




PROVINCIA DI BOLOGNA

Settore Lavori Pubblici

STRADA		<i>S.P. 569 " DI VIGNOLA "</i>		Servizio Progettazione e Costruzioni Stradali	
LAVORO		COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P. 78 NEI COMUNI DI CRESPPELLANO E BAZZANO			
ELABORATO		RELAZIONE DI CALCOLO PILE		DATA LUGLIO 2013	
		N. B.1.1.4	SCALA --	RIFERIMENTO : PROGETTO ESECUTIVO	
PROGETTAZIONE GENERALE <i>Geom. Emanuele Tracchi</i> <i>Dott. Ing. Chiara Ferrari</i> <i>P.i.e. Stefano Romagnoli</i> <i>Geom. Federico Vannucchi</i>	PROGETTISTA <i>Dott. Ing. Marco Ferrarini</i>	PROGETTAZIONE STRUTTURALE  PIACENTINI INGEGNERI <small>via Belvedere 6 40033 CASALECCHIO DI RENO (BO)</small>  <i>(Ing. Luca Piacentini)</i>			
IL DIRIGENTE DEL SERVIZIO RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO <i>Dott. Ing. Pietro Luminasi</i>					
		REVISIONE	DATA	MODIFICA	

QUESTO DISEGNO E LA RELATIVA INVENZIONE SONO DI PROPRIETA' DELL'AMMINISTRAZIONE
 NON NE E' CONSENTITO L'UTILIZZO SE NON SU ESPLICITA AUTORIZZAZIONE
 OGNI DIRITTO A TALE RIGUARDO E' ESPRESSAMENTE RISERVATO ED ESCLUSIVO

S.P. n° 569 “DI VIGNOLA”

COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P.67 E ALLA S.P. 78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO

PROGETTO ESECUTIVO

PONTE TORRENTE SAMOGGIA

RELAZIONE DI CALCOLO PILE₀INDICE

1.PREMESSA.....	2
2.NORMATIVA E RIFERIMENTI.....	4
3.CARATTERISTICHE DEI MATERIALI.....	5
3.1CALCESTRUZZO.....	5
3.2ACCIAIO PER C.C.A.....	6
3.3CARPENTERIA METALLICA IMPALCATO.....	6
4.CRITERI DI CALCOLO.....	6
4.1SCHEMA DI CALCOLO.....	6
4.2COMBINAZIONI DI CARICO.....	6
4.3SISTEMA DI VINCOLAMENTO.....	18

OGGETTO : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO PILE

COMMITTENTE: PROVINCIA DI BOLOGNA

4.4VERIFICHE DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI.....	18
4.5CONDIZIONI AMBIENTALI E VERIFICHE ALLO S.L.E.....	18
Stati limite di fessurazione.....	18
Stati limite delle tensioni.....	19
5.ANALISI DELLA PILA	20
5.1PREMESSA.....	20
5.2DATI RELATIVI ALL'IMPALCATO.....	20
Dati generali dell'impalcato.....	20
Azioni trasmesse dall'impalcato.....	20
5.3DATI RELATIVI ALLA PILA.....	24
Dati generali della pila.....	24
Azioni trasmesse alla pila.....	24
5.4AZIONI ELEMENTARI IN TESTA PILA.....	24
5.5COMBINAZIONI DI CARICO.....	24
5.6SOLLECITAZIONI IN TESTA PILA IN CONDIZIONI STATICHE.....	35
5.7SOLLECITAZIONI IN TESTA PILA IN CONDIZIONI SISMICHE.....	40
5.8CODICI DI CALCOLO.....	41
5.9CARATTERISTICHE DEI TERRENI.....	41
Spinta della terre – effetto dell'attrito terreno-struttura.....	41
Spinta della terra a riposo.....	41
Spinta attiva.....	42
Spinta passiva.....	42
Parametri di spinta delle terre.....	42
Quota della falda.....	42
5.10MODELLO DI CALCOLO.....	42
Caratteristiche geometriche del modello.....	42

OGGETTO : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CRESPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO PILE

COMMITTENTE: PROVINCIA DI BOLOGNA

Fasi di Calcolo	43
Sollecitazioni in condizioni statiche.....	43
Sollecitazioni in condizioni sismiche.....	44
6.VERIFICHE STRUTTURALI E GEOTECNICHE.....	45
6.1VERIFICA PILA.....	45
Caratteristiche della sezione.....	45
Verifiche agli stati limite ultimi.....	45
Verifica alle tensioni di esercizio.....	46
Verifica a taglio	47
Verifica a fessurazione	50
6.2VERIFICHE GEOTECNICHE.....	55
Premessa.....	55
Verifica di capacità portante verticale.....	55
Verifica di equilibrio alla rotazione intorno a un punto dell'opera.....	57

OGGETTO : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CRESPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO PILE

COMMITTENTE: PROVINCIA DI BOLOGNA

1. PREMESSA

Nell'ambito della realizzazione del completamento della variante generale della S.P. 569 nei comuni di Bazzano e Crespellano (c.d. "nuova Bazzanese"), si prevede lo scavalco del torrente Samoggia mediante la realizzazione di un viadotto a tre campate in acciaio.

Il seguente elaborato costituisce la relazione di calcolo comprensiva di tutte le verifiche di sicurezza inerenti alla pile del viadotto in esame.

L'opera prevista per scavalcare il torrente Samoggia è un ponte di lunghezza complessiva di 152.28m, suddivisa in 3 campate da 44 + 64.28 + 44 m, misurati in asse appoggi SpA - SpB. Il viadotto è una strada tipo C1, l'asse di tracciamento è interamente curvilineo e la larghezza della carreggiata è costantemente variabile a causa dell'allargamento associato alla visibilità in curva.

Le larghezze della carreggiata significative sono riportate nella seguente tabella:

	larghezza dir MO	larghezza dir BO	larghezza carreggiata
SpA	5.25	5.250	10.50
P1	5.25	6.025	11.28
P2	5.25	7.018	12.27
SpB	5.25	7.993	13.24

Il cordoli hanno larghezza costante pari ad un metro.

Nella tabella seguente si riporta il riepilogo delle caratteristiche delle lunghezze delle campate afferenti agli elementi di sostegno.

OGGETTO : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO PILE

COMMITTENTE: PROVINCIA DI BOLOGNA

	L campata [m]	L afferenza [m]	Pila (setto)	
			Sezione Rettangolare B [m] x H [m]	Altezza [m]
SpA		15.03		
P1	44	61.11	8.5 x 1.5	3.5
	64.28			
P2		61.11	8.5 x 1.5	2.5
	44			
SpB		15.03		

Il manufatto è realizzato a travata metallica continua, in modo tale da ridurre il più possibile il numero di giunti di dilatazione sull'opera.

L'impalcato metallico previsto sarà del tipo "a cassone", con sezione trasversale trapezia formata da tre travi a parete piena, controvento di torsione reticolare inferiore, soletta in C.A. collaborante con le travi metalliche costituente la parte superiore del cassone. La pendenza trasversale dell'impalcato è ottenuta mediante l'altezza variabile delle tre travi. La realizzazione della soletta d'impalcato è prevista con il sistema costruttivo "a prédalles", armate con tralicci tipo Bausta (o similari), autoportanti nei confronti del getto in opera della soletta. Per una descrizione più dettagliata dell'impalcato si rimanda alla relazione di calcolo specifica.

Il sistema di vincolamento previsto per il ponte è costituito da dispositivi di appoggio ed isolamento sismico in elastomero armato. Tali dispositivi, essendo caratterizzati da un ridotto valore della rigidezza orizzontale, garantiscono un disaccoppiamento del moto orizzontale della struttura rispetto a quello del terreno ed una conseguente riduzione della risposta sismica della struttura; inoltre i dispositivi sono dotati di una certa capacità dissipativa che è determinata dalla mescola elastomerica da cui sono costituiti e che è utile a minimizzare gli spostamenti della struttura isolata. I dispositivi previsti in corrispondenza delle pile sono inoltre dotati di una slitta che permette gli spostamenti in direzione longitudinale: di conseguenza le azioni longitudinali in condizioni di esercizio o in condizione sismica si ripartiscono sulle sole spalle e non vengono trasmesse alle pile. L'unica azione longitudinale agente sulle pile è dovuta all'attrito. Le azioni trasversali invece sono trasmesse a pile e spalle: in questo modo viene ripartita su un maggior

OGGETTO : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO PILE

COMMITTENTE: PROVINCIA DI BOLOGNA

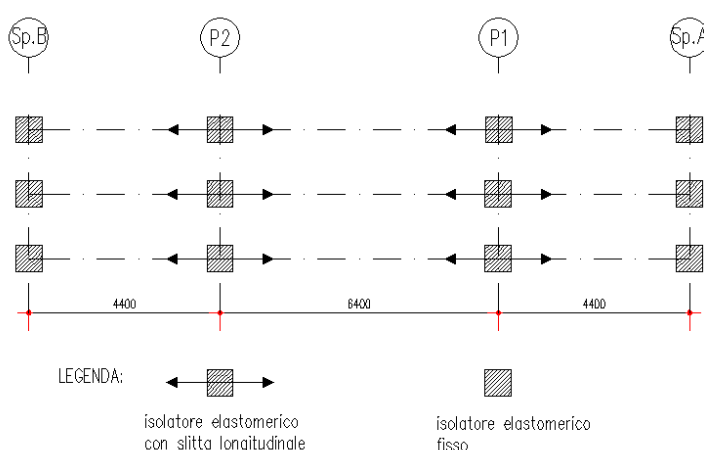
numero di punti l'azione del vento e quindi vengono minimizzati gli spostamenti orizzontali trasversali dovuti a tale azione che altrimenti rappresenterebbero un malfunzionamento dell'opera in condizioni di esercizio.

Di seguito si anticipano i valori delle rigidezze traslazionali dei dispositivi previsti in corrispondenza delle spalle e delle pile in condizioni di esercizio e sismiche: tali valori verranno infatti utilizzate in condizioni sismiche in un'analisi dinamica lineare al fine della valutazione delle azioni sismiche e nella ripartizione delle azioni orizzontali trasmesse dall'impalcato ai diversi elementi di sostegno.

	Spalle	Pile
Numero dispositivi di appoggio	3	3

	Kh dispositivi spalle	Kh dispositivi pila
Condizioni di esercizio	13420 kN/m	17520 kN/m
Condizioni sismiche	6710 kN/m	8760 kN/m

L'immagine seguente riporta uno schema planimetrico della disposizione degli isolatori lungo lo sviluppo del ponte.

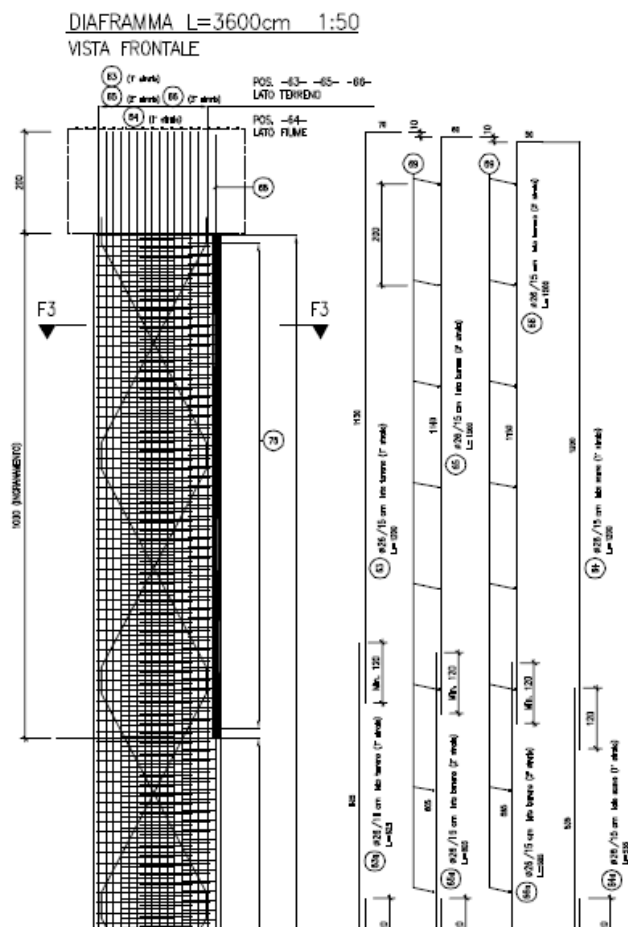


Le pile presentano sezione rettangolare 1,5m x 8,5m. La Pila 2 risulta alta 2,5m., Pila 1 3,5 m dal p.c. Entrambe le pile sono fondate su diaframmi aventi la stessa sezione del fusto in elevazione e approfonditi fino a 40 metri rispetto al piano campagna. I diaframmi

OGGETTO : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO PILE

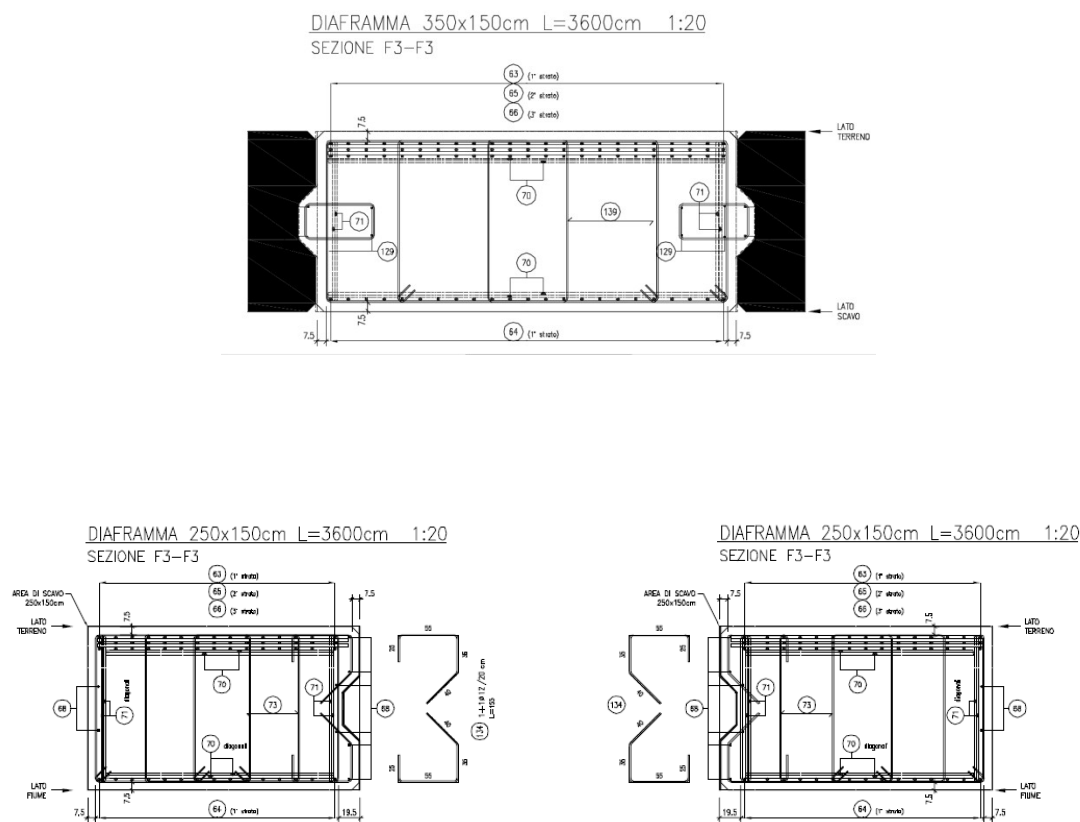
COMMITTENTE: PROVINCIA DI BOLOGNA

terminano entrambi a 4 metri di profondità dal piano campagna; alla medesima quota inizia il fusto in elevazione. A fini di chiarimento si riportano le figure sottostanti.



OGGETTO : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO PILE

COMMITTENTE: PROVINCIA DI BOLOGNA



Per ulteriori dettagli si rimanda agli elaborati grafici di progetto.

OGGETTO : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO PILE

COMMITTENTE: PROVINCIA DI BOLOGNA

2. NORMATIVA E RIFERIMENTI

I calcoli e le disposizioni esecutive sono conformi alle norme attualmente in vigore.

- D. M. Min. Il. TT. del 14 gennaio 2008 – Norme tecniche per le costruzioni
- CIRCOLARE 2 febbraio 2009, n.617 “Istruzione per l'applicazione delle «Nuove norme tecniche per le costruzioni» di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008
- UNI EN 1991-1-5:2004 Parte 1-5: Azioni in generale - Azioni termiche
- UNI EN 1991-2:2005 Parte 2: Carichi da traffico sui ponti
- UNI EN 1992-1-1:2005 Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici
- UNI EN 1992-2:2006 Parte 2: Ponti di calcestruzzo - Progettazione e dettagli costruttivi
- UNI EN 1993-1-1:2005 Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici
- UNI EN 1993-1-5:2007 Parte 1-5: Elementi strutturali a lastra
- UNI EN 1993-1-8:2005 Parte 1-8: Progettazione dei collegamenti
- UNI EN 1993-1-9:2005 Parte 1-9: Fatica
- UNI EN 1994-1-1:2005 Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici
- UNI EN 1994-2:2006 Parte 2: Regole generali e regole per i ponti
- UNI EN 197-1 giugno 2001 – “Cemento: composizione, specifiche e criteri di conformità per cementi comuni
- UNI EN 11104 marzo 2004 – “Calcestruzzo: specificazione, prestazione, produzione e conformità”, Istruzioni complementari per l'applicazione delle EN 206-1
- UNI EN 206-1 ottobre 2006 – “Calcestruzzo: specificazione, prestazione, produzione e conformità”
- UNI EN 1337-2 marzo 2004 – “Appoggi strutturali Parte 2: Elementi di scorrimento”
- Linee guida sul calcestruzzo strutturale - Presidenza del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici - Servizio Tecnico Centrale

OGGETTO : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO PILE

COMMITTENTE: PROVINCIA DI BOLOGNA

3. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

Per la realizzazione dell'opera si prevede l'impiego dei materiali indicati nei paragrafi che seguono. Si indicheranno le caratteristiche prestazionali di resistenza minime e, con particolare riferimento ai calcestruzzi, anche le prescrizioni o caratteristiche da assicurare per garantire i requisiti di durabilità.

3.1 CALCESTRUZZO

Per garantire la durabilità delle strutture in calcestruzzo armato ordinario, esposte all'azione dell'ambiente, si devono adottare i provvedimenti atti a limitare gli effetti di degrado indotti dall'attacco chimico, fisico e derivante dalla corrosione delle armature e dai cicli di gelo e disgelo.

Al fine di ottenere la prestazione richiesta in funzione delle condizioni ambientali, nonché per la definizione della relativa classe, si fa riferimento alle indicazioni contenute nelle Linee Guida sul calcestruzzo strutturale edite dal Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici ovvero alle norme UNI EN 206-1:2006 ed UNI 11104:2004.

Ai fini di preservare le armature dai fenomeni di aggressione ambientale, dovrà essere previsto un idoneo copriferro; il suo valore, misurato tra la parete interna del cassero e la generatrice dell'armatura metallica più vicina, individua il cosiddetto "copriferro nominale".

Il copriferro nominale c_{nom} è somma di due contributi, il copriferro minimo c_{min} e la tolleranza di posizionamento h . Vale pertanto: $c_{nom} = c_{min} + h$.

OGGETTO : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO PILE

COMMITTENTE: PROVINCIA DI BOLOGNA

CALCESTRUZZI:

PALI

- classe di resistenza minima
- rapporto acqua/cemento
- dosaggio minimo di cemento
- diametro massimo aggregato
- copriferro
- classe di esposizione
- tipo di cemento
- classe di consistenza

C28/35
 < 0.6
 300 kg/mc
 32 mm
 75 mm
 XC2
 CEM II/B-S, III/A, IV/A
 S4-S5

BAGGIOLI

- classe di resistenza minima
- rapporto acqua/cemento
- dosaggio minimo di cemento
- diametro massimo aggregato
- copriferro
- classe di esposizione
- tipo di cemento
- classe di consistenza

C32/40
 < 0.5
 340 kg/mc
 32 mm
 35 mm
 XC4, XD1, XF2, XA1
 CEM II/B-S,III/A, IV/A
 S4

DIAFRAMMI

- classe di resistenza minima
- rapporto acqua/cemento
- dosaggio minimo di cemento
- diametro massimo aggregato
- copriferro
- classe di esposizione
- tipo di cemento
- classe di consistenza

C28/35
 < 0.6
 300 kg/mc
 26 mm
 75 mm
 XC2
 CEM II/B-S, III/A, IV/A
 S4-S5

LASTRE TRALICCIATE

- classe di resistenza minima
- rapporto acqua/cemento
- dosaggio minimo di cemento
- diametro massimo aggregato
- copriferro
- classe di esposizione
- tipo di cemento
- classe di consistenza

C45/55
 < 0.5
 340 kg/mc
 20 mm
 25 mm
 XC4, XD1
 CEM II/B-S,III/A, IV/A
 S5

FONDAZIONE SPALLE

- classe di resistenza minima
- rapporto acqua/cemento
- dosaggio minimo di cemento
- diametro massimo aggregato
- copriferro
- classe di esposizione
- tipo di cemento
- classe di consistenza

C32/40
 < 0.55
 300 kg/mc
 32 mm
 40 mm
 XC2, XA1
 CEM II/B-S, III/A, IV/A
 S4

SOLETTA DI IMPALCATO

- classe di resistenza minima
- rapporto acqua/cemento
- dosaggio minimo di cemento
- diametro massimo aggregato
- copriferro
- classe di esposizione
- tipo di cemento
- classe di consistenza

C35/45
 < 0.5
 340 kg/mc
 25 mm
 35 mm
 XC4
 CEM II/B-S,III/A, IV/A
 S4 - S5

OGGETTO : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO PILE

COMMITTENTE: PROVINCIA DI BOLOGNA

ELEVAZIONE SPALLE E PILE

- classe di resistenza minima	C32/40
- rapporto acqua/cemento	< 0.5
- dosaggio minimo di cemento	340 kg/mc
- diametro massimo aggregato	32 mm
- copriferro	40 mm
- classe di esposizione	XC4, XD1, XF2, XA1
- aria inglobata	2.5%
- tipo di cemento	CEM II/B-S, III/A, IV/A
- classe di consistenza	S4

SOLETTA RETROTRAVE

- classe di resistenza minima	C35/45
- rapporto acqua/cemento	< 0.45
- dosaggio minimo di cemento	360 kg/mc
- diametro massimo aggregato	25 mm
- copriferro	45 mm
- classe di esposizione	XC4, XD3, XF4
- aria inglobata	5%+-1%
- tipo di cemento	CEM II/B-S,III/A, IV/A
- classe di consistenza	S4 - S5

CORDOLI

- classe di resistenza minima	C35/45
- rapporto acqua/cemento	< 0.45
- dosaggio minimo di cemento	360 kg/mc
- diametro massimo aggregato	25 mm
- copriferro	50 mm
- classe di esposizione	XC4, XD3, XF4
- aria inglobata	5%+-1%
- tipo di cemento	CEM III, IV
- classe di consistenza	S4

3.2 ACCIAIO PER C.C.A.

Acciaio tipo: B450 C

Saldabile controllato in stabilimento

In conformità a quanto sopra, le caratteristiche meccaniche dell'acciaio d'armatura utilizzate nell'analisi/verifiche sono le seguenti:

Tensione di snervamento caratteristica	f_{yk}	= 450 N/mm ²
Coefficiente parziale per verifiche sezionali	γ_M	= 1.15
Tensione di snervamento di progetto	$f_{yd} = f_{yk}/\gamma_M$	= 391 N/mm ²
Tensione limite in esercizio	$\sigma_s = 0.80 \cdot f_{yk}$	= 360 N/mm ²

OGGETTO : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO PILE

COMMITTENTE: PROVINCIA DI BOLOGNA

3.3 CARPENTERIA METALLICA IMPALCATO

CARPENTERIA METALLICA IMPALCATO

ACCIAIO PER CARPENTERIA METALLICA IMPALCATO

–Elementi composti per saldatura :

acciaio S355J2+W (ex 510 D CORTEN) per spessori $\leq 40\text{mm}$ (UNI EN 10025)

acciaio S355K2+W (ex 510 DD CORTEN) per spessori $> 40\text{mm}$ (UNI EN 10025)

–Elementi non saldati :

acciaio S355J0+W (ex 510 C CORTEN) (UNI EN 10025)

BULLONI

Secondo UNI EN 14399: 2005 part1 3, 4, 5 e 6

Viti : classe 10.9 (UNI EN ISO 898 – 1: 2001)

Dadi : classe 10.9 (UNI EN 20898–2: 1994)

Rosette : acciaio C50 UNI EN 10083 – 2: 2006 (HRC 32–40)

–Giunzioni ad attrito, coppie di serraggio secondo D.M. 04/01/2008

–I bulloni disposti verticalmente avranno la testa della vite verso l'alto ed il dado verso il basso ed avranno una rosetta sotto la vite ed una sotto il dado

–Fori per bulloni secondo D.M. 04/01/2008

PIOLI

Secondo UNI EN ISO 13918

Pioli tipo Nelson (per \varnothing e H vedere elaborati grafici)

Acciaio ST 37–3K (S235J2G3+C450)

Snervamento : $f_y \geq 350 \text{ N/mm}^2$

Rottura : $f_u \geq 450 \text{ N/mm}^2$

Allungamento : $A \geq 15\%$

Strizione : $Z \geq 50\%$

SALDATURE

Secondo D.M. 04/01/2008

–Dove non diversamente specificato si prevedono saldature a cordone d'angolo di lato pari a 0.7 per lo spessore minimo da collegare se su entrambi i lati e di lato pari allo spessore minimo da collegare se su un solo lato

–Tutti i cordoni devono essere sigillati sul contorno.

–Per i giunti a piena penetrazione le lamiere dovranno essere preventivamente preparate con opportuno cianfrino.

OGGETTO : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO PILE

COMMITTENTE: PROVINCIA DI BOLOGNA

4. CRITERI DI CALCOLO

4.1 SCHEMA DI CALCOLO

L'analisi del comportamento delle pile viene eseguita facendo riferimento ai carichi agenti sulla pila più sollecitata (Pila 2), applicati cautelativamente alla geometria della Pila 1 (pila di maggior altezza). Le sollecitazioni sugli elementi strutturali indotte dalle azioni previste per i ponti stradali dal D.M. del 14.01.2008 sono calcolate in base alla porzione di impalcato di competenza ("lunghezza di afferenza") della pila stessa.

4.2 COMBINAZIONI DI CARICO

In ottemperanza al D.M. del 14.01.2008 (Norme tecniche per le costruzioni), le verifiche sono state condotte con il metodo semi-probabilistico agli Stati Limite.

Le combinazioni di carico, considerate ai fini delle verifiche, sono stabilite in modo da garantire la sicurezza in conformità a quanto prescritto al cap. 2 del sovracitato *D.M. 14/01/2008*.

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

- SLU di tipo geotecnico (GEO) e di equilibrio di corpo rigido (EQU)
 - 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.

- | | | | | |
|----|------------------|------------|---|---------------------|
| 1. | combinazione 1 → | (A1+M1+R1) | → | STR |
| 2. | combinazione 2 → | (A2+M1+R2) | → | GEO (carico limite) |

OGGETTO : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO PILE

COMMITTENTE: PROVINCIA DI BOLOGNA

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

PARAMETRO	GRANDEZZA ALLA QUALE APPLICARE IL COEFF. PARZIALE	COEFFICIENTE PARZIALE γ_M	M ₁	M ₂
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan \varphi'_k$	$\gamma_{\varphi'}$	1	1.25
Coesione efficace	c'_k	$\gamma_{c'}$	1	1.25
Resistenza non drenata	c'_{uk}	γ_{cu}	1	1.4
Peso dell'unità di volume	γ	γ_γ	1	1

Tabella 6.2.I/5.1.V - Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni

CARICHI	EFFETTO	SIMBOLO γ_F	EQU	(A1) STR	(A2) STR
Permanente	favorevole	γ_{G1}	0.9	1.0	1.0
	sfavorevole		1.1	1.35	1.0
Permanente non strutturali	favorevole	γ_{G2}	0.0(0.9)	0.0	0.0
	sfavorevole		1.5 (1.1)	1.35	1.0/1.3
Variabili da traffico	favorevole	γ_Q	0.0	0.0	0.0
	sfavorevole		1.35	1.35	1.15
Variabili	favorevole	γ_{Qi}	0.0	0.0	0.0
	sfavorevole		1.5	1.5	1.30

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

$$\text{STR} \Rightarrow \gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \sum_i \psi_{0i} \cdot Q_{ki} \Rightarrow (\Phi_d' = \Phi_k')$$

$$\text{GEO} \Rightarrow \gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \sum_i \psi_{0i} \cdot Q_{ki} \Rightarrow (\text{spinte } \Phi_d' = \tan^{-1}(\tan \Phi_k' / \gamma_\phi))$$

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

$$\text{Rara} \Rightarrow G_1 + G_2 + Q_{k1} + \sum_i \psi_{0i} \cdot Q_{ki}$$

$$\text{Frequente} \Rightarrow G_1 + G_2 + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \sum_i \psi_{2i} \cdot Q_{ki}$$

$$\text{Quasi permanente} \Rightarrow G_1 + G_2 + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \sum_i \psi_{2i} \cdot Q_{ki}$$

Di seguito si riporta la tabella riepilogativa delle combinazioni di carico prese in considerazione per le verifiche degli elementi della pila.

OGGETTO : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO PILE

COMMITTENTE: PROVINCIA DI BOLOGNA

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. 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.

		Q1	q3	q4	q5	q5	q6	q6	q7	q9	ε4	
		(traffico		(centr	(vento	(vento	(sisma	(sisma	(parass-	(urto	(cedimento)	
		g1,g2)	(fren))	scar)	car)	L)	T)	ΔT))	
STR A1	U1a	1.00	0.00	0.00	0.00	1.50	0.00	0.00	0.00	0.72	0.00	-1.2
	U1b	1.35	0.00	0.00	0.00	1.50	0.00	0.00	0.00	0.72	0.00	1.2
	U1c	1.00	1.01	0.00	0.00	0.00	1.50	0.00	0.00	0.72	0.00	0
	U1d	1.35	1.01	0.00	0.00	0.00	1.50	0.00	0.00	0.72	0.00	1.2
	U2a	1.00	1.35	0.00	0.00	0.00	0.90	0.00	0.00	0.72	0.00	0
	U2b	1.35	1.35	0.00	0.00	0.00	0.90	0.00	0.00	0.72	0.00	1.2
	U3a	1.00	1.01	1.35	0.00	0.00	0.90	0.00	0.00	0.72	0.00	0
	U3b	1.35	1.01	1.35	0.00	0.00	0.90	0.00	0.00	0.72	0.00	1.2
	U4a	1.00	1.01	0.00	1.35	0.00	0.90	0.00	0.00	0.72	0.00	0
	U4b	1.35	1.01	0.00	1.35	0.00	0.90	0.00	0.00	0.72	0.00	1.2
U5a	1.00	1.01	0.00	0.00	0.00	0.90	0.00	0.00	1.2	0.00	0	
U5b	1.35	1.01	0.00	0.00	0.00	0.90	0.00	0.00	1.2	0.00	1.2	
GEO A2	U1	1.00	0.00	0.00	0.00	1.30	0.00	0.00	0.00	0.6	0.00	-1
	U2	1.00	0.86	0.00	0.00	0.00	1.30	0.00	0.00	0.6	0.00	1
	U3	1.00	1.15	0.00	0.00	0.00	0.78	0.00	0.00	0.6	0.00	1
	U4	1.00	0.86	1.15	0.00	0.00	0.78	0.00	0.00	0.6	0.00	1
	U5	1.00	0.86	0.00	1.15	0.00	0.78	0.00	0.00	0.6	0.00	1
	U6	1.00	0.86	0.00	0.00	0.00	0.78	0.00	0.00	1	0.00	1
SLE	A1	1.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.60	0.00	-1
	A1b	1.00	0.75	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.60	0.00	1
	A2	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.60	0.00	0.00	0.60	0.00	1
	A3	1.00	0.75	1.00	0.00	0.00	0.60	0.00	0.00	0.60	0.00	1
	A4	1.00	0.75	0.00	1.00	0.00	0.60	0.00	0.00	0.60	0.00	1
	A5	1.00	0.75	0.00	0.00	0.00	0.60	0.00	0.00	1.00	0.00	1
	F1	1.00	0.00	0.00	0.00	0.20	0.00	0.00	0.00	0.6	0.00	-1
	F2	1.00	0.75	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.6	0.00	1
	F3	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.6	0.00	1
	QP1	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	0.00	1

OGGETTO : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO PILE

COMMITTENTE: PROVINCIA DI BOLOGNA

QP2	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	0.00	-1
-----	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	----

4.3 SISTEMA DI VINCOLAMENTO

Il sistema di vincolamento previsto per il ponte è costituito da dispositivi di appoggio ed isolamento sismico in elastomero armato. Tali dispositivi, essendo caratterizzati da un ridotto valore della rigidezza orizzontale, garantiscono un disaccoppiamento del moto orizzontale della struttura rispetto a quello del terreno ed una conseguente riduzione della risposta sismica della struttura; inoltre i dispositivi sono dotati di una certa capacità dissipativa che è determinata dalla mescola elastomerica da cui sono costituiti e che è utile a minimizzare gli spostamenti della struttura isolata. I dispositivi previsti in corrispondenza delle pile sono inoltre dotati di una slitta che permette gli spostamenti in direzione longitudinale: di conseguenza le azioni longitudinali in condizioni di esercizio o in condizione sismica si ripartiscono sulle sole spalle e non vengono trasmesse alle pile. L'unica azione longitudinale agente sulle pile è dovuta all'attrito. Le azioni trasversali invece sono trasmesse a pile e spalle: in questo modo viene ripartita su un maggior numero di punti l'azione del vento e quindi vengono minimizzati gli spostamenti orizzontali trasversali dovuti a tale azione che altrimenti rappresenterebbero un malfunzionamento dell'opera in condizioni di esercizio.

Le diverse caratteristiche dei dispositivi di appoggio ed isolamento, posti rispettivamente in corrispondenza della pila e delle spalle, vengono in primo luogo definite dal valore di portata verticale che i dispositivi stessi devono essere in grado di garantire e quindi in base alle lunghezze di pertinenza dei carichi per le pile e per le spalle. Ne conseguono diversi valori di rigidezza traslazionale k_h proporzionali alle lunghezze di afferenza. La rigidezza orizzontale dei dispositivi è definita dall'espressione $k_h = G \cdot A / t_e$, dove t_e indica lo spessore totale della gomma costituente il dispositivo.

Le mescole elastomeriche ad alto smorzamento di cui sono costituiti i dispositivi di isolamento sono caratterizzate da una sensibile variazione del modulo G al variare della deformazione. In particolare il valore di G al di sotto del 50% della deformazione massima di un dispositivo risulta circa 2 volte superiore al valore assunto da G per deformazioni più elevate. Di conseguenza il valore della rigidezza traslazionale dei dispositivi in condizioni di esercizio risulta più elevata di quella in condizione sismica.

OGGETTO : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO PILE

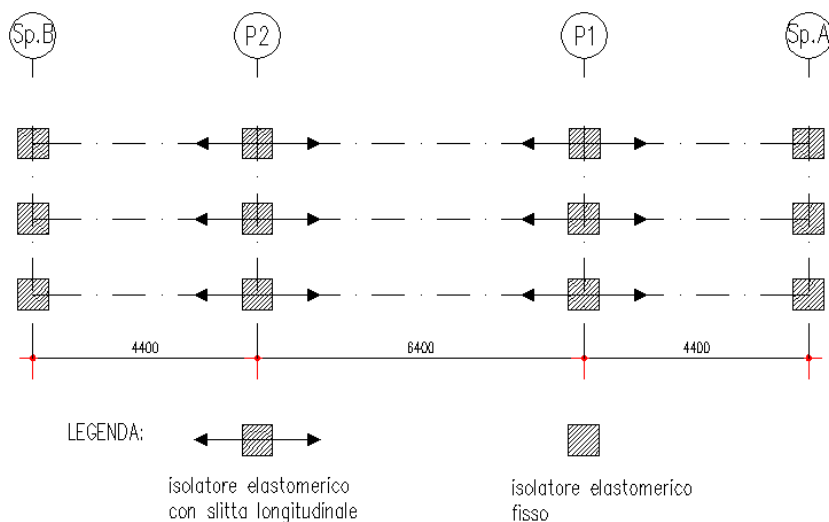
COMMITTENTE: PROVINCIA DI BOLOGNA

Di seguito si anticipano i valori delle rigidezze traslazionali dei dispositivi previsti in corrispondenza delle spalle e delle pile in condizioni di esercizio e sismiche: tali valori verranno infatti utilizzate in condizioni sismiche in un'analisi dinamica lineare al fine della valutazione delle azioni sismiche e nella ripartizione delle azioni orizzontali trasmesse dall'impalcato ai diversi elementi di sostegno.

	Spalle	Pile
Numero dispositivi di appoggio	3	3

	Kh dispositivi spalle	Kh dispositivi pila
Condizioni di esercizio	13420 kN/m	17520 kN/m
Condizioni sismiche	6710 kN/m	8760 kN/m

L'immagine seguente riporta uno schema planimetrico della disposizione degli isolatori lungo lo sviluppo del ponte.



Schema planimetrico posizionamento dispositivi di appoggio

OGGETTO : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO PILE

COMMITTENTE: PROVINCIA DI BOLOGNA

4.4 VERIFICHE DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI

In ottemperanza al D.M. del 14.01.2008, gli elementi strutturali delle pile verranno verificati per i seguenti Stati Limite:

- ✓ Stato Limite Ultimo (flessione e taglio)
- ✓ Stato Limite di Fessurazione
- ✓ Stato Limite delle Tensioni di Esercizio

Il calcolo delle sollecitazioni in condizioni sismiche viene eseguito mediante un'analisi modale con spettro di risposta, in cui l'azione sismica viene modellata direttamente attraverso lo spettro di progetto definito dalla suddetta normativa. Il dettaglio della suddetta analisi è riportato nel documento "Relazione di calcolo sistema di isolamento sismico". Le verifiche geotecniche allo S.L.U. vengono condotte nei confronti del carico limite verticale.

4.5 CONDIZIONI AMBIENTALI E VERIFICHE ALLO S.L.E.

Per assicurare la funzionalità e la durabilità delle strutture, nell'arco temporale coperto dalla vita utile della struttura, la normativa di riferimento prescrive di eseguire le verifiche strutturali allo stato limite di esercizio, che si concretizzano in verifiche allo stato limite di fessurazione ed allo stato limite delle tensioni.

Stati limite di fessurazione

Per le verifiche in oggetto si prendono in considerazione le seguenti combinazioni di azioni:

- Quasi permanenti;
- Frequenti.

I limiti di apertura delle fessure sono stabiliti dalla norma e sono funzione delle condizioni ambientali (classe di esposizione) e della combinazione delle azioni considerata.

Di seguito si riporta la tabella 4.1.III contenuta nel DM14.01.2008 relativa alle condizioni ambientali e delle corrispondenti classi di esposizione da prescrivere in progetto.

Condizioni ambientali	Classe di esposizione
Ordinarie	X0, XC1, XC2, XC3, XF1

OGGETTO : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO PILE

COMMITTENTE: PROVINCIA DI BOLOGNA

Aggressive	XC4, XD1, XS1, XA1, XA2, XF2, XF3
Molto aggressive	XD2, XD3, XS2, XS3, XA3, XF4

Tabella 4..III: Descrizione delle condizioni ambientali

Nella tabella 4.1.IV sono indicati i criteri di scelta dello stato limite di fessurazione con riferimento alle condizioni ambientale e al tipo di armatura.

Gruppi di esigenze	Condizioni ambientali	Combinazioni 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	$\leq w_1$

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

Dove per i valori limite di aperture delle fessure valgono i seguenti valori nominali:

$$w_1 = 0.2\text{mm}$$

$$w_2 = 0.3\text{mm}$$

$$w_3 = 0.4\text{mm}$$

Le armature che si impiegano nei getti di c.c.a. sono armature in acciaio ordinario e pertanto risultano appartenere al secondo gruppo, ossia al gruppo di armature poco sensibili.

Nella tabella che segue per ciascun elemento strutturale si elencano i rispettivi limiti di apertura delle fessure.

ELEMENTO STRUTTURALE	CONDIZIONE AMBIENTALE	VALORE LIMITE FESSURE [mm]
----------------------	-----------------------	-------------------------------

OGGETTO : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO PILE

COMMITTENTE: PROVINCIA DI BOLOGNA

		Combinazione e FREQUENTE	Combinazione QUASI PERMANENTE
ELEVAZIONE PILE	Aggressive	0.3	0.2
FONDAZIONE PILE	Ordinarie	0.4	0.3

Stati limite delle tensioni

Secondo quanto prescritto dal DM14.01.2008, nelle combinazioni di azioni rara e quasi permanente, si calcolano le massime tensioni sia nel calcestruzzo che nell'acciaio e si verifica che tali tensioni siano inferiori ai valori massimi di seguito riportati.

Verifica lato calcestruzzo

$\sigma_c < 0.60 \cdot f_{ck}$	per combinazione rara
$\sigma_c < 0.45 \cdot f_{ck}$	per combinazione quasi permanente

ELEMENTO STRUTTURALE	TENSIONE LIMITE DI COMPRESSIONE σ_c [N/mm ²]			
	Combinazione RARA	Combinazione QUASI PERMANENTE		
ELEVAZIONE PILE	0.60*32	19.2	0.45*32	14.4
FONDAZIONE PILE	0.60*25	15	0.45*25	11.25

OGGETTO : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO PILE

COMMITTENTE: PROVINCIA DI BOLOGNA

Verifica lato acciaio

$$\sigma_s < 0.80 \cdot f_{yk} = 0.80 \cdot 450 = 360 \text{ N/mm}^2 \quad \text{per combinazione rara}$$

OGGETTO : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO PILE

COMMITTENTE: PROVINCIA DI BOLOGNA

5. ANALISI DELLA PILA

5.1 PREMESSA

In corrispondenza della Pila 2 l'impalcato presenta una larghezza complessiva maggiore rispetto alla Pila 1. La Pila 2 presenta altezza pari a 2.5 m mentre la Pila 1 risulta alta 3.5 m. Nella consapevolezza di agire a favore di sicurezza e di massimizzare le sollecitazioni si decide di effettuare un'unica verifica sulla struttura di pila considerando i carichi provenienti dall'impalcato al di sopra della Pila 2 agenti sulla geometria della pila 1, alta 3.5 m. Le sezioni delle due pile sono uguali e rettangolari, con dimensioni pari a 1,5m x 8,5m. Entrambe le pile sono approfondite 40m al di sotto del piano campagna.

5.2 DATI RELATIVI ALL'IMPALCATO

Dati generali dell'impalcato

Di seguito si elencano i dati relativi all'impalcato utilizzati per il calcolo delle azioni verticali e orizzontali trasmesse alla pila.

Larghezza carreggiata	12.27 m
Larghezza pavimentazione	12.27 m
Larghezza cordolo 1	1.00 m
Larghezza cordolo 2	1.00 m
Spessore medio soletta	0.32 m
Spessore pavimentazione	0.10 m
Spessore medio cordoli	0.15 m
Altezza travi	2.85 m
Peso travi in acciaio	3.00 kN/m ²
Altezza baggioli	0.15 m
Altezza appoggi	0.15 m
Peso pavimentazione	3.00 kN/m ²

OGGETTO : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO PILE

COMMITTENTE: PROVINCIA DI BOLOGNA

Peso della singola barriera ed eventuale fonoassorbente	3.00 kN/m
Lunghezza di afferenza alla Pila 2	61.11m
Lunghezza totale impalcato	154.28 m
Numero dei dispositivi di appoggio	3.00
Raggio di curvatura	500.00 m

Azioni trasmesse dall'impalcato

Pesi permanenti

Si riportano i pesi permanenti lineari dei diversi elementi dell'impalcato, calcolati in base ai dati definiti in precedenza.

Peso travi	42.69 kN/m
Peso soletta	113.84 kN/m
Peso pavimentazione	36.69 kN/m
Peso dei cordoli	7.5 kN/m
Peso barriere di sicurezza	6 kN/m

Peso permanente lineare assunto	206.72 kN/m
---------------------------------	-------------

La quota parte del peso permanente totale che grava sulla pila 2 è pari al peso permanente lineare assunto moltiplicato per la lunghezza di afferenza definita in precedenza.

Peso afferente alla pila 2	12858 kN
----------------------------	----------

Cedimenti vincolari

Come specificato al 5.1.3.2 del D.M. 14/01/2008 ai fini del calcolo delle sollecitazioni e quindi delle verifiche strutturali si devono considerare anche gli effetti di possibili cedimenti vincolari. Questi vengono valutati pari a 1/5000 della luce afferente. La

OGGETTO : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO PILE

COMMITTENTE: PROVINCIA DI BOLOGNA

condizione più gravosa per la spalla B si verifica quando i cedimenti interessano entrambe le pile e la spalla A.

Cedimenti vincolari pile	61.11 m/5000= 0.0122 m
Cedimenti vincolari spalle	15.03 m/5000= 0.002992 m

Carichi accidentali

Le reazioni vincolari sulla pila vengono valutate attraverso un modello monofilare agli elementi finiti costituito da elementi beam. E' applicato lo schema di carico 1 costituito da carichi concentrati su due assi in tandem applicati su impronte di pneumatico di forma quadrata e lato 0.40m e da carichi uniformemente distribuiti.

Le reazioni vincolari della trave continua in corrispondenza della pila vengono valutate disponendo gli assi dei carichi concentrati in corrispondenza della pila in modo da massimizzare la reazione verticale sulla pila stessa.

Si riporta il riepilogo dell'analisi dei carichi accidentali effettuata.

Categoria ponte	1
Larghezza della carreggiata w	12.27 m
Lunghezza corsia convenzionale	3.00 m
Numero di corsie convenzionali	4.00
Larghezza della zona rimanente w _r	0.27 m
Corsia numero 1	
Q _{1k}	300.00 kN
q _{1k}	9.00 kN/m ²
Corsia numero 2	
Q _{2k}	200.00 kN

OGGETTO : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO PILE

COMMITTENTE: PROVINCIA DI BOLOGNA

q_{2k} 2.50 kN/m²

Corsia numero 3

Q_{3k} 100.00 kN

q_{3k} 2.50 kN/m²

Altre corsie e zona rimanente 2.50 kN/m²

Folla 2.50 kN/m²

Le colonne dei carichi mobili vengono disposte, a partire da quella di entità massima, in adiacenza al cordolo. Il numero di colonne di carico prese in considerazione è quello che determina le condizioni più sfavorevoli per la pila 2.

Le reazioni sulla pila 2 dovute ad ogni singola colonna di carico e la reazione totale dei carichi accidentali da traffico con la relativa eccentricità trasversale, calcolata rispetto all'asse dell'impalcato sono le seguenti:

Reazione 1° colonna di carico 2388.93 kN

Reazione 2° colonna di carico 896.65 kN

Reazione 3° colonna di carico 696.89 kN

Reazione altre corsie e zona rimanente 536.89 kN

Reazione folla 165.71 kN

R_{acc} 4685.07 kN

Eccentricità trasversale di R_{acc} 2.59 m

OGGETTO : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO PILE

COMMITTENTE: PROVINCIA DI BOLOGNA

Le reazioni distinte fra carichi concentrati R_Q e carichi uniformemente distribuiti R_q , con le rispettive eccentricità, sono riassunte di seguito:

R_Q 1200.00 kN

R_q 3485.07 kN

Eccentricità trasversale con cui è applicato R_Q 2.62 m

Eccentricità trasversale con cui è applicato R_q 2.04 m

Azioni orizzontali trasversali

AZIONE DEL VENTO

L'azione del vento può essere convenzionalmente assimilata ad un carico orizzontale statico, diretto nelle direzioni più sfavorevoli per le pile.

La pressione cinetica del vento è calcolata secondo quanto stabilito dalla normativa. Il calcolo è riportato di seguito:

Zona vento = 2

$v_{b,0} = 25$ m/s; $a_0 = 1000$ m; $k_a = 0.010$ 1/s

Classe di rugosità del terreno: D

Categoria esposizione : tipo II

$K_r = 0.19$ m/s; $z_0 = 0.05$ m; $z_{min} = 4$ m

Velocità di riferimento = 25 m/s

Pressione cinetica di riferimento (q_b) = 0.40 kN/

Coefficiente di forma (C_p) = 1

Coefficiente dinamico (C_d) = 1

Coefficiente di esposizione topografico (C_t) = 1

Coefficiente di esposizione (C_e) = 2.29

OGGETTO : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO PILE

COMMITTENTE: PROVINCIA DI BOLOGNA

Pressione del vento ($p = q_b \cdot C_b \cdot C_p \cdot C_d$) = 0.93 kN/

Superficie esposta al vento a ponte scarico	819.28 m ²
Azione del vento a ponte scarico	762.00 kN
Applicata a quota rispetto base appoggi	2.66 m
Superficie esposta al vento a ponte carico	973.30 m ²
Azione del vento a ponte carico	905.15 kN
Applicata a quota rispetto base appoggi	3.16 m

L'azione trasversale del vento si ripartisce fra spalle e pile in base alle relative rigidezze alla traslazione orizzontale. La quota parte di tale azione che agisce sulla pila 2 è funzione del rapporto fra la rigidezza degli isolatori disposti su tale pila e la rigidezza totale del sistema di isolamento del ponte in direzione trasversale.

Azione del vento a ponte scarico agente sulla pila 2 =

Azione del vento a ponte carico agente sulla pila 2 =

AZIONE CENTRIFUGA

Il ponte in corrispondenza della spalla B presenta asse curvilineo con raggio di curvatura $R=500.0$ m. L'azione centrifuga corrispondente ad ogni colonna di carico si valuta convenzionalmente come indicato in tabella 5.1.III al paragrafo 5.1.3.5 delle NTC2008.

1° colonna di carico

2° colonna di carico

OGGETTO : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO PILE

COMMITTENTE: PROVINCIA DI BOLOGNA

3° colonna di carico

Azione centrifuga 1° colonna di carico	48 kN
Azione centrifuga 2° colonna di carico	32 kN
Azione centrifuga 3° colonna di carico	16 kN
Azione totale	80 kN
Applicata a quota rispetto base appoggi	3.27 m

Il carico concentrato è applicato al livello della pavimentazione stradale e agisce in direzione normale all'asse del ponte.

Azioni orizzontali longitudinali

Poiché sulle pile sono presenti dispositivi di appoggio di tipo elastomerico con slitta longitudinale, mentre sulle spalle vi sono appoggi elastomerici fissi, le azioni longitudinali si ripartiscono fra le sole spalle.

Azione di frenamento sulla pila 2	0.00 kN
Azione elastica (dovuta alla variazione termica)	0.00 kN

applicata in corrispondenza degli appoggi sulla pila 2.

L'unica azione longitudinale agente sulle pile è dovuta all'attrito. Il coefficiente di attrito si calcola facendo riferimento alla norma UNI EN 1337-2, in particolare alla formula B1 (Appendice B) sotto riportata:

dove:

$k=1$ per accoppiamento acciaio austenico e cromo

$k=1,5$ per accoppiamento con lega di alluminio

: pressione di contatto sul PTFE (politetrafluoroetilene)

OGGETTO : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO PILE

COMMITTENTE: PROVINCIA DI BOLOGNA

Per ogni combinazione di carico, sia statica che sismica, si procede al calcolo di σ che moltiplicato per i carichi verticali agenti fornisce il valore dell'azione longitudinale associata all'attrito.

OGGETTO : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO PILE

COMMITTENTE: PROVINCIA DI BOLOGNA

5.3 DATI RELATIVI ALLA PILA

Dati generali della pila

Di seguito si elencano i dati relativi alla pila utilizzati per il calcolo delle azioni verticali e orizzontali.

DATI RELATIVI ALL'ELEVAZIONE

Altezza fusto	3.5 m
Area della sezione della pila	12.75 m ²
Lunghezza pila in dir. trasversale	8.5 m
Lunghezza pila in dir. longitudinale	1.50 m
Momento d'inerzia fusto longitudinale	2.39 m ⁴
Momento d'inerzia fusto trasversale	76.77 m ⁴

Azioni trasmesse alla pila

Azioni orizzontali longitudinali

Nel calcolo in condizioni statiche la struttura di pila viene verificata considerando uno scalzamento massimo a valle di essa pari a 5,75 m, come previsto dai calcoli idraulici effettuati dal servizio tecnico di bacino. In questa configurazione oltre alla spinta delle terre che ne consegue si considera anche una spinta additiva dovuta allo squilibrio idraulico fra monte e valle del setto. La quota della falda è assunta cautelativamente pari a 1 m di profondità dal piano campagna a monte e a 1 m di profondità dal fondo scavo a valle della pila.

Azioni orizzontali trasversali

In considerazione del posizionamento planimetrico e della geometria a setto della pila le azioni idrodinamiche non sono rilevanti per il dimensionamento strutturale dell'elemento. Per le stesse ragioni non si considera rilevante nemmeno l'azione trasversale del vento.

OGGETTO : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO PILE

COMMITTENTE: PROVINCIA DI BOLOGNA

5.4 AZIONI ELEMENTARI IN TESTA PILA

CONDIZIONE ELEMENTARE		N(kN)	MI(kNm)	Mt(kNm)	TI(kN)	Tt(kN)
IMPALCATO						
Peso permanente	g	12858.00				
Accidentali Q_K (Assi concentrati)	Q_1	1200.00		3144.00		
Accidentali q_K (Carichi distribuiti)	q_1	3485.07		7109.54		
Frenatura	q_3		0.00		0.00	
Azione centrifuga	q_4			277.6		80.00
Vento su impalcato carico	q_5			659.6		196.3
Vento su impalcato scarico	q_5			472.8		165.3
Azione di attrito	q_7					
Azione elastica	q_7		0.00		0.00	
Cedimento vincolare		162.6 (com)				
		185.9 (traz)				

5.5 COMBINAZIONI DI CARICO

Le combinazioni di carico sono state determinate in riferimento al par. 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. 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. In ogni combinazione nella quale è presente un'azione longitudinale si è ottenuta la corrispondente azione tagliante moltiplicando il carico assiale presente per il coefficiente d'attrito.

Di seguito si riporta la tabella riepilogativa delle combinazioni di carico prese in considerazione per le verifiche degli elementi della pila. Il cedimento ha valore positivo quando comporta un aumento di compressione, negativo quando comporta trazione, quindi una diminuzione di compressione.

OGGETTO : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO PILE

COMMITTENTE: PROVINCIA DI BOLOGNA

		Q1	q3	q4	q5	q5	q6	q6	q7	q9	ε4
		(traffico g1,g2)	(fren)	(centr)	(vento scar)	(vento car)	(sisma L)	(sisma T)	(parass- ΔT)	(urto)	(cedimento)
STR A1	U1a	1.00	0.00	0.00	0.00	1.50	0.00	0.00	0.72	0.00	-1.2
	U1b	1.35	0.00	0.00	0.00	1.50	0.00	0.00	0.72	0.00	1.2
	U1c	1.00	1.01	0.00	0.00	0.00	1.50	0.00	0.72	0.00	0
	U1d	1.35	1.01	0.00	0.00	0.00	1.50	0.00	0.72	0.00	1.2
	U2a	1.00	1.35	0.00	0.00	0.00	0.90	0.00	0.72	0.00	0
	U2b	1.35	1.35	0.00	0.00	0.00	0.90	0.00	0.72	0.00	1.2
	U3a	1.00	1.01	1.35	0.00	0.00	0.90	0.00	0.72	0.00	0
	U3b	1.35	1.01	1.35	0.00	0.00	0.90	0.00	0.72	0.00	1.2
	U4a	1.00	1.01	0.00	1.35	0.00	0.90	0.00	0.72	0.00	0
	U4b	1.35	1.01	0.00	1.35	0.00	0.90	0.00	0.72	0.00	1.2
	U5a	1.00	1.01	0.00	0.00	0.00	0.90	0.00	1.2	0.00	0
	U5b	1.35	1.01	0.00	0.00	0.00	0.90	0.00	1.2	0.00	1.2
GEO A2	U1	1.00	0.00	0.00	0.00	1.30	0.00	0.00	0.6	0.00	-1
	U2	1.00	0.86	0.00	0.00	0.00	1.30	0.00	0.6	0.00	1
	U3	1.00	1.15	0.00	0.00	0.00	0.78	0.00	0.6	0.00	1
	U4	1.00	0.86	1.15	0.00	0.00	0.78	0.00	0.6	0.00	1
	U5	1.00	0.86	0.00	1.15	0.00	0.78	0.00	0.6	0.00	1
	U6	1.00	0.86	0.00	0.00	0.00	0.78	0.00	1	0.00	1
SLE	A1	1.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.60	0.00	-1
	A1b	1.00	0.75	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.60	0.00	1
	A2	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.60	0.00	0.60	0.00	1
	A3	1.00	0.75	1.00	0.00	0.00	0.60	0.00	0.60	0.00	1
	A4	1.00	0.75	0.00	1.00	0.00	0.60	0.00	0.60	0.00	1
	A5	1.00	0.75	0.00	0.00	0.00	0.60	0.00	1.00	0.00	1
	F1	1.00	0.00	0.00	0.00	0.20	0.00	0.00	0.6	0.00	-1
	F2	1.00	0.75	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.6	0.00	1
	F3	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.6	0.00	1
	QP1	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	0.00	1
	QP2	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	0.00	-1

OGGETTO : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO PILE

COMMITTENTE: PROVINCIA DI BOLOGNA

5.6 SOLLECITAZIONI IN TESTA PILA IN CONDIZIONI STATICHE

Alle sollecitazioni risultanti per ogni combinazione di calcolo statica sono stati aggiunti gli effetti delle imperfezioni geometriche, dovuti all'eccentricità dei carichi verticali posta convenzionalmente pari ad 1/150 della luce. Per quanto concerne le sollecitazioni sismiche, a queste sono state aggiunti gli effetti del 2° ordine determinati tramite degli spostamenti sismici elastici ottenuti allo Stato Limite di Salvaguardia della Vita.

	Pila di calcolo
Altezza Pila [m]	3.5
Reazioni Permanenti [kN]	12858
δ imperfezione geometrica [m]	0.023
Momento II ordine [kNm]	295.7
Max spostamento longitudinale sisma SLV [m]	0.106
Momento Longitudinale [kNm]	1363
Max spostamento trasversale sisma SLV [m]	0.074
Momento Trasversale [kNm]	951.5

$M_{\text{imperfezione geometrica}}$	295.7	kNm
$M_{\text{sisma Effetto 2° ordine trasversale}}$	951.5	kNm
$M_{\text{sisma Effetto 2° ordine longitudinale}}$	1363	kNm

Nelle tabelle successive vengono specificati, per ciascuna delle combinazioni di carico descritte, i valori assunti dalle seguenti componenti di sollecitazione:

N = carico verticale

Mt = momento trasversale

MI= momento longitudinale

TI = taglio longitudinale

Tt = taglio trasversale

OGGETTO : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO PILE

COMMITTENTE: PROVINCIA DI BOLOGNA

	COMB DI CARICO	N(kN)	MI(kNm)	Mt(kNm)	TI(kNm)	Tt(kN)
STR SLU A1	U1a	12634.92	290.60	709.20	760.74	247.95
	U1b	17553.42	403.73	709.20	885.19	247.95
	U1c	17589.92	404.57	11345.48	885.96	294.45
	U1d	22285.34	512.56	11345.48	971.92	294.45
	U2a	19182.84	441.21	14435.92	917.96	176.67
	U2b	23878.26	549.20	14435.92	996.06	176.67
	U3a	17589.92	404.57	10949.72	885.96	176.67
	U3b	22285.34	512.56	10949.72	971.92	176.67
	U4a	17589.92	404.57	11324.48	885.96	284.67
	U4b	22285.34	512.56	11324.48	971.92	284.67
	U5a	17589.92	404.57	10949.72	885.96	176.67
	U5b	22285.34	512.56	10949.72	971.92	176.67
GEO SLU A2	U1	12672.10	291.46	614.64	761.86	214.89
	U2	17049.76	392.14	9675.52	874.34	255.19
	U3	18408.43	423.39	12306.06	902.81	153.11
	U4	17049.76	392.14	9332.53	874.34	153.11
	U5	17049.76	392.14	9651.77	874.34	245.11
	U6	17049.76	392.14	9332.53	874.34	153.11
RARE	A1	12672.10	291.46	472.80	761.86	165.30
	A1b	16534.40	380.29	8349.76	862.84	196.30
	A2	17705.67	407.23	10649.30	888.40	117.78
	A3	16534.40	380.29	8085.92	862.84	117.78
	A4	16534.40	380.29	8363.52	862.84	197.78
	A5	16534.40	380.29	8085.92	862.84	117.78
FREQUENTI	Fr1	12672.10	291.46	94.56	761.86	33.06
	Fr2	16534.40	380.29	7690.16	862.84	0.00
	Fr3	13020.60	299.47	0.00	772.22	0.00
QUASI PERMANENTE	Q.P.1	13020.60	299.47	0.00	772.22	0.00

OGGETTO : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO PILE

COMMITTENTE: PROVINCIA DI BOLOGNA

	Q.P.2	12672.10	291.46	0.00	761.86	0.00
--	-------	----------	--------	------	--------	------

Si riportano nella tabella sottostante le combinazioni di interesse per le verifiche strutturali e geotecniche:

	COMB DI CARICO	N (kN)	MI (kNm)	Mt (kNm)	TI (kNm)	Tt (kN)
STR SLU A1	U2b	23878.26	549.20	14435.9	996.06	176.67
	U1a	12634.92	290.60	709.20	760.74	247.95
GEO SLU A2	U3	18408.43	423.39	12306.1	902.81	153.11
	U1	12672.10	291.46	614.64	761.86	214.89
RARE	A2	17705.67	407.23	10649.3	888.40	117.78
	A1	12672.10	291.46	472.80	761.86	165.30
FREQUENTI	Fr2	16534.40	380.29	7690.16	862.84	0.00
	Fr1	12672.10	291.46	94.56	761.86	33.06
QUASI PERMANENTE	Q.P.1	13020.60	299.47	0.00	772.22	0.00
	Q.P.2	12672.10	291.46	0.00	761.86	0.00

5.7 SOLLECITAZIONI IN TESTA PILA IN CONDIZIONI SISMICHE

Si riporta nelle tabelle seguenti il riepilogo delle sollecitazioni (SLV) ottenute alla sommità della pila 2 (più sollecitata rispetto alla pila 1) attraverso analisi dinamica modale con spettro di risposta. Per i dettagli relativi al modello di calcolo e alle combinazioni di carico utilizzate si rimanda all'elaborato "Relazione di calcolo sistema di isolamento sismico".

P: Carico verticale (il segno negativo indica l'azione verso il basso);

V: Azione di taglio;

2: direzione parallela all'asse longitudinale dell'impalcato; (M2 momento trasversale)

3: direzione perpendicolare all'asse longitudinale dell'impalcato. (M3 momento longitudinale)

OGGETTO : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO PILE

COMMITTENTE: PROVINCIA DI BOLOGNA

Il momento longitudinale M3 è causato dallo scorrimento relativo longitudinale fra pila e impalcato che genera un'eccentricità dei carichi verticali. Al momento trasversale M2 ottenuto dall'analisi sismica si è sommato il contributo dovuto all'eccentricità dei carichi verticali in direzione trasversale, anch'essa generata dallo spostamento relativo pila-impalcato.

Per ogni combinazione di carico, si procede al calcolo di come precedentemente esposto. Il coefficiente in questione, moltiplicato per i carichi verticali agenti, fornisce il valore dell'azione longitudinale V2 associata all'attrito. Si è agito a favore di sicurezza poiché per carichi dinamici si mobilita l'attrito dinamico che ha un coefficiente minore rispetto all'attrito statico.

Sollecitazioni Sismiche Pila 2								
Frame	Station	OutputCase	P	V2	V3	T	M2	M3
Text	m	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
Pila 2	0 (sommità)	SLV Sisma Long	-12459.44	755.404	586.434	0	3918.35	1363
Pila 2	0 (sommità)	SLV Sisma Long	-13514.3	786.417	-586.434	0	-3918.35	1363
Pila 2	0 (sommità)	SLV Sisma Trasv	-12606.91	759.895	1954.781	0	10841	1363
Pila 2	0 (sommità)	SLV Sisma Trasv	-13366.84	782.233	-1954.78	0	-10841	1363
Pila 2	0 (sommità)	SLV Sisma Vert	-11867.8	736.844	586.434	0	3918.4	1363
Pila 2	0 (sommità)	SLV Sisma Vert	-14105.95	802.745	-586.434	0	-3918.4	1363

Si aggiunge il contributo di sforzo normale del cedimento alle sollecitazioni sismiche in modo da massimizzare o minimizzare lo sforzo normale sulla pila. Si ottengono le sollecitazioni sotto riportate:

Sollecitazioni Sismiche Pila 2								
Frame	Station	OutputCase	P	V2	V3	T	M2	M3
Text	m	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m

OGGETTO : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO PILE

COMMITTENTE: PROVINCIA DI BOLOGNA

Pila 2	0 (sommità)	SLV Sisma Long	-12273	755.404	586.434	0	3918.35	1363
Pila 2	0 (sommità)	SLV Sisma Long	-13676.9	786.417	-586.434	0	-3918.35	1363
Pila 2	0 (sommità)	SLV Sisma Trasv	-12421	759.895	1954.781	0	10841	1363
Pila 2	0 (sommità)	SLV Sisma Trasv	-13529.4	782.233	-1954.78	0	-10841	1363
Pila 2	0 (sommità)	SLV Sisma Vert	-11681.9	736.844	586.434	0	3918.4	1363
Pila 2	0 (sommità)	SLV Sisma Vert	-14268.6	802.745	-586.434	0	-3918.4	1363

Ai fini delle verifiche strutturali e geotecniche le combinazioni sismiche rilevanti sono sotto riportate.

Sollecitazioni Sismiche Pila 2								
Frame	Station	OutputCase	P	V2	V3	T	M2	M3
Text	m	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
Pila 2	0 (sommità)	SLV Sisma Long	-12273	755.404	586.434	0	3918.35	1363
Pila 2	0 (sommità)	SLV Sisma Vert	-14268.6	802.745	-586.434	0	-3918.4	1363

5.8 CODICI DI CALCOLO

Nel paragrafo precedente si sono ricavate le sollecitazioni in testa pila. Per ottenere le caratteristiche della sollecitazione agenti su di essa è necessario modellare la pila-setto tenendo conto dell'interazione terreno-struttura. A tal fine si utilizza il codice di calcolo PARATIE. PARATIE è un codice agli elementi finiti che simula il problema di uno scavo sostenuto da diaframmi flessibili e permette di valutare il comportamento della parete di sostegno durante tutte le fasi intermedie e nella configurazione finale. E' inoltre in grado di modellare il problema di diaframmi flessibili infissi nel terreno e sollecitati in sommità da forze e momenti concentrati. Il problema viene assimilato ad un problema piano, per questa ragione il software tratta solo porzioni di profondità unitaria.

La modellazione numerica dell'interazione terreno – struttura è di tipo "TRAVE SU SUOLO ELASTICO". Le pareti di sostegno sono modellate con elementi finiti dal comportamento governato dalla rigidità flessionale EI. Il terreno viene simulato mediante elementi

OGGETTO : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO PILE

COMMITTENTE: PROVINCIA DI BOLOGNA

elastoplastici monodimensionali (molle) connessi ai nodi delle paratie. Ad ogni nodo convergono uno o al massimo due elementi terreno.

5.9 CARATTERISTICHE DEI TERRENI

Per il calcolo delle strutture si sono utilizzati i parametri geotecnici oggetto del Capitolo 6 e sotto riportati.

- **STRATO 1 – Limo**: da p.c. a 10 m di profondità:
 - $\gamma = 19 \text{ kN/m}^3$
 - $\phi'_k = 20^\circ$
 - $c'_k = 28 \text{ kPa}$
 - $E' = 9000 \text{ kPa}$
- **STRATO 2 – Ghiaia**: da 10 m a 15 m di profondità:
 - $\gamma = 21 \text{ kN/m}^3$
 - $\phi'_k = 38^\circ$
 - $c'_k = 0 \text{ kPa}$
 - $E' = 50000 \text{ kPa}$
- **STRATO 3 – Limo**: da 15 m a 40 m di profondità:
 - $\gamma = 19 \text{ kN/m}^3$
 - $\phi'_k = 20^\circ$
 - $c'_k = 28 \text{ kPa}$
 - $E' = 9000 \text{ kPa}$

Spinta della terre – effetto dell'attrito terreno-struttura

Nella valutazione dei coefficienti di spinta (attiva e passiva) è necessario tenere in conto che l'angolo di attrito tra manufatto e terreno (δ) risulta inferiore dell'angolo di attrito interno del terreno. Nel caso di studio in esame si assume quanto segue:

$$\delta/\phi = 0.50$$

OGGETTO : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO PILE

COMMITTENTE: PROVINCIA DI BOLOGNA

Spinta della terra a riposo

Per piano campagna orizzontale si fa riferimento alla seguente correlazione (Jacky, 1944 e Schmidt, 1966):

$$k_o = 1 - \tan(\phi') \text{OCR}^\alpha$$

con :

$$\alpha = 0.5$$

OCR = grado di sovraconsolidazione

Per pendio inclinato (β) si può considerare che la spinta a riposo sia parallela al piano campagna e che il coefficiente k_o valga:

$$k_{o\beta} = k_o (1 + \tan\beta)$$

Spinta attiva

Il coefficiente di spinta attiva (K_a) viene valutato ricorrendo alla correlazione generale di Mueller-Breslau basata sulla teoria di Coulomb e riferita a superfici di rottura piane. In questo caso l'approssimazione (rispetto a quanto si sarebbe ottenuto considerando superfici di rottura di geometria complessa) risulta molto contenuta e a favore di sicurezza.

dove:

ϕ = angolo d'attrito del terreno

α = angolo che la parete forma con l'orizzontale ($\alpha = 90^\circ$ per parete verticale)

δ = angolo d'attrito terreno-parete

β = inclinazione del terreno a monte rispetto all'orizzontale

Spinta passiva

OGGETTO : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO PILE

COMMITTENTE: PROVINCIA DI BOLOGNA

Per il calcolo del coefficiente di spinta passiva si fa riferimento a superfici di rottura di tipo complesso (spirale logaritmica) come suggerito da Caquot & Kerisel (1948).

Parametri di spinta delle terre

Nelle tabelle sono riassunti i valori dei parametri di spinta impiegati nel calcolo.

Combinazione 1: **A1+M1+R1**

STRATO	K_0	K_a	K_p
Limo	0.658	0.44	2.511
Ghiaia	0.357	0.187	9.021

Combinazione 2: **A2+M2+R1**

STRATO	K_0	K_a	K_p
Limo	0.724	0.517	2.051
Ghiaia	0.4437	0.247	5.701

Per l'incremento di spinta delle terre on condizione sismica si fa riferimento alla teoria di Mononobe-Okabe.

Quota della falda

In riferimento alla relazione geologica a disposizione, si adotta un livello della falda cautelativo pari a 1 m di profondità dal piano campagna.

OGGETTO : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO PILE

COMMITTENTE: PROVINCIA DI BOLOGNA

5.10 MODELLO DI CALCOLO

Il calcolo tenso – deformativo della pila viene svolto ricorrendo ad un modello in grado di simulare in maniera verosimile (anche se semplificata) l'interazione fra terreno e setto; in particolare si impiegherà il codice denominato PARATIE basato sulle seguenti ipotesi di carattere generale:

1. Stato piano nelle deformazioni (paratia di lunghezza infinita).
2. Terreno modellato come un letto di molle con legame costitutivo elastico-perfettamente plastico con criterio di rottura di Mohr-Coulomb.
3. Struttura discretizzata in elementi perfettamente elastici.
4. Solutore agli elementi finiti (FEM).
5. Falda introdotta definendo le quote piezometriche di valle e di monte (che possono essere modificate nel corso dell'analisi).

Caratteristiche geometriche del modello

La sezione trasversale della pila è rettangolare. Le caratteristiche per metro lineare di tale sezione sono sotto riportate:

Altezza elevazione	3.5 m
Larghezza	1.50 m
Momento d'inerzia longitudinale	0.281 m ⁴ /m
Modulo di resistenza	0.374 m ³ /m
E calcestruzzo pila	33643 N/ mm ²

Come precisto dai calcoli idraulici effettuati dal servizio tecnico di bacino, si considera nel calcolo in condizioni statiche uno scalzamento massimo a valle della pila pari a:

Altezza di scalzamento da p.c. in condizioni statiche $H = 5.75 \text{ m}$

Poiché la condizione di scalzamento rappresenta un'azione eccezionale, in condizioni sismiche si considera uno scalzamento inferiore rispetto a quello adottato in condizioni statiche. Si ritiene infatti poco realistica la contemporaneità del sisma SLV e del massimo

OGGETTO : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO PILE

COMMITTENTE: PROVINCIA DI BOLOGNA

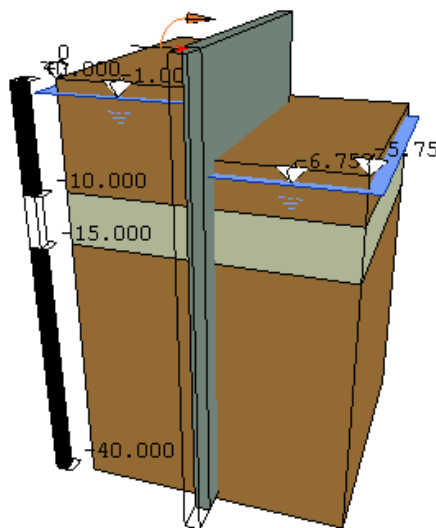
scalzamento di progetto. Nel calcolo in condizioni sismiche si considera quindi uno scalzamento a valle della pila pari a:

Altezza di scalzamento da p.c. in condizioni sismiche $H = 3.5 \text{ m}$

Fasi di Calcolo

La modellazione segue le reali condizioni in cui l'opera si può trovare nel corso della sua vita utile. Si riporta per completezza la fasedistica di realizzazione a cui si fa riferimento per il calcolo delle sollecitazioni:

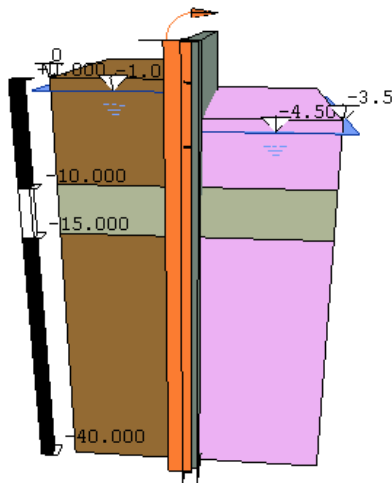
1. Inizializzazione dello stato di sforzo geostatico.
2. Realizzazione della pila.
3. Scavo fino al raggiungimento dell'altezza di scalzamento considerata.



Geometria del modello di calcolo (statica) implementato in PARATIE

OGGETTO : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO PILE

COMMITTENTE: PROVINCIA DI BOLOGNA



Geometria del modello di calcolo (sismica) implementato in PARATIE

Sollecitazioni in condizioni statiche

Si riportano i risultati principali dedotti dalla modellazione. Le sollecitazioni in tabella si riferiscono a una sezione 1,5 m x 1 m.

		Sezione e profondità	N [kN/m]	MI [kNm/m]	TI [kN/m]
STR SLU A1	U2b	Mmax z=-11.7m	2834.7	2140	0
		Tmax z=-5.76	3156	1291	218
	U1a	Mmax z=-11.7m	1512	1785	0
		Tmax z=-5.76	1833.3	1045	192
GEO SLU A2	U3	Mmax z=-11.7m	2191	1995	0
		Tmax z=-5.76	2512.5	1217	203.8
	U1	Mmax z=-11.7m	1516.3	1789	0

OGGETTO : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO PILE

COMMITTENTE: PROVINCIA DI BOLOGNA

		Tmax z=-5.76	1837.6	1046	191
RARE	A2	Mmax z=-11.7m	2108.5	1976	0
		Tmax z=-5.76	2429.8	1199	206
	A1	Mmax z=-11.7m	1516.3	1790	0
		Tmax z=-5.76	1837.6	1046	191
FREQUENTI	Fr2	Mmax z=-11.7m	1970.7	1790	0
		Tmax z=-5.76	2292	1046	191
	Fr1	Mmax z=-11.7m	1516.3	1790	0
		Tmax z=-5.76	1837.6	1046	191
QUASI PERMANENTI	Q.P.1	Mmax z=-11.7m	1557.3	1805	0
		Tmax z=-5.76	1878.6	1059	192
	Q.P.2	Mmax z=-11.7m	1516.3	1780	0
		Tmax z=-5.76	1837.6	1046	191

Lo sforzo normale indicato è calcolato tenendo in conto, oltre ai carichi provenienti dall'impalcato, l'attrito che il terreno esercita sul diaframma fino alla profondità indicata e il peso proprio alla medesima quota.

Sollecitazioni in condizioni sismiche

Le azioni sismiche in direzione trasversale sollecitano direttamente anche la pila. Questo fatto non si verifica in direzione longitudinale poiché sulle pile sono disposte delle slitte che trasmettono unicamente le azioni attrittive. In ragione di quanto appena esposto per quanto concerne l'azione sismica si ricavano anche le sollecitazioni in direzione trasversale. Le sollecitazioni in tabella si riferiscono alla intera sezione della pila.

		Sezione e profondità	N [kN]	MI [kNm]	TI [kN]	Mt [kNm]	Tt [kN]
SISMICA	SLV Sisma	Mmax z=-11 m	12851	11594	0	12720	0
	Long	Tmax z=-3.5	14504	7620	1210	8742	773
	SLV Sisma	Mmax z=-11m	14846.6	12070	0	12720	0
	Vert	Tmax z=-3.5	16500	7950	1258	8742	773
		Mmax z=-11m	12999	11628	0	36996	0

OGGETTO : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO PILE

COMMITTENTE: PROVINCIA DI BOLOGNA

SLV Sisma						
Trasv	Tmax z=-3.5	14652	7626	1210	25321	2146

Lo sforzo normale indicato è calcolato tenendo in conto, oltre ai carichi provenienti dall'impalcato, l'attrito che il terreno esercita sul diaframma fino alla profondità indicata e il peso proprio alla medesima quota.

OGGETTO : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO PILE

COMMITTENTE: PROVINCIA DI BOLOGNA

6. VERIFICHE STRUTTURALI E GEOTECNICHE

Come precedentemente illustrato, le due pile presentano altezze differenti, pari a 2.5 m e 3.5 m rispettivamente per pila 2 e pila 1. La sommità della pila 2 è, però, più sollecitata rispetto alla sommità della pila 1, poiché l'impalcato va allargandosi procedendo dalla spalla A alla spalla B. Le verifiche sono quindi effettuate cautelativamente considerando le sollecitazioni ottenute alla sommità della pila 2 e assumendo come altezza di calcolo il valore 3.5 m.

6.1 VERIFICA PILA

Caratteristiche della sezione

La pila ha sezione rettangolare e prevede le seguenti caratteristiche geometriche e la seguente armatura verticale:

Larghezza direzione longitudinale (cm)	150.00
Larghezza direzione trasversale (cm)	850.00
Armatura verticale (strato d=140 cm)	1Ø26/15cm
	297.3 cm ²
Armatura verticale (strato d=10 cm)	1Ø26/15cm
	297.3 cm ²
Armatura verticale (strato d=15.2 cm)	1Ø26/15cm
	297.3 cm ²
Armatura verticale (strato d=20.4 cm)	1Ø26/15cm
	297.3 cm ²
Totale armatura (cm ²)	1189.2 > 0.003A _c = 382.5

OGGETTO : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO PILE

COMMITTENTE: PROVINCIA DI BOLOGNA

Verifiche agli stati limite ultimi

Le verifiche a pressoflessione del setto vengono eseguite tramite il confronto dei valori di N, M sollecitanti con i domini di resistenza della sezione. Di seguito si riportano le verifiche per le diverse condizioni di carico. Ai fini delle verifiche si considera una sezione avente base 1 m.

Verifica a presso-flessione in condizioni statiche

Le combinazioni di carico più gravose di progetto per la pila in esame in condizioni statiche risultano essere:

Sollecitazioni per metro lineare:

		Sezione e profondità	N [kN/m]	MI [kNm/m]	TI [kN/m]
STR SLU A1	U2b	Mmax z=-11.7m	2834.7	2140	0
		Tmax z=-5.76	3156	1291	218
	U1a	Mmax z=-11.7m	1512	1785	0
		Tmax z=-5.76	1833.3	1045	192

Sollecitazioni totali agenti sulla pila:

		Sezione e profondità	N [kN]	MI [kNm]	TI [kN]
STR SLU A1	U2b	Mmax z=-11.7m	24095	18190	0
		Tmax z=-5.76	26826	10974	1853
	U1a	Mmax z=-11.7m	12852	15172	0
		Tmax z=-5.76	15583	8883	1632

Nella figura seguente si riporta il dominio di rottura della sezione.

OGGETTO : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO PILE

COMMITTENTE: PROVINCIA DI BOLOGNA

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

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

TITOLO :

N° Vertici 4 Zoom N° barre 224 Zoom

N°	x [cm]	y [cm]
1	0	0
2	150	0
3	150	850
4	0	850

N°	As [cm²]	x [cm]	y [cm]
1	5,31	10	12,5
2	5,31	10	27,5
3	5,31	10	42,5
4	5,31	10	57,5
5	5,31	10	72,5
6	5,31	10	87,5

Sollecitazioni S.L.U. Metodo n

N_{Ed} 12852 0 kN
M_{Ed} 0 0 kNm
M_{yEd} -18190 0

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

Tipo rottura
Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

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

Tipo flessione
Retta Deviata

N° rett. 100

Calcola MRd Dominio Mx-My

angolo asse neutro θ° 90

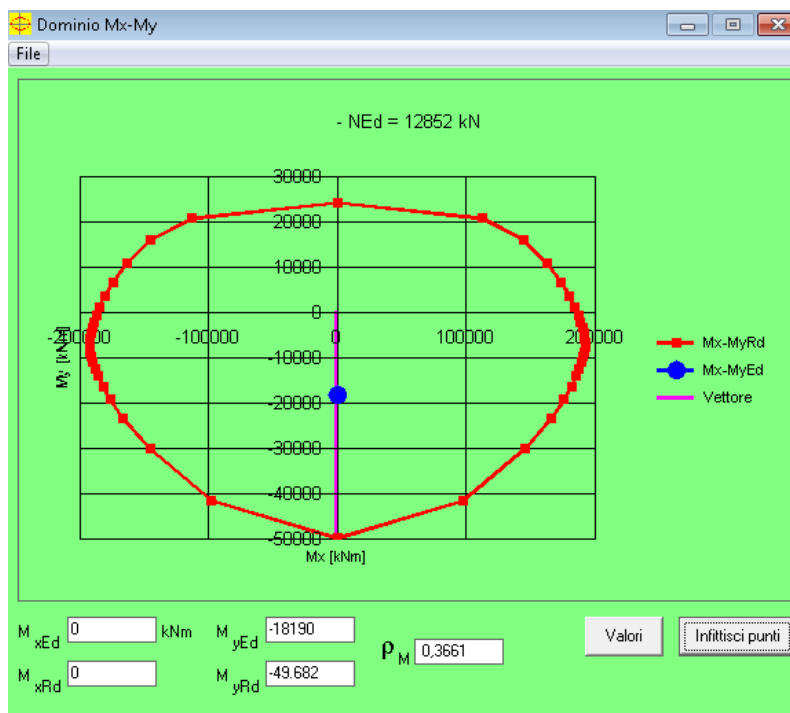
Precompresso

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 ‰
E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 0,8 ?
ε_{syd} 1,957 ‰ σ_{c,adm} 9,75 ‰
σ_{s,adm} 255 N/mm² τ_{co} 0,6 ‰
τ_{c1} 1,829

M_{xRd} 0 kNm
M_{yRd} -49.682 kNm
σ_c -14,17 N/mm²
σ_s 391,3 N/mm²
ε_c 3,5 ‰
ε_s 9,73 ‰
d 140 cm
x 37,04 x/d 0,2646
δ 0,7707



OGGETTO : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO PILE

COMMITTENTE: PROVINCIA DI BOLOGNA

La verifica si ritiene soddisfatta essendo le sollecitazioni all'interno al dominio di rottura.

Verifica a presso-flessione in condizioni sismiche

Le combinazioni di carico di interesse per le verifiche in condizioni sismiche risultano

		Sezione e profondità	N [kN]	MI [kNm]	TI [kN]	Mt [kNm]	Tt [kN]
SISMICA	SLV Sisma	Mmax z=-11 m	12851	11594	0	12720	0
	Long	Tmax z=-3.5	14504	7620	1210	8742	773
	SLV Sisma	Mmax z=-11m	14846.6	12070	0	12720	0
	Vert	Tmax z=-3.5	16500	7950	1258	8742	773
	SLV Sisma	Mmax z=-11m	12999	11628	0	36996	0
	Trasv	Tmax z=-3.5	14652	7626	1210	25321	2146

Nella figura seguente si riporta il dominio di rottura della sezione:

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

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

Titolo: _____

N° Vertici 4 **Zoom** **N° barre** 224 **Zoom**

N°	x [cm]	y [cm]
1	0	0
2	150	0
3	150	850
4	0	850

N°	As [cm²]	x [cm]	y [cm]
1	5,31	10	12,5
2	5,31	10	27,5
3	5,31	10	42,5
4	5,31	10	57,5
5	5,31	10	72,5
6	5,31	10	87,5

Tipo Sezione
☐ Rettan.re ☐ Trapezi
☐ a T ☐ Circolare
☐ Rettangoli ☒ Coord.

Sollecitazioni
 S.L.U. **Metodo n**
 N Ed 12851 0 kN
 M xEd 36996 0 kNm
 M yEd -11628 0 kNm

P.to applicazione N
☒ Centro ☐ Baricentro cls
☐ Coord.[cm] xN 0 yN 0

Tipo rottura
 Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

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 ‰
 E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 0,8 ‰
 ε_{syd} 1,957 ‰ σ_{c,adm} 9,75 ‰
 σ_{s,adm} 255 N/mm² τ_{co} 0,6 ‰
 τ_{c1} 1,829 ‰

Calcoli
 M xRd 118.809 kN m
 M yRd -36.941 kN m
 σ_c -14,17 N/mm²
 σ_s 391,3 N/mm²
 ε_c 3,5 ‰
 ε_s 4,968 ‰
 d 283,3 cm
 x 117,1 x/d 0,4133
 δ 0,9567

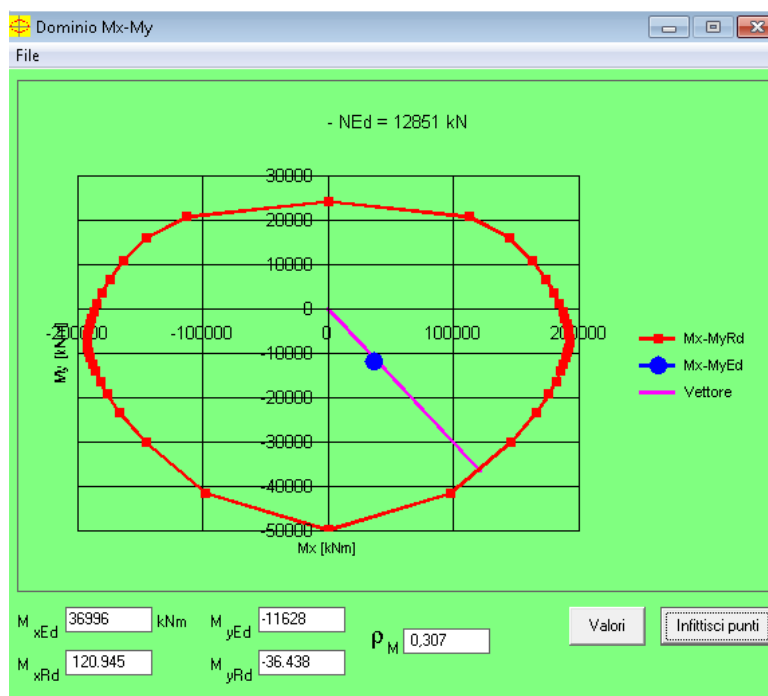
Metodo di calcolo
☒ S.L.U. + ☐ S.L.U. -
☒ Metodo n

Tipo flessione
☒ Retta ☐ Deviata

Calcoli finali
 N° rett. 100
 Calcola MRd **Dominio Mx-My**
 angolo asse neutro θ° 79,687
☐ Precompresso

OGGETTO : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO PILE

COMMITTENTE: PROVINCIA DI BOLOGNA



La verifica si ritiene soddisfatta essendo il momento sollecitante interno al dominio di rottura.

OGGETTO : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO PILE

COMMITTENTE: PROVINCIA DI BOLOGNA

Verifica alle tensioni di esercizio

Le verifiche a presso-flessione vengono eseguite controllando che i valori delle tensioni ottenuti nell'acciaio e nel calcestruzzo calcolati per le combinazioni di carico SLE-A (rara), SLE-QP (quasi permanente) rientrino all'interno dei valori limite relativi ai materiali utilizzati.

Per la verifica delle tensioni dovranno essere rispettati i limiti dei valori tensionali prescritti dalla norma (NTC2008), riassunti nel paragrafo Condizioni ambientali e verifiche allo S.L.E..2 e sotto riportati.

ELEMENTO STRUTTURALE	TENSIONE LIMITE DI COMPRESSIONE σ_c [N/mm ²]			
	Combinazione RARA	Combinazione QUASI PERMANENTE		
ELEVAZIONE PILE	0.60*32	19.2	0.45*3 2	14.4
FONDAZIONE PILE	0.60*25	15	0.45*2 5	11.25

$$\sigma_s < 0.80 \cdot f_{yk} = 0.80 \cdot 450 = 360 \text{ N/mm}^2 \quad \text{per combinazione rara}$$

Le combinazioni di carico di interesse per la pila in esame in condizioni di esercizio risultano essere:

		Sezione e profondità	N [kN/m]	MI [kNm/m]	TI [kN/m]
RARE	A2	Mmax z=-11.7m	2108.5	1976	0
		Tmax z=-5.76	2429.8	1199	206
	A1	Mmax z=-11.7m	1516.3	1790	0
		Tmax z=-5.76	1837.6	1046	191
QUASI PERMANENTI	Q.P.1	Mmax z=-11.7m	1557.3	1805	0
		Tmax z=-5.76	1878.6	1059	192
	Q.P.2	Mmax z=-11.7m	1516.3	1780	0
		Tmax z=-5.76	1837.6	1046	191

Le tensioni di compressione nel calcestruzzo e di trazione nell'acciaio risultano:

Codice documento:

OGGETTO : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO PILE

COMMITTENTE: PROVINCIA DI BOLOGNA

		Sezione e profondità	σ_c [Mpa]	σ_s [Mpa]
RARE	A2	Mmax z=-11.7m	-6.83	85.31
		Tmax z=-5.76	-4.5	21.4
	A1	Mmax z=-11.7m	-6.06	91.01
		Tmax z=-5.76	-3.84	24.7
QUASI PERMANENTI	Q.P.1	Mmax z=-11.7m	-6.12	90.75
		Tmax z=-5.76	-3.89	24.6
	Q.P.2	Mmax z=-11.7m	-6.03	90.2
		Tmax z=-5.76	-3.83	24.7

Poiché i valori di σ_c e σ_s rispettano i limiti prescritti, le verifiche sono soddisfatte.

Verifica a taglio

Calcolo sollecitazioni taglianti

La verifica a taglio del fusto della pila viene eseguita per le seguenti combinazioni di carico:

OGGETTO : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO PILE

COMMITTENTE: PROVINCIA DI BOLOGNA

Sollecitazioni per metro lineare in condizioni statiche:

		Sezione e profondità	N [kN/m]	MI [kNm/m]	TI [kN/m]
STR SLU A1	U2b	Mmax z=-11.7m	2834.7	2140	0
		Tmax z=-5.76	3156	1291	218
	U1a	Mmax z=-11.7m	1512	1785	0
		Tmax z=-5.76	1833.3	1045	192

Sollecitazioni totali in condizioni statiche:

		Sezione e profondità	N [kN]	MI [kNm]	TI [kN]
STR SLU A1	U2b	Mmax z=-11.7m	24095	18190	0
		Tmax z=-5.76	26826	10974	1853
	U1a	Mmax z=-11.7m	12852	15172	0
		Tmax z=-5.76	15583	8883	1632

Sollecitazioni totali in condizioni sismiche:

		Sezione e profondità	N [kN]	MI [kNm]	TI [kN]	Mt [kNm]	Tt [kN]
SISMICA	SLV Sisma	Mmax z=-11 m	12851	11594	0	12720	0
	Long	Tmax z=-3.5	14504	7620	1210	8742	773
	SLV Sisma	Mmax z=-11m	14846.6	12070	0	12720	0
	Vert	Tmax z=-3.5	16500	7950	1258	8742	773
	SLV Sisma	Mmax z=-11m	12999	11628	0	36996	0
	Trasv	Tmax z=-3.5	14652	7626	1210	25321	2146

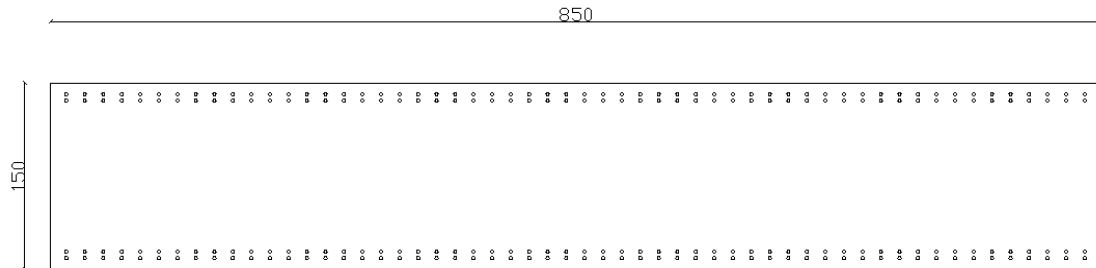
Verifica a taglio in direzione longitudinale

Caratteristiche geometriche della sezione di verifica

Di seguito si riportano le caratteristiche geometriche della sezione di verifica.

OGGETTO : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO PILE

COMMITTENTE: PROVINCIA DI BOLOGNA



Sezione di verifica

Larghezza direzione longitudinale (cm)	150.00
Larghezza direzione trasversale (cm)	850.00
Armatura verticale (strato d=140 cm,)	1Ø26/15cm
	297.3 cm ²
Armatura verticale (strato d=10 cm)	1Ø26/15cm
	297.3 cm ²
Armatura verticale (strato d=15.2 cm)	1Ø26/15cm
	297.3 cm ²
Armatura verticale (strato d=20.4 cm)	1Ø26/15cm
	297.3 cm ²

Verifica a taglio

V_{sdu}	1853	kN
M_{sdu}	0	kNm
N_{sdu}	0	kN
R_{ck}	30	N/mm ²
f_{ck}	25	N/mm ²
γ_c	1.5	

OGGETTO : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO PILE

COMMITTENTE: PROVINCIA DI BOLOGNA

fyk	450	N/mm ²
bw	850	cm
d	140.00	cm
Asl	891.96	cm ²
c	10.00	cm
α	90	gradi
α	1.57	rad
θ	45.00	gradi
ctg θ	1.00	
θ_{imposto}	-	gradi
Asw	0	cm ²
passo staffe	25	cm
f _{cd}	14.167	N/mm ²
fctd _{0,05}	1.119	N/mm ²
f _{yd}	391.304	N/mm ²
σ_{cp}	0.0000	N/mm ²
<i>verifica senza armatura resistente a taglio</i>		
V _{Rd}	5226.517	kN
V _{Rd,min}	3368.543	kN
$\rho_{sw,min}$	0.000889	
s _{l,max}	60.00	cm
A _{sw,min}	45.333	cm ² /s _{l,max}

La verifica risulta quindi soddisfatta essendo il taglio sollecitante $V_{sdu} < V_{Rd}$.

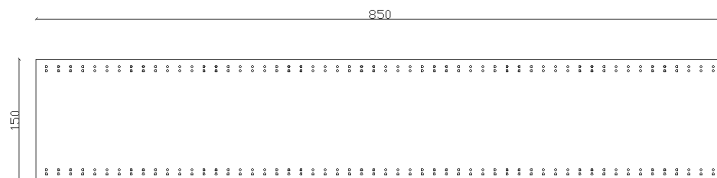
Verifica a taglio in direzione trasversale

Caratteristiche geometriche della sezione di verifica

Di seguito si riportano le caratteristiche geometriche della sezione di verifica.

OGGETTO : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO PILE

COMMITTENTE: PROVINCIA DI BOLOGNA



Sezione di verifica.

Larghezza direzione longitudinale (cm)	150.00
Larghezza direzione trasversale (cm)	850.00
Armatura verticale (strato d=140 cm)	1Ø26/15cm
	297.3 cm ²
Armatura verticale (strato d=10 cm)	1Ø26/15cm
	297.3 cm ²
Armatura verticale (strato d=15.2 cm)	1Ø26/15cm
	297.3 cm ²
Armatura verticale (strato d=20.4 cm)	1Ø26/15cm
	297.3 cm ²

Verifica a taglio

V_{sdu}	2146	kN
M_{sdu}	0	kNm
N_{sdu}	0	kN
R_{ck}	30	N/mm ²
f_{ck}	25	N/mm ²
γ_c	1.5	
f_{yk}	450	N/mm ²
b_w	150	cm
d	837.50	cm
A_{sl}	63.7	cm ²
c	12.50	cm
α	90	gradi
α	1.57	rad
θ	45.00	gradi
$ctg\theta$	1.00	
$\theta_{imposto}$	-	gradi
A_{sw}	0	cm ²
passo staffe	25	cm

OGGETTO : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO PILE

COMMITTENTE: PROVINCIA DI BOLOGNA

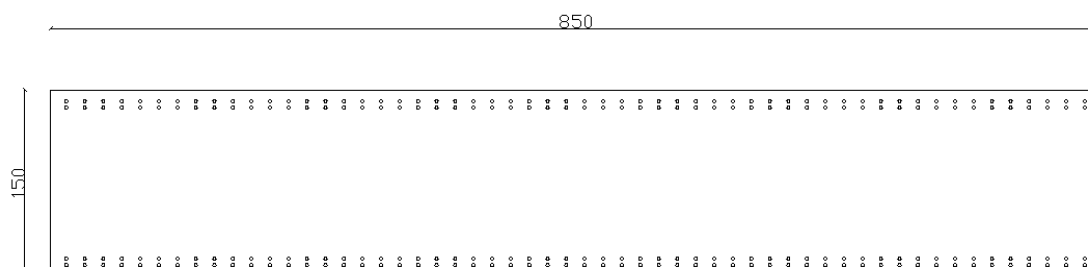
f_{cd}	14.167	N/mm ²
$f_{ctd,0.05}$	1.119	N/mm ²
f_{yd}	391.304	N/mm ²
σ_{cp}	0.0000	N/mm ²
<i>verifica senza armatura resistente a taglio</i>		
V_{Rd}	1883.642	kN
$V_{Rd,min}$	2727.244	kN
$\rho_{sw,min}$	0.000889	
$s_{l,max}$	60.00	cm
$A_{sw,min}$	8.000	cm ² / $s_{l,max}$

La verifica risulta quindi soddisfatta essendo il taglio sollecitante $V_{sdu} < V_{Rd}$.

Verifica a fessurazione

Caratteristiche geometriche della sezione di verifica

Di seguito si riportano le caratteristiche geometriche della sezione di verifica e le armature considerate:



Larghezza direzione longitudinale (cm)	150.00
Larghezza direzione trasversale (cm)	850.00

OGGETTO : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO PILE

COMMITTENTE: PROVINCIA DI BOLOGNA

<i>Armatura verticale (strato d=140 cm,)</i>	1Ø26/15cm
	297.3 cm ²
<i>Armatura verticale (strato d=10 cm)</i>	1Ø26/15cm
	297.3 cm ²
<i>Armatura verticale (strato d=15.2 cm)</i>	1Ø26/15cm
	297.3 cm ²
<i>Armatura verticale (strato d=20.4 cm)</i>	1Ø26/15cm
	297.3 cm ²

Sezione Massimo Momento z= -11.7 m

Combinazione Q.P.:

Caratteristiche dei materiali

OGGETTO : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO PILE

COMMITTENTE: PROVINCIA DI BOLOGNA

Classe cls $f_{ck} = 25 \text{ N/mm}^2$

Modulo elastico acciaio $E_s = 2.10E+05 \text{ N/mm}^2$

Modulo elastico cls t=0 $E_{cm0} = 3.15E+04 \text{ N/mm}^2$

Caratteristiche della sezione

Altezza $h = 150 \text{ cm}$

Larghezza (unitaria) $B = 850 \text{ cm}$

Copriferro baricentrico acciaio teso $cb = 10.00 \text{ cm}$

Area acciaio teso $A_s = 891.90 \text{ cm}^2$

Ricoprimento barre esterne tese $c = 7.5 \text{ cm}$

OGGETTO : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO PILE

COMMITTENTE: PROVINCIA DI BOLOGNA

Diametro massimo barre tese $\Phi = 2.6$ cm

Diametro medio equivalente $\Phi_m = 2.6$ cm

Sezione fessurata: apertura fessure

Tensione media barre (l'intera area in A) $\sigma_{sm} = 90.20$ N/mm²

Asse neutro $x = 70.07$ cm

Altezza utile $d = 140.00$ cm

Deformazione lembo inferiore $\varepsilon_1 = 4.91E-04$

Deformazione lembo superiore $\varepsilon_2 = 0.00$

Distanza media fra due fessure attigue

Distanza media barre $s = 15.0$ cm

OGGETTO : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO PILE

COMMITTENTE: PROVINCIA DI BOLOGNA

Coefficiente k_2 $k_2 = 0.50$

Coefficiente k_3 $k_3 = 3.400$

Larghezza efficace $b_{eff} = 850.0 \text{ cm}$

Altezza efficace $h_{c,eff} = 25.0 \text{ cm}$

Area efficace $A_{ceff} = 21250.0 \text{ cm}^2$

Area armature poste in A_{ceff} $A_s = 891.90 \text{ cm}^2$

Distanza massima fra due fessure $\Delta_{smax} = 36.03 \text{ cm}$

Coefficiente k_t $k_t = 0.4$

Coefficiente k_1 $k_1 = 0.8$

Coefficiente k_4 $k_4 = 0.425$

OGGETTO : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO PILE

COMMITTENTE: PROVINCIA DI BOLOGNA

Deformazione unitaria media $e_{sm} = 2.81E-04$

Ampiezza fessura $w_k = 0.101 \text{ mm}$

Poiché l'ampiezza delle fessure è inferiore a 0,3 mm (Tab 4.1.IV NTC2008) la verifica risulta soddisfatta.

Combinazione Frequente:

Caratteristiche della sezione

Altezza $h = 150 \text{ cm}$

Larghezza (unitaria) $B = 850 \text{ cm}$

Copriferro baricentrico acciaio teso $cb = 10.00 \text{ cm}$

Area acciaio teso $A_s = 891.90 \text{ cm}^2$

OGGETTO : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO PILE

COMMITTENTE: PROVINCIA DI BOLOGNA

Ricoprimento barre esterne tese $c = 7.5$ cm

Diametro massimo barre tese $\Phi = 2.6$ cm

Diametro medio equivalente $\Phi_m = 2.6$ cm

Sezione fessurata: apertura fessure

Tensione media barre (l'intera area in A) $\sigma_{sm} = 91.00$ N/mm²

Asse neutro $x = 69.90$ cm

Altezza utile $d = 140.00$ cm

Deformazione lembo inferiore $\varepsilon_1 = 4.95E-04$

Deformazione lembo superiore $\varepsilon_2 = 0.00$

Distanza media fra due fessure attigue

OGGETTO : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO PILE

COMMITTENTE: PROVINCIA DI BOLOGNA

Distanza media barre $s = 15.0 \text{ cm}$

Coefficiente $k_2 = 0.50$

Coefficiente $k_3 = 3.400$

Larghezza efficace $b_{\text{eff}} = 850.0 \text{ cm}$

Altezza efficace $h_{c,\text{eff}} = 25.0 \text{ cm}$

Area efficace $A_{\text{ceff}} = 21250.0 \text{ cm}^2$

Area armature poste in A_{ceff} $A_s = 891.90 \text{ cm}^2$

Distanza massima fra due fessure $\Delta_{\text{smax}} = 36.03 \text{ cm}$

Coefficiente $k_t = 0.4$

Coefficiente $k_1 = 0.8$

OGGETTO : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO PILE

COMMITTENTE: PROVINCIA DI BOLOGNA

Coefficiente k_4 $k_4 = 0.425$

Deformazione unitaria media $e_{sm} = 2.84E-04$

Ampiezza fessura $w_k = 0.102 \text{ mm}$

Poiché l'ampiezza delle fessure è inferiore a 0,4 mm (Tab 4.1.IV NTC2008) la verifica risulta soddisfatta.

Sezione Massimo Taglio $z = -5.76 \text{ m}$

Combinazione Q.P.:

OGGETTO : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO PILE

COMMITTENTE: PROVINCIA DI BOLOGNA

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

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

TITOLO :

N° Vertici 4 Zoom N° barre 224 Zoom

N°	x [cm]	y [cm]
1	0	0
2	150	0
3	150	850
4	0	850

N°	As [cm²]	x [cm]	y [cm]
220	5,31	128	777,5
221	5,31	128	792,5
222	5,31	128	807,5
223	5,31	128	822,5
224	5,31	128	837,5

Sollecitazioni S.L.U. Metodo n

N_{Ed} 0 15968 kN
M_{Ed} 0 0 kNm
M_{Ed} -9002

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

Tipo Sezione
Rettan.re Trapezi
a T a T
Rettangoli Circolare
Coord.

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

Materiali
B450C C25/30
E_{su} 67,5 % E_{c2} 2 %
f_{yd} 391,3 N/mm² E_{cu} 3,5
E_s 200.000 N/mm² f_{cd} 14,17
E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 0,9
E_{syd} 1,957 % C_{c,adm} 9,75
C_{s,adm} 255 N/mm² τ_{co} 0,6
τ_{c1} 1,829

σ_c -3,57 N/mm²
σ_c 1,156 N/mm²
ε_s 0,0631 %

Verifica N° iterazioni: 4

Precompresso

Poiché la sezione non risulta fessurata la verifica risulta soddisfatta (Tab 4.1.IV NTC2008).

Combinazione Frequente:

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

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

TITOLO :

N° Vertici 4 Zoom N° barre 224 Zoom

N°	x [cm]	y [cm]
1	0	0
2	150	0
3	150	850
4	0	850

N°	As [cm²]	x [cm]	y [cm]
220	5,31	128	777,5
221	5,31	128	792,5
222	5,31	128	807,5
223	5,31	128	822,5
224	5,31	128	837,5

Sollecitazioni S.L.U. Metodo n

N_{Ed} 0 15620 kN
M_{Ed} 0 0 kNm
M_{Ed} -8891

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

Tipo Sezione
Rettan.re Trapezi
a T a T
Rettangoli Circolare
Coord.

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

Materiali
B450C C25/30
E_{su} 67,5 % E_{c2} 2 %
f_{yd} 391,3 N/mm² E_{cu} 3,5
E_s 200.000 N/mm² f_{cd} 14,17
E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 0,9
E_{syd} 1,957 % C_{c,adm} 9,75
C_{s,adm} 255 N/mm² τ_{co} 0,6
τ_{c1} 1,829

σ_c -3,515 N/mm²
σ_c 1,151 N/mm²
ε_s 0,06302 %

Verifica N° iterazioni: 4

Precompresso

Poiché la sezione non risulta fessurata la verifica risulta soddisfatta (Tab 4.1.IV NTC2008).

OGGETTO : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO PILE

COMMITTENTE: PROVINCIA DI BOLOGNA

6.2 VERIFICHE GEOTECNICHE

Premessa

Nei paragrafi seguenti si illustrano le verifiche geotecniche (SLU GEO) del diaframma, con riferimento a:

collasso per carico limite verticale;

collasso per rotazione intorno a un punto dell'opera;

La stratigrafia di progetto è dedotta dalla relazione geologica e coerente con quella utilizzata per le verifiche strutturali.

Verifica di capacità portante verticale

La verifica di capacità portante verticale viene eseguita cautelativamente facendo riferimento alla condizione di massimo scalzamento (5.75 m dal piano campagna). Si riporta la condizione di carico GEO (A2) più gravosa per la verifica di capacità portante verticale.

GEO SLU A2	COMB DI CARICO	N(kN)	MI(kNm)	Mt(kNm)	TI(kNm)	Tt(kN)
	U3	18408.43	423.39	12306.06	902.81	153.11

Verifica di capacità portante verticale a lungo termine

Sezione	Diaframma	
H		1.5 m
B		8.5 m

OGGETTO : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO PILE

COMMITTENTE: PROVINCIA DI BOLOGNA

Peri m		20 m														
L tot		43.5 m														
Portanza laterale																
N °	Da (m) A (m)	Z _m (m)	ΔH (m)	γ' (kN/m³)	σ' _v (kN/m²)	σ' _{vm} (kN/m²)	φ' _k (°)	tgΦ'/ γ	φ' _d (°)	μ = tg(Φ')	k	c'	α	τ _{lim} (kN/m²)	S _{lat,i} (m²)	P _i (kN)
	0.00				25.00											
1		-2.13	4.25	9.00		44.13	20	0.36	20	0.36	0.7 0	28.00	0.7 0	30.84	85.00	2621.6
	-4.25				63.25											
2		-6.75	5.00	11.00		90.75	38	0.78	38	0.78	0.7 0	0.00	0.0 0	49.63	100.00	4963.1
	-9.25				118.25											
3		- 21.75	25	9.00		230.75	20	0.36	20	0.36	0.7 0	28.00	0.7 0	78.39	500.00	39195.1
	-34.25				343.25											
															Qa =	46,779.8

Portanza per punta			
Ap =		12.750	mq
σ' _v		343.25	kN/mq
Nq =		5.0	
q _{us} =		2024.0	kN/mq
Nc =		11.0	
Qb =	q _{us} *A _p =	25806	kN
Peso proprio setto			
γ _{peff} immerso =			
	15.0		kN/mc
γ _{peff} non immerso =			
	25.0		kN/mc

OGGETTO : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO PILE

COMMITTENTE: PROVINCIA DI BOLOGNA

L immers			
a =	34.25	m	
L non immers			
a =	9.25		
A =	12.750	mq	
γ_G	1	-	
W₁ =	$\gamma_G \cdot A_p \cdot L_p \cdot \gamma_{peff}$	9498.75	kN

Azioni			
Carico variabile	P_{Qk} =	0	kN
Carico permanente	P_{Gk} =	18409	kN
γ_G - ACCIDENTALE	1	-	
γ_Q - PERMANENTI	1	-	
Carico variabile	P_{Qd} =	0.00	kN
Carico permanente	P_{Gd} =	18409.00	kN

Verifica Portanza Lungo Termine					
Portata limite laterale	Qa =	46,779.8	kN	γ_G =	1.45
Portata limite di punta	Qb =	25,805.6	kN	FS_B =	1.7

OGGETTO : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO PILE

COMMITTENTE: PROVINCIA DI BOLOGNA

			kN	$\xi =$	1.65
Azione di progetto	$P_p =$	18,409.0	kN	$FS_L * \xi =$	2.3925
Peso palo fattorizzato	$W =$	9,498.8	kN	$FS_B * \xi =$	2.805
$P_p + P_a + W_1 \leq Q_b / (FS_B * \xi) + Q_a / (FS_L * \xi)$		$\frac{27}{907.8} \leq 28\,752.6 \quad \text{Verifica Soddisfatta}$			

Verifica di capacità portante verticale a breve termine

La verifica di capacità portante verticale nel breve termine viene effettuata in riferimento alle condizioni non drenate.

Verifica Portanza Breve Termine					
Portata limite laterale	$Q_a =$	68500	kN	$\gamma_G =$	1.45
Portata limite di punta	$Q_b =$	28687	kN	$FS_B =$	1.7
			kN	$\xi =$	1.65
Azione di progetto	$P_p =$	18409	kN	$FS_L * \xi =$	2.3925
				$FS_B * \xi =$	2.805

OGGETTO : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO PILE

COMMITTENTE: PROVINCIA DI BOLOGNA

$Pp+Pa+W_1 \leq Qb/(FS_B \cdot \xi) + Qa/(FS_L \cdot \xi)$	18 409 kN	<	38 857 kN	Verifica
		=		Soddisfatta

Verifica di equilibrio alla rotazione intorno a un punto dell'opera

Verifica in direzione longitudinale

In accordo con il 6.5.3.1.2 delle NTC2008 la verifica di equilibrio alla rotazione intorno a un punto dell'opera si esegue seguendo l'approccio 2, combinazione 2 (A2+M2+R1). La combinazione statica (GEO) più gravosa per la verifica in esame risulta essere:

OGGETTO : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO PILE

COMMITTENTE: PROVINCIA DI BOLOGNA

GEO SLU A2	COMB DI CARICO	N(kN)	MI(kNm)	Mt(kNm)	TI(kNm)	Tt(kN)
	U3	18408.43	423.39	12306.06	902.81	153.11

La combinazione sismica più gravosa per la verifica in esame risulta essere:

SISMICA	COMB DI CARICO	N(kN)	MI(kNm)	Mt(kNm)	TI(kNm)	Tt(kN)
	SLV Sisma Vert	-14268.6	1363	-3918.4	802.75	-586.4

Implementando le azioni nel modello numerico realizzato in PARATIE precedentemente descritto, questo raggiunge la convergenza. Le verifiche alla rotazione intorno ad un punto in direzione longitudinale dell'opera risultano perciò soddisfatte.

Verifica in direzione trasversale

Le combinazioni statiche (GEO) più gravose per la verifica in esame risultano essere:

GEO SLU A2	COMB DI CARICO	N(kN)	MI(kNm)	Mt(kNm)	TI(kNm)	Tt(kN)
	U2	17049.76	392.14	9675.52	874.34	255.19
	U3	18408.43	423.39	12306.06	902.81	153.11

Le combinazioni sismiche più gravose per la verifica in esame risultano essere:

SISMICA	COMB DI CARICO	N(kN)	MI(kNm)	Mt(kNm)	TI(kNm)	Tt(kN)
	SLV Sisma Long	-12273	1363	3918.35	755.404	586.434
	SLV Sisma Trasv	-12421	1363	10841	759.895	1954.78

Implementando le azioni nel modello numerico realizzato in PARATIE precedentemente descritto, questo raggiunge la convergenza. Le verifiche alla rotazione intorno ad un punto in direzione trasversale dell'opera risultano perciò soddisfatte.