	-73.4	2.5	3.5
F2	-608.3	-617.4	-107.5	-938.2
cond	39.1-1A) III Vi- Aa+F-T+R 1	41.1-1A) III Vp+Aa+F+T+R 1	11-1A) I Vi- 1	20.2-1A) II Vi- Aa+T-R 2
elem	3374	3374	3312	3347
nodo	4986	4986	3636	2616
PARETE.8	cond.3 M2max	cond.4 M2min	cond.7 F2min Comp.	cond.8 F2max Comp.
M2	43.9	-72.5	-2.7	13.4
F2	-584.8	-598.5	-94.4	-787.8
cond	39.1-1A) III Vi- Aa+F-T+R 1	41.1-1A) III Vp+Aa+F+T+R 1	9-1A) I Vi+ 1	20.2-1A) II Vi- Aa+T-R 2
elem	3226	3226	3098	3210
nodo	2673	2673	2202	3621
PARETE.9	cond.3 M2max	cond.4 M2min	cond.7 F2min Comp.	cond.8 F2max Comp.
M2	45.1	-75.2	-3.0	-39.4
F2	-612.6	-628.0	-98.9	-718.4
cond	39.1-1A) III Vi- Aa+F-T+R 1	41.1-1A) III Vp+Aa+F+T+R 1	9-1A) I Vi+ 1	22.2-1A) II Vp+Aa+T-R 2
elem	3070	3070	1187	3070
nodo	5115	5115	2216	5115
PARETE.10	cond.3 M2max	cond.4 M2min	cond.7 F2min Comp.	cond.8 F2max Comp.
M2	47.2	-79.4	1.4	-5.6
F2	-600.1	-624.1	-86.4	-755.1
cond	39.1-1A) III Vi- Aa+F-T+R 1	41.1-1A) III Vp+Aa+F+T+R 1	11-1A) I Vi- 1	26.1-1A) II Vi+Ab+T+R 2
elem	2027	2027	1218	2975
nodo	5108	5108	2245	3495

F2: da q=3.00m a q=6.00m – Taglio

PARETE.1	V13max	V23max
V13	1.56	
V23		-19.63
cond	41.1-1A) III Vp+Aa+F+T+R 1	41.1-1A) III Vp+Aa+F+T+R 1
elem	1851	1851
nodo	2383	2383
PARETE.2	V13max	V23max
V13	1.37	
V23		-22.17
cond	41.1-1A) III Vp+Aa+F+T+R 1	41.1-1A) III Vp+Aa+F+T+R 1
elem	3717	3734
nodo	2401	5471
PARETE.3	V13max	V23max
	0.65	
		-22.40
cond	59.1-1A) III Vp-Ab+F+T+R 1	41.1-1A) III Vp+Aa+F+T+R 1
elem	3522	1889
nodo	3787	5168
PARETE.4	V13max	V23max

	0.47	
		-22.68
cond	59.1-1A) III Vp-Ab+F+T+R 1	41.1-1A) III Vp+Aa+F+T+R 1
elem	1506	3568
nodo	2472	3802
PARETE.5	V13max	V23max
	0.33	
		-22.85
cond	59.1-1A) III Vp-Ab+F+T+R 1	41.1-1A) III Vp+Aa+F+T+R 1
elem	1548	1937
nodo	2519	5150
PARETE.6	V13max	V23max
	0.39	
		-22.88
cond	33.1-1A) III Vi+Aa+F+T+R 1	41.1-1A) III Vp+Aa+F+T+R 1
elem	1646	3353
nodo	2584	4979
PARETE.7	V13max	V23max
	0.39	
		-23.06
cond	59.1-1A) III Vp-Ab+F+T+R 1	41.1-1A) III Vp+Aa+F+T+R 1
elem	3348	1977
nodo	3695	4986
PARETE.8	V13max	V23max
	0.60	
		-23.47
cond	59.1-1A) III Vp-Ab+F+T+R 1	41.1-1A) III Vp+Aa+F+T+R 1
elem	3098	3226
nodo	3557	3610
PARETE.9	V13max	V23max
	0.47	
		-23.89
cond	59.1-1A) III Vp-Ab+F+T+R 1	41.1-1A) III Vp+Aa+F+T+R 1
elem	2957	3070
nodo	2223	3514
PARETE.10	V13max	V23max
	1.15	
		-23.71
cond	33.1-1A) III Vi+Aa+F+T+R 1	41.1-1A) III Vp+Aa+F+T+R 1
elem	1210	3085
nodo	2233	2721

F3: oltre 6.00m – Flessione

PARETE.1	cond.1 M1max	cond.2 M1min	cond.5 F1max Traz.	cond.6 F1max Comp.
M1	8.8	-4.7	2.0	4.6
F1	-558.2	-498.7	184.9	-676.4
cond	33.1-1A) III Vi+Aa+F+T+R 1	39.1-1A) III Vi-Aa+F- T+R 1	18.2-1A) II Vi+Aa+T-R 2	17.2-1A) II Vi+Aa+T-R 1

elem	1226	1226	1322	1226
nodo	1048	1048	2303	1048
PARETE.2	cond.1	cond.2	cond.5	cond.6
	M1max	M1min	F1max Traz.	F1max Comp.
M1	7.1	-3.7	-0.7	3.1
F1	-117.8	-223.8	433.3	-256.1
cond	33.1-1A) III Vi+Aa+F+T+R 1	39.1-1A) III Vi-Aa+F- T+R 1	18.3-1A) II Vi+Aa+T+ 2	35.2-1A) III Vi- Aa+F+T-R 1
elem	3753	3753	3756	3753
nodo	260	260	5503	260
PARETE.3	cond.1	cond.2	cond.5	cond.6
	M1max	M1min	F1max Traz.	F1max Comp.
M1	6.5	-3.4	-0.6	-0.2
F1	6.0	-59.5	507.3	-148.7
cond	33.1-1A) III Vi+Aa+F+T+R 1	39.1-1A) III Vi-Aa+F- T+R 1	18.2-1A) II Vi+Aa+T-R 2	19.2-1A) II Vi- Aa+T-R 1
elem	1238	1238	3764	3761
nodo	462	462	1044	462
PARETE.4	cond.1	cond.2	cond.5	cond.6
	M1max	M1min	F1max Traz.	F1max Comp.
M1	6.9	-3.9	-0.7	-0.7
F1	38.1	7.2	477.2	-376.3
cond	33.1-1A) III Vi+Aa+F+T+R 1	39.1-1A) III Vi-Aa+F- T+R 1	18.2-1A) II Vi+Aa+T-R 2	19.2-1A) II Vi- Aa+T-R 1
elem	3771	3771	1250	3772
nodo	72	72	1042	72
PARETE.5	cond.1	cond.2	cond.5	cond.6
	M1max	M1min	F1max Traz.	F1max Comp.
M1	6.7	-3.8	-0.4	-0.7
F1	-96.1	-107.3	375.9	-465.2
cond	33.1-1A) III Vi+Aa+F+T+R 1	39.1-1A) III Vi-Aa+F- T+R 1	18.2-1A) II Vi+Aa+T-R 2	19.3-1A) II Vi- Aa+T+ 1
elem	3779	3779	1258	3780
nodo	5521	5521	1040	5521
PARETE.6	cond.1	cond.2	cond.5	cond.6
	M1max	M1min	F1max Traz.	F1max Comp.
M1	5.0	-4.2	0.0	1.0
F1	-282.7	-88.6	1023.1	-780.5
cond	33.1-1A) III Vi+Aa+F+T+R 1	59.1-1A) III Vp- Ab+F+T+R 1	26.2-1A) II Vi+Ab+T-R 2	23.2-1A) II Vp- Aa+T-R 1
elem	1136	1318	1272	1136
nodo	2172	2299	4926	2172
PARETE.7	cond.1	cond.2	cond.5	cond.6
	M1max	M1min	F1max Traz.	F1max Comp.
M1	6.6	-3.7	0.1	-0.4
F1	-163.5	-161.0	135.5	-645.2
cond	33.1-1A) III Vi+Aa+F+T+R 1	39.1-1A) III Vi-Aa+F- T+R 1	22.3-1A) II Vp+Aa+T+ 2	19.2-1A) II Vi- Aa+T-R 1
elem	3107	3107	3271	3256
nodo	1032	1032	3652	1034
PARETE.8	cond.1	cond.2	cond.5	cond.6
	M1max	M1min	F1max Traz.	F1max Comp.
M1	8.5	-4.9	-0.3	0.2
F1	-191.0	-179.0	108.3	-315.7
cond	33.1-1A) III Vi+Aa+F+T+R 1	39.1-1A) III Vi-Aa+F- T+R 1	35.3-1A) III Vi- Aa+F+T+ 1	24.2-1A) II Vp- Aa+T-R 2
elem	3123	3123	3123	3124

nodo	3574	3574	2208	3574
PARETE.9	cond.1 M1max	cond.2 M1min	cond.5 F1max Traz.	cond.6 F1max Comp.
M1	10.2	-6.0	0.4	3.0
F1	-233.9	-218.3	71.6	-295.6
cond	33.1-1A) III Vi+Aa+F+T+R 1	39.1-1A) III Vi-Aa+F- T+R 1	35.3-1A) III Vi- Aa+F+T+ 1	26.2-1A) II Vi+Ab+T-R 2
elem	2963	2963	2963	2964
nodo	3488	3488	2222	3488
PARETE.10	cond.1 M1max	cond.2 M1min	cond.5 F1max Traz.	cond.6 F1max Comp.
M1	10.4	-5.9	0.5	5.8
F1	-354.4	-347.8	78.7	-384.0
cond	33.1-1A) III Vi+Aa+F+T+R 1	39.1-1A) III Vi-Aa+F- T+R 1	35.3-1A) III Vi- Aa+F+T+ 1	18.3-1A) II Vi+Aa+T+ 2
elem	2984	2984	2984	2984
nodo	3500	3500	2236	3500

PARETE.1	cond.3 M2max	cond.4 M2min	cond.7 F2max Traz.	cond.8 F2max Comp.
M2	7.7	-13.9	-2.5	-3.3
F2	-1096.1	-1224.2	121.1	-2533.0
cond	39.1-1A) III Vi- Aa+F-T+R 1	33.1-1A) III Vi+Aa+F+T+R 1	17.2-1A) II Vi+Aa+T-R 1	18.2-1A) II Vi+Aa+T-R 2
elem	1322	1322	2097	1226
nodo	2337	2337	992	1048
PARETE.2	cond.3 M2max	cond.4 M2min	cond.7 F2min Comp.	cond.8 F2max Comp.
M2	7.9	-14.5	-0.3	-1.4
F2	-742.9	-728.2	-47.4	-1952.7
cond	39.1-1A) III Vi- Aa+F-T+R 1	33.1-1A) III Vi+Aa+F+T+R 1	9-1A) I Vi+ 1	26.2-1A) II Vi+Ab+T-R 2
elem	1333	1333	3747	3748
nodo	2346	2346	2257	260
PARETE.3	cond.3 M2max	cond.4 M2min	cond.7 F2min Comp.	cond.8 F2max Comp.
M2	8.4	-15.4	0.1	-1.6
F2	-596.1	-649.7	-52.6	-1900.9
cond	39.1-1A) III Vi- Aa+F-T+R 1	33.1-1A) III Vi+Aa+F+T+R 1	11-1A) I Vi- 1	26.2-1A) II Vi+Ab+T-R 2
elem	1342	1342	3763	1238
nodo	2352	2353	5509	462
PARETE.4	cond.3 M2max	cond.4 M2min	cond.7 F2min Comp.	cond.8 F2max Comp.
M2	8.4	-15.4	0.0	0.2
F2	-667.9	-659.0	-53.4	-1851.9
cond	39.1-1A) III Vi- Aa+F-T+R 1	33.1-1A) III Vi+Aa+F+T+R 1	11-1A) I Vi- 1	20.2-1A) II Vi- Aa+T-R 2
elem	1345	1345	1250	3772
nodo	2353	2353	1042	72
PARETE.5	cond.3 M2max	cond.4 M2min	cond.7 F2min Comp.	cond.8 F2max Comp.
M2	5.8	-10.8	0.6	-1.1
F2	-562.4	-565.5	-8.1	-1746.4
cond	39.1-1A) III Vi- Aa+F-T+R 1	33.1-1A) III Vi+Aa+F+T+R 1	47.2-1A) III Vp- Aa+F-T-R 1	24.3-1A) II Vp- Aa+T+ 2
elem	3823	3823	1269	3780

nodo	2330	2330	2296	5521
PARETE.6	cond.3 M2max	cond.4 M2min	cond.7 F2max Traz.	cond.8 F2max Comp.
M2	8.1	-14.8	-0.2	-1.3
F2	-792.2	-707.4	748.6	-2373.7
cond	39.1-1A) III Vi- Aa+F-T+R 1	33.1-1A) III Vi+Aa+F+T+R 1	17.2-1A) II Vi+Aa+T-R 1	24.2-1A) II Vp- Aa+T-R 2
elem	3247	3247	1272	1134
nodo	3637	3637	4926	2172
PARETE.7	cond.3 M2max	cond.4 M2min	cond.7 F2min Comp.	cond.8 F2max Comp.
M2	8.7	-15.8	0.0	0.2
F2	-533.2	-518.4	-53.4	-1974.0
cond	39.1-1A) III Vi- Aa+F-T+R 1	33.1-1A) III Vi+Aa+F+T+R 1	11-1A) I Vi- 1	20.2-1A) II Vi- Aa+T-R 2
elem	1164	1164	3268	3256
nodo	2196	2196	2193	1034
PARETE.8	cond.3 M2max	cond.4 M2min	cond.7 F2min Comp.	cond.8 F2max Comp.
M2	6.3	-11.8	0.0	-1.2
F2	-367.0	-360.4	-54.4	-1281.0
cond	39.1-1A) III Vi- Aa+F-T+R 1	33.1-1A) III Vi+Aa+F+T+R 1	9-1A) I Vi+ 1	26.2-1A) II Vi+Ab+T-R 2
elem	3122	3122	3108	3123
nodo	2211	2211	2206	3574
PARETE.9	cond.3 M2max	cond.4 M2min	cond.7 F2min Comp.	cond.8 F2max Comp.
M2	7.5	-13.9	-0.2	-0.9
F2	-636.9	-638.3	-55.3	-1258.1
cond	39.1-1A) III Vi- Aa+F-T+R 1	33.1-1A) III Vi+Aa+F+T+R 1	9-1A) I Vi+ 1	22.2-1A) II Vp+Aa+T-R 2
elem	2978	2978	1192	2963
nodo	2232	2232	2220	3488
PARETE.10	cond.3 M2max	cond.4 M2min	cond.7 F2max Traz.	cond.8 F2max Comp.
M2	7.9	-14.7	-2.5	-1.7
F2	-705.3	-707.7	37.6	-1391.3
cond	39.1-1A) III Vi- Aa+F-T+R 1	33.1-1A) III Vi+Aa+F+T+R 1	17.2-1A) II Vi+Aa+T-R 1	18.3-1A) II Vi+Aa+T+ 2
elem	2982	2982	1224	2984
nodo	5099	5099	2250	3500

F3: oltre 6.00m – Taglio

PARETE.1	V13max	V23max
V13	6.29	
V23		-20.63
cond	33.1-1A) III Vi+Aa+F+T+R 1	33.1-1A) III Vi+Aa+F+T+R 1
elem	3745	1226
nodo	1048	2253
PARETE.2	V13max	V23max
V13	4.47	
V23		-16.63
cond	33.1-1A) III Vi+Aa+F+T+R 1	33.1-1A) III Vi+Aa+F+T+R 1
elem	3754	3753
nodo	5501	260

PARETE.3	V13max	V23max
	7.29	
		-19.76
cond	33.1-1A) III Vi+Aa+F+T+R 1	33.1-1A) III Vi+Aa+F+T+R 1
elem	3761	1238
nodo	462	2265
PARETE.4	V13max	V23max
	7.12	
		-18.03
cond	33.1-1A) III Vi+Aa+F+T+R 1	33.1-1A) III Vi+Aa+F+T+R 1
elem	3772	3772
nodo	72	72
PARETE.5	V13max	V23max
	6.72	
		-16.44
cond	33.1-1A) III Vi+Aa+F+T+R 1	33.1-1A) III Vi+Aa+F+T+R 1
elem	3780	3779
nodo	5521	2289
PARETE.6	V13max	V23max
	4.84	
		-16.63
cond	33.1-1A) III Vi+Aa+F+T+R 1	33.1-1A) III Vi+Aa+F+T+R 1
elem	1142	1136
nodo	2173	2170
PARETE.7	V13max	V23max
	6.36	
		-18.82
cond	33.1-1A) III Vi+Aa+F+T+R 1	33.1-1A) III Vi+Aa+F+T+R 1
elem	3267	3256
nodo	2187	3641
PARETE.8	V13max	V23max
	5.62	
		-16.09
cond	33.1-1A) III Vi+Aa+F+T+R 1	33.1-1A) III Vi+Aa+F+T+R 1
elem	3124	3123
nodo	3573	2208
PARETE.9	V13max	V23max
	5.48	
		-16.67
cond	33.1-1A) III Vi+Aa+F+T+R 1	33.1-1A) III Vi+Aa+F+T+R 1
elem	2964	2963
nodo	3487	2222
PARETE.10	V13max	V23max
	5.40	
		-16.42
cond	33.1-1A) III Vi+Aa+F+T+R 1	33.1-1A) III Vi+Aa+F+T+R 1
elem	1214	2984
nodo	2236	3499

2) Stato limite di esercizio – combinazione rara

F1: da q=0.00m a q=3.00m - Flessione

FustoBasso 2)-1	cond.1 M1max	cond.2 M1min	cond.5 F1max Traz.	cond.6 F1max Comp.
M1	13.4	-17.3	-1.9	-10.7
F1	-99.1	-150.1	165.9	-223.2
cond	8-2) I Vp-	21.1-2) III Vp+Aa+F+T+R	9.2-2) II Vi+Aa+T-R	9.2-2) II Vi+Aa+T-R
elem	3677	3678	2044	3677
nodo	5461	1045	2884	2409
FustoBasso 2)-2	cond.1 M1max	cond.2 M1min	cond.5 F1max Traz.	cond.6 F1max Comp.
M1	13.7	-17.8	-2.7	-11.1
F1	-112.0	-207.2	0.3	-301.5
cond	8-2) I Vp-	21.1-2) III Vp+Aa+F+T+R	5-2) I Vi+	9.2-2) II Vi+Aa+T-R
elem	3528	3528	1440	3580
nodo	993	993	4954	2441
FustoBasso 2)-3	cond.1 M1max	cond.2 M1min	cond.5 F1max Traz.	cond.6 F1max Comp.
M1	14.5	-18.0	4.3	-11.3
F1	-89.5	-152.3	40.5	-221.6
cond	8-2) I Vp-	21.1-2) III Vp+Aa+F+T+R	14.2-2) II Vi- Ab+T-R	9.2-2) II Vi+Aa+T-R
elem	1571	3273	3277	3469
nodo	1037	999	2601	3760
FustoBasso 2)-4	cond.1 M1max	cond.2 M1min	cond.5 F1max Traz.	cond.6 F1max Comp.
M1	17.5	-22.8	5.7	2.8
F1	-25.2	93.0	264.4	-171.4
cond	8-2) I Vp-	21.1-2) III Vp+Aa+F+T+R	14.2-2) II Vi- Ab+T-R	10.2-2) II Vi- Aa+T-R
elem	1689	1689	1689	1689
nodo	1000	2633	2633	2620
FustoBasso 2)-5	cond.1 M1max	cond.2 M1min	cond.5 F1max Traz.	cond.6 F1max Comp.
M1	14.0	-17.4	1.2	-2.8
F1	-72.0	-83.5	212.4	-243.9
cond	8-2) I Vp-	21.1-2) III Vp+Aa+F+T+R	14.2-2) II Vi- Ab+T-R	9.2-2) II Vi+Aa+T-R
elem	3029	2985	1829	1829
nodo	2713	1002	2745	2732

FustoBasso 2)-1	cond.3 M2max	cond.4 M2min	cond.7 F2max Traz.	cond.8 F2max Comp.
M2	68.4	-90.5	-27.9	-56.3
F2	-341.7	-732.4	179.1	-968.1
cond	8-2) I Vp-	21.1-2) III Vp+Aa+F+T+R	5-2) I Vi+	9.2-2) II Vi+Aa+T-R
elem	1429	1429	2044	3673

nodo	2425	2425	2884	996
FustoBasso 2)-2	cond.3 M2max	cond.4 M2min	cond.7 F2min Comp.	cond.8 F2max Comp.
M2	69.8	-91.5	13.8	-56.9
F2	-303.9	-628.1	-218.4	-828.5
cond	8-2) I Vp-	21.1-2) III Vp+Aa+F+T+R	6-2) I Vi-	9.2-2) II Vi+Aa+T-R
elem	1529	1529	1538	3579
nodo	2505	2505	2513	995
FustoBasso 2)-3	cond.3 M2max	cond.4 M2min	cond.7 F2min Comp.	cond.8 F2max Comp.
M2	71.1	-92.9	-14.2	-58.5
F2	-292.2	-597.3	-208.4	-814.9
cond	8-2) I Vp-	21.1-2) III Vp+Aa+F+T+R	5-2) I Vi+	13.2-2) II Vi+Ab+T-R
elem	3277	3277	1638	1571
nodo	3656	3656	5143	1037
FustoBasso 2)-4	cond.3 M2max	cond.4 M2min	cond.7 F2min Comp.	cond.8 F2max Comp.
M2	73.5	-95.9	-33.6	21.1
F2	-392.6	-795.0	-42.0	-932.7
cond	8-2) I Vp-	21.1-2) III Vp+Aa+F+T+R	5-2) I Vi+	14.2-2) II Vi- Ab+T-R
elem	3318	3129	1691	1691
nodo	1000	1031	2633	2636
FustoBasso 2)-5	cond.3 M2max	cond.4 M2min	cond.7 F2min Comp.	cond.8 F2max Comp.
M2	86.1	-105.8	39.8	25.2
F2	-500.2	-936.4	-82.6	-996.1
cond	8-2) I Vp-	21.1-2) III Vp+Aa+F+T+R	6-2) I Vi-	10.2-2) II Vi- Aa+T-R
elem	1811	1811	1829	1829
nodo	1025	1025	2745	2732

F1: da q=0.00m a q=3.00m - Taglio

FustoBasso 2)-1	V13max	V23max
V13	9.73	
V23		-21.26
cond	17.1-2) III Vi+Aa+F+T+R	3.1-2) I Vp+I+T+R
elem	2043	1371
nodo	2883	2372
FustoBasso 2)-2	V13max	V23max
V13	1.39	
V23		-21.01
cond	3.1-2) I Vp+I+T+R	3.1-2) I Vp+I+T+R
elem	3583	3523
nodo	2441	1041
FustoBasso 2)-3	V13max	V23max
	1.55	
		-21.62
cond	3.1-2) I Vp+I+T+R	3.1-2) I Vp+I+T+R
elem	3277	1569
nodo	2601	998

FustoBasso 2)-4	V13max	V23max
	3.59	
		-21.57
cond	3.1-2) I Vp+I+T+R	3.1-2) I Vp+I+T+R
elem	1691	3129
nodo	2633	1031
FustoBasso 2)-5	V13max	V23max
	7.03	
		-22.72
cond	8-2) I Vp-	3.1-2) I Vp+I+T+R
elem	1829	1809
nodo	1025	1024

F2: da q=3.00m a q=6.00m – Flessione

FustoAlto 2)-1	cond.1 M1max	cond.2 M1min	cond.5 F1max Traz.	cond.6 F1max Comp.
M1	4.3	-7.5	-0.2	-0.1
F1	36.5	36.2	171.8	-75.6
cond	20.1-2) III Vi- Aa+F-T+R	17.1-2) III Vi+Aa+F+T+R	9.2-2) II Vi+Aa+T-R	10.2-2) II Vi- Aa+T-R
elem	3732	3732	3707	3668
nodo	2773	2773	5479	5455
FustoAlto 2)-2	cond.1 M1max	cond.2 M1min	cond.5 F1max Traz.	cond.6 F1max Comp.
M1	4.5	-8.0	-0.7	1.1
F1	-17.3	-25.1	214.8	-59.7
cond	20.1-2) III Vi- Aa+F-T+R	17.1-2) III Vi+Aa+F+T+R	9.3-2) II Vi+Aa+T+	14.2-2) II Vi- Ab+T-R
elem	3623	3569	3521	3569
nodo	5015	3815	3788	3815
FustoAlto 2)-3	cond.1 M1max	cond.2 M1min	cond.5 F1max Traz.	cond.6 F1max Comp.
M1	4.8	-8.6	-0.1	-0.6
F1	-23.4	-22.2	209.8	-319.5
cond	20.1-2) III Vi- Aa+F-T+R	17.1-2) III Vi+Aa+F+T+R	9.2-2) II Vi+Aa+T-R	13.2-2) II Vi+Ab+T-R
elem	1932	1932	3856	1139
nodo	2815	2815	2359	2175
FustoAlto 2)-4	cond.1 M1max	cond.2 M1min	cond.5 F1max Traz.	cond.6 F1max Comp.
M1	4.5	-8.1	-0.1	-0.9
F1	-30.4	-35.9	40.5	-221.4
cond	20.1-2) III Vi- Aa+F-T+R	17.1-2) III Vi+Aa+F+T+R	10.3-2) II Vi- Aa+T+	13.2-2) II Vi+Ab+T-R
elem	3360	3360	3347	3308
nodo	3699	3699	3643	2181
FustoAlto 2)-5	cond.1 M1max	cond.2 M1min	cond.5 F1max Traz.	cond.6 F1max Comp.
M1	3.9	-7.0	-0.5	0.7
F1	-41.3	-43.8	58.1	-123.5
cond	20.1-2) III Vi- Aa+F-T+R	17.1-2) III Vi+Aa+F+T+R	10.3-2) II Vi- Aa+T+	13.2-2) II Vi+Ab+T-R
elem	2002	2002	2974	3118
nodo	2855	2855	2233	2212

FustoAlto 2)-1	cond.3 M2max	cond.4 M2min	cond.7 F2min Comp.	cond.8 F2max Comp.
M2	23.3	-42.1	-9.3	-6.3
F2	-646.1	-641.0	-26.8	-920.2
cond	20.1-2) III Vi- Aa+F-T+R	17.1-2) III Vi+Aa+F+T+R	5-2) I Vi+	9.2-2) II Vi+Aa+T-R
elem	3732	3732	2082	3667
nodo	2773	2773	913	5183
FustoAlto 2)-2	cond.3 M2max	cond.4 M2min	cond.7 F2min Comp.	cond.8 F2max Comp.
M2	25.0	-45.1	1.1	6.2
F2	-507.9	-509.1	-107.3	-714.3
cond	20.1-2) III Vi- Aa+F-T+R	17.1-2) III Vi+Aa+F+T+R	6-2) I Vi-	10.2-2) II Vi- Aa+T-R
elem	3569	3569	3712	3736
nodo	2798	3815	5481	5490
FustoAlto 2)-3	cond.3 M2max	cond.4 M2min	cond.7 F2min Comp.	cond.8 F2max Comp.
M2	25.6	-46.0	-0.6	-5.3
F2	-521.8	-531.1	-64.4	-1038.8
cond	20.1-2) III Vi- Aa+F-T+R	17.1-2) III Vi+Aa+F+T+R	5-2) I Vi+	13.2-2) II Vi+Ab+T-R
elem	1956	1956	1368	1129
nodo	2828	2828	2167	2166
FustoAlto 2)-4	cond.3 M2max	cond.4 M2min	cond.7 F2min Comp.	cond.8 F2max Comp.
M2	27.2	-48.6	1.6	1.4
F2	-489.0	-476.8	-106.3	-694.5
cond	20.1-2) III Vi- Aa+F-T+R	17.1-2) III Vi+Aa+F+T+R	6-2) I Vi-	14.2-2) II Vi- Ab+T-R
elem	1980	1980	3308	3347
nodo	2843	2843	3633	2616
FustoAlto 2)-5	cond.3 M2max	cond.4 M2min	cond.7 F2min Comp.	cond.8 F2max Comp.
M2	28.7	-50.8	-2.0	8.1
F2	-491.8	-495.1	-97.9	-529.0
cond	20.1-2) III Vi- Aa+F-T+R	17.1-2) III Vi+Aa+F+T+R	5-2) I Vi+	10.2-2) II Vi- Aa+T-R
elem	2026	2026	3118	3084
nodo	2873	2873	3570	2868

F2: da q=3.00m a q=6.00m – Taglio

FustoAlto 2)-1	V13max	V23max
V13	0.97	
V23		-12.36
cond	17.1-2) III Vi+Aa+F+T+R	21.1-2) III Vp+Aa+F+T+R
elem	3715	3732
nodo	2764	5488
FustoAlto 2)-2	V13max	V23max
V13	0.48	
V23		-12.57
cond	22.1-2) III Vp-Aa+F+T+R	21.1-2) III Vp+Aa+F+T+R
elem	3522	3569

nodo	3787	2798
FustoAlto 2)-3	V13max	V23max
	0.74	
		-12.68
cond	17.1-2) III Vi+Aa+F+T+R	21.1-2) III Vp+Aa+F+T+R
elem	1137	1948
nodo	5146	2823
FustoAlto 2)-4	V13max	V23max
	0.29	
		-12.96
cond	22.1-2) III Vp-Aa+F+T+R	3.1-2) I Vp+I+T+R
elem	3348	3228
nodo	3695	3627
FustoAlto 2)-5	V13max	V23max
	0.43	
		-13.35
cond	17.1-2) III Vi+Aa+F+T+R	3.1-2) I Vp+I+T+R
elem	1209	3083
nodo	5100	2865

F3: oltre 6.00m – Flessione

Pulvino 2)-1	cond.1 M1max	cond.2 M1min	cond.5 F1max Traz.	cond.6 F1max Comp.
M1	6.5	-3.1	-0.5	3.4
F1	-397.7	-358.0	313.1	-485.8
cond	17.1-2) III Vi+Aa+F+T+R	20.1-2) III Vi-Aa+F-T+R	9.3-2) II Vi+Aa+T+	9.2-2) II Vi+Aa+T-R
elem	1226	1226	3756	1226
nodo	1048	1048	5503	1048
Pulvino 2)-2	cond.1 M1max	cond.2 M1min	cond.5 F1max Traz.	cond.6 F1max Comp.
M1	5.5	-2.8	-0.3	-0.3
F1	38.4	16.7	368.2	-271.2
cond	17.1-2) III Vi+Aa+F+T+R	20.1-2) III Vi-Aa+F-T+R	9.2-2) II Vi+Aa+T-R	14.2-2) II Vi-Ab+T-R
elem	3771	3771	3764	3772
nodo	72	72	1044	72
Pulvino 2)-3	cond.1 M1max	cond.2 M1min	cond.5 F1max Traz.	cond.6 F1max Comp.
M1	5.3	-2.9	-0.5	2.3
F1	-55.7	462.6	767.6	-586.9
cond	17.1-2) III Vi+Aa+F+T+R	22.1-2) III Vp-Aa+F+T+R	10.2-2) II Vi-Aa+T-R	13.2-2) II Vi+Ab+T-R
elem	3779	1318	1272	1136
nodo	5521	2299	4926	2172
Pulvino 2)-4	cond.1 M1max	cond.2 M1min	cond.5 F1max Traz.	cond.6 F1max Comp.
M1	6.5	-3.4	-0.3	-0.1
F1	-146.9	-138.9	100.0	-473.8
cond	17.1-2) III Vi+Aa+F+T+R	20.1-2) III Vi-Aa+F-T+R	10.3-2) II Vi-Aa+T+	14.2-2) II Vi-Ab+T-R
elem	3123	3123	3271	3267
nodo	3574	3574	3652	1034

Pulvino 2)-5	cond.1 M1max	cond.2 M1min	cond.5 F1max Traz.	cond.6 F1max Comp.
M1	7.7	-4.0	-0.6	4.3
F1	-255.9	-167.3	58.5	-275.9
cond	17.1-2) III Vi- Vi+Aa+F+T+R	20.1-2) III Vi- Aa+F-T+R	10.3-2) II Vi- Aa+T+	9.3-2) II Vi+Aa+T+
elem	2984	2963	2984	2984
nodo	3500	3488	2236	3500

Pulvino 2)-1	cond.3 M2max	cond.4 M2min	cond.7 F2max Traz.	cond.8 F2max Comp.
M2	5.0	-10.2	-2.2	-2.4
F2	-431.8	-424.1	67.3	-1829.5
cond	20.1-2) III Vi- Aa+F-T+R	17.1-2) III Vi+Aa+F+T+R	9.2-2) II Vi+Aa+T-R	9.2-2) II Vi+Aa+T-R
elem	3836	3836	2097	1226
nodo	2344	2344	2927	1048

Pulvino 2)-2	cond.3 M2max	cond.4 M2min	cond.7 F2min Comp.	cond.8 F2max Comp.
M2	5.8	-12.0	-0.1	0.0
F2	-530.9	-528.8	-52.0	-1420.9
cond	20.1-2) III Vi- Aa+F-T+R	17.1-2) III Vi+Aa+F+T+R	5-2) I Vi+	10.2-2) II Vi- Aa+T-R
elem	3851	3851	3756	3761
nodo	5551	5551	5503	462

Pulvino 2)-3	cond.3 M2max	cond.4 M2min	cond.7 F2max Traz.	cond.8 F2max Comp.
M2	5.2	-10.5	-0.5	-2.1
F2	-770.6	-868.1	545.1	-1752.5
cond	20.1-2) III Vi- Aa+F-T+R	17.1-2) III Vi+Aa+F+T+R	9.2-2) II Vi+Aa+T-R	13.2-2) II Vi+Ab+T-R
elem	1130	1130	1272	1136
nodo	2166	2166	4926	2172

Pulvino 2)-4	cond.3 M2max	cond.4 M2min	cond.7 F2min Comp.	cond.8 F2max Comp.
M2	5.4	-11.1	0.1	0.0
F2	-592.1	-536.4	-53.1	-1443.0
cond	20.1-2) III Vi- Aa+F-T+R	17.1-2) III Vi+Aa+F+T+R	6-2) I Vi-	14.2-2) II Vi- Ab+T-R
elem	3248	3248	3252	3267
nodo	3637	3637	2186	1034

Pulvino 2)-5	cond.3 M2max	cond.4 M2min	cond.7 F2max Traz.	cond.8 F2max Comp.
M2	5.2	-10.8	-1.9	-1.3
F2	-526.9	-528.8	10.5	-1000.6
cond	20.1-2) III Vi- Aa+F-T+R	17.1-2) III Vi+Aa+F+T+R	9.2-2) II Vi+Aa+T-R	9.3-2) II Vi+Aa+T+
elem	2982	2982	1224	2984
nodo	5099	5099	2250	3500

F3: oltre 6.00m – Taglio

Pulvino 2)-1	V13max	V23max
V13	4.67	
V23		-15.31
cond	17.1-2) III Vi+Aa+F+T+R	17.1-2) III Vi+Aa+F+T+R

elem	3745	1226
nodo	1048	2253
Pulvino 2)-2	V13max	V23max
V13	5.38	
V23		-13.37
cond	17.1-2) III Vi+Aa+F+T+R	17.1-2) III Vi+Aa+F+T+R
elem	3761	3772
nodo	462	72
Pulvino 2)-3	V13max	V23max
	5.27	
		-13.37
cond	17.1-2) III Vi+Aa+F+T+R	17.1-2) III Vi+Aa+F+T+R
elem	3772	3772
nodo	72	72
Pulvino 2)-4	V13max	V23max
	4.75	
		-11.92
cond	17.1-2) III Vi+Aa+F+T+R	17.1-2) III Vi+Aa+F+T+R
elem	3267	3123
nodo	2187	2208
Pulvino 2)-5	V13max	V23max
	4.11	
		-12.35
cond	17.1-2) III Vi+Aa+F+T+R	17.1-2) III Vi+Aa+F+T+R
elem	2964	2963
nodo	3487	2222

3) Stato limite di esercizio – combinazione quasi frequente

F1: da q=0.00m a q=3.00m - Flessione

FustoBasso 3)	cond.1 M1max	cond.2 M1min	cond.5 F1max Traz.	cond.6 F1max Comp.
M1	5.8	-7.1	0.1	-2.8
F1	-68.5	111.2	120.1	-254.5
cond	3.1-3) I Vp+I+T+R	3.1-3) I Vp+I+T+R	10.2-3) II Ab+T-R	9.2-3) II Aa+T-R
elem	1832	1689	1829	3580
nodo	2748	2633	2745	2441

F1: da q=0.00m a q=3.00m - Taglio

FustoBasso 3)	V13max	V23max
	3.03	
		-6.19
cond	1.1-3) I Vi+I+T+R	3.1-3) I Vp+I+T+R
elem	2043	3025
nodo	2883	1027

F2: da q=3.00m a q=6.00m – Flessione

FustoAlto 3)	cond.1	cond.2	cond.5	cond.6
--------------	--------	--------	--------	--------

	M1max	M1min	F1max Traz.	F1max Comp.
M1	0.9	-2.4	-0.1	-0.3
F1	-3.1	-27.9	141.5	-220.2
cond	6-3) I Vi-	1.1-3) Vi+I+T+R	I 9.4-3) II Aa+T-	10.2-3) II Ab+T-R
elem	1933	1933	1336	1139
nodo	1462	2814	2346	2175

FustoAlto 3)	cond.3 M2max	cond.4 M2min	cond.7 F2min Comp.	cond.8 F2max Comp.
M2	6.1	-14.8	-2.2	-2.1
F2	-208.7	-462.1	-40.3	-852.2
cond	6-3) I Vi-	1.1-3) Vi+I+T+R	I 9.2-3) II Aa+T-R	9.2-3) II Aa+T-R
elem	2031	2031	2115	3829
nodo	1475	1475	1060	2338

F2: da q=3.00m a q=6.00m – Taglio

FustoAlto 3)	V13max	V23max
	0.28	
		-3.96
cond	1.1-3) I Vi+I+T+R	3.1-3) I Vp+I+T+R
elem	3838	3074
nodo	5546	3546

F3: oltre 6.00m – Flessione

Pulvino 3)	cond.1 M1max	cond.2 M1min	cond.5 F1max Traz.	cond.6 F1max Comp.
M1	2.4	-0.9	-0.2	0.9
F1	-242.1	254.5	433.1	-409.3
cond	1.1-3) I Vi+I+T+R	4.1-3) I Vp- I+T+R	9.2-3) II Aa+T-R	10.2-3) II Ab+T-R
elem	2984	1318	1272	1136
nodo	3500	2299	4926	2172

Pulvino 3)	cond.3 M2max	cond.4 M2min	cond.7 F2max Traz.	cond.8 F2max Comp.
M2	1.4	-4.6	-0.3	-1.0
F2	-93.0	-493.0	174.4	-1456.0
cond	6-3) I Vi-	1.1-3) Vi+I+T+R	I 9.2-3) II Aa+T-R	9.2-3) II Aa+T-R
elem	2976	2975	1272	1226
nodo	3495	3495	4926	1048

F3: oltre 6.00m – Taglio

Pulvino 3)	V13max	V23max
	1.64	
		-4.67
cond	1.1-3) I Vi+I+T+R	1.1-3) I Vi+I+T+R
elem	3761	1226
nodo	462	2253

4) Stato limite di esercizio – combinazione quasi permanente

F1: da $q=0.00\text{m}$ a $q=3.00\text{m}$ - Flessione

FustoBasso 4)	cond.1 M1max	cond.2 M1min	cond.5 F1max Traz.	cond.6 F1max Comp.
M1	2.8	-3.7	0.1	-0.8
F1	-102.4	111.2	116.3	-231.0
cond	1.1-4) I I+T+R	1.1-4) I I+T+R	1.2-4) I I+T-R	1.2-4) I I+T-R
elem	1832	1689	1829	1829
nodo	2746	2633	2745	2732

FustoBasso 4)	cond.3 M2max	cond.4 M2min	cond.7 F2max Traz.	cond.8 F2max Comp.
M2	0.0	-16.0	0.0	-15.4
F2	-296.4	-929.5	162.9	-959.5
cond	2-4) I/	1.1-4) I I+T+R	2-4) I/	1.2-4) I I+T-R
elem	3273	1811	2044	1829
nodo	999	1025	2884	2732

F1: da $q=0.00\text{m}$ a $q=3.00\text{m}$ - Taglio

FustoBasso 4)	V13max	V23max
	1.71	
		-2.17
cond	1.1-4) I I+T+R	1.1-4) I I+T+R
elem	2043	3025
nodo	2883	1027

F2: da $q=3.00\text{m}$ a $q=6.00\text{m}$ – Flessione

FustoAlto 4)	cond.1 M1max	cond.2 M1min	cond.5 F1max Traz.	cond.6 F1max Comp.
M1	0.5	-1.6	-0.1	-0.2
F1	44.6	-30.9	112.1	-92.0
cond	1.1-4) I I+T+R	1.1-4) I I+T+R	1.4-4) I I+T-	1.2-4) I I+T-R
elem	1323	1932	1336	3261
nodo	2337	2815	2346	2189

FustoAlto 4)	cond.3 M2max	cond.4 M2min	cond.7 F2min Comp.	cond.8 F2max Comp.
M2	0.0	-9.3	0.0	-2.1
F2	-188.5	-472.0	-40.7	-640.1
cond	2-4) I/	1.1-4) I I+T+R	2-4) I/	1.2-4) I I+T-R
elem	3356	2034	2082	3829
nodo	3697	2878	913	2338

F2: da $q=3.00\text{m}$ a $q=6.00\text{m}$ – Taglio

FustoAlto 4)	V13max	V23max
	0.21	
		-2.11
cond	1.1-4) I I+T+R	1.1-4) I I+T+R
elem	3838	1131

nodo | 5546 | 2165

F3: oltre 6.00m – Flessione

Pulvino 4)	cond.1 M1max	cond.2 M1min	cond.5 F1max Traz.	cond.6 F1max Comp.
M1	1.6	-0.6	-0.2	1.4
F1	-241.4	254.5	264.6	-276.3
cond	1.1-4) I I+T+R	1.1-4) I I+T+R	1.2-4) I I+T-R	1.2-4) I I+T-R
elem	2984	1318	1272	1226
nodo	3500	2299	4926	1048

Pulvino 4)	cond.3 M2max	cond.4 M2min	cond.7 F2max Traz.	cond.8 F2max Comp.
M2	0.0	-4.0	-0.3	-1.0
F2	7.5	-432.2	126.6	-1088.5
cond	2-4) I/	1.1-4) I I+T+R	1.2-4) I I+T-R	1.2-4) I I+T-R
elem	1320	2974	1272	3772
nodo	1062	5100	4926	72

F3: oltre 6.00m – Taglio

Pulvino 4)	V13max	V23max
	1.22	
		-3.38
cond	1.1-4) I I+T+R	1.1-4) I I+T+R
elem	3761	1226
nodo	462	2253

5) Stato limite di ultimo – combinazione sismica

F1: da q=0.00m a q=3.00m - Flessione

FustoBasso 5)-1	cond.1 M1max	cond.2 M1min	cond.5 F1max Traz.	cond.6 F1max Comp.
M1	143.6	-166.2	-79.0	118.1
F1	-311.0	-29.1	322.0	-343.1
cond	10.1-5A) c.1 M1+T+R X--+	1.1-5A) c.1 M1+T+R X+++	4.2-5A) c.2 M1+T+R X+--	9.2-5A) c.1 M1+T-R X--+
elem	3677	3677	2047	3677
nodo	5461	5461	2888	2409
FustoBasso 5)-2	cond.1 M1max	cond.2 M1min	cond.5 F1max Traz.	cond.6 F1max Comp.
M1	146.9	-170.0	-87.7	123.6
F1	-170.6	-183.2	108.5	-445.2
cond	10.1-5A) c.1 M1+T+R X--+	1.1-5A) c.1 M1+T+R X+++	6-5A) d.1 M1 X+--	9.2-5A) c.1 M1+T-R X--+
elem	3527	3527	3583	3580
nodo	2489	2489	2441	3819
FustoBasso 5)-3	cond.1 M1max	cond.2 M1min	cond.5 F1max Traz.	cond.6 F1max Comp.
M1	177.7	-202.7	100.9	128.0
F1	-116.4	-133.2	213.3	-383.6
cond	10.1-5A) c.1 M1+T+R X--+	1.1-5A) c.1 M1+T+R X+++	9.3-5A) c.1 M1+T+ X--+	9.2-5A) c.1 M1+T-R X--+
elem	1571	1571	1569	3528

nodo	1037	1037	998	993
FustoBasso 5)-4	cond.1 M1max	cond.2 M1min	cond.5 F1max Traz.	cond.6 F1max Comp.
M1	191.5	-220.8	169.0	-172.5
F1	273.3	-64.4	316.3	-298.3
cond	10.1-5A) c.1 M1+T+R X--+	1.1-5A) c.1 M1+T+R X+++	9.2-5A) c.1 M1+T-R X--+	4.3-5A) c.1 M1+T+X+-
elem	1691	1691	1691	1691
nodo	2633	2633	2633	1031
FustoBasso 5)-5	cond.1 M1max	cond.2 M1min	cond.5 F1max Traz.	cond.6 F1max Comp.
M1	171.7	-167.7	-34.7	12.1
F1	-97.9	-211.4	335.2	-387.3
cond	1.1-5A) c.1 M1+T+R X+++	1.1-5A) c.1 M1+T+R X+++	4.2-5A) c.2 M1+T+R X+--	9.2-5A) c.1 M1+T-R X--+
elem	1832	3029	1829	1830
nodo	2748	2713	2745	2746

FustoBasso 5)-1	cond.3 M2max	cond.4 M2min	cond.7 F2max Traz.	cond.8 F2max Comp.
M2	698.2	-811.9	345.7	-82.8
F2	-746.3	-573.6	394.6	-896.5
cond	10.1-5A) c.1 M1+T+R X--+	1.1-5A) c.1 M1+T+R X+++	15-5A) d.1 M1 X+-	20.2-5A) c.1 M1+T-R Y+-
elem	3678	3678	2044	3638
nodo	5461	5461	2884	996
FustoBasso 5)-2	cond.3 M2max	cond.4 M2min	cond.7 F2min Comp.	cond.8 F2max Comp.
M2	718.4	-834.6	-39.7	-309.1
F2	-650.5	-540.5	-144.1	-826.8
cond	10.1-5A) c.1 M1+T+R X--+	1.1-5A) c.1 M1+T+R X+++	39-5A) d.1 M1 V+-	41.2-5A) c.1 M1+T-R V+-
elem	3523	3523	3602	3678
nodo	3789	3789	5168	1045
FustoBasso 5)-3	cond.3 M2max	cond.4 M2min	cond.7 F2min Comp.	cond.8 F2max Comp.
M2	731.5	-849.5	41.4	-317.4
F2	-534.6	-611.1	-141.0	-784.5
cond	10.1-5A) c.1 M1+T+R X--+	1.1-5A) c.1 M1+T+R X+++	38-5A) d.1 M1 V++	41.2-5A) c.1 M1+T-R V+-
elem	1569	1569	3291	1571
nodo	998	998	3664	1037
FustoBasso 5)-4	cond.3 M2max	cond.4 M2min	cond.7 F2min Comp.	cond.8 F2max Comp.
M2	760.2	-882.1	420.1	-299.0
F2	-701.6	-725.7	-3.3	-924.5
cond	10.1-5A) c.1 M1+T+R X--+	1.1-5A) c.1 M1+T+R X+++	13-5A) d.1 M1 X++	41.2-5A) c.1 M1+T-R V+-
elem	1689	1689	1691	1691
nodo	1000	1000	2633	2636

FustoBasso 5)-5	cond.3 M2max	cond.4 M2min	cond.7 F2min Comp.	cond.8 F2max Comp.
M2	851.0	-984.1	-570.9	693.3
F2	-1069.9	-762.4	-11.2	-1165.6
cond	10.1-5A) c.1 M1+T+R X--+	1.1-5A) c.1 M1+T+R X+++	6-5A) d.1 M1 X++	9.2-5A) c.1 M1+T-R X++

elem	1811	1811	1830	1830
nodo	1025	1025	2746	2746

F1: da q=0.00m a q=3.00m - Taglio

FustoBasso 5)-1	V13max	V23max
	91.79	
		-202.60
cond	1.1-5A) c.1 M1+T+R X+++	1.1-5A) c.1 M1+T+R X+++
elem	2045	1369
nodo	1491	997
FustoBasso 5)-2	V13max	V23max
	21.27	
		-196.62
cond	1.1-5A) c.1 M1+T+R X+++	1.1-5A) c.1 M1+T+R X+++
elem	3583	3523
nodo	2441	1041
FustoBasso 5)-3	V13max	V23max
	20.10	
		-204.34
cond	14-5A) d.1 M1 X--+	1.1-5A) c.1 M1+T+R X+++
elem	1571	1569
nodo	2537	998
FustoBasso 5)-4	V13max	V23max
	21.98	
		-197.12
cond	14-5A) d.1 M1 X--+	1.1-5A) c.1 M1+T+R X+++
elem	3314	3313
nodo	3675	1033
FustoBasso 5)-5	V13max	V23max
	66.49	
		-211.14
cond	10.1-5A) c.1 M1+T+R X--+	1.1-5A) c.1 M1+T+R X+++
elem	1829	3025
nodo	1025	1027

F2: da q=3.00m a q=6.00m – Flessione

FustoAlto 5)-1	cond.1 M1max	cond.2 M1min	cond.5 F1max Traz.	cond.6 F1max Comp.
M1	51.8	-61.4	5.1	1.1
F1	20.0	-7.5	221.4	-109.0
cond	10.1-5A) c.1 M1+T+R X- +	1.1-5A) c.1 M1+T+R X+++	9.2-5A) c.1 M1+T-R X- ++	2.2-5A) c.2 M1+T+R X++
elem	3736	3736	3707	3668
nodo	2775	2775	5479	5455
FustoAlto 5)-2	cond.1 M1max	cond.2 M1min	cond.5 F1max Traz.	cond.6 F1max Comp.
M1	52.2	-61.9	8.7	-9.5
F1	10.3	-12.1	256.2	-76.8
cond	10.1-5A) c.1 M1+T+R X- +	1.1-5A) c.1 M1+T+R X+++	9.3-5A) c.1 M1+T+ X- ++	2.2-5A) c.2 M1+T+R X++
elem	1874	1874	1448	3712
nodo	2778	2778	2348	5177

FustoAlto 5)-3	cond.1 M1max	cond.2 M1min	cond.5 F1max Traz.	cond.6 F1max Comp.
M1	52.2	-62.5	-0.9	2.9
F1	-40.7	-23.1	171.8	-132.1
cond	10.1-5A) c.1 M1+T+R X- -+	1.1-5A) c.1 M1+T+R X+++	9.2-5A) c.1 M1+T-R X- ++	9.2-5A) c.1 M1+T-R X- ++
elem	1932	1932	3856	1139
nodo	2813	2813	2359	2175
FustoAlto 5)-4	cond.1 M1max	cond.2 M1min	cond.5 F1max Traz.	cond.6 F1max Comp.
M1	49.4	-59.1	9.9	-6.4
F1	-52.5	-25.1	123.2	-202.6
cond	10.1-5A) c.1 M1+T+R X- -+	1.1-5A) c.1 M1+T+R X+++	2.3-5A) c.1 M1+T+ X+ +	9.2-5A) c.1 M1+T-R X- ++
elem	3356	3356	3113	3101
nodo	3697	3697	2205	2203
FustoBasso 5)-5	cond.1 M1max	cond.2 M1min	cond.5 F1max Traz.	cond.6 F1max Comp.
M1	39.1	-47.2	15.4	-13.9
F1	-73.0	-24.1	97.0	-194.8
cond	10.1-5A) c.1 M1+T+R X- -+	1.1-5A) c.1 M1+T+R X+++	2.3-5A) c.1 M1+T+ X+ +	9.2-5A) c.1 M1+T-R X- ++
elem	3231	3231	2953	3118
nodo	2853	2853	2219	2212

FustoAlto 5)-1	cond.3 M2max	cond.4 M2min	cond.7 F2max Traz.	cond.8 F2max Comp.
M2	248.4	-298.5	117.3	-43.4
F2	-561.5	-463.3	115.6	-627.8
cond	10.1-5A) c.1 M1+T+R X- -+	1.1-5A) c.1 M1+T+R X+++	13-5A) d.1 M1 X-++	20.2-5A) c.1 M1+T-R Y- +
elem	3736	3736	2082	3731
nodo	2775	2775	913	2770
FustoAlto 5)-2	cond.3 M2max	cond.4 M2min	cond.7 F2min Comp.	cond.8 F2max Comp.
M2	263.5	-316.4	-6.1	-44.8
F2	-500.1	-462.7	-80.4	-601.3
cond	10.1-5A) c.1 M1+T+R X- -+	1.1-5A) c.1 M1+T+R X+++	39-5A) d.1 M1 V+-+	20.2-5A) c.1 M1+T-R Y- +
elem	3570	3570	3712	3736
nodo	2800	2800	5480	5490
FustoAlto 5)-3	cond.3 M2max	cond.4 M2min	cond.7 F2min Comp.	cond.8 F2max Comp.
M2	265.9	-319.1	1.8	-31.9
F2	-491.0	-487.6	-50.9	-595.6
cond	10.1-5A) c.1 M1+T+R X- -+	1.1-5A) c.1 M1+T+R X+++	38-5A) d.1 M1 V-++	17.2-5A) c.1 M1+T-R Y+++
elem	1956	1956	1368	1129
nodo	2830	2830	2167	2166
FustoAlto 5)-4	cond.3 M2max	cond.4 M2min	cond.7 F2min Comp.	cond.8 F2max Comp.
M2	286.3	-343.2	-2.1	-116.0
F2	-448.5	-461.6	-72.5	-552.0
cond	10.1-5A) c.1 M1+T+R X- -+	1.1-5A) c.1 M1+T+R X+++	39-5A) d.1 M1 V+-+	41.2-5A) c.1 M1+T-R V+-
elem	1980	1980	3242	3356
nodo	2843	2843	3634	3698
FustoBasso 5)-5	cond.3 M2max	cond.4 M2min	cond.7 F2min Comp.	cond.8 F2max Comp.
M2	309.4	-369.4	5.8	-269.3
F2	-524.2	-431.5	-72.9	-570.0
cond	10.1-5A) c.1 M1+T+R X- -+	1.1-5A) c.1 M1+T+R X+++	38-5A) d.1 M1 V-++	4.2-5A) c.2 M1+T+R X+-
elem	2026	2026	3118	3068
nodo	2873	2873	3570	2863

F2: da q=3.00m a q=6.00m – Taglio

FustoAlto 5)-1	V13max	V23max
	8.39	
		-114.26
cond	1.1-5A) c.1 M1+T+R X+++	1.1-5A) c.1 M1+T+R X+++
elem	3716	3736
nodo	5482	5490
FustoAlto 5)-2	V13max	V23max
	2.26	
		-117.05
cond	1.1-5A) c.1 M1+T+R X+++	1.1-5A) c.1 M1+T+R X+++
elem	3736	3570
nodo	5490	3815
FustoAlto 5)-3	V13max	V23max
	2.22	
		-117.84
cond	1.1-5A) c.1 M1+T+R X+++	1.1-5A) c.1 M1+T+R X+++
elem	1137	1932
nodo	5146	2813
FustoAlto 5)-4	V13max	V23max
	3.16	
		-121.51
cond	10.1-5A) c.1 M1+T+R X--+	1.1-5A) c.1 M1+T+R X+++
elem	1161	3228
nodo	4983	3627
FustoBasso 5)-5	V13max	V23max
	2.28	
		-124.56
cond	10.1-5A) c.1 M1+T+R X--+	1.1-5A) c.1 M1+T+R X+++
elem	1185	3083
nodo	5125	2865

F3: oltre 6.00m – Flessione

Pulvino 5)-1	cond.1 M1max	cond.2 M1min	cond.5 F1max Traz.	cond.6 F1max Comp.
M1	22.2	-15.9	5.3	15.2
F1	-308.6	-232.2	375.3	-326.9
cond	1.1-5A) c.1 M1+T+R X+++	10.1-5A) c.1 M1+T+R X- +	9.3-5A) c.1 M1+T+ X-++	2.2-5A) c.2 M1+T+R X+-+
elem	1226	1226	3755	1226
nodo	1048	1048	5503	1048
Pulvino 5)-2	cond.1 M1max	cond.2 M1min	cond.5 F1max Traz.	cond.6 F1max Comp.
M1	22.3	-16.9	4.7	14.1
F1	-128.0	15.9	394.0	-260.3
cond	1.1-5A) c.1 M1+T+R X+++	10.1-5A) c.1 M1+T+R X- +	9.2-5A) c.1 M1+T-R X- ++	2.2-5A) c.2 M1+T+R X+-+
elem	3771	3771	3763	3772
nodo	72	72	5509	72
Pulvino 5)-3	cond.1 M1max	cond.2 M1min	cond.5 F1max Traz.	cond.6 F1max Comp.
M1	23.9	-18.5	1.7	-3.5
F1	-156.2	-98.1	422.6	-253.1

cond	1.1-5A) c.1 M1+T+R X+++	10.1-5A) c.1 M1+T+R X- +	41.2-5A) c.1 M1+T-R V++-	25.3-5A) c.1 M1+T+ Y+- +
elem	3779	3779	1272	3780
nodo	5521	5521	4926	5521
Pulvino 5)-4	cond.1 M1max	cond.2 M1min	cond.5 F1max Traz.	cond.6 F1max Comp.
M1	35.7	-28.6	10.4	-24.2
F1	-47.1	-290.1	199.2	-338.3
cond	1.1-5A) c.1 M1+T+R X+++	10.1-5A) c.1 M1+T+R X- +	4.3-5A) c.1 M1+T+ X+--	9.2-5A) c.1 M1+T-R X- ++
elem	3123	3123	3112	3123
nodo	3574	3574	3566	3574
Pulvino 5)-5	cond.1 M1max	cond.2 M1min	cond.5 F1max Traz.	cond.6 F1max Comp.
M1	43.4	-35.0	16.8	-29.6
F1	-88.3	-285.1	173.6	-328.4
cond	1.1-5A) c.1 M1+T+R X+++	10.1-5A) c.1 M1+T+R X- +	2.3-5A) c.1 M1+T+ X+--	9.2-5A) c.1 M1+T-R X- ++
elem	2963	2963	3127	2963
nodo	3488	3488	3576	3488

Pulvino 5)-1	cond.3 M2max	cond.4 M2min	cond.7 F2max Traz.	cond.8 F2max Comp.
M2	33.4	-43.8	-10.4	-8.0
F2	-681.3	-707.3	40.2	-1119.3
cond	10.1-5A) c.1 M1+T+R X- +	1.1-5A) c.1 M1+T+R X+++	2.2-5A) c.2 M1+T+R X+- +	33.2-5A) c.1 M1+T-R V+++
elem	3825	3825	2097	1226
nodo	2338	2338	2927	1048
Pulvino 5)-2	cond.3 M2max	cond.4 M2min	cond.7 F2min Comp.	cond.8 F2max Comp.
M2	35.8	-47.4	0.2	-1.8
F2	-476.2	-466.4	-50.7	-1132.3
cond	10.1-5A) c.1 M1+T+R X- +	1.1-5A) c.1 M1+T+R X+++	38-5A) d.1 M1 V-++	35.2-5A) c.1 M1+T-R V+- +
elem	1345	1345	3756	3772
nodo	2353	2353	5503	72
Pulvino 5)-3	cond.3 M2max	cond.4 M2min	cond.7 F2max Traz.	cond.8 F2max Comp.
M2	32.5	-43.2	-1.9	-1.2
F2	-746.3	-755.3	393.7	-1006.6
cond	10.1-5A) c.1 M1+T+R X- +	1.1-5A) c.1 M1+T+R X+++	18.2-5A) c.1 M1+T-R Y- ++	35.3-5A) c.1 M1+T+ V+- +
elem	1130	1130	1272	3780
nodo	2166	2166	4926	5521
Pulvino 5)-4	cond.3 M2max	cond.4 M2min	cond.7 F2min Comp.	cond.8 F2max Comp.
M2	34.7	-46.0	-1.5	-5.8
F2	-522.8	-521.2	-49.8	-918.8
cond	10.1-5A) c.1 M1+T+R X- +	1.1-5A) c.1 M1+T+R X+++	6-5A) d.1 M1 X+--	33.2-5A) c.1 M1+T-R V+++
elem	3248	3248	3252	3267
nodo	3637	3637	3640	1034
Pulvino 5)-5	cond.3 M2max	cond.4 M2min	cond.7 F2max Traz.	cond.8 F2max Comp.
M2	30.2	-40.7	-0.4	-1.1
F2	-444.4	-442.6	18.1	-925.4
cond	10.1-5A) c.1 M1+T+R X- +	1.1-5A) c.1 M1+T+R X+++	9.2-5A) c.1 M1+T-R X- ++	35.3-5A) c.1 M1+T+ V+- +
elem	2981	2981	1224	2984
nodo	2232	2232	2250	3500

F3: oltre 6.00m – Taglio

Pulvino 5)-1	V13max	V23max
---------------------	---------------	---------------

	15.23	
		-51.09
cond	1.1-5A) c.1 M1+T+R X+++	1.1-5A) c.1 M1+T+R X+++
elem	3745	1226
nodo	1048	2253
Pulvino 5)-2	V13max	V23max
	15.58	
		-50.01
cond	1.1-5A) c.1 M1+T+R X+++	1.1-5A) c.1 M1+T+R X+++
elem	3761	1334
nodo	462	2312
Pulvino 5)-3	V13max	V23max
	15.81	
		-47.53
cond	1.1-5A) c.1 M1+T+R X+++	1.1-5A) c.1 M1+T+R X+++
elem	3780	1132
nodo	5521	2166
Pulvino 5)-4	V13max	V23max
	13.14	
		-48.30
cond	1.1-5A) c.1 M1+T+R X+++	1.1-5A) c.1 M1+T+R X+++
elem	3267	3248
nodo	2187	3637
Pulvino 5)-5	V13max	V23max
	12.08	
		-45.14
cond	1.1-5A) c.1 M1+T+R X+++	1.1-5A) c.1 M1+T+R X+++
elem	1214	2961
nodo	2236	4996

6) Stato limite ultimo – combinazione eccezionale

Flessione

Fusto 6)	cond.1 M1max	cond.2 M1min	cond.5 F1max Traz.	cond.6 F1max Comp.
M1	69.0	-263.3	0.0	0.0
F1	138.9	51.3	170.5	-7216.6
cond	3.1-6) II I+U+R	3.1-6) II I+U+R	1.1-6) I I+U+R	2-6) I U
elem	2043	1850	2044	2089
nodo	2883	911	2884	913

Fusto 6)	cond.3 M2max	cond.4 M2min	cond.7 F2max Traz.	cond.8 F2max Comp.
M2	324.3	-310.2	0.0	0.0
F2	-46.3	-380.7	803.1	-4074.3
cond	3.1-6) II I+U+R	3.1-6) II I+U+R	2-6) I U	1.1-6) I I+U+R
elem	2043	1850	2082	2089
nodo	2883	911	2917	913

Taglio

Fusto 6)	V13max	V23max
V13	438.91	
V23		-449.25

cond	3.1-6) II I+U+R	3.1-6) II I+U+R
elem	2088	1853
nodo	2921	911

6.3.2 VERIFICHE FUSTO PILA

Caratteristiche geometriche della sezione

Sezione piena

Larghezza sezione in direzione trasversale: 1.40m

Larghezza sezione in direzione longitudinale: 40.60m

Si effettuano le verifiche nelle due direzioni principali, verticale ed orizzontale.

Armatura verticale:

1 ϕ 20/20"

$$c = 40 + 16 + 20/2 = 66.0\text{mm}$$

Armatura orizzontale:

Tipica: 1 ϕ 16/20"

Zona Rinforzata: 1 ϕ 16/10"

$$c = 40 + 16/2 = 48.0\text{mm}$$

6.3.2.1 VERIFICHE ALLO STATO LIMITE ULTIMO - COMBINAZIONE 1A)

Le verifiche a presso-flessione vengono eseguite controllando che per la combinazione di carico più gravosa i valori delle sollecitazioni calcolati in precedenza e riportati nel paragrafo "Sollecitazioni sugli elementi strutturali" rientrino all'interno del dominio di rottura SLU della sezione di verifica.

Il dimensionamento fa riferimento ad una striscia di larghezza unitaria (100cm).

Direzione 1-1 (Verifica armatura orizzontale)

Sollecitazioni Resistenti (M,N)

Piano	Soll. Minima	Def. Limite	Soll. Massima	Def. Limite
N	-25150.03	-0.0035 (sez)	786.76	0.01 (arm)
Mx	-503.40	0.01 (arm)	503.40	0.01 (arm)
My	-347.79	0.01 (arm)	347.79	0.01 (arm)

Verifica

Comb	Fusto basso		Fusto alto		Pulvino	
	Coeff. di sicurezza	Mat. limitazione	Coeff. di sicurezza	Mat. limitazione	Coeff. di sicurezza	Mat. limitazione
1	11.4921	armatura	250.5742	sezione	43.8860	sezione
2	9.7941	armatura	144.3055	sezione	49.6469	sezione
3	3.7943	armatura	3.3828	armatura	4.1854	armatura
4	587.0440	sezione	131.1405	sezione	36.7665	sezione
5	53.9878	armatura	198.0474	sezione	192.0009	sezione
6	44.3886	armatura	108.6800	sezione	109.3202	sezione
7	3.3224	armatura	5.8862	armatura	1.8112	armatura
8	352.4703	sezione	75.7506	sezione	96.2420	sezione
9	461.4268	sezione	191.2707	sezione	48.8943	armatura
10	365.7958	sezione	102.3727	sezione	382.3303	sezione
11	2.6305	armatura	73.9203	armatura	1.5481	armatura

12	346.8840	sezione	56.9954	sezione	168.7840	sezione
13	451.2080	sezione	154.9066	sezione	16.1502	armatura
14	347.1350	sezione	111.1647	sezione	59.5398	armatura
15	3.0018	armatura	1004.0900	armatura	1.6450	armatura
16	272.9617	sezione	64.5633	sezione	66.6446	sezione
17	480.7408	sezione	218.3340	sezione	231.3353	sezione
18	362.0102	sezione	140.5647	sezione	220.3181	sezione
19	4.0697	armatura	16.2065	armatura	2.0896	armatura
20	94.9483	sezione	75.8772	sezione	53.9382	sezione
21	488.9771	sezione	113.7323	armatura	86.3751	sezione
22	340.4138	sezione	106.6023	sezione	261.1898	sezione
23	4.8577	armatura	10.9565	armatura	1.0987	armatura
24	73.9458	sezione	99.9289	sezione	32.1597	sezione
25	425.9036	sezione	9.1639	armatura	143.3122	sezione
26	308.5402	sezione	4.0742	armatura	150.1897	sezione
27	13.1939	armatura	2.1341	armatura	5.7998	armatura
28	90.7829	sezione	103.2487	sezione	38.9431	sezione
29	357.9244	sezione	202.9496	sezione	121.7810	sezione
30	291.7837	sezione	135.8191	sezione	134.0045	sezione
31	17.9532	armatura	18.1507	armatura	7.2338	armatura
32	108.7639	sezione	152.5157	sezione	79.5869	sezione
33	408.8897	sezione	118.1045	armatura	99.6024	sezione
34	339.5597	sezione	14.2575	armatura	109.8578	sezione
35	35.2566	armatura	19.8216	armatura	10.8947	armatura
36	233.1378	sezione	144.7007	sezione	83.6560	sezione
37	17.2072	armatura	141.8105	sezione	67.4404	sezione
38	679.2783	sezione	116.6419	sezione	70.2942	sezione
39	8.6906	armatura	2.6936	armatura	9.9002	armatura
40	629.6780	sezione	75.3940	sezione	63.8651	sezione

La verifica risulta soddisfatta.

Direzione 2-2 (Verifica armatura verticale)

Sollecitazioni resistenti

Piano	Soll. Minima	Def. Limite	Soll. Massima	Def. Limite
N	-25592.59	-0.0035 (sez)	1229.32	0.01 (arm)
Mx	-774.46	0.01 (arm)	774.46	0.01 (arm)
My	-541.74	0.01 (arm)	541.74	0.01 (arm)

Verifica

Comb	Fusto basso		Fusto alto		Pulvino	
	Coeff. sicurezza	di Mat. limitazione	Coeff. sicurezza	di Mat. limitazione	Coeff. sicurezza	di Mat. limitazione
1	44.8195	sezione	34.3049	sezione	23.0791	sezione
2	21.4137	sezione	48.3490	sezione	20.5141	sezione
3	3.8699	armatura	41.1992	armatura	9.8292	armatura
4	18.2786	sezione	20.1133	sezione	10.0829	sezione
5	41.2039	sezione	30.6358	sezione	33.8453	sezione
6	20.5261	sezione	29.0384	sezione	33.9954	sezione
7	109.5350	sezione	269.2719	sezione	534.3206	sezione
8	17.5148	sezione	23.0987	sezione	13.0914	sezione
9	42.9597	sezione	34.2276	sezione	41.9368	sezione
10	21.8316	sezione	32.0103	sezione	37.8388	sezione
11	98.1005	sezione	229.7096	sezione	485.0943	sezione
12	20.1013	sezione	26.3051	sezione	13.4455	sezione
13	43.3108	sezione	36.1250	sezione	37.5235	sezione
14	22.3671	sezione	33.1624	sezione	37.3277	sezione

15	99.0269	sezione	225.7177	sezione	479.2619	sezione
16	23.6781	sezione	31.1072	sezione	13.8173	sezione
17	44.1418	sezione	36.0888	sezione	44.7320	sezione
18	23.2655	sezione	32.7168	sezione	43.8396	sezione
19	101.9808	sezione	254.9246	sezione	2774.2450	sezione
20	21.6383	sezione	27.7000	sezione	14.6399	sezione
21	43.6104	sezione	35.0277	sezione	31.7609	sezione
22	22.8895	sezione	31.9115	sezione	34.9301	sezione
23	102.9512	sezione	274.8268	sezione	2.3446	armatura
24	23.5874	sezione	21.9467	sezione	10.7724	sezione
25	38.5316	sezione	37.0130	sezione	46.7104	sezione
26	19.7869	sezione	33.6977	sezione	46.8424	sezione
27	29.9569	armatura	228.8746	sezione	479.2619	sezione
28	19.2517	sezione	27.1143	sezione	12.9628	sezione
29	38.5316	sezione	38.3576	sezione	67.7680	sezione
30	19.7869	sezione	34.6329	sezione	67.1039	sezione
31	98.5480	sezione	258.1109	sezione	470.4519	sezione
32	19.3305	sezione	31.5782	sezione	19.9491	sezione
33	42.3333	sezione	36.7117	sezione	39.4027	sezione
34	23.5078	sezione	33.0819	sezione	38.6508	sezione
35	98.7109	sezione	245.5959	sezione	460.1004	sezione
36	25.9125	sezione	32.3769	sezione	20.3193	sezione
37	32.4274	sezione	5.9896	armatura	35.6157	sezione
38	17.0060	sezione	4.2182	armatura	34.9249	sezione
39	55.3301	armatura	12.9725	armatura	29.5735	armatura
40	15.2639	sezione	4.6347	armatura	18.3593	sezione

La verifica risulta soddisfatta.

6.3.2.2 STATO LIMITE DI ESERCIZIO – COMBINAZIONE RARA

Le verifiche a presso-flessione vengono eseguite controllando che per la combinazione di carico più gravosa i valori delle sollecitazioni calcolati in precedenza e riportati nel paragrafo “Sollecitazioni sugli elementi strutturali” rientrino nei limiti tensionali previsti da normativa. Il dimensionamento fa riferimento ad una striscia di larghezza unitaria (100cm).

Direzione 1-1 (Verifica armatura orizzontale)

Tensioni massime nei materiali fusto basso:

comb.	σ_{max}	σ_{min}	$\sigma_{s max}$	$\sigma_{s min}$
1	-0.11	-0.03	-0.50	-1.58
2	-0.16	-0.05	-0.88	-2.27
3	5.40	0.00	83.97	81.06
4	-0.19	-0.13	-1.91	-2.77
5	-0.12	-0.04	-0.62	-1.73
6	-0.20	-0.09	-1.45	-2.89
7	-0.02	0.00	2.22	-0.22
8	-0.24	-0.18	-2.71	-3.61
9	-0.10	-0.02	-0.35	-1.52
10	-0.16	-0.05	-0.87	-2.32
11	1.11	0.00	23.43	16.85
12	-0.19	-0.12	-1.87	-2.78
13	-0.11	0.00	3.09	-1.51
14	1.83	0.00	63.70	28.81
15	8.45	0.00	135.86	127.14
16	-0.13	-0.11	-1.68	-1.91

17	-0.09	-0.01	-0.19	-1.32
18	-0.11	-0.01	-0.17	-1.58
19	6.98	0.00	106.56	104.72
20	-0.18	-0.16	-2.45	-2.67

Tensioni massime nei materiali fusto alto:

Si omettono le verifiche perché poco significative.

Tensioni massime nei materiali pulvino:

comb.	σ_{\max}	σ_{\min}	$\sigma_{s \max}$	$\sigma_{s \min}$
1	-0.29	-0.25	-3.84	-4.33
2	-0.25	-0.24	-3.56	-3.80
3	5.18	0.00	78.05	77.67
4	-0.34	-0.32	-4.86	-5.12
5	0.49	0.00	11.65	7.45
6	0.20	0.00	5.22	3.08
7	6.10	0.00	91.68	91.45
8	-0.19	-0.18	-2.77	-2.80
9	-0.05	-0.02	-0.37	-0.78
10	7.59	0.00	116.15	113.93
11	12.71	0.00	191.08	190.70
12	-0.41	-0.40	-5.94	-6.12
13	-0.12	-0.08	-1.26	-1.76
14	-0.10	-0.09	-1.30	-1.56
15	1.65	0.00	24.98	24.75
16	-0.32	-0.32	-4.86	-4.87
17	-0.20	-0.15	-2.33	-2.92
18	-0.13	-0.10	-1.57	-1.87
19	0.95	0.00	14.78	14.32
20	-0.20	-0.18	-2.67	-3.00

Direzione 2-2 (Verifica armatura verticale)

Tensioni massime nei materiali fusto basso:

comb.	σ_{\max}	σ_{\min}	$\sigma_{s \max}$	$\sigma_{s \min}$
1	-0.43	-0.04	-0.93	-6.15
2	-0.76	-0.25	-4.13	-11.05
3	2.76	0.00	71.11	42.91
4	-0.83	-0.51	-7.88	-12.19
5	-0.41	-0.01	-0.48	-5.82
6	-0.69	-0.18	-3.02	-10.01
7	-0.19	-0.11	-1.74	-2.79
8	-0.73	-0.41	-6.41	-10.76
9	-0.40	0.00	-0.31	-5.74
10	-0.68	-0.15	-2.64	-9.74
11	-0.18	-0.10	-1.62	-2.70
12	-0.73	-0.40	-6.21	-10.68
13	-0.48	-0.06	-1.26	-6.88
14	-0.82	-0.28	-4.58	-11.90
15	-0.20	0.00	5.62	-2.56
16	-0.70	-0.58	-8.86	-10.47
17	-0.59	-0.10	-1.90	-8.47
18	-0.95	-0.35	-5.66	-13.75
19	-0.20	0.00	1.97	-2.77
20	-0.76	-0.62	-9.36	-11.29

Tensioni massime nei materiali fusto alto:

Si omettono le verifiche perché poco significative.

Tensioni massime nei materiali pulvino:

Si omettono le verifiche perché poco significative.

Tali tensioni sono minori rispetto a quelle di limite elastico dunque la verifica è soddisfatta.

6.3.2.3 VERIFICHE A FESSURAZIONE – COMBINAZIONI FREQUENTE E QUASI PERMANENTE

Le verifiche vengono eseguite controllando che per la combinazione di carico più gravosa i valori delle sollecitazioni calcolati in precedenza e riportati nel paragrafo “Sollecitazioni sugli elementi strutturali” inducano delle aperture delle fessure inferiori a quanto prescritto dalla normativa FS (44a): in condizioni aggressive (XF2) deve essere $w_1 = 0,2\text{mm}$.

Tensioni massime nei materiali :

Combinazione frequente - 3)

Direzione 1-1 (Verifica armatura orizzontale)

Fusto basso

comb.	σ_{\max}	σ_{\min}	$\sigma_{s \max}$	$\sigma_{s \min}$
1	-0.06	-0.03	-0.48	-0.95
2	3.30	0.00	60.74	49.87
3	3.98	0.00	59.81	59.66
4	-0.19	-0.17	-2.56	-2.78

Fusto alto

Si omettono perché poco significative.

Pulvino

comb.	σ_{\max}	σ_{\min}	$\sigma_{s \max}$	$\sigma_{s \min}$
1	-0.17	-0.16	-2.39	-2.58
2	4.19	0.00	63.63	62.94
3	7.17	0.00	107.78	107.63
4	-0.28	-0.28	-4.17	-4.24

Direzione 2-2 (Verifica armatura verticale)

Fusto basso

comb.	σ_{\max}	σ_{\min}	$\sigma_{s \max}$	$\sigma_{s \min}$
1	-0.39	-0.30	-4.53	-5.84
2	-0.74	-0.55	-8.37	-10.90
3	3.12	0.00	57.31	47.41
4	-0.72	-0.63	-9.58	-10.76

Fusto alto

Si omettono perché poco significative.

Pulvino

comb.	σ_{\max}	σ_{\min}	$\sigma_{s \max}$	$\sigma_{s \min}$
1	-0.07	-0.06	-0.91	-1.02
2	-0.35	-0.33	-4.93	-5.29
3	3.69	0.00	55.66	55.36
4	-1.01	-1.00	-15.05	-15.13

Combinazione quasi permanente - 4)

Direzione 1-1 (Verifica armatura orizzontale)

Fusto basso

comb.	σ_{\max}	σ_{\min}	$\sigma_{s \max}$	$\sigma_{s \min}$
1	-0.08	-0.06	-0.96	-1.19
2	3.48	0.00	58.14	52.48
3	3.85	0.00	57.92	57.77
4	-0.16	-0.16	-2.39	-2.46

Fusto alto

Si omettono perché poco significative.

Pulvino

comb.	σ_{\max}	σ_{\min}	$\sigma_{s \max}$	$\sigma_{s \min}$
1	-0.17	-0.16	-2.42	-2.54
2	4.20	0.00	63.52	63.06
3	4.38	0.00	65.88	65.72
4	-0.19	-0.19	-2.78	-2.89

Direzione 2-2 (Verifica armatura verticale)

Fusto basso

comb.	σ_{\max}	σ_{\min}	$\sigma_{s \max}$	$\sigma_{s \min}$
1	-0.20	-0.20	-3.07	-3.07
2	-0.69	-0.60	-9.02	-10.25
3	3.46	0.00	51.85	51.85
4	-0.71	-0.62	-9.36	-10.53

Fusto alto

Si omettono perché poco significative.

Pulvino

comb.	σ_{\max}	σ_{\min}	$\sigma_{s \max}$	$\sigma_{s \min}$
1	0.16	0.00	2.39	2.39
2	-0.31	-0.29	-4.33	-4.63
3	2.68	0.00	40.45	40.15
4	-0.76	-0.75	-11.24	-11.32

Tali tensioni sono minori rispetto a quelle di limite elastico dunque la verifica è soddisfatta.

Verifiche a fessurazione**Combinazione frequente - 3)**

Direzione 1-1 (Verifica armatura orizzontale)

Fusto basso

Combinazione frequente: M1max

Sezione tutta compressa

Armature efficaci: Area totale = 1005.31

$$A_{cls,eff} = 156347.23 \quad \rho_{eff} = 0.0064$$

$$\text{Tensione baricentrica} = -0.95$$

$$\text{Copriferro} = 42.00$$

$$K_1 = 0.8000 \quad K_2 = 0.5000 \quad \varnothing_{equivalente} = 16.00$$

$$\text{Modulo elastico calcestruzzo} = 33019.43$$

$$\text{Resistenza a trazione } f_{ctm} = 2.94$$

$$\text{Modulo elastico acciaio} = 205000.00 \quad K_t = 0.6$$

$$\text{Deformazione media } \varepsilon_{sm} = -0.000003 \quad \text{Distanza fessure } \Delta_{s,max} = 565.8184$$

$$\text{Ampiezza fessure } w_d = -0.0016 \quad (<0.2000)$$

Combinazione frequente: M1min

Sezione tutta tesa

Armature efficaci: Area totale = 1005.31

$$A_{cls,eff} = 156347.23 \quad \rho_{eff} = 0.0064$$

$$\text{Tensione baricentrica} = 60.74$$

$$\text{Copriferro} = 42.00$$

$$K_1 = 0.8000 \quad K_2 = 0.9043 \quad \varnothing_{equivalente} = 16.00$$

$$\text{Modulo elastico calcestruzzo} = 33019.43$$

$$\text{Resistenza a trazione } f_{ctm} = 2.94$$

$$\text{Modulo elastico acciaio} = 205000.00 \quad K_t = 0.6$$

$$\text{Deformazione media } \varepsilon_{sm} = 0.000178 \quad \text{Distanza fessure } \Delta_{s,max} = 907.9005$$

$$\text{Ampiezza fessure } w_d = 0.1614 \quad (<0.2000)$$

Combinazione frequente: F1max Traz.

Sezione tutta tesa

Armature efficaci: Area totale = 1005.31

$$A_{cls,eff} = 156347.23 \quad \rho_{eff} = 0.0064$$

$$\text{Tensione baricentrica} = 59.66$$

$$\text{Copriferro} = 42.00$$

$$K_1 = 0.8000 \quad K_2 = 0.9986 \quad \varnothing_{equivalente} = 16.00$$

$$\text{Modulo elastico calcestruzzo} = 33019.43$$

$$\text{Resistenza a trazione } f_{ctm} = 2.94$$

$$\text{Modulo elastico acciaio} = 205000.00 \quad K_t = 0.6$$

$$\text{Deformazione media } \varepsilon_{sm} = 0.000175 \quad \text{Distanza fessure } \Delta_{s,max} = 987.6713$$

$$\text{Ampiezza fessure } w_d = 0.1725 \quad (<0.2000)$$

Combinazione frequente: F1max Comp.

Sezione tutta compressa

Armature efficaci: Area totale = 1005.31

$$A_{cls,eff} = 156347.23 \quad \rho_{eff} = 0.0064$$

$$\text{Tensione baricentrica} = -2.56$$

$$\text{Copriferro} = 42.00$$

$$K_1 = 0.8000 \quad K_2 = 0.5000 \quad \varnothing_{equivalente} = 16.00$$

$$\text{Modulo elastico calcestruzzo} = 33019.43$$

$$\text{Resistenza a trazione } f_{ctm} = 2.94$$

$$\text{Modulo elastico acciaio} = 205000.00 \quad K_t = 0.6$$

$$\text{Deformazione media } \varepsilon_{sm} = -0.000007 \quad \text{Distanza fessure } \Delta_{s,max} = 565.8184$$

$$\text{Ampiezza fessure } w_d = -0.0042 \quad (< 0.2000)$$

Fusto alto

Si ometto perché poco significative.

Pulvino**Combinazione frequente: Pulvino 3) M1max**

Armature efficaci: Area totale = 2010.62

$$A_{cls,eff} = 156347.23 \quad \rho_{eff} = 0.0129$$

$$\text{Tensione baricentrica} = -2.39$$

$$\text{Copriferro} = 42.00$$

$$K_1 = 0.8000 \quad K_2 = 0.5000 \quad \varnothing_{equivalente} = 16.00$$

$$\text{Modulo elastico calcestruzzo} = 33019.43$$

$$\text{Resistenza a trazione } f_{ctm} = 2.94$$

$$\text{Modulo elastico acciaio} = 205000.00 \quad K_t = 0.6$$

$$\text{Deformazione media } \varepsilon_{sm} = -0.000007 \quad \text{Distanza fessure } \Delta_{s,max} = 354.3092$$

$$\text{Ampiezza fessure } w_d = -0.0025 \quad (< 0.2000)$$

Combinazione frequente: Pulvino 3) M1min

Sezione tutta tesa

Armature efficaci: Area totale = 2010.62

$$A_{cls,eff} = 156347.23 \quad \rho_{eff} = 0.0129$$

$$\text{Tensione baricentrica} = 62.94$$

$$\text{Copriferro} = 42.00$$

$$K_1 = 0.8000 \quad K_2 = 0.9942 \quad \varnothing_{equivalente} = 16.00$$

$$\text{Modulo elastico calcestruzzo} = 33019.43$$

$$\text{Resistenza a trazione } f_{ctm} = 2.94$$

$$\text{Modulo elastico acciaio} = 205000.00 \quad K_t = 0.6$$

Deformazione media $\varepsilon_{sm}=0.000184$ Distanza fessure $\Delta_{s\ max}=563.3543$

Ampiezza fessure $w_d = 0.1038$ (<0.2000)

Combinazione frequente: Pulvino 3) F1max Traz.

Sezione tutta tesa

Armature efficaci: Area totale = 2010.62

$$A_{cls,eff} = 156347.23 \quad \rho_{eff} = 0.0129$$

$$\text{Tensione baricentrica} = 107.63$$

$$\text{Copriferro} = 42.00$$

$$K_1 = 0.8000 \quad K_2 = 0.9992 \quad \varnothing_{equivalente} = 16.00$$

$$\text{Modulo elastico calcestruzzo} = 33019.43$$

$$\text{Resistenza a trazione } f_{ctm} = 2.94$$

$$\text{Modulo elastico acciaio} = 205000.00 \quad K_t = 0.6$$

Deformazione media $\varepsilon_{sm}=0.000315$ Distanza fessure $\Delta_{s\ max}=565.4950$

Ampiezza fessure $w_d = 0.1781$ (<0.2000)

Combinazione frequente: Pulvino 3) F1max Comp.

Sezione tutta compressa

Armature efficaci: Area totale = 2010.62

$$A_{cls,eff} = 156347.23 \quad \rho_{eff} = 0.0129$$

$$\text{Tensione baricentrica} = -4.17$$

$$\text{Copriferro} = 42.00$$

$$K_1 = 0.8000 \quad K_2 = 0.5000 \quad \varnothing_{equivalente} = 16.00$$

$$\text{Modulo elastico calcestruzzo} = 33019.43$$

$$\text{Resistenza a trazione } f_{ctm} = 2.94$$

$$\text{Modulo elastico acciaio} = 205000.00 \quad K_t = 0.6$$

Deformazione media $\varepsilon_{sm}=-0.000012$ Distanza fessure $\Delta_{s\ max}=354.3092$

Ampiezza fessure $w_d = -0.0043$ (<0.2000)

Direzione 2-2 (Verifica armatura verticale)

Fusto basso

Combinazione frequente: FustoBasso 3) M2max

Sezione tutta compressa

Armature efficaci: Area totale = 1570.80

$$A_{cls,eff} = 202934.04 \quad \rho_{eff} = 0.0077$$

$$\text{Tensione baricentrica} = -4.53$$

$$\text{Copriferro} = 60.00$$

$$K_1 = 0.8000 \quad K_2 = 0.5000 \quad \varnothing_{equivalente} = 20.00$$

$$\text{Modulo elastico calcestruzzo} = 33019.43$$

$$\text{Resistenza a trazione } f_{ctm} = 2.94$$

Modulo elastico acciaio = 205000.00 $K_t = 0.6$
 Deformazione media $\varepsilon_{sm} = -0.000013$ Distanza fessure $\Delta_{s\ max} = 643.2522$
 Ampiezza fessure $w_d = -0.0085$ (< 0.2000)

Combinazione frequente: FustoBasso 3) M2min

Sezione tutta compressa

Armature efficaci: Area totale = 1570.80

$$A_{cls,eff} = 202934.04 \quad \rho_{eff} = 0.0077$$

$$\text{Tensione baricentrica} = -10.90$$

$$\text{Copriferro} = 60.00$$

$$K_1 = 0.8000 \quad K_2 = 0.5000 \quad \varnothing_{equivalente} = 20.00$$

Modulo elastico calcestruzzo = 33019.43

Resistenza a trazione $f_{ctm} = 2.94$

Modulo elastico acciaio = 205000.00 $K_t = 0.6$

Deformazione media $\varepsilon_{sm} = -0.000032$ Distanza fessure $\Delta_{s\ max} = 643.2522$

Ampiezza fessure $w_d = -0.0205$ (< 0.2000)

Combinazione frequente: FustoBasso 3) F2max Traz.

Sezione tutta tesa

Armature efficaci: Area totale = 1570.80

$$A_{cls,eff} = 202934.04 \quad \rho_{eff} = 0.0077$$

$$\text{Tensione baricentrica} = 47.41$$

$$\text{Copriferro} = 60.00$$

$$K_1 = 0.8000 \quad K_2 = 0.9049 \quad \varnothing_{equivalente} = 20.00$$

Modulo elastico calcestruzzo = 33019.43

Resistenza a trazione $f_{ctm} = 2.94$

Modulo elastico acciaio = 205000.00 $K_t = 0.6$

Deformazione media $\varepsilon_{sm} = 0.000139$ Distanza fessure $\Delta_{s\ max} = 998.9765$

Ampiezza fessure $w_d = 0.1386$ (< 0.2000)

Combinazione frequente: FustoBasso 3) F2max Comp.

Sezione tutta compressa

Armature efficaci: Area totale = 1570.80

$$A_{cls,eff} = 202934.04 \quad \rho_{eff} = 0.0077$$

$$\text{Tensione baricentrica} = -10.76$$

$$\text{Copriferro} = 60.00$$

$$K_1 = 0.8000 \quad K_2 = 0.5000 \quad \varnothing_{equivalente} = 20.00$$

Modulo elastico calcestruzzo = 33019.43

Resistenza a trazione $f_{ctm} = 2.94$

Modulo elastico acciaio = 205000.00 $K_t = 0.6$

Deformazione media $\varepsilon_{sm} = -0.000031$ Distanza fessure $\Delta_{s,max} = 643.2522$

Ampiezza fessure $w_d = -0.0203$ (< 0.2000)

Fusto alto

Si ometto perché poco significative.

Pulvino

Si ometto perché poco significative.

Combinazione quasi permanente - 4)

Direzione I-I (Verifica armatura orizzontale)

Fusto basso

Combinazione quasi permanente: M1max

Sezione tutta compressa

Armature efficaci: Area totale = 1005.31

$$A_{els,eff} = 156347.23 \quad \rho_{eff} = 0.0064$$

$$\text{Tensione baricentrica} = -1.19$$

$$\text{Copriferro} = 42.00$$

$$K_1 = 0.8000 \quad K_2 = 0.5000 \quad \varnothing_{equivalente} = 16.00$$

$$\text{Modulo elastico calcestruzzo} = 33019.43$$

$$\text{Resistenza a trazione } f_{ctm} = 2.94$$

$$\text{Modulo elastico acciaio} = 205000.00 \quad K_t = 0.6$$

Deformazione media $\varepsilon_{sm} = -0.000003$ Distanza fessure $\Delta_{s,max} = 565.8184$

Ampiezza fessure $w_d = -0.0020$ (< 0.2000)

Combinazione quasi permanente: M1min

Sezione tutta tesa

Armature efficaci: Area totale = 1005.31

$$A_{els,eff} = 156347.23 \quad \rho_{eff} = 0.0064$$

$$\text{Tensione baricentrica} = 58.14$$

$$\text{Copriferro} = 42.00$$

$$K_1 = 0.8000 \quad K_2 = 0.9478 \quad \varnothing_{equivalente} = 16.00$$

$$\text{Modulo elastico calcestruzzo} = 33019.43$$

$$\text{Resistenza a trazione } f_{ctm} = 2.94$$

$$\text{Modulo elastico acciaio} = 205000.00 \quad K_t = 0.6$$

Deformazione media $\varepsilon_{sm} = 0.000170$ Distanza fessure $\Delta_{s,max} = 944.6337$

Ampiezza fessure $w_d = 0.1607$ (< 0.2000)

Combinazione quasi permanente: F1max Traz.

Sezione tutta tesa

Armature efficaci: Area totale = 1005.31

$$A_{cls,eff} = 156347.23 \quad \rho_{eff} = 0.0064$$

Tensione baricentrica = 57.77

Copriferro = 42.00

$$K_1 = 0.8000 \quad K_2 = 0.9986 \quad \varnothing_{equivalente} = 16.00$$

Modulo elastico calcestruzzo = 33019.43

Resistenza a trazione $f_{ctm} = 2.94$

Modulo elastico acciaio = 205000.00 $K_t = 0.6$

Deformazione media $\varepsilon_{sm} = 0.000169$ Distanza fessure $\Delta_{s,max} = 987.6332$

Ampiezza fessure $w_d = 0.1670$ (< 0.2000)

Combinazione quasi permanente: F1max Comp.

Sezione tutta compressa

Armature efficaci: Area totale = 1005.31

$$A_{cls,eff} = 156347.23 \quad \rho_{eff} = 0.0064$$

Tensione baricentrica = -2.39

Copriferro = 42.00

$$K_1 = 0.8000 \quad K_2 = 0.5000 \quad \varnothing_{equivalente} = 16.00$$

Modulo elastico calcestruzzo = 33019.43

Resistenza a trazione $f_{ctm} = 2.94$

Modulo elastico acciaio = 205000.00 $K_t = 0.6$

Deformazione media $\varepsilon_{sm} = -0.000007$ Distanza fessure $\Delta_{s,max} = 565.8184$

Ampiezza fessure $w_d = -0.0040$ (< 0.2000)

Fusto alto

Si ometto perché poco significative.

Pulvino

Combinazione quasi permanente: Pulvino 4) M1max

Sezione tutta compressa

Armature efficaci: Area totale = 2010.62

$$A_{cls,eff} = 156347.23 \quad \rho_{eff} = 0.0129$$

Tensione baricentrica = -2.42

Copriferro = 42.00

$$K_1 = 0.8000 \quad K_2 = 0.5000 \quad \varnothing_{equivalente} = 16.00$$

Modulo elastico calcestruzzo = 33019.43

Resistenza a trazione $f_{ctm} = 2.94$

Modulo elastico acciaio = 205000.00 $K_t = 0.6$

Deformazione media $\varepsilon_{sm} = -0.000007$ Distanza fessure $\Delta_{s,max} = 354.3092$

Ampiezza fessure $w_d = -0.0025$ (< 0.2000)

Combinazione quasi permanente: Pulvino 4) M1min

Sezione tutta tesa

Armature efficaci: Area totale = 2010.62

$$A_{cls,eff} = 156347.23 \quad \rho_{eff} = 0.0129$$

$$\text{Tensione baricentrica} = 63.06$$

$$\text{Copriferro} = 42.00$$

$$K_1 = 0.8000 \quad K_2 = 0.9961 \quad \varnothing_{equivalente} = 16.00$$

$$\text{Modulo elastico calcestruzzo} = 33019.43$$

$$\text{Resistenza a trazione } f_{ctm} = 2.94$$

$$\text{Modulo elastico acciaio} = 205000.00 \quad K_t = 0.6$$

$$\text{Deformazione media } \varepsilon_{sm} = 0.000185 \quad \text{Distanza fessure } \Delta_{s \max} = 564.1725$$

$$\text{Ampiezza fessure } w_d = 0.1041 \quad (< 0.2000)$$

Combinazione quasi permanente: Pulvino 4) F1max Traz.

Sezione tutta tesa

Armature efficaci: Area totale = 2010.62

$$A_{cls,eff} = 156347.23 \quad \rho_{eff} = 0.0129$$

$$\text{Tensione baricentrica} = 65.72$$

$$\text{Copriferro} = 42.00$$

$$K_1 = 0.8000 \quad K_2 = 0.9987 \quad \varnothing_{equivalente} = 16.00$$

$$\text{Modulo elastico calcestruzzo} = 33019.43$$

$$\text{Resistenza a trazione } f_{ctm} = 2.94$$

$$\text{Modulo elastico acciaio} = 205000.00 \quad K_t = 0.6$$

$$\text{Deformazione media } \varepsilon_{sm} = 0.000192 \quad \text{Distanza fessure } \Delta_{s \max} = 565.2893$$

$$\text{Ampiezza fessure } w_d = 0.1087 \quad (< 0.2000)$$

Combinazione quasi permanente: Pulvino 4) F1max Comp.

Sezione tutta compressa

Armature efficaci: Area totale = 2010.62

$$A_{cls,eff} = 156347.23 \quad \rho_{eff} = 0.0129$$

$$\text{Tensione baricentrica} = -2.78$$

$$\text{Copriferro} = 42.00$$

$$K_1 = 0.8000 \quad K_2 = 0.5000 \quad \varnothing_{equivalente} = 16.00$$

$$\text{Modulo elastico calcestruzzo} = 33019.43$$

$$\text{Resistenza a trazione } f_{ctm} = 2.94$$

$$\text{Modulo elastico acciaio} = 205000.00 \quad K_t = 0.6$$

$$\text{Deformazione media } \varepsilon_{sm} = -0.000008 \quad \text{Distanza fessure } \Delta_{s \max} = 354.3092$$

$$\text{Ampiezza fessure } w_d = -0.0029 \quad (< 0.2000)$$

Direzione 2-2 (Verifica armatura verticale)

Fusto basso

Combinazione quasi permanente: FustoBasso 4) M2max

Sezione tutta compressa

Armature efficaci: Area totale = 1570.80

$$A_{cls,eff} = 202934.04 \quad \rho_{eff} = 0.0077$$

$$\text{Tensione baricentrica} = -3.07$$

$$\text{Copriferro} = 60.00$$

$$K_1 = 0.8000 \quad K_2 = 0.5000 \quad \varnothing_{equivalente} = 20.00$$

$$\text{Modulo elastico calcestruzzo} = 33019.43$$

$$\text{Resistenza a trazione } f_{ctm} = 2.94$$

$$\text{Modulo elastico acciaio} = 205000.00 \quad K_t = 0.6$$

$$\text{Deformazione media } \varepsilon_{sm} = -0.000009 \quad \text{Distanza fessure } \Delta_{s,max} = 643.2522$$

$$\text{Ampiezza fessure } w_d = -0.0058 \quad (<0.2000)$$

Combinazione quasi permanente: FustoBasso 4) M2min

Sezione tutta compressa

Armature efficaci: Area totale = 1570.80

$$A_{cls,eff} = 202934.04 \quad \rho_{eff} = 0.0077$$

$$\text{Tensione baricentrica} = -10.25$$

$$\text{Copriferro} = 60.00$$

$$K_1 = 0.8000 \quad K_2 = 0.5000 \quad \varnothing_{equivalente} = 20.00$$

$$\text{Modulo elastico calcestruzzo} = 33019.43$$

$$\text{Resistenza a trazione } f_{ctm} = 2.94$$

$$\text{Modulo elastico acciaio} = 205000.00 \quad K_t = 0.6$$

$$\text{Deformazione media } \varepsilon_{sm} = -0.000030 \quad \text{Distanza fessure } \Delta_{s,max} = 643.2522$$

$$\text{Ampiezza fessure } w_d = -0.0193 \quad (<0.2000)$$

Combinazione quasi permanente: FustoBasso 4) F2max Traz.

Sezione tutta tesa

Armature efficaci: Area totale = 1570.80

$$A_{cls,eff} = 202934.04 \quad \rho_{eff} = 0.0077$$

$$\text{Tensione baricentrica} = 51.85$$

$$\text{Copriferro} = 60.00$$

$$K_1 = 0.8000 \quad K_2 = 1.0000 \quad \varnothing_{equivalente} = 20.00$$

$$\text{Modulo elastico calcestruzzo} = 33019.43$$

$$\text{Resistenza a trazione } f_{ctm} = 2.94$$

$$\text{Modulo elastico acciaio} = 205000.00 \quad K_t = 0.6$$

$$\text{Deformazione media } \varepsilon_{sm} = 0.000152 \quad \text{Distanza fessure } \Delta_{s,max} = 1082.5040$$

$$\text{Ampiezza fessure } w_d = 0.1643 \quad (<0.2000)$$

Combinazione quasi permanente: FustoBasso 4) F2max Comp.

Sezione tutta compressa

Armature efficaci: Area totale = 1570.80

$$A_{cls,eff} = 202934.04 \quad \rho_{eff} = 0.0077$$

$$\text{Tensione baricentrica} = -10.53$$

$$\text{Copriferro} = 60.00$$

$$K_1 = 0.8000 \quad K_2 = 0.5000 \quad \varnothing_{equivalente} = 20.00$$

Modulo elastico calcestruzzo = 33019.43

Resistenza a trazione $f_{ctm} = 2.94$ Modulo elastico acciaio = 205000.00 $K_t = 0.6$ Deformazione media $\varepsilon_{sm} = -0.000031$ Distanza fessure $\Delta_{s,max} = 643.2522$ Ampiezza fessure $w_d = -0.0198$ (< 0.2000)**Fusto alto**

Si ometto perché poco significative.

Pulvino

Si ometto perché poco significative.

6.3.2.4 VERIFICHE IN CONDIZIONI SISMICHE

Le verifiche a presso-flessione vengono eseguite controllando che per la combinazione di carico più gravosa i valori delle sollecitazioni calcolati in precedenza e riportati nel paragrafo "Sollecitazioni sugli elementi strutturali" rientrino nei limiti tensionali previsti da normativa per la combinazione rara. Il dimensionamento fa riferimento ad una striscia di larghezza unitaria (100cm).

Direzione 1-1 (Verifica armatura orizzontale)*Tensioni massime nei materiali fusto basso:*

comb.	σ_{max}	σ_{min}	$\sigma_{s,max}$	$\sigma_{s,min}$
21	-0.75	0.00	7.43	-10.63
22	-1.31	0.00	114.27	-14.65
23	6.34	0.00	220.60	99.70
24	-0.61	0.00	1.98	-8.69
25	-1.03	0.00	39.17	-13.42
26	-1.22	0.00	50.56	-15.72
27	-0.38	0.00	120.80	-1.09
28	-0.67	0.00	0.43	-9.71
29	-1.37	0.00	83.56	-16.76
30	-1.57	0.00	95.13	-19.11
31	1.53	0.00	183.29	28.88
32	-0.66	0.00	1.85	-9.48
33	-0.59	0.00	282.12	1.89
34	-1.74	0.00	139.86	-19.97
35	1.20	0.00	286.63	28.00
36	-1.01	0.00	18.67	-13.83

37	-1.34	0.00	87.13	-16.11
38	-1.14	0.00	38.93	-15.05
39	9.21	0.00	193.27	140.16
40	-0.31	-0.24	-3.57	-4.55

Tensioni massime nei materiali fusto alto:

Si omettono le verifiche perché poco significative.

Tensioni massime nei materiali pulvino:

21	-0.27	-0.15	-2.32	-4.02
22	-0.20	-0.12	-1.78	-3.00
23	6.08	0.00	95.36	91.30
24	-0.27	-0.18	-2.77	-3.94
25	-0.15	-0.03	-0.46	-2.17
26	-0.07	0.00	10.40	-0.57
27	6.40	0.00	99.78	96.18
28	-0.22	-0.14	-2.13	-3.21
29	-0.17	-0.04	-0.69	-2.52
30	-0.12	-0.02	-0.30	-1.72
31	6.96	0.00	105.74	104.44
32	-0.18	-0.16	-2.47	-2.73
33	-0.19	0.00	4.41	-2.60
34	-0.28	-0.12	-1.88	-4.08
35	3.02	0.00	53.52	45.56
36	-0.30	-0.17	-2.55	-4.40
37	-0.21	0.00	2.04	-2.97
38	-0.29	-0.10	-1.59	-4.27
39	2.42	0.00	49.60	36.74
40	-0.31	-0.14	-2.24	-4.51

Direzione 2-2 (Verifica armatura verticale)

Tensioni massime nei materiali fusto basso:

comb.	σ_{\max}	σ_{\min}	$\sigma_{s \max}$	$\sigma_{s \min}$
21	-4.33	0.00	145.32	-53.90
22	-5.28	0.00	244.37	-62.19
23	-1.47	0.00	298.93	-5.12
24	-0.85	-0.39	-6.13	-12.46
25	-4.57	0.00	178.52	-55.57
26	-5.45	0.00	264.64	-63.57
27	-0.21	0.00	0.05	-3.02
28	-1.53	0.00	6.21	-21.46
29	-4.75	0.00	215.35	-56.14
30	-5.52	0.00	252.72	-65.14
31	-0.22	0.00	0.18	-3.07
32	-1.57	0.00	8.68	-21.87
33	-4.83	0.00	185.53	-58.81
34	-5.67	0.00	238.11	-68.06
35	-2.72	0.00	211.45	-27.50
36	-1.52	0.00	2.92	-21.43
37	-5.09	0.00	140.95	-64.92
38	-6.36	0.00	278.14	-75.75
39	-3.70	0.00	285.32	-37.54
40	-3.77	0.00	62.97	-50.24

Tensioni massime nei materiali fusto alto:

Si omettono le verifiche perché poco significative.

Tensioni massime nei materiali pulvino:

Si omettono le verifiche perché poco significative.

Tali tensioni sono minori rispetto a quelle di limite elastico dunque la verifica è soddisfatta.

6.3.2.5 VERIFICHE IN CONDIZIONI ECCEZIONALI

Le condizioni eccezionali si verificano per deragliamento del treno: le sollecitazioni indotte sono inferiori Se no per l'effetto locale. Significativo risulta quindi il taglio alla quota di "impatto" (che per normativa dovrà essere a 1,80 m dal piano del ferro)

Direzione 1-1 (Verifica armatura orizzontale)

Sollecitazioni Resistenti (M,N)

Piano	Soll. Minima	Def. Limite	Soll. Massima	Def. Limite
N	-25150.03	-0.0035 (sez)	786.76	0.01 (arm)
Mx	-503.40	0.01 (arm)	503.40	0.01 (arm)
My	-347.79	0.01 (arm)	347.79	0.01 (arm)

Verifica

Comb	Coeff. di sicurezza	Mat. limitazione
1	3.2090	armatura
2	1.7021	armatura
3	4.6145	armatura
4	3.4850	sezione

La verifica risulta soddisfatta.

Direzione 2-2 (Verifica armatura verticale)

Sollecitazioni resistenti

Piano	Soll. Minima	Def. Limite	Soll. Massima	Def. Limite
N	-25592.59	-0.0035 (sez)	1229.32	0.01 (arm)
Mx	-774.46	0.01 (arm)	774.46	0.01 (arm)
My	-541.74	0.01 (arm)	541.74	0.01 (arm)

Verifica

Comb	Coeff. di sicurezza	Mat. limitazione
1	2.6241	armatura
2	8.5372	armatura
3	1.5307	armatura
4	6.2815	sezione

La verifica risulta soddisfatta.

6.3.2.6 VERIFICHE TAGLIO FUSTO

Il taglio massimo sui pali è dovuto all'azione sismica.

$$V_{Rsd} = 0,9 \cdot d \cdot \frac{A_{sw}}{s} \cdot f_{yd} \cdot (\text{ctg}\alpha + \text{ctg}\theta) \cdot \sin \alpha$$

$$V_{Rcd} = 0,9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_c \cdot f'_{cd} \cdot (\text{ctg}\alpha + \text{ctg}\theta) / (1 + \text{ctg}^2\theta)$$

$$V_{Rd} = \min (V_{Rsd}, V_{Rcd})$$

Come da Par 7.9.5.2.2 del D.M. 14/01/2008 i valori di resistenza degli elementi vengono divisi per il fattore di sicurezza aggiuntivo nei confronti della rottura fragile, assumendolo prudenzialmente pari ad 1.25.

Si effettua la verifica a taglio ultimo: la sollecitazione massima risulta:

Fusto Basso 5)-5 SISMICA	V13max	V23max
	66.49	
		-211.14
cond	10.1-5A) c.1 M1+T+R X--+	1.1-5A) c.1 M1+T+R X+++
elem	1829	3025
nodo	1025	1027

Fusto 6) ECCEZZIONALE	V13max	V23max
V13	438.91	
V23		-449.25
cond	3.1-6) II I+U+R	3.1-6) II I+U+R
elem	2088	1853
nodo	2921	911

Mentre per la condizione di taglio più gravoso (condizione sismica) non necessita armatura a taglio (si riporta la verifica di seguito), per la condizione eccezionale di urto di veicolo in svio si prevede limitatamente alla fascia di larghezza 1.00m posta alla quota di impatto (come previsto da normative) di armare con staffe: l'azione puntuale si diffonde poi rapidamente, non necessitando ulteriori armature a taglio.

Condizione sismica

	V_{Ed}	211.14	kN	taglio sollecitante sforzo normale + se compr. (con traz. ci vuole armatura a taglio)
	N_{Ed}	0	kN	
	R_{ck}	37	N/mm ²	
	f_{ck}	30.71	N/mm ²	
	γ_c	1.5		
	f_{cd}	17.4		
Geometria cis	b_w	1000	mm	larghezza della sezione resistente
	h	1400	mm	
	c	46	mm	copriferro dall'asse armatura al bordo sezione
	d	1354	mm	altezza utile della sezione resistente
Geometria acciaio	f	16	mm	
	n°	5		
	A_{sl}	1004.80	mm ²	sola armatura tesa ? Si
	ρ_l	0.001		<0.02
	σ_{cp}	0.0	N/mm ²	<0.2f _{cd}
	k	1.3843		<2
	V_{min}	0.3159		
		236.80	kN	
		342.20	kN	

OK

V_{rd}	342.20	kN
SEZIONE VERIFICATA A TAGLIO		

Verificata

Condizione Ultima

V_{rd}	=	671.84	kN
V_{ed}	=	449.25	kN
V_{rsd}	=	671.84	kN
V_{rcd}	=	3645.30	kN
N_{ed}	=	0.00	kN
sezione verificata a taglio			

Resistenza a taglio di elementi strutturali dotati di specifica armatura a taglio

Valore di calcolo dello sforzo di taglio agente

Resistenza di calcolo a "taglio trazione"

Resistenza di calcolo a "taglio compressione"

Valore di calcolo dello sforzo normale

θ	=	21.80	°
b	=	100.00	cm
d	=	135.00	cm

Inclinazione puntoni di cls rispetto all'asse della trave

Larghezza utile della sezione

Altezza utile della sezione

ϕ_{staf}	=	12	mm
A_{sw}	=	226.08	mm ²
		2	cm
s	=	40	cm
α	=	90	°
f_{yk}	=	450	N/mm ²

Diametro staffe

Area armatura trasversale

n°braccia staffe (n.2 staffe 2 braccia/m)

Interasse tra due armature trasversali consecutive

angolo d'inclinazione dell'armatura trasversale rispetto all'asse della trave

Resistenza a trazione caratteristica dell'acciaio delle staffe

7 VERIFICHE GEOTECNICHE SULLE FONDAZIONI

Nella tabella seguente si riporta la caratterizzazione del terreno in corrispondenza dell'opera in oggetto (vedasi relazione geotecnica).

STRATIGRAFIA DI PROGETTO (DA Q.T.P.)

n.	DESCRIZIONE	DA	A	cu	ϕ'	γ
1	Pedosuolo: ghiaia sabbiosa limosa	0.0	-1.5	0.0	26.0	18.0
2	Sabbia da grossa a fine ghiaiosa	-1.5	-3.6	0.0	38.0	19.0
		-12.0	-13.6			
3	Ghiaia sabbiosa debolmente limosa f5-6cm	-3.6	-12.0	0.0	42.0	19.0
4	Ghiaia sabbiosa debolmente limosa f3-4cm	-13.6	-19.0	0.0	40.0	20.0
5	Ghiaia sabbiosa I	-19.0	25.0	0.0	41.0	19.0

7.1 PORTANZA VERTICALE PALI

Di seguito si riportano le verifiche delle sezioni più significative e per le Combinazioni di carico risultate più critiche: i calcoli di verifica sono effettuati con il metodo degli Stati Limite, applicando il combinato D.M.14.01.2008 con l'UNI EN 1992 (Eurocodice 2); risultano i seguenti tipi di verifiche:

- Verifiche agli Stati Limite Ultimi (Approccio 1, combinazione 1 – A1M1; Approccio 1, combinazione 2 – A2M1).
- Verifiche delle azioni Sismiche (Approccio 1, combinazione 2 – A2M1).

Si prevede una lunghezza dei pali di fondazione $\phi 1000$ pari a: $L = 20.00\text{m}$

Si riportano di seguito i massimi valori degli sforzi assiali sui pali della pila per le combinazioni di carico più significative.

7.1.1 SOLLECITAZIONI

1A) Stato limite ultimo

	cond.5	cond.6	cond.7	cond.8
	Pmin Comp.	Pmax Comp.	V2max	V3max
M2	-7.09	-4.45	-63.42	-109.49
P	-891.28	-2825.06	-2421.85	-1960.03
M3	16.93	-37.27	-99.16	-36.36
V2	-4.46	-17.00	-33.57	-11.79
V3	5.28	13.89	-27.68	-48.21
cond	13-1A) I Vp+ 1	18.2-1A) II Vi+Aa+T-R 2	36.2-1A) III Vi-Aa+F+T-R 2	3.2-1A) I Vi-I+T-R 1
elem	2196	2736	2736	2716
		Quadratura V	43.51	49.64

1B) Stato limite ultimo

	cond.5	cond.6	cond.7	cond.8
	Pmin Comp.	Pmax Comp.	V2max	V3max
M2	-7.62	-3.49	-54.44	-96.08
P	-866.15	-2240.43	-1896.38	-1756.34

M3	16.35	-28.24	-80.33	-31.88
V2	-3.37	-13.05	-27.40	-10.29
V3	4.16	12.08	-23.92	-42.17
cond	7-1B) I Vp+	9.2-1B) II Vi+Aa+T-R	18.2-1B) III Vi-Aa+F+T-R	2.2-1B) I Vi-I+T-R
elem	2196	2736	2736	2716
		Quadratura V	36.37	43.41

2) Stato limite di esercizio - combinazione rara

	cond.5	cond.6	cond.7	cond.8
	Pmin Comp.	Pmax Comp.	V2max	V3max
M2	-8.42	-4.11	-44.35	-87.22
P	-828.45	-2050.00	-1768.91	-1761.22
M3	15.48	-28.24	-70.53	-9.62
V2	-1.73	-13.06	-24.16	-6.38
V3	2.48	8.92	-18.95	-31.49
cond	7-2) I Vp+	9.2-2) II Vi+Aa+T-R	18.2-2) III Vi-Aa+F+T-R	18.2-2) III Vi-Aa+F+T-R
		Quadratura V	30.70	32.13

5) Stato limite di ultimo – combinazione sismica

	cond.5	cond.6	cond.7	cond.8
	Pmax Traz.	Pmax Comp.	V2max	V3max
M2	227.56	185.55	-413.54	424.34
P	241.72	-2928.24	-2423.18	-1537.39
M3	323.49	122.67	-478.48	263.29
V2	224.60	258.20	-290.76	123.57
V3	60.21	87.11	-149.64	202.23
cond	14-5A) d.1 M1 X--+	10.2-5A) c.1 M1+T-R X--+	4.2-5A) c.2 M1+T+R X+--	20.2-5A) c.1 M1+T-R Y-+-
		Quadratura V	327.01	237.00

6) Stato limite ultimo – combinazione eccezionale

	cond.5	cond.6	cond.7	cond.8
	Pmin Comp.	Pmax Comp.	V2max	V3max
M2	12.70	15.56	-98.37	-133.55
P	-813.24	-2067.18	-1515.67	-1515.67
M3	26.03	-11.98	-106.32	-56.07
V2	32.15	-5.40	-43.70	-29.04
V3	-8.75	4.69	-46.81	-57.07
cond	4-6) II U	3.1-6) II I+U+R	1.1-6) I I+U+R	1.1-6) I I+U+R
		Quadratura V	64.04	64.04

7.1.2 VERIFICHE

Le sollecitazioni massime sono riassunte di seguito:

CARICO DI PROGETTO Ed

	Ed,Compressione kN	Ed,Trazione kN
APP.1-COMB1 SLU	2825	
APP.1-COMB2 SLU	2240	

APP.1-COMB2 SLV

2928

242

La tabella di verifica è riportata di seguito e fa riferimento alla caratterizzazione del terreno riportata nella “Relazione geologica, idrogeologica e geotecnica” e nel “Profilo geotecnico longitudinale”.

CAPACITA' PORTANTE DI UN PALO COMPRESSO (D.M. 14.01.2008) - APPROCCIO 1 - COMBINAZIONE 1 (A1-M1-R1) - SLV

LAVORO: 10BVRpe - STP VR-MN - Pile

Il carico limite di progetto viene determinato come:

$$R_{pd} = R_{bd} + R_{sd} - W_p$$

In cui:

$$R_{bd} = R_{bk} / \gamma_b \quad \text{Resistenza alla punta di progetto}$$

$$R_{sd} = R_{sk} / \gamma_s \quad \text{Resistenza laterale di progetto}$$

$$R_{bk} = R_{bm} / \zeta \quad \text{Resistenza alla punta caratteristica}$$

$$R_{sk} = R_{sm} / \zeta \quad \text{Resistenza laterale caratteristica}$$

$$R_{bm} = Q_b \quad \text{Resistenza media alla punta}$$

$$R_{sm} = Q_s \quad \text{Resistenza media laterale}$$

$$W_p: \quad \text{peso proprio del palo alleggerito}$$

PORTANZA UNITARIA ALLA PUNTA

Terreni granulari ($c = 0, \phi < 0$)

In accordo alla teoria di Berenzantsev):

$$q_b = N_q^* \cdot c_v \quad \text{con:} \quad N_q^*: \text{coefficiente di capacit  portante corrispondente all'insorgere delle prime deformazioni plastiche (ced. = 0,06 - 0,10 D)}$$

N_q^*   dato dal grafico a destra riportato:



In ogni caso viene assunto per q_b il valore limite di $q_{b,lim}$.

Terreni coesivi ($c > 0$)

Il calcolo viene svolto in termini di tensioni totali

La resistenza alla punta viene espressa come:

$$q_b = \sigma_v + 9 \cdot c_u$$

RESISTENZA LATERALE UNITARIA

Terreni granulari ($c = 0, \phi < 0$)

$$q_s = K \tan^2 \alpha_v \quad \text{con:} \quad K, \text{ assunto pari a } 1 - \text{sen}^2 \phi$$

In ogni caso non viene superato il valore limite di $q_{s,lim}$.

Terreni coesivi ($c > 0$)

$$q_s = \alpha \cdot c_u \quad \text{con:} \quad \alpha, \text{ variabile in funzione di } c_u \text{ secondo la seguente tabella (AGI - 1984)}$$

cu (kPa)	α
<=25	0,9
da 25 a 50	0,8
da 50 a 75	0,6
>75	0,4

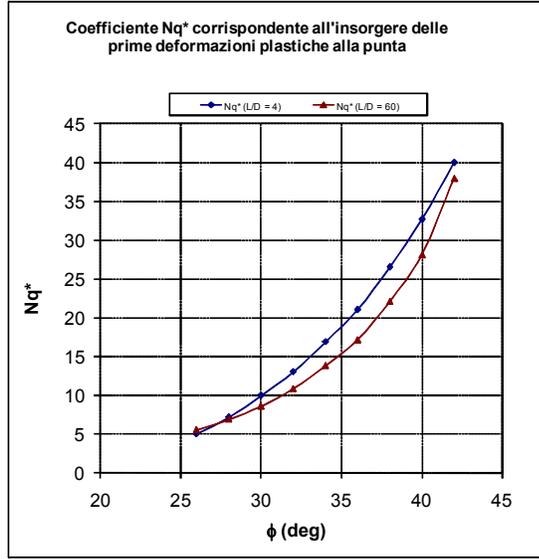
In ogni caso non viene superato il valore limite di $q_{s,lim}$.

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE

	unit�	
Diametro palo	m	1,00
Superficie resistente alla punta	m ²	0,79
Superficie laterale per lunghezza unitaria	m ²	3,14
peso specifico del palo	kN/m ³	25,00

STRATIGRAFIA DI PROGETTO (DA Q.T.P.)

n.	DESCRIZIONE	DA	A	cu	ϕ	γ
1	Pietruccio: ghiaia sabbiosa limosa	0,0	-1,5	0,0	26,0	18,0
2	Sabbia di grossa a fine ghiaiosa	-1,5	-3,6	0,0	38,0	19,0
3	Ghiaia sabbiosa debolmente limosa f5-6cm	-3,6	-12,0	0,0	42,0	19,0
4	Ghiaia sabbiosa debolmente limosa f3-4cm	-13,6	-19,0	0,0	40,0	20,0
5	Ghiaia sabbiosa l	-19,0	25,0	0,0	41,0	19,0



FALDA

Quota livello falda da q.t.p. m 9,00

SOVRACCARICO A Q.T.P.

Tensione totale in testa palo kNm² 27,0

Tensione efficace in testa palo 27,0

COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Tipo di Palo t Trivellato

coefficiente γ_b 1,00

coefficiente γ_s 1,00

coefficiente γ_{st} 1,00

coefficiente c 1,55

CARICO DI PROGETTO Ed

Ed,Con Ed,Trazione

kN kN

APP.1-COMB1 SLU 2825

APP.1-COMB2 SLU 2240

APP.1-COMB2 SLV 2928 242

Lunghezza palo di progetto m

20,00

Profondit  testa palo m

3,00

Quota piede palo m

23,00

PROFONDITA' INDAGATA Rcd

quota minima 0,00

quota massima 25,00 9277

Di seguito vengono riportati i grafici con le curve di portanza dei pali con i seguenti significati:

R_{sd} = portanza per attrito laterale;

R_{bd} = portanza per carico di punta;

R_{cd} = portanza di progetto a compressione;

$R_{cd,t}$ = portanza di progetto a trazione;

Diagramma del carico limite del palo in funzione della
lunghezza
APP.1 COMB.2 - SLU-SLE (A2-M1-R2)

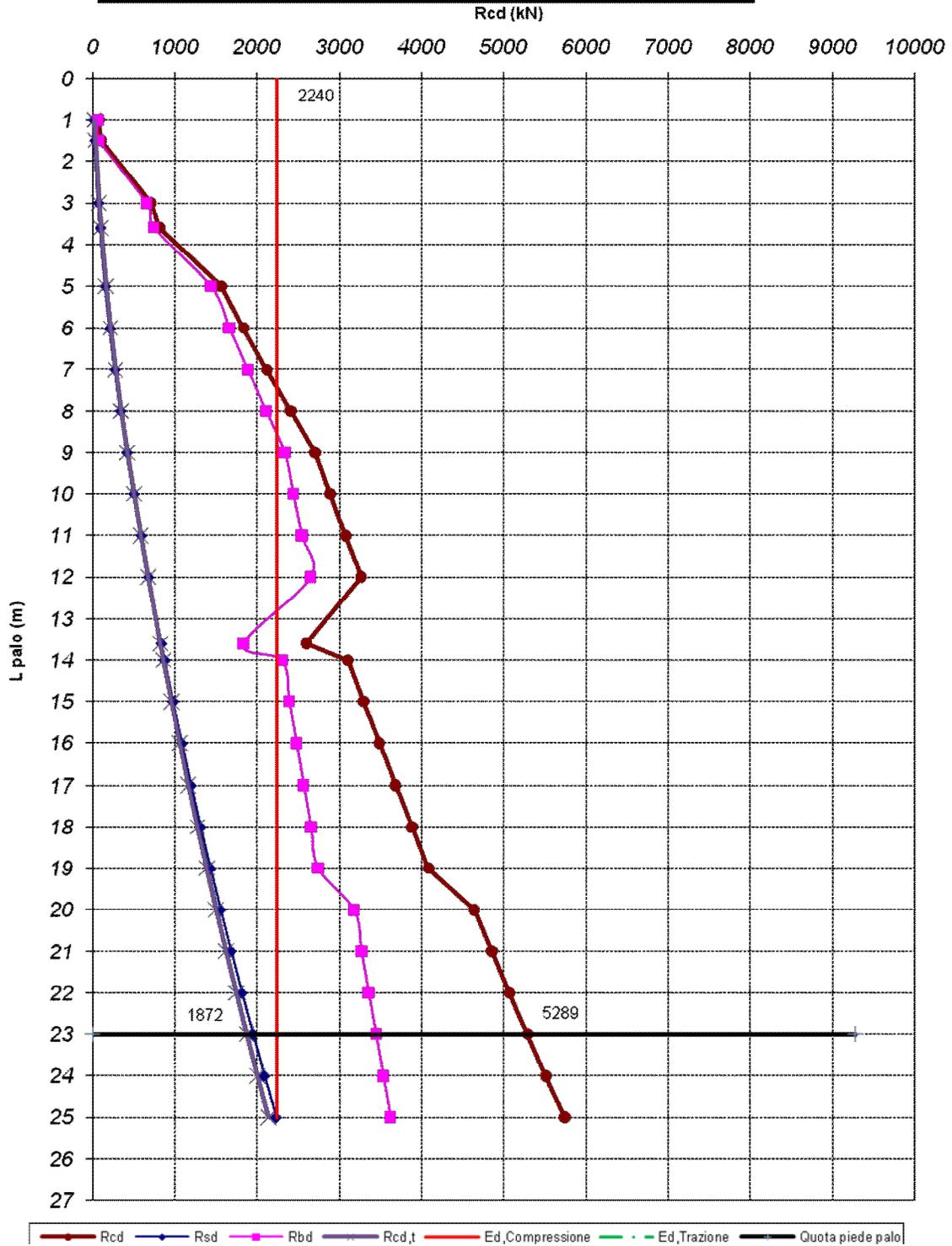
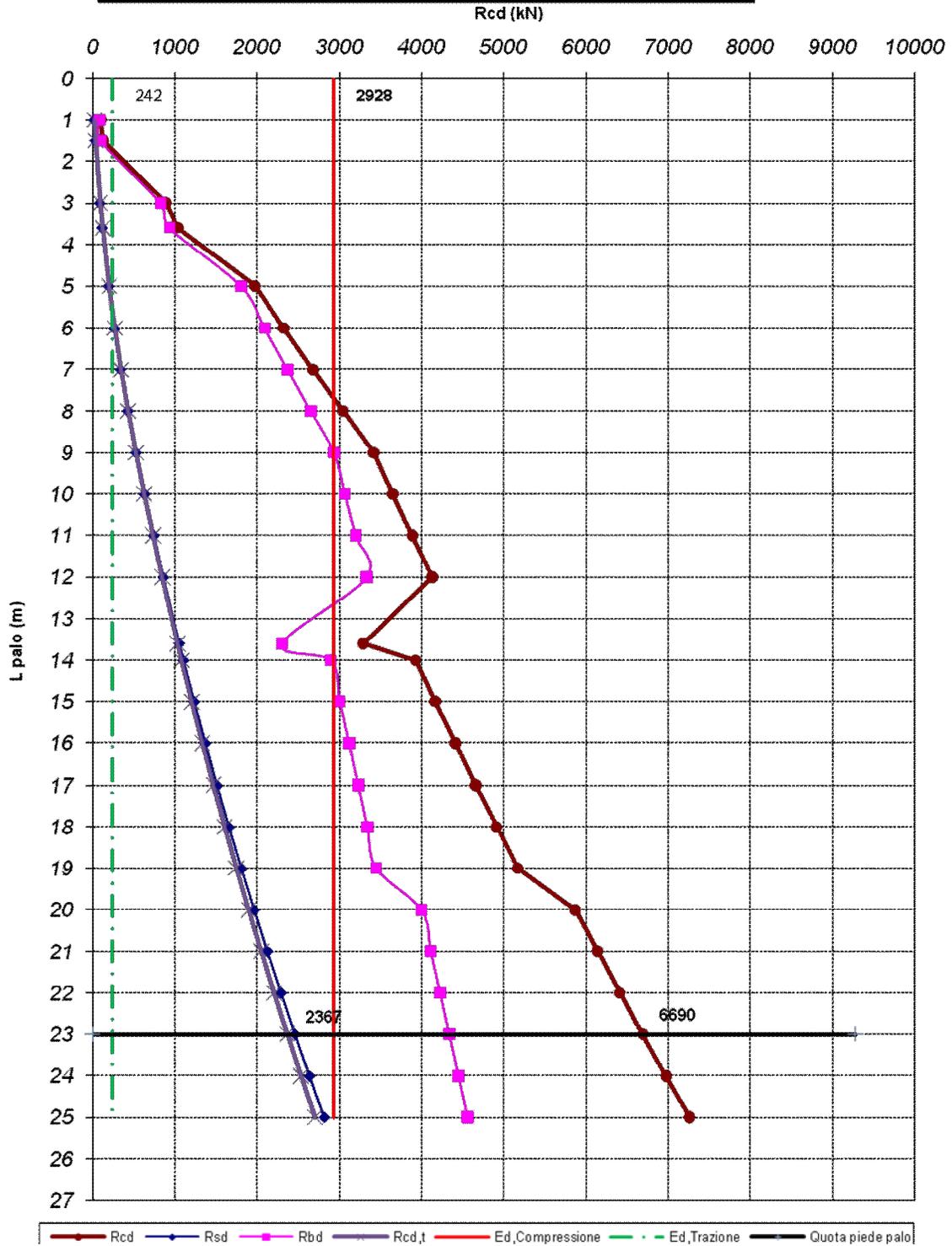


Diagramma del carico limite del palo in funzione della
lunghezza
APP.1 COMB.2 - SIS (A2-M1-R3)



Le verifiche risultano soddisfatte.

7.2 CARICO LIMITE ORIZZONTALE PALI

Dalla caratterizzazione del suolo risulta che lo strato prevalente risulterebbe del tipo 3 o 4: a favore di sicurezza si assumono i parametri dello strato 2.

n.	DESCRIZIONE	DA	A	cu	φ'	γ
2	Sabbia da grossa a fine ghiaiosa	-1.5	-3.6	0.0	38.0	19.0
		-12.0	-13.6			
3	Ghiaia sabbiosa debolmente limosa f5-6cm	-3.6	-12.0	0.0	42.0	19.0
4	Ghiaia sabbiosa debolmente limosa f3-4cm	-13.6	-19.0	0.0	40.0	20.0
5	Ghiaia sabbiosa I	-19.0	25.0	0.0	41.0	19.0

La verifica del carico limite laterale dei pali viene svolta con il metodo di Broms con le ipotesi di palo flessibile incastrato in sommità e terreno incoerente.

Nel caso di palo flessibile il carico ultimo si ottiene per la formazione di cerniere plastiche nel palo. La formula di equilibrio delle azioni da cui ricavare il carico ultimo orizzontale per pali incastrati in sommità è la seguente:

$$H_{ult} \left(h + \sqrt{\frac{2H_{ult}}{\gamma DK_{p\delta}}} \right) - \frac{1}{3} H_{ult} \sqrt{\frac{2H_{ult}}{\gamma DK_{p\delta}}} = 2M_{ult}$$

In cui:

H_{ult} = carico ultimo orizzontale;

M_{ult} = Momento ultimo palo o momento plastico;

gli altri parametri sono descritti nella tabella riassuntivo di verifica

Per il calcolo della resistenza dei pali soggetti a carichi trasversali si considera il coefficiente parziale $R_2=1.6$ come indicato nel par. 6.4.3.1.2 del D.M. 14 Gennaio 2008.

Il taglio massimo in sommità dei pali è dovuto all'azione sismica ed è pari a:

	V2max	V3max
	-290.76	123.57
	-149.64	202.23
4.2-5A) c.2 M1+T+R X+--	20.2-5A) c.1 M1+T-R Y-+-	
Taglio,max quadratura	327.01	237.00

Siccome le fondazioni in condizioni sismiche devono rimanere in campo elastico, si è scelto di mantenere tali anche i pali.

(*) Il momento ultimo considerato nell'equazione di equilibrio è il momento ultimo elastico del palo, cioè quello che determina nei materiali le tensioni della condizione di carico rara pari a:

NOME MATERIALE	SIGMA AMM. TRAZIONE (N/MM²)	SIGMA AMM. COMPRESSIONE (N/MM²)
B450C	360	-
C25/30	0	15

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

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

Titolo: _____

Sezione circolare cava

Raggio esterno: 50 [cm]
 Raggio interno: 0 [cm]
 N° barre uguali: 24
 Diametro barre: 2 [cm]
 Copriferro [baric.]: 8 [cm]

N° barre: 0 Zoom

Tipo Sezione
 Rettan.re Trapezi
 a T Circolare
 Rettangoli Coord.

Sollecitazioni
 S.L.U. Metodo n

N_{Ed}: 0 kN
 M_{xEd}: 0 kNm
 M_{yEd}: 0

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

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

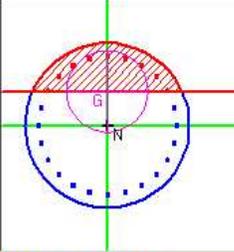
Materiali

B450C C25/30

ϵ_{su} : 67.5 ‰ ϵ_{c2} : 2 ‰
 f_{yd} : 391.3 N/mm² ϵ_{cu} : 3.5 ‰
 E_s : 200 000 N/mm² f_{cd} : 14.17 N/mm²
 E_s/E_c : 15 f_{cc}/f_{cd} : 0.8
 ϵ_{syd} : 1.957 ‰ $\sigma_{c,adm}$: 9.75 N/mm²
 $\sigma_{s,adm}$: 255 N/mm² τ_{co} : 0.6
 τ_{c1} : 1.829

σ_c : -11.23 N/mm²
 σ_s : 358.3 N/mm²
 ϵ_s : 1.792 ‰
 d: 92 cm
 x: 29.43 x/d: 0.3199
 δ : 0.8398

Vertici: 52
 Verifica
 N° iterazioni: 4
 Precompresso



Terreno Incoerente e palo flessibile

Angolo di attrito terreno	$\phi = 38^\circ$
Coefficiente GEO	$\gamma_{M2} = 1$
Angolo di attrito fattorizzato	$\phi' = 38.00$
Coefficiente di spinta passiva	$k_p = 4.20$
Coefficiente di spinta passiva fattorizzata	$k_{p\delta} = 12.61$
Peso specifico terreno	$\gamma_{ter} = 20.00$ kN/mc
Diametro del palo	D = 1.00 m
Lunghezza del palo	L = 20.00 m
Altezza fuori terra	h = 0.00 m
Coefficiente portanza laterale (6.4.3.1.2 DM)	R2 (γ_T) = 1.6
Momento ultimo sezione palo (*)	M _{ult} = 715 kNm
Sezione incastrata in sommità	
Momento ultimo teoria di Broms	M _{ult} = 1430.00 kNm
Taglio ultimo	H _{ult} = 834.07 kN
Taglio ultimo fattorizzato	H _{ult,d} = 521.30 kN
Taglio di calcolo in testa al palo	V _{Ed} = 327.01 kN

VERIFICA SODDISFATTA