

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



**INFRASTRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE DEFINITE DALLA
LEGGE OBIETTIVO N. 443/01e s.m.i.**

CUP: J14D20000010001

U.O. PROGETTAZIONE INTEGRATA NORD

PROGETTO DEFINITIVO

**LINEA AV/AC MILANO - VENEZIA
LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC VERONA-PADOVA**

NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO EST

Prolungamento sottopasso di Via Albere Sud
SL01 - Prolungamento sottopasso di Via Albere Sud
Relazione di calcolo Spalle, plinti e pali di fondazione

SCALA:

-

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

I N 1 A 2 0 D 2 6 C L S L 0 1 0 0 0 0 2 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione Esecutiva	V. Reale	Gen. 2022	M. Rigo	Gen. 2022	C. Mazzocchi	Gen. 2022	A. Perego Gen. 2022



File: IN1A20D26CLSL0100002A

n. Elab.:

INDICE

1	PREMESSA	5
2	DESCRIZIONE DELL'OPERA	6
2.1	SOVRASTRUTTURA D'IMPALCATO	6
2.2	DISPOSITIVI DI VINCOLO	7
2.3	SOTTOSTRUTTURE	7
2.4	CONTESTUALIZZAZIONE DELL'OPERA E PARAMETRI CARATTERISTICI	11
2.4.1	<i>Vita nominale</i>	11
2.4.2	<i>Sismica</i>	11
2.4.3	<i>Parametri linea</i>	11
3	DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO	12
3.1	RIFERIMENTI NORMATIVI.....	12
4	MATERIALI	14
4.1	CALCESTRUZZO	14
4.1.1	<i>Classi di resistenza e di esposizione</i>	14
4.1.2	<i>Copriferri</i>	14
4.2	ACCIAIO DA CEMENTO ARMATO	14
4.3	ACCIAIO DA CARPENTERIA	14
5	MODALITÀ DI CALCOLO E CONVENZIONI	15
5.1	SOFTWARE IMPIEGATO	15
5.2	MODALITÀ DI CALCOLO E VERIFICA	15
5.3	CONVENZIONI.....	15
6	SPALLE	17
6.1	MODALITÀ GENERALI DI CALCOLO E VERIFICA.....	17
6.1.1	<i>Carichi dall'impalcato</i>	17

6.1.2	<i>Pesi propri</i>	18
6.1.3	<i>Sovraccarichi a tergo spalla</i>	18
6.1.4	<i>Spinte del terreno</i>	18
6.1.5	<i>Spinta statica del terreno</i>	18
6.1.6	<i>Spinta statica del sovraccarico</i>	18
6.1.7	<i>Spinta sismica del terreno</i>	18
6.1.8	<i>Azioni sismiche</i>	19
6.1.9	<i>Combinazioni</i>	19
6.1.10	<i>Criteri generali di verifica dei pali</i>	20
6.2	CARATTERISTICHE GEOMETRICHE	24
6.3	ANALISI DEI CARICHI	29
6.3.1	<i>Carichi permanenti (gk1)</i>	29
6.3.2	<i>Sovraccarico rilevato (qs)</i>	29
6.3.3	<i>Spinte del terreno (qt)</i>	30
6.3.4	<i>Azioni trasmesse dall'impalcato</i>	31
6.3.5	<i>Azioni sismiche inerziali (E)</i>	36
6.4	CONDIZIONI DI CARICO ELEMENTARI	36
6.5	COMBINAZIONI DI CARICO	40
6.6	ANALISI STRUTTURALE	45
6.6.1	<i>Sollecitazioni muro di spalla</i>	47
6.6.2	<i>Sollecitazioni muro andatore</i>	58
6.6.3	<i>Sollecitazioni platea</i>	69
6.6.4	<i>Sollecitazioni pali di fondazione</i>	80
6.7	VERIFICHE STRUTTURALI SPALLA	82
6.7.1	<i>Verifiche a presso\tenso flessione muro frontale di spalla</i>	83
6.7.2	<i>Verifiche a taglio muro frontale di spalla</i>	96

Relazione di calcolo Spalle, plinti e pali di fondazione

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN1A	20	D26CL	CL 09 00 002	A	4 di 159

6.7.3	Verifiche a presso\tenso flessione muro paraghiaia.....	98
6.7.4	Verifiche a presso\tenso flessione muro andatore.....	104
6.7.5	Verifiche a taglio muro andatore	118
6.7.6	Verifiche a presso\tenso flessione platea di fondazione	120
6.7.7	Verifiche a taglio platea	146
6.8	VERIFICHE STRUTTURALI PALI DI FONDAZIONE	147
6.9	VERIFICHE GEOTECNICHE PALI DI FONDAZIONE	156

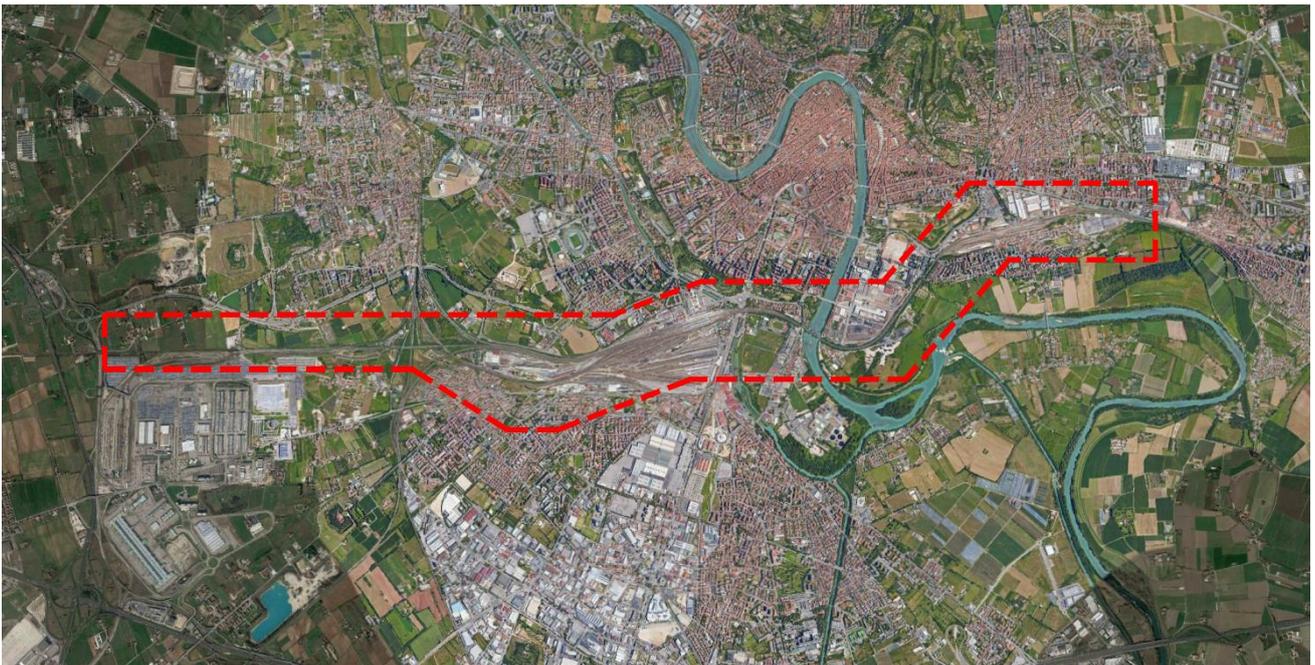
1 PREMESSA

La presente relazione ha per oggetto la progettazione definitiva di opere strutturali relative all'Ingresso Est al Nodo AV/AC di Verona Porta Nuova della Tratta AV/AC Brescia-Verona.

L'intervento prevede la realizzazione delle nuove linee, prevalentemente in affiancamento al sedime della attuale Linea Storica Milano-Venezia, nel tratto compreso tra l'uscita dell'Autostrada Verona Nord e la radice est della Stazione Ferroviaria di Verona Porta Vescovo, per una estensione di circa 9.7 km dall'inizio dello Scalo Cason alla fine della linea AV/AC. Tali interventi sono funzionali al progetto di linea della Tratta Brescia Est – Verona.

- MODIFICA DI TRACCIATO DELLE LINEE MI-VE STORICA E VR-BRENNERO
- LINEA AV/AC MILANO-VENEZIA
- NUOVO SCALO IN LOCALITA' CASON
- RACCORDO BIVIO S.MASSIMO – VERONA P.N.
- RACCORDO Q.E. – VERONA P.N.
- INTERVENTI NELL'AMBITO DI VERONA PORTA NUOVA
- INTERVENTI NELL'AMBITO DI VERONA PORTA VESCOVO

Sono previsti interventi di potenziamento e riconfigurazione della stazione di Verona Porta Nuova e Verona Porta Vescovo. Il progetto comprende tutte le opere atte a consentire l'allaccio e l'interfaccia con le linee storiche esistenti e la risoluzione delle interferenze tra la parte di progetto stesso e l'esistente (viabilità, idrografia, ecc).



2 DESCRIZIONE DELL'OPERA

2.1 Sovrastruttura d'impalcato

La sovrastruttura d'impalcato è costituita da un solettone in c.a. a travi incorporate, di luce netta pari a 14 m e larghezza complessiva pari a 13.30 m. Come mostrato nelle figure seguenti, la sede binari, che ospita n. deu binari tracciati in curva, risulta leggermente decentrata verso il bordo destro. I parametri identificativi del solettone (spessore c.a. e travi), sono riconducibili a quelli suggeriti dal MdP, cap. 2.9, avendo previsto:

Travi metalliche principali: n. 22 profili tipo HEB 800

Interasse travi metalliche: 0.55 m

Spessore minimo soletta: 0.88 m

14 < L ≤ 14.50	HEA 800	11	46,2	91	79	174,3	2464
	HEA 900	9	57,7	101	89	184,3	2268
	HEB 800	9	57,7	92	80	175,3	2358
	HEM 700	12	42	83,6	71,6	166,9	3612

Tabella 2.1 - stralcio MdP, TAB. 2

Sul bordo sinistro dell'impalcato è presente uno sbalzo laterale, dotato di aggetto complessivo pari a 80 cm, previsto per l'alloggiamento del marciapiede di servizio.

Il retrotrave presenta una lunghezza complessiva pari a 0.45 m, con un ricoprimento terminale del calcestruzzo di spessore minimo pari 10 cm.

Il tracciato ferroviario impegna il solettone con un raggio planimetrico pari a circa 460 m.

Le figure seguenti riportano pianta e sezione tipica dell'opera.

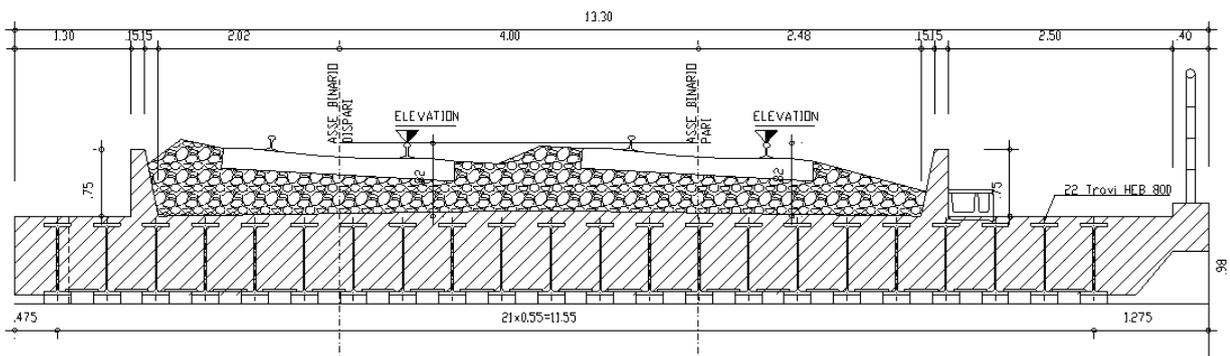
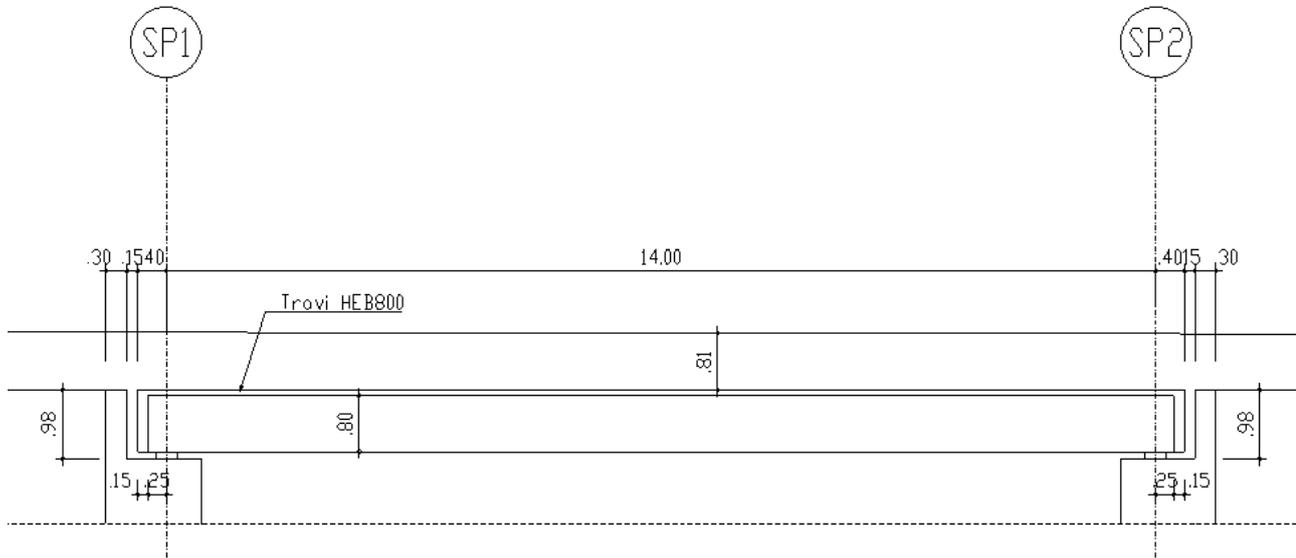


Figura 2.1 Sezione trasversale impalcato


Figura 2.2 Sezione longitudinale impalcato

2.2 Dispositivi di vincolo

Data la limitata luce del ponte e l'elevato numero di travi, per il sistema di vincolo si opta verso una soluzione atta a favorire la distribuzione delle sollecitazioni sui vari dispositivi, basata sull'adozione di dispositivi elastomerici che, secondo le indicazioni del MdP risulteranno dotati di piastre metalliche superiore ed inferiore, vulcanizzate al cuscinetto elastomerico, atte a vincolare meccanicamente il dispositivo alla sovrastruttura ed alla sottostruttura.

Le caratteristiche di massima dei dispositivi (dimensioni, ingombro e rigidità) sono state dedotte dal catalogo della produzione di uno dei maggiori produttori nazionali, e sono le seguenti:

Dimensione cuscinetto (lxb)	300x400
Dimensione piastra ancoraggio (lxb)	320x490
Rigidità orizzontale (kN/mm)	2.25
Rigidità verticale (kN/mm)	922
num. Lamierini	6
spessore strato gomma (mm)	8
spessore totale (mm)	88

Tabella 2.2 Caratteristiche dispositivi di vincolo

Nei successivi paragrafi verrà completata l'identificazione dei dispositivi, fornendo i dati inerenti le portate orizzontali e verticali.

2.3 Sottostrutture

La spalla lato Milano è di tipo tradizionale in c.a. e presenta muro frontale di spessore 1.45 m ed altezza 5.10 m (paraghaia compresa di altezza 0.95 m e spessore 0.3 m). Le fondazioni sono del tipo indiretto su pali trivellati e

Relazione di calcolo Spalle, plinti e pali di fondazione

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN1A	20	D26CL	CL 09 00 002	A	8 di 159

sono costituite da zattere di dimensioni 6.71 m x 5.70 m, spessore 1.8 m, il numero dei pali è pari a 9 su tre file da 3 sulla fondazione del muro frontale, diametro 0.8 m ad interasse trasversale di 2.41 m e longitudinale di 2.53 m; il muro d'ala ha altezza 6.45 m e spessore 0.60 m.

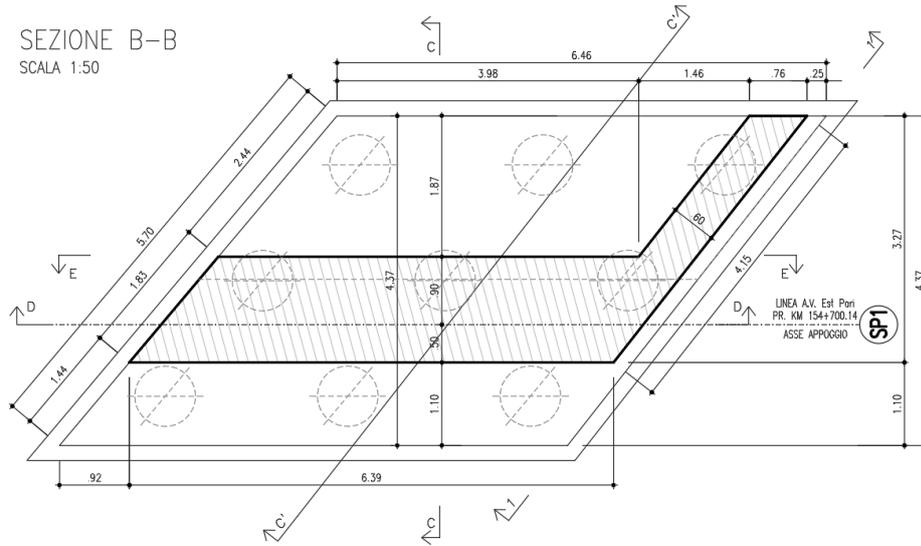


Figura 2.3: Planimetria Spalla lato Milano

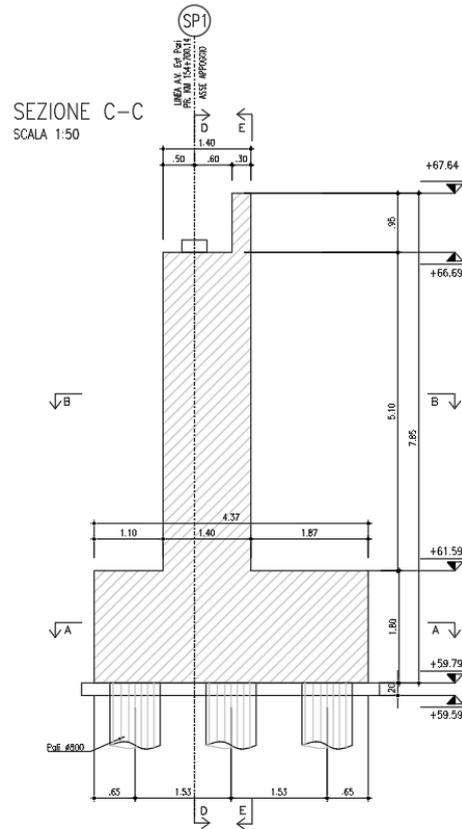


Figura 2.4: Sezione longitudinale spalla lato Milano

La spalla lato Verona è di tipo tradizionale in c.a. e presenta caratteristiche analoghe a quella lato Milano.

Un muro frontale di spessore 1.45 m ed altezza 5.10 m (paragliaia compreso di altezza 0.95 m e spessore 0.3 m). Le fondazioni sono del tipo indiretto su pali trivellati e sono costituite da zattere di dimensioni 7.23 m x 5.70 m, spessore 1.8 m, il numero dei pali è pari a 9 su tre file da 3 sulla fondazione del muro frontale, diametro 0.8 m ad interasse trasversale di 2.41 m e longitudinale di 2.53 m; il muro d'ala ha altezza 6.45 m e spessore 0.60 m.

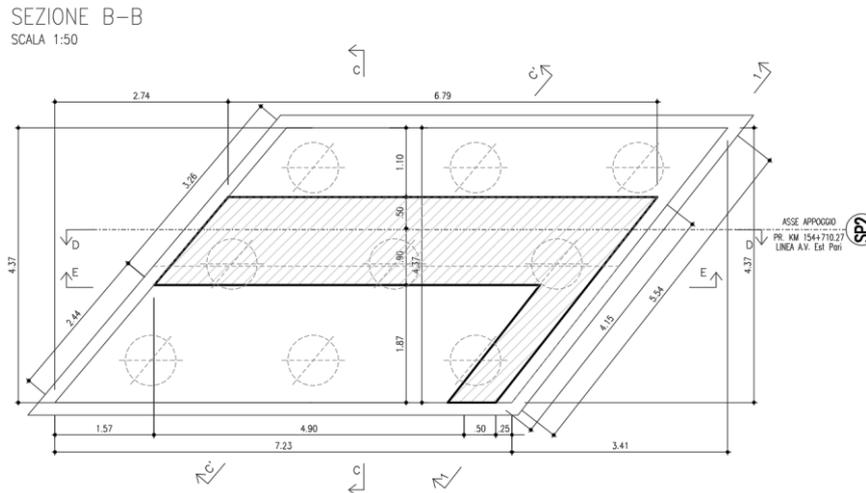


Figura 2.5: Planimetria Spalla lato Verona

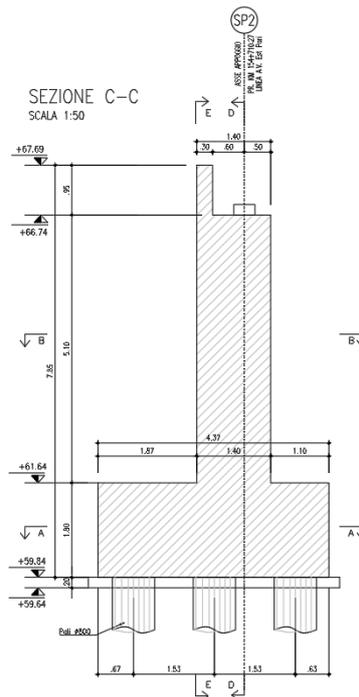


Figura 2.6: Sezione longitudinale spalla lato Verona

Il dimensionamento delle strutture di spalla verrà effettuato con riferimento alla spalla lato Milano.

Infatti, attesa la sostanziale analogia delle dimensioni dei corpi principali in termini di altezza, larghezza e profondità del paramento e della fondazione, la spalla lato Milano può essere ritenuta ragionevolmente rappresentativa anche ai fini del dimensionamento del blocco fondale. Essa, infatti, risulta gravata dalla spinta

	LINEA AV/AC MILANO - VENEZIA LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC VERONA-PADOVA NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO EST					
	Relazione di calcolo Spalle, plinti e pali di fondazione	COMMESSA IN1A	LOTTO 20	CODIFICA D26CL	DOCUMENTO CL 09 00 002	REV. A

trasversale insistente sul muro d'ala a tergo, che presenta sviluppo leggermente maggiore del muro di contenimento "agganciato" frontalmente alla spalla lato Verona, la quale, invece, non ha muri di risvolto posteriori.

2.4 Contestualizzazione dell'opera e parametri caratteristici

2.4.1 Vita nominale

L'opera ricade nell'ambito di una linea ferroviaria esistente.

Per quanto riguarda i parametri caratteristici, rilevanti ai fini della valutazione delle azioni ambientali (sisma, vento, etc.), si farà quindi riferimento ai seguenti dati identificativi:

V_n: 75 anni vita nominale dell'opera

Classe d'uso: IV

Cu: 2

V_r = 100 anni vita di riferimento

2.4.2 Sismica

Ai fini della valutazione dei parametri sismici, si farà riferimento alle seguenti coordinate identificative dell'ubicazione dell'opera:

Latitudine: 45.4420

Longitudine: 10.9955

La vita di riferimento di 100 anni verrà considerata per la valutazione delle azioni sismiche e di quelle del vento.

Ulteriori dettagli inerenti la valutazione delle azioni sismiche (spettri di risposta) e del vento, sono riportati nei capitoli a seguire.

2.4.3 Parametri linea

Per quanto riguarda i parametri d'uso della linea, si considererà, inoltre, una velocità di progetto pari:

V = 115 km/h

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	LINEA AV/AC MILANO - VENEZIA LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC VERONA-PADOVA NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO EST					
	Relazione di calcolo Spalle, plinti e pali di fondazione	COMMESSA IN1A	LOTTO 20	CODIFICA D26CL	DOCUMENTO CL 09 00 002	REV. A

3 DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO

3.1 Riferimenti normativi

Le analisi strutturali e le relative verifiche vengono eseguite secondo il metodo semi-probabilistico agli Stati Limite in accordo alle disposizioni normative previste dalla normativa italiana (NTC2018) ed in osservanza con i criteri aggiuntivi contenuti nella documentazione di riferimento RFI, in particolare il complesso dei manuali facente parte del manuale di progettazione, versione 2020 (cfr. dettaglio), nel prosieguo denominato, nei riferimenti "Mdp". Si è inoltre fatto riferimento, quando pertinente, alle disposizioni contenute nella normativa europea (Eurocodici), curando l'implementazione in osservanza alle prescrizioni contenute nei relativi NAD's (National Application Documents).

In dettaglio si sono presi in esame quindi i seguenti documenti, che volta in volta verranno opportunamente richiamati:

D.M. 17.01.2018:	Nuove norme tecniche per le costruzioni (indicate nel prosieguo "NTC")
Circ, Min LLPP n.7/2019:	Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni" di cui al D. Min. 17 gennaio 2018
D.M. 31.07.2012	Approvazione delle Appendici Nazionali recanti i parametri tecnici per l'applicazione degli Eurocodici
RFI DTC SI PS MA IFS 001 E:	Manuale di progettazione delle opere civili . Parte II – sez. 2 "Ponti e strutture".
UNI 11104:	"Calcestruzzo - Specificazione, prestazione, produzione e conformità – Istruzioni complementari per l'applicazione della EN 206-1";
UNI EN 206-1:2014:	"Calcestruzzo - Specificazione, prestazione, produzione e conformità";
CEB-FIP Model Code 1990,	Thomas Telford, London 1993
Norma UNI EN 10025 – 2005 –	"Prodotti laminati a caldo di acciai per impieghi strutturali;
UNI EN 1990:	Basi della progettazione strutturale
UNI EN 1991-1-4:	Azioni sulle strutture – Azione del vento
UNI EN 1991-1-5:	Azioni sulle strutture – Azioni termiche
UNI EN 1991-2:	Azioni sulle strutture – Carichi da traffico sui ponti
UNI EN 1992-1-1:	Progettazione delle strutture di calcestruzzo - regole generali e regole per gli edifici
UNI EN 1992-2:	Progettazione delle strutture di calcestruzzo – Ponti di calcestruzzo
UNI EN 1993-1-1:	Progettazione delle strutture di acciaio – Regole generali e regole per gli edifici
UNI EN 1993-2:	Progettazione delle strutture di acciaio – Ponti di acciaio
UNI EN 1993-1-5:	Progettazione delle strutture di acciaio – Elementi strutturali a lastra
UNI EN 1993-1-8:	Progettazione delle strutture di acciaio – Progettazione dei collegamenti
UNI EN 1993-1-9:	Progettazione delle strutture di acciaio – Fatica
UNI EN 1994-1-1:	Progettazione delle strutture composte acciaio-calcestruzzo – Regole generali e regole per gli edifici



LINEA AV/AC MILANO - VENEZIA
LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC VERONA-PADOVA
NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO EST

Relazione di calcolo Spalle, plinti e pali di fondazione

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN1A	20	D26CL	CL 09 00 002	A	13 di 159

- UNI EN 1994-2: Progettazione delle strutture composte acciaio-calcestruzzo – Ponti
- UNI EN 1998-2: Progettazione delle strutture per la resistenza sismica – Ponti
- UNI EN 1090-2: Execution of steel structures and aluminium structures - part 2: technical requirements for steel structures

4 MATERIALI

4.1 Calcestruzzo

4.1.1 Classi di resistenza e di esposizione

Si prevede l'adozione dei seguenti materiali, qui di seguito identificati attraverso la relativa classe di resistenza e di esposizione.

Elemento	classe resistenza	classe esposizione
Solettone	C32/40	XC4
elevazione spalla	C32/40	XC4
muri andatori	C32/40	XC4
dado di fondazione	C35/45	XC2
Pali	C35/45	XC2

Tabella 4.1 Calcestruzzo

4.1.2 Copriferri

I copriferri sono determinati sulla base della classe di esposizione, seguendo i criteri contenuti in NTC2018 / EN 1992-1-1, unitamente alle prescrizioni aggiuntive contenute in MdP 2.5.22.3.2., che prevedono un incremento di 10 mm per gli elementi posti in ambiente aggressivo.

Per i vari elementi strutturali, si sono considerati i seguenti copriferri:

Solettone a travi incorporate:	c = 45 mm
Elevazione spalla :	c = 50 mm
Fondazione spalla :	c = 40 mm
Pali :	c = 60 mm

4.2 Acciaio da cemento armato

Acciaio in barre ad aderenza migliorata

B450C controllato in stabilimento, resistenza caratteristica di snervamento $f_{yk} = 450 \text{ N/mm}^2$

4.3 Acciaio da carpenteria

Per le travi principali si prevede l'utilizzo di profili standard in acciaio classe S355 laminati a caldo, della serie "HE", conformi alla norma EN 10025-1.

	LINEA AV/AC MILANO - VENEZIA LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC VERONA-PADOVA NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO EST					
	Relazione di calcolo Spalle, plinti e pali di fondazione	COMMESSA IN1A	LOTTO 20	CODIFICA D26CL	DOCUMENTO CL 09 00 002	REV. A

5 MODALITÀ DI CALCOLO E CONVENZIONI

5.1 Software impiegato

L'analisi della struttura viene eseguita tramite modellazione con il metodo degli elementi finiti, adottando il sistema software "LUSAS (vers. 19.0)", fornito da F.E.A. Ltd (U.K.) su piattaforma windows 10; il pacchetto software comprende pre-post processore grafico interattivo destinato all'input della geometria di base ed all'interpretazione dei risultati di output, ed un risolutore ad elementi finiti.

Per le verifiche delle sezioni acciaio calcestruzzo si adotta il programma "Ponti EC4" sviluppato, testato e commercializzato da Alhambra s.r.l.. Il programma opera sulla base di un database di sezioni opportunamente sincronizzato con quello del sistema ad elementi finiti, ed effettua le verifiche di resistenza e di stabilità locale di membrature in acciaio ed acciaio-clc sulla base dei criteri contenuti negli Eurocodici di riferimento (EN 1993, EN 1994), e in osservanza a quanto previsto da NTC-08.

Tutti i software sono dotati di "verification manual" che potrà essere fornito su richiesta.

Per le verifiche delle sezioni in cemento armato si utilizzano alternativamente il software SAX della Aztec.

Per la valutazione della stabilità laterale torsionale di profili standard, si utilizza il tool dedicato "LTBeam", messo a punto dal consorzio europeo CTICM (Centre Technique Industriel de la Construction Métallique).

Per l'impostazione automatica di calcoli ripetitivi e la gestione/presentazione dei dati, si utilizzano inoltre fogli elettronici sviluppati su piattaforma excel, le cui modalità operative verranno dettagliate di volta in volta per ciascun specifico caso.

5.2 Modalità di calcolo e verifica

In linea generale, l'approccio alla struttura nel suo complesso viene condotto studiando separatamente la sovrastruttura di impalcato (intesa come assieme costituito dall'impalcato + dispositivi di vincolo) e le sottostrutture.

Nei punti seguenti si riportano, in specifici capitoli, le modalità operative di dettaglio adottate per l'analisi e verifica di questi due macro-elementi, evidenziando, oltre ai criteri generali ed ipotesi-base di analisi e verifica strutturale, le modalità di implementazione delle "azioni di interfaccia", scambiate tra l'uno e l'altro elemento.

5.3 Convenzioni

lunghezze: m

forze - coppie: kN, kN.m

tensioni: MPa

Per quanto riguarda le convenzioni di segno, si considerano, in generale, positive le trazioni.

Per quanto riguarda le azioni interne nell'impalcato, salvo diversamente specificato, si indicherà con:

F_x azione assiale

F_y azione tagliante agente nel piano orizzontale

Relazione di calcolo Spalle, plinti e pali di fondazione

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN1A	20	D26CL	CL 09 00 002	A	16 di 159

Fz azione tagliante agente nel piano verticale
Mx momento torcente
My momento flettente agente nel piano verticale
Mz momento flettente agente nel piano orizzontale

Le verifiche dell'impalcato verranno eseguite esclusivamente con riferimento alle caratteristiche Fx, Fz, My, dal momento che risultano non significativi i contributi Fy, Mx ed Mz.

Le notazioni impiegate sono conformi a quelle impiegate negli Eurocodici ed indicate nei relativi capitoli introduttivi.

In particolare, per le sollecitazioni verrà impiegata anche la seguente notazione alternativa:

M (Mf) in luogo di My
V in luogo di Fz
T in luogo di Mx

Nell'ambito dell'adozione del sistema di riferimento elementare, si precisa che le azioni flettenti di trave sono da intendersi:

- POSITIVE: se le fibre tese sono rivolte all'estradosso trave
- NEGATIVE: se le fibre tese sono rivolte all'intradosso trave

Si riporta la convenzione dei segni rispettivamente per il momento flettente e per il taglio negli schemi seguenti.

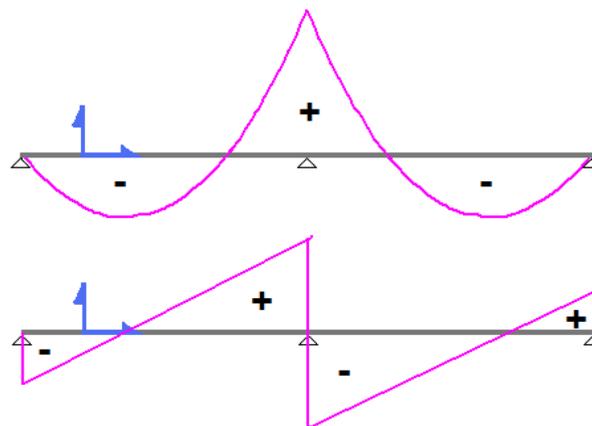


Figura 5.1: Azioni di trave: convenzione sui segni

6 SPALLE

6.1 Modalità generali di calcolo e verifica

Le spalle sono analizzate mediante un modello 3D ad elementi finiti, prendendo quindi in conto sia l'interazione tra muro di spalla e muri andatori, sia la redistribuzione dei carichi dall'impalcato. Si utilizzano elementi guscio (tipo QTS4) per i muri e la platea, ed elementi trave (tipo BMS3) per i pali modellati nello spessore della platea.

Nella figura sottostante si riporta la mesh e la geometria del modello fem.

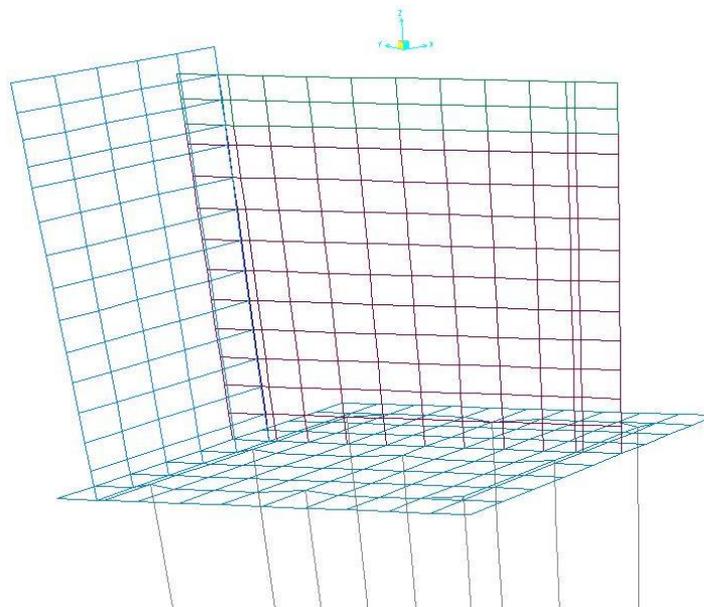


Figura 6.1 Mesh e geometria modello spalla

6.1.1 Carichi dall'impalcato

Dal modello fem dell'impalcato si ricavano le azioni risultanti, calcolate nel baricentro degli apparecchi di appoggio.

Con riferimento ad un sistema cartesiano XYZ, con origine nel baricentro degli appoggi, asse Z verticale e asse X longitudinale, si estraggono i seguenti set di sollecitazioni:

Carichi impalcato FX max/min: Massima/minima azione longitudinale

Carichi impalcato FY max/min: Massima/minima azione trasversale

Carichi impalcato FZ max/min: Massima/minima azione verticale

Carichi impalcato MX max/min: Massima/minima azione torcente trasversale

Carichi impalcato MZ max/min: Massima/minima azione torcente nel piano orizzontale

Carichi impalcato MY max/min: Massima/minima azione flettente nel piano verticale (solo per impalcati sghembi)

Le risultanti sono ricavate per i seguenti stati limite:

SLU Fondamentale, SLE rara, Sisma X prevalente, Sisma Y prevalente.

 ITAFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	LINEA AV/AC MILANO - VENEZIA LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC VERONA-PADOVA NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO EST					
	Relazione di calcolo Spalle, plinti e pali di fondazione	COMMESSA IN1A	LOTTO 20	CODIFICA D26CL	DOCUMENTO CL 09 00 002	REV. A

Le azioni risultanti verranno applicate al muro di spalla come forze concentrate applicate in corrispondenza di ogni apparecchio di appoggio, ricavate dalle risultanti con equazioni di equilibrio e congruenza (imponendo che il traverso di testata si muova di moto rigido).

6.1.2 Pesi propri

Il peso del terreno e dei carichi permanenti (ballast e finiture) è applicato come carico per unità di superficie all'intera platea (al di fuori dell'ingombro dei muri).

Il peso di tutti gli elementi strutturali in ca è calcolato automaticamente a partire dalla densità di massa del cls.

6.1.3 Sovraccarichi a tergo spalla

Si assumerà la presenza di un sovraccarico di entità complessiva pari a 40 kN/m², ivi includendo il contributo dei carichi mobili. Il sovraccarico verrà assunto uniformemente distribuito su tutta la superficie afferente al reinterro.

6.1.4 Spinte del terreno

6.1.5 Spinta statica del terreno

Si applica la spinta a riposo con distribuzione triangolare di pressioni σ_t :

$$\sigma_t = K_0 \cdot \gamma \cdot (H_s + H_p) \quad \text{all'estradosso della platea di fondazione}$$

$$\sigma_t = 0 \quad \text{alla sommità dei muri}$$

$$K_0 = 1 - \sin \phi$$

6.1.6 Spinta statica del sovraccarico

Si applica la spinta a riposo con distribuzione rettangolare di pressioni σ_q :

$$\sigma_q = q \cdot K_0$$

$$K_0 = 1 - \sin \phi$$

6.1.7 Spinta sismica del terreno

Oltre alla spinta statica, si applica un incremento di spinta con diagramma di pressioni rettangolare, calcolato come differenza tra la spinta attiva statica e la spinta attiva sismica.

$$\Delta \sigma = 1/2 \cdot h^2 \cdot w \cdot \gamma \cdot (K_{asism} - K_{astat}) / (h \cdot w) = (K_{asism} - K_{astat}) \cdot \gamma \cdot h / 2$$

Per il calcolo di K_{asism} e K_{astat} si utilizza la formula di Mononobe - Okabe:

$$K = \frac{\sin^2(\psi + \phi - \theta)}{\cos \theta \cdot \sin^2 \psi \cdot \sin(\psi - \theta - \delta) \cdot \left[1 + \sqrt{\frac{\sin(\phi + \delta) \cdot \sin(\phi - \lambda - \theta)}{\sin(\psi - \theta - \delta) \cdot \sin(\psi + \lambda)}} \right]^2}$$

Se $\lambda \leq (\phi - \theta)$:

$$\text{Se } \lambda > (\phi - \theta): \quad K = \frac{\sin^2(\psi + \phi - \theta)}{\cos \theta \cdot \sin^2 \psi \cdot \sin(\psi - \theta - \delta)}$$

Dove:

$$\tan \theta = K_h / (1 \pm K_v) \quad \text{per il } K_a \text{ sism}$$

$$\tan \theta = 0 \quad \text{per il } k_a \text{ stat}$$

$$K_h = S \cdot (a_g / g) / r \quad (r = 1 \text{ struttura rigida})$$

$$K_v = 0.5 \cdot K_h$$

Per i parametri del terreno, si farà riferimento a:

$$\phi = 45^\circ \quad \text{angolo di attrito interno}$$

$$\gamma = 19.0 \text{ kN/m}^3 \quad \text{peso specifico del materiale}$$

$$\psi = 90.0^\circ \quad \text{angolo di inclinazione del muro di spalla rispetto all'orizzontale}$$

$$\lambda = 0.0^\circ \quad \text{angolo di inclinazione del terreno a livello di estradosso del muro paraghiaia rispetto all'orizzontale}$$

$$\delta = 30.0^\circ \quad \text{angolo di attrito terra - muro}$$

6.1.8 Azioni sismiche

6.1.8.1 Sisma longitudinale

Alla massa del cemento armato sarà applicata una accelerazione in direzione +/- X

$$a_{\text{sisma}} = K_h \cdot g.$$

$$K_h = S \cdot (a_g / g) / r \quad (r = 1 \text{ struttura rigida})$$

6.1.8.2 Sisma trasversale

Alla massa del cemento armato sarà applicata una accelerazione in direzione +/- Y

$$a_{\text{sisma}} = K_h \cdot g.$$

$$K_h = S \cdot (a_g / g) / r \quad (r = 1 \text{ struttura rigida})$$

6.1.9 Combinazioni

Combinazioni secondo DM2018, Capitolo 5.

Si prevede l'utilizzo di algoritmi disponibili nel software LUSAS (Envelope e Smart Combination) finalizzati alla redazione degli involucri di progetto per i vari stati limite analizzati.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	LINEA AV/AC MILANO - VENEZIA LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC VERONA-PADOVA NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO EST					
	Relazione di calcolo Spalle, plinti e pali di fondazione	COMMESSA IN1A	LOTTO 20	CODIFICA D26CL	DOCUMENTO CL 09 00 002	REV. A

6.1.9.1 Verifiche del cemento armato

Verifiche secondo DM2018 a SLU ed Esercizio, delle sezioni significative dei vari elementi strutturali (muro frontale, muro paraghiaia, muri andatori, platea di fondazione, pali).

6.1.10 Criteri generali di verifica dei pali

Il presente paragrafo illustra nel dettaglio i criteri generali di calcolo adottati per le verifiche geotecniche e strutturali condotte sui pali di fondazione.

Le sollecitazioni di verifica utilizzate sia per le verifiche strutturali che per le verifiche geotecniche derivano dagli inviluppi allo SLU fondamentale (approccio 2, coefficienti di combinazione A1) e sismico, massimizzando e minimizzando gli sforzi normali ed i tagli in tasta ai pali, a livello di intradosso platea, derivati direttamente dal modello di calcolo della spalla.

6.1.10.1 Capacità portante dei pali di fondazione per carichi assiali

Il calcolo della capacità portante dei pali, nel presente caso trivellati, è condotto con l'approccio progettuale 2 delle Norme Tecniche.

Resistenza laterale

La resistenza laterale è stata calcolata, in base al tipo di terreno attraversato, come segue (AGI, 1984):

Terreni a grana grossa (sabbie)

$$\tau_{us} = k \sigma'_{v0} \tan \phi'$$

dove:

k coefficiente empirico variabile con la profondità tra 0.4 e 0.7, (AGI 1984) assunto in questa sede pari a 0.4.

Tabella 17.6: Valori di K e di $\tan\delta$ per pali di medio diametro in terreno incoerente

	<i>Tipo di palo</i>	<i>Valori di K</i>		<i>Valori di $\tan\delta$</i>
		<i>per stato di addensamento</i>		
		<i>sciolto</i>	<i>denso</i>	
Battuto	profilato in acciaio	0.7	1.0	$\tan 20^\circ = 0.36$
	tubo d'acciaio chiuso	1.0	2.0	
	cls. prefabbricato	1.0	2.0	$\tan(0.75\phi')$
	cls. gettato in opera	1.0	3.0	$\tan\phi'$
	trivellato	0.4	0.5	$\tan\phi'$
	trivellato-pressato con elica continua	0.7	0.9	$\tan\phi'$

σ'_{v0} pressione verticale efficace geostatica calcolata a partire dal p.c. originario;

 ITAFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	LINEA AV/AC MILANO - VENEZIA LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC VERONA-PADOVA NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO EST					
	Relazione di calcolo Spalle, plinti e pali di fondazione	COMMESSA IN1A	LOTTO 20	CODIFICA D26CL	DOCUMENTO CL 09 00 002	REV. A

φ' angolo di resistenza al taglio del terreno.

Terreni a grana fine (limi e argille)

$$\tau_{us} = \alpha c_u$$

dove:

c_u resistenza a taglio non drenata;

α coefficiente adimensionale variabile col valore di c_u secondo quanto indicato in Tabella 7-1.

Terreni stratificati

Nel caso di terreni stratificati, costituiti da alternanze di strati di limi e argille sature e di sabbie e ghiaie, i criteri di valutazione delle portate laterali limite rimangono analoghi a quelli sopra descritti.

c_u (kPa)	α (-)
≤ 25	0.9
25÷50	0.8
50÷75	0.6
≥ 75	0.4

Tabella 6.1 Valori indicativi di (α) per pali trivellati in terreni coesivi (AGI, 1984)

Resistenza di base

La resistenza di base è stata calcolata, in base al tipo di terreno alla base del palo, come segue (AGI, 1984):

Terreni a grana fine (limi e argille)

$$q_{ub} = 9 c_u + s_{vo}$$

dove:

c_u resistenza a taglio non drenata del terreno alla base del palo;

s_{vo} tensione verticale geostatica alla base del palo.

Terreni a grana grossa

$$q_{ub} = N_q^* \times s'_{vo}$$

dove:

N_q^* fattore di capacità portante, valutato secondo le indicazioni di Berezantzev, di seguito riportate;

s'_{vo} tensione verticale efficace alla base del palo.

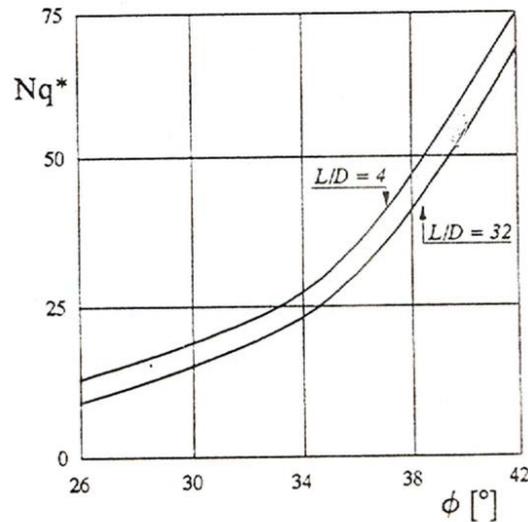


Figura 6.2 – Valori di Nq^* proposti da Berezantzev 1970

Resistenza dei pali trivellati calcolata da parametri geotecnici

Portata limite per attrito laterale:

$$R_{c,calc-laterale} = \pi \cdot D \cdot \int_{z_t}^{z_b} \tau_{us} \cdot dz$$

con

(τ_{us}) = tensione tangenziale ultima lungo il fusto del palo;

(z_b) = profondità della base del palo dal p.c. originario;

(z_t) = profondità della testa del palo dal p.c. originario.

Portata limite di base:

$$R_{c,calc-base} = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot q_{ub}$$

con

(q_{ub}) = pressione limite alla base del palo;

Resistenza di progetto del palo

I valori della resistenza di progetto a compressione $R_{c,d}$ e della resistenza di progetto a trazione $R_{t,d}$, da confrontare con la massima azione di compressione (trazione) agente in testa al palo E_d , sono determinati calcolando il valore caratteristico della resistenza di base $R_{b,k}$ e laterale $R_{s,k}$, mediante l'applicazione dei coefficienti ξ (fattori di correlazione per la determinazione della resistenza caratteristica del palo in funzione del numero di verticali indagate).

n	1	2	3	4	5	7	≥ 10
ξ_3	1.70	1.65	1.60	1.55	1.50	1.45	1.40
ξ_4	1.70	1.55	1.48	1.42	1.34	1.28	1.21

$$R_{b,k} = \text{Min}(R_{b,cal med}/\xi_3 ; R_{b,cal min}/\xi_4):$$

$$R_{s,k} = \text{Min}(R_{s,cal med}/\xi_3 ; R_{s,cal min}/\xi_4):$$

dividendo le resistenze caratteristiche per coefficienti parziali γ_b , γ_s , $\gamma_{s,traz}$ coefficienti parziali da applicarsi alle resistenze caratteristiche in funzione dell'approccio considerato e della tipologia esecutiva del palo (vedi la tabella seguente in cui sono riportati i fattori parziali relativi a pali trivellati).

Resistenza	Pali trivellati
	R3 o Sisma
Base	1.35
Laterale - compressione	1.15
Laterale - trazione	1.25

Tabella 6.2 Coefficienti parziali alle resistenze caratteristiche

ed aggiungendo il peso del palo secondo le seguenti espressioni:

$$R_{c,d} = R_{bk}/\gamma_b + R_{sk}/\gamma_s - \gamma_G W_p$$

$$R_{t,d} = R_{sk}/\gamma_{s,traz} + W_p$$

Per la verifica in compressione, alla resistenza va sottratto il peso del palo $\gamma_G \cdot W_p$, con $\gamma_G = 1.35$ per combinazioni statiche e $\gamma_G = 1$ per combinazioni sismiche.

Per la verifica in trazione, alla resistenza va sommato il peso del palo $\gamma_G \cdot W_p$, con $\gamma_G = 1$ sia per combinazioni statiche che sismiche.

6.1.10.2 Calcolo delle sollecitazioni lungo il fusto del palo

Per le verifiche strutturali dei pali di fondazione, si procede con la determinazione dell'andamento delle sollecitazioni di taglio e di momento, per spostamenti orizzontali consentiti e rotazioni impedito della testa del palo, per assegnati carichi trasversali (H) applicati in testa risolvendo la seguente equazione differenziale:

$$y^{IV}(z) + E_s D y(z) / E_p I_p = 0$$

Nell'espressione precedente, i simboli hanno i seguenti significati:

E_p = modulo di Young del palo;

I_p = momento di inerzia del palo;

E_s = modulo di reazione orizzontale secante medio del terreno posto pari a 15 Mpa;

y = spostamento orizzontale.

L'equazione viene risolta con alla base le seguenti ipotesi:

- pali interamente immorsati in un terreno omogeneo;
- pali caricati in testa da una forza orizzontale (H).

definendo:

$$k_h = E_s / D$$

$$\lambda = (4 E_p I_p / k_h D)^{0.25}$$

Sotto tali ipotesi sono ricavate le espressioni generali di seguito riportate:

$$M(z) = \frac{H\lambda}{2} e^{-z/\lambda} \left(\cos \frac{z}{\lambda} + \operatorname{sen} \frac{z}{\lambda} \right)$$

$$T(z) = H e^{-z/\lambda} \cos \frac{z}{\lambda}$$

Mediante le espressioni appena descritte, sono valutate le sollecitazioni di taglio e di momento lungo i fusti dei pali di fondazione per le combinazioni più gravose e sono state condotte le relative verifiche strutturali.

6.2 Caratteristiche geometriche

Dimensioni in pianta:

Descrizione:

Angolo di inclinazione in pianta del muro andatore A rispetto al muro di spalla α 90.0 °

Angolo in pianta che definisce l'inclinazione dei due bordi della platea non paralleli al 90.0 °

Relazione di calcolo Spalle, plinti e pali di fondazione

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN1A	20	D26CL	CL 09 00 002	A	25 di 159

muro di spalla rispetto ai bordi paralleli γ

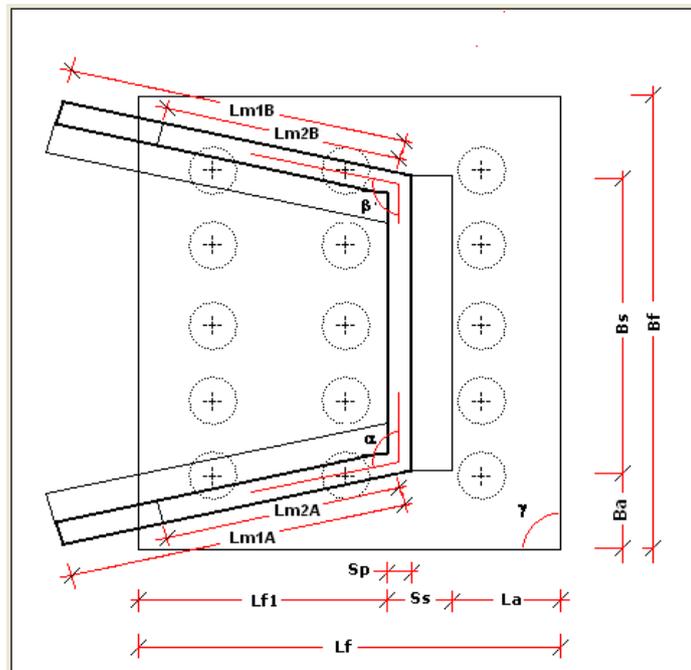
Larghezza muro di spalla – paraghiaia **Bs** 13.30 m

Lunghezza platea di fondazione in direzione longitudinale rispetto all'impalcato (direzione ortogonale al muro di spalla indipendentemente dall'angolo γ) **Lf** 7.20 m

Larghezza platea di fondazione in direzione trasversale rispetto all'impalcato (direzione parallela al muro di spalla) **Bf** 13.80 m

Distanza bordo platea su lato impalcato – bordo muro di spalla su lato impalcato in direzione longitudinale rispetto all'impalcato **La** 1.70 m

Distanza bordo platea – bordo muro di spalla in direzione trasversale rispetto all'impalcato **Ba** 0.50 m



Relazione di calcolo Spalle, plinti e pali di fondazione

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN1A	20	D26CL	CL 09 00 002	A	26 di 159

Dimensioni laterali:

Descrizione:

Spessore complessivo muro di spalla – muro paraghiaia, comprensivo di eventuale raccordo tra i due muri **Ss1** 1.35 m

Spessore muro paraghiaia **Sp** 0.30 m

Spessore muro spalla **Ss** 1.35 m

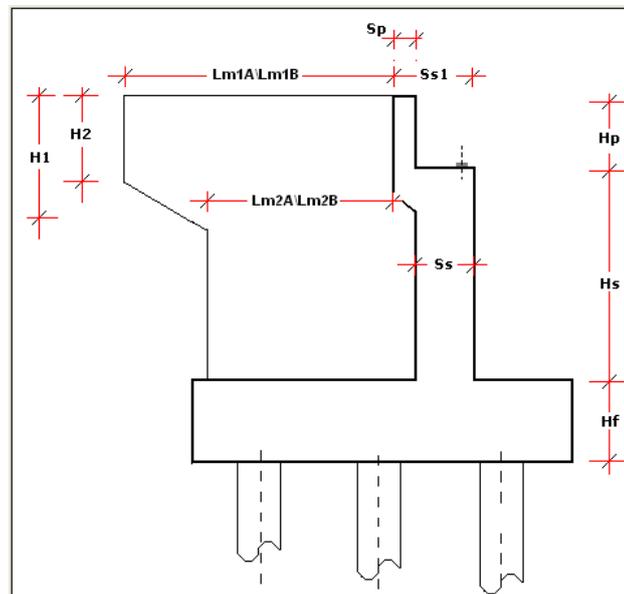
Altezza muro paraghiaia (da estradosso muro a livello appoggi) **Hp** 0.90 m

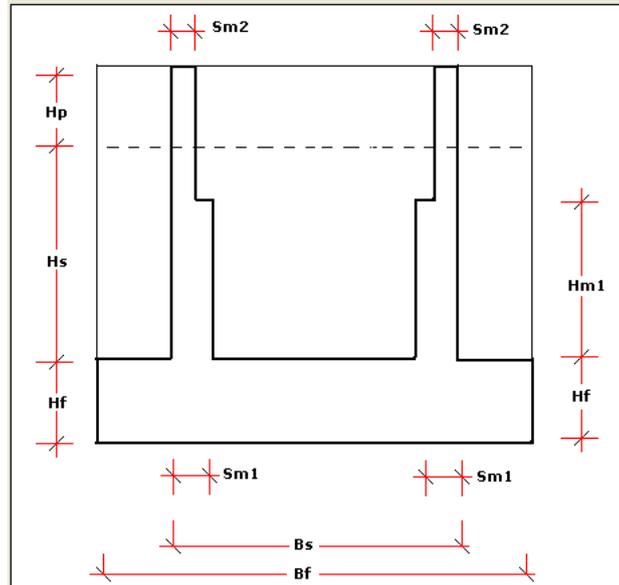
Altezza muro spalla (da estradosso platea a livello appoggi) **Hs** 5.71 m

Spessore platea **Hf** 1.80 m

Spessore dei muri andatori alla base (livello di estradosso platea) **Sm1** 1.00 m

Spessore dei muri andatori in sommità (livello di estradosso muri) **Sm2** 1.00 m





Numero appoggi a livello di estradosso del muro di spalla: 22

Coordinate appoggi

Rigidezze appoggi

k=1 appoggio fisso; k=0 libero

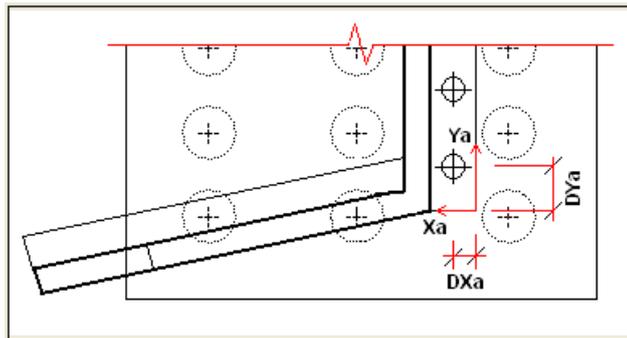
kv: verticale, kt: trasv., kl: longitud.

Appoggio n.	DXa [m]	DYa [m]	kv	kt	kl
1	0.50	1.28	1.00	1.00	1.00
2	0.50	1.83	1.00	1.00	1.00
3	0.50	2.38	1.00	1.00	1.00
4	0.50	2.93	1.00	1.00	1.00
5	0.50	3.48	1.00	1.00	1.00
6	0.50	4.03	1.00	1.00	1.00
7	0.50	4.58	1.00	1.00	1.00
8	0.50	5.13	1.00	1.00	1.00
9	0.50	5.68	1.00	1.00	1.00
10	0.50	6.23	1.00	1.00	1.00
11	0.50	6.78	1.00	1.00	1.00
12	0.50	7.33	1.00	1.00	1.00
13	0.50	7.88	1.00	1.00	1.00

Relazione di calcolo Spalle, plinti e pali di fondazione

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN1A	20	D26CL	CL 09 00 002	A	28 di 159

14	0.50	8.43	1.00	1.00	1.00
15	0.50	8.98	1.00	1.00	1.00
16	0.50	9.53	1.00	1.00	1.00
17	0.50	10.08	1.00	1.00	1.00
18	0.50	10.63	1.00	1.00	1.00
19	0.50	11.18	1.00	1.00	1.00
20	0.50	11.73	1.00	1.00	1.00
21	0.50	12.28	1.00	1.00	1.00
22	0.50	12.83	1.00	1.00	1.00

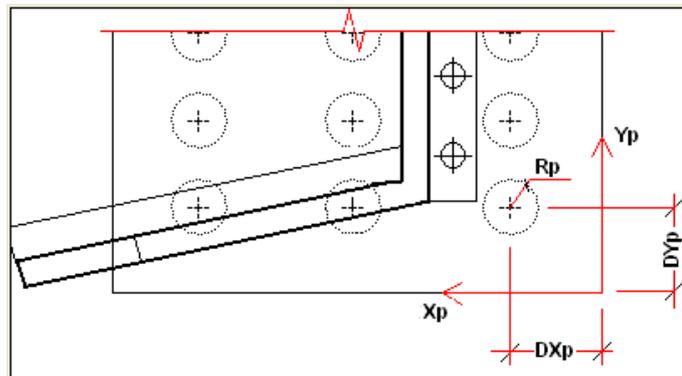


DXa e **DYa**: coordinate relative in pianta di ogni appoggio rispetto al punto indicato in figura 3 (vertice dell'estradosso del muro di spalla).

Numero pali: 15

Palo n.	DXp [m]	DYp [m]	Rp [m]
1	1.10	1.10	0.40
2	1.10	4.00	0.40
3	1.10	6.90	0.40
4	1.10	9.80	0.40
5	1.10	12.70	0.40
6	3.60	1.10	0.40
7	3.60	4.00	0.40
8	3.60	6.90	0.40
9	3.60	9.80	0.40

Palo n.	DXp [m]	DYp [m]	Rp [m]
10	3.60	12.70	0.40
11	6.10	1.10	0.40
12	6.10	4.00	0.40
13	6.10	6.90	0.40
14	6.10	9.80	0.40
15	6.10	12.70	0.40



DXp e **DYp** coordinate relative in pianta dei baricentri di ogni palo rispetto al punto indicato in figura (vertice in basso a destra della platea); **Rp** raggi delle sezioni dei pali.

6.3 Analisi dei carichi

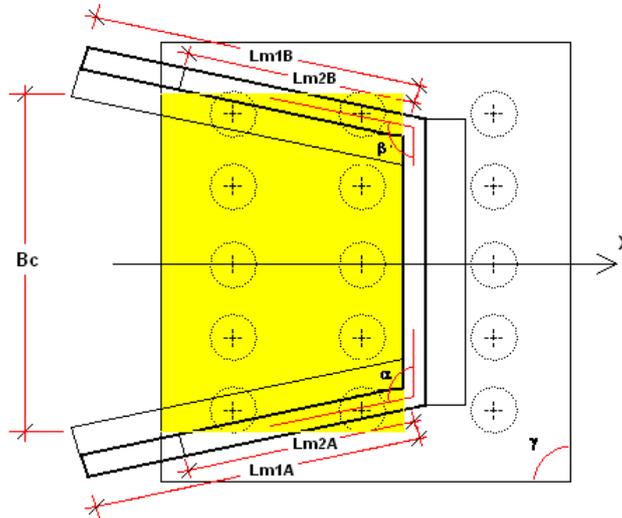
6.3.1 Carichi permanenti ($gk1$)

Il peso del cemento armato viene applicato come accelerazione **g** a tutte le masse di cls.

Il peso del terreno e del ballast + finiture viene applicato come carico per unità di superficie (global distributed) all'intera platea (al di fuori dell'ingombro dei muri). L'intensità di tale carico è **p terra** = $6.05 \cdot \gamma + 40 = 154.95 \text{ kN/m}^2$.

6.3.2 Sovraccarico rilevato (qs)

Il sovraccarico viene definito come patch load rettangolare, simmetrico rispetto all'asse globale X (asse longitudinale della spalla) e di larghezza **Bc** = 12.30 m e lunghezza pari alla distanza tra il filo interno del muro di spalla ed il bordo posteriore della platea; viene proiettato sulla platea con l'opzione "exclude all load". L'intensità di tale carico è **q rilev** = 40000 N/m^2 .



6.3.3 Spinte del terreno (qt)

6.3.3.1 Spinte del terreno – fase statica

La spinta statica del terreno $\sigma_t \text{ stat}$ sarà una distribuzione triangolare di pressioni applicata come patch load ai muri andatori ed al muro di spalla – paraghiaia con una intensità del carico pari a:

$$\begin{aligned} \text{all'estradosso della platea di fondazione} \quad \sigma_t \text{ stat} &= K \cdot \gamma \cdot (H_s + H_p) = 33.67 \text{ kN/m}^2 \\ \text{alla sommità dei muri} \quad \sigma_t \text{ stat} &= 0 \end{aligned}$$

$K = K_0 \text{ op. } K_a$ (vedi Spinta statica sovraccarico)

$\gamma =$ Peso specifico terreno (vedi parametri meccanici)

$$H_s + H_p = 6.05 \text{ m}$$

6.3.3.2 Spinte del terreno – fase sismica

Viene applicata una distribuzione triangolare di pressioni $\sigma_t \text{ sism}$ come patch load ai muri andatori ed al muro di spalla – paraghiaia con una intensità del carico pari a:

$$\begin{aligned} \text{all'estradosso della platea di fondazione} \quad \sigma_t \text{ sism} &= K_{0s} \cdot \gamma \cdot (H_s + H_p) = 35.74 \text{ kN/m}^2 \\ \text{alla sommità dei muri} \quad \sigma_t \text{ sism} &= 0 \end{aligned}$$

Per il calcolo di K_v :

$$K_h = S \cdot (a_g/g) / r = 0.2345 \quad (r = 1 \text{ struttura rigida})$$

$$K_v = 0.5 \cdot K_h = 0.1173$$

Relazione di calcolo Spalle, plinti e pali di fondazione

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN1A	20	D26CL	CL 09 00 002	A	31 di 159

 coefficiente di sottosuolo $S = 1.200$

 accelerazione di progetto del terreno in superficie $ag = 2.300 \text{ m/sec}^2$

Per il calcolo di Kasism:

$$\lambda \leq (\phi - \theta): \quad K = \frac{\sin^2(\psi + \phi - \theta)}{\cos \theta \cdot \sin^2 \psi \cdot \sin(\psi - \theta - \delta) \cdot \left[1 + \sqrt{\frac{\sin(\phi + \delta) \cdot \sin(\phi - \lambda - \theta)}{\sin(\psi - \theta - \delta) \cdot \sin(\psi + \lambda)}} \right]^2} = 0.327$$

 Dove $\tan(\theta) = Kh/(1 \pm Kv)$ (si assume il segno tale da massimizzare K).

 $\phi, \psi, \lambda, \delta$, angoli definiti nei Parametri meccanici

Per il calcolo di Kastat:

$$\frac{\sin^2(\psi + \phi)}{\sin^2 \psi \cdot \sin(\psi - \delta) \cdot \left[1 + \sqrt{\frac{\sin(\phi + \delta) \cdot \sin(\phi - \lambda)}{\sin(\psi - \delta) \cdot \sin(\psi + \lambda)}} \right]^2} = 0.1716$$

6.3.3.3 Spinta statica sovraccarico

 La spinta del sovraccarico σq sarà una distribuzione uniforme di pressioni applicata come patch load ai muri andatori ed al muro di spalla – paraghiaia dalla base dei muri alla sommità:

$$K0 = 0.2929$$

$$\sigma q = q \cdot K0 = 40000 \cdot 0.2929 = 11716 \text{ N/m}^2$$

Dove:

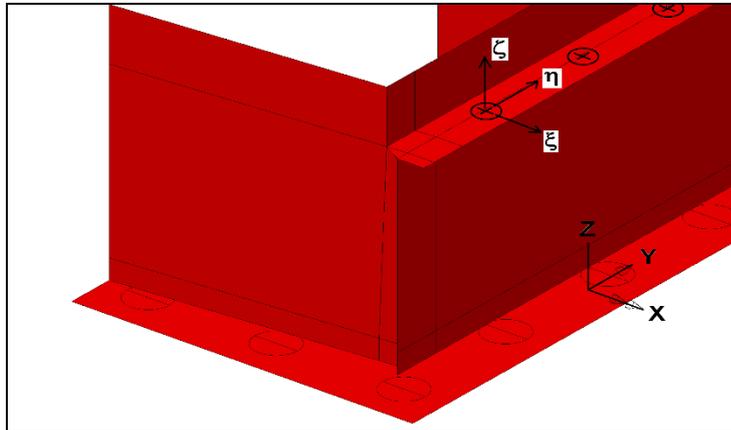
(q = q rilev definito come Sovraccarico rilevato).

$$K0 = 1 - \sin \phi$$

 $\phi, \psi, \lambda, \delta, (\theta = 0)$, angoli definiti nei Parametri meccanici.

6.3.4 Azioni trasmesse dall'impalcato

 Le azioni trasmesse dall'impalcato vengono applicate alla spalla come forze concentrate $F\xi, F\eta, F\zeta$ nei singoli appoggi (mediante Discrete Point Load), in un opportuno **referimento locale** ξ, η, ζ dove ξ risulta parallelo all'asse globale X (direzione longitudinale), η risulta parallelo all'asse globale Y (direzione trasversale) e ζ risulta parallelo all'asse globale Z (direzione verticale), a partire dalle **azioni risultanti in un punto O** di coordinate note, F_X (forza longitudinale), F_Y (forza trasversale), F_Z (forza verticale), M_X (momento nel piano trasversale verticale), M_Z (momento nel piano orizzontale).


Figura 6.3 – Sistemi di riferimento utilizzati

Le azioni risultanti provenienti dall'impalcato vengono trasformate nelle forze concentrate F_{ξ} , F_{η} , F_{ζ} con equazioni di equilibrio e congruenza (imponendo che il traverso di testata si muova di moto rigido), nel riferimento locale ξ , η , ζ :

$$F_{\xi}(i) = \frac{FX \cdot kl(i)}{\sum_{i=0}^{n-1} kl(i)} + \frac{(MZ + FX \cdot y_{Gkl}) \cdot (y_{Gkl} - ya(i)) \cdot kl(i)}{\sum_{i=0}^{n-1} [kl(i) \cdot (y_{Gkl} - ya(i))^2]}$$

$$F_{\eta}(i) = \frac{FY \cdot kt(i)}{\sum_{i=0}^{n-1} kt(i)}$$

$$F_{\zeta}(i) = \frac{FZ \cdot kv(i)}{\sum_{i=0}^{n-1} kv(i)} + \frac{[MX \cdot (ya(i) - y_{Gkv}) + FZ \cdot y_{Gkv} \cdot (y_{Gkv} - ya(i))] \cdot kv(i)}{\sum_{i=0}^{n-1} [kv(i) \cdot (y_{Gkv} - ya(i))^2]}$$

Essendo i baricentri delle rigidezze:

$$y_{Gkv} = \frac{\sum_{i=0}^{n-1} [kv(i) \cdot ya(i)]}{\sum_{i=0}^{n-1} kv(i)} \quad \text{baricentro rigidezze verticale}$$

$$y_{Gkt} = \frac{\sum_{i=0}^{n-1} [kt(i) \cdot ya(i)]}{\sum_{i=0}^{n-1} kt(i)} \quad \text{baricentro rigidezze trasversale}$$

Relazione di calcolo Spalle, plinti e pali di fondazione

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN1A	20	D26CL	CL 09 00 002	A	33 di 159

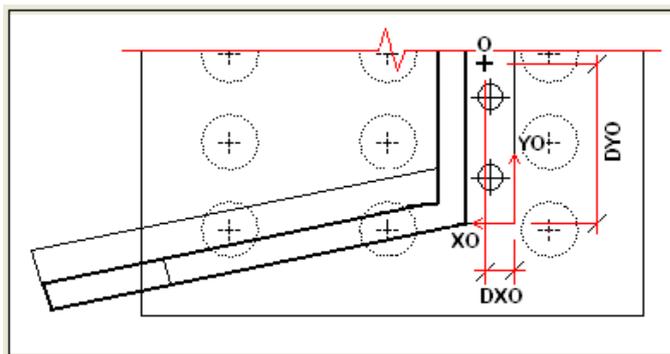
$$y_{Gkl} = \frac{\sum_{i=0}^{n-1} [kl(i) \cdot ya(i)]}{\sum_{i=0}^{n-1} kl(i)} \text{ baricentro rigidezze longitudinale}$$

Con $k_v(i)$, $k_t(i)$, $k_l(i)$ rigidezze rispettivamente verticale, trasversale, longitudinale dell'appoggio i -esimo; $ya(i)$ coordinata relativa in direzione trasversale dell'appoggio i -esimo rispetto al punto O (definita automaticamente a partire dalle coordinate relative DXO e DYO del punto O e da quelle relative DXa e DYa degli appoggi); n numero appoggi.

Le coordinate relative in pianta **DXO** e **DYO** del punto O che ne definiscono la posizione rispetto al punto indicato in figura (vertice dell'estradosso del muro di spalla) sono:

$$DXO = 0.50 \text{ m}$$

$$DYO = 7.05 \text{ m}$$



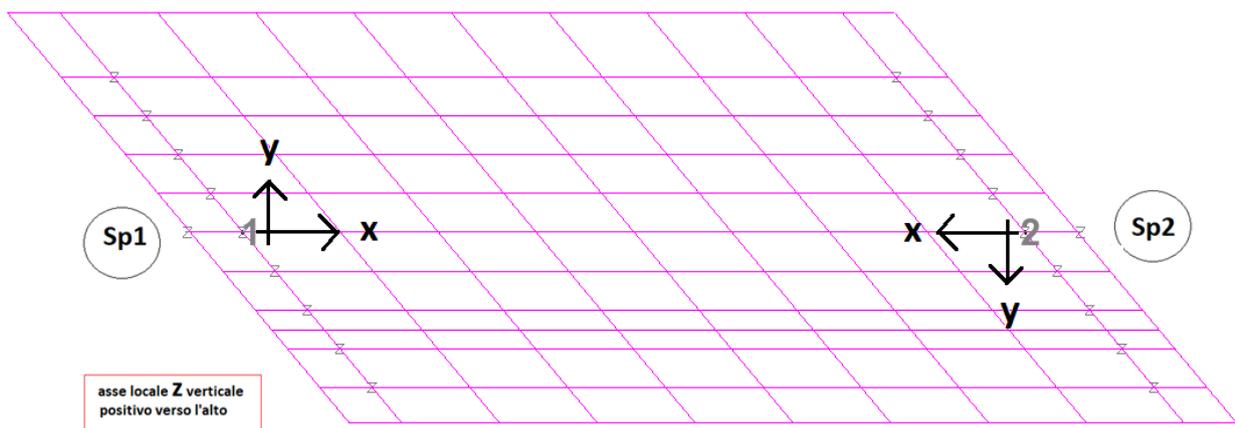
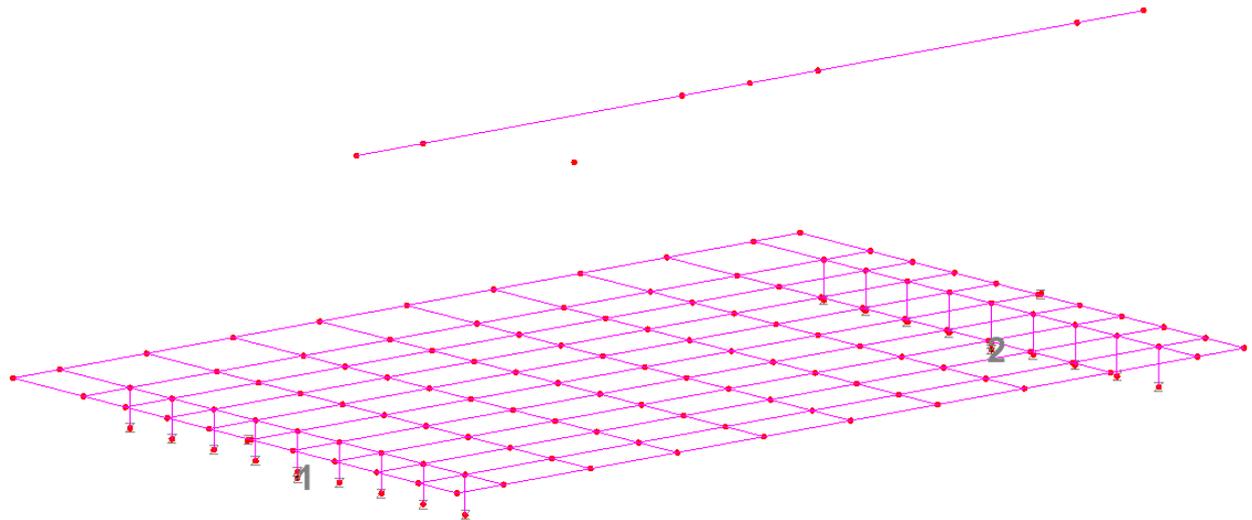
Le **sollecitazioni risultanti** per ogni singola condizione di carico, FX , FY , FZ , MX , MZ nel punto O, con riferimento al sistema globale X, Y, Z sono le seguenti.

Relazione di calcolo Spalle, plinti e pali di fondazione

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN1A	20	D26CL	CL 09 00 002	A	34 di 159

Le forze concentrate $F\xi$, $F\eta$, $F\zeta$ nei singoli appoggi sono:

Azioni sulle spalle dovute all 'impalcato come sollecitazioni nel baricentro degli appoggi (nodi 23 e 24):



Involuppo di combinazioni massimizzando/minimizzando alternativamente e 6 caratteristiche di sollecitazione

Relazione di calcolo Spalle, plinti e pali di fondazione

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN1A	20	D26CL	CL 09 00 002	A	35 di 159

Combinazioni di Stato Limite Ultimo

INVILUPPI DI COMBINAZIONI	ELEMENT 1 (Spalla 1)						ELEMENT 2 (Spalla 2)					
	Fx [N]	Fy [N]	Fz [N]	Mx [Nm]	My [Nm]	Mz [Nm]	Fx [N]	Fy [N]	Fz [N]	Mx [Nm]	My [Nm]	Mz [Nm]
132:inviluppo S.L.U. A1 (Max)(Fx)	301807	-131019	-1816090	1051590	901127	12995	302004	-64338	-2014070	45492	62957	-23034
133:inviluppo S.L.U. A1 (Min)(Fx)	-342577	128880	-3118450	1720310	1419320	-30731	-342776	62198	-3478780	-1935460	-1652260	18431
132:inviluppo S.L.U. A1 (Max)(Fy)	-185798	230703	-2973370	2007620	1684490	-61318	110697	238640	-2889010	-2078490	-1712070	-58258
133:inviluppo S.L.U. A1 (Min)(Fy)	139543	-233404	-3382310	2739350	2291780	38069	-156922	-241242	-3492430	-701709	-624423	54330
132:inviluppo S.L.U. A1 (Max)(Fz)	-24674	113765	-1171220	-774363	-642357	187	-611	109688	-1180940	-35967	-21026	-703
133:inviluppo S.L.U. A1 (Min)(Fz)	-301969	-70341	-3587130	2870200	2371040	-35073	-326200	-148542	-3600560	-1244460	-1088760	19286
132:inviluppo S.L.U. A1 (Max)(Mx)	-161066	-171397	-3345470	3275250	2716350	-1968	1307	-110377	-1526260	1223950	1017360	-7053
133:inviluppo S.L.U. A1 (Min)(Mx)	-25674	113714	-1304800	-987222	-820979	925	-185583	155786	-3199730	-2271400	-1910440	-17126
132:inviluppo S.L.U. A1 (Max)(My)	-159178	-171397	-3159340	3275240	2716530	-1968	3196	-110377	-1340030	1223940	1017540	-7053
133:inviluppo S.L.U. A1 (Min)(My)	-27562	113714	-1490930	-987211	-821158	925	-187471	155786	-3385960	-2271390	-1910610	-17126
132:inviluppo S.L.U. A1 (Max)(Mz)	269143	5546	-1919120	189356	186186	53970	-181035	-109162	-3141210	-1841760	-1571880	59576
133:inviluppo S.L.U. A1 (Min)(Mz)	-156722	-38509	-2983300	2573270	2139210	-72316	293723	73719	-2319360	86150	107806	-63783

Combinazioni sismiche SLV

INVILUPPI DI COMBINAZIONI	ELEMENT 1 (Spalla 1)						ELEMENT 2 (Spalla 2)					
	Fx [N]	Fy [N]	Fz [N]	Mx [Nm]	My [Nm]	Mz [Nm]	Fx [N]	Fy [N]	Fz [N]	Mx [Nm]	My [Nm]	Mz [Nm]
169:Gk + Ed_SLV (Max)(Fx)	488723	517628	-1040710	152635	93635	46431	488903	450325	-1049330	881509	714056	44034
170:Gk + Ed_SLV (Min)(Fx)	-509198	-518263	-1332360	-672341	-531595	-46590	-509379	-450960	-1334940	55340	69546	-50504
169:Gk + Ed_SLV (Max)(Fy)	461534	543769	-1031940	166700	90228	47910	475536	450326	-1049330	881004	712296	44041
170:Gk + Ed_SLV (Min)(Fy)	-482009	-544404	-1332030	-686406	-528188	-48069	-496012	-450961	-1334940	55845	71306	-50511
169:Gk + Ed_SLV (Max)(Fz)	461534	543769	-1031940	166700	90228	47910	475109	448891	-1040290	886666	706826	45909
170:Gk + Ed_SLV (Min)(Fz)	-482009	-544404	-1332030	-686406	-528188	-48069	-495585	-449526	-1343980	50184	76776	-52379
169:Gk + Ed_SLV (Max)(Mx)	474901	543768	-1031940	167205	91988	47903	475109	448891	-1040290	886666	706826	45909
170:Gk + Ed_SLV (Min)(Mx)	-495375	-544402	-1332030	-686911	-529948	-48062	-495585	-449526	-1343980	50184	76776	-52379
169:Gk + Ed_SLV (Max)(My)	488723	517628	-1040710	152635	93635	46431	488903	450325	-1049330	881509	714056	44034
170:Gk + Ed_SLV (Min)(My)	-509198	-518263	-1332360	-672341	-531595	-46590	-509379	-450960	-1334940	55340	69546	-50504
169:Gk + Ed_SLV (Max)(Mz)	461534	543769	-1031940	166700	90228	47910	461742	448892	-1040290	886161	705066	45916
170:Gk + Ed_SLV (Min)(Mz)	-482009	-544404	-1332030	-686406	-528188	-48069	-482218	-449527	-1343980	50689	78536	-52386

Combinazioni SLE caratteristiche

INVILUPPI DI COMBINAZIONI	ELEMENT 1 (Spalla 1)						ELEMENT 2 (Spalla 2)					
	Fx [N]	Fy [N]	Fz [N]	Mx [Nm]	My [Nm]	Mz [Nm]	Fx [N]	Fy [N]	Fz [N]	Mx [Nm]	My [Nm]	Mz [Nm]
134:inviluppo S.L.E. caratteristica (Max)(Fx)	204656	-88883	-1619150	637492	547653	8941	204792	-42952	-1758840	169773	159260	-16854
135:inviluppo S.L.E. caratteristica (Min)(Fx)	-236451	87305	-2204540	1139570	939397	-20976	-236589	41374	-2453650	-1270020	-1085310	12411
134:inviluppo S.L.E. caratteristica (Max)(Fy)	-131004	157433	-2417570	1311020	1099610	-42317	73475	162964	-2362550	-1281100	-1053390	-41217
135:inviluppo S.L.E. caratteristica (Min)(Fy)	95426	-159399	-2386220	1828160	1529390	26479	-109032	-164861	-2462750	-433105	-387959	37239
134:inviluppo S.L.E. caratteristica (Max)(Fz)	-19861	75738	-1174810	-602860	-501231	98	-3820	73020	-1184670	132163	116583	-1547
135:inviluppo S.L.E. caratteristica (Min)(Fz)	-209065	-46942	-2527480	1918390	1584050	-23963	-225223	-100930	-2537330	-807395	-708120	13070
134:inviluppo S.L.E. caratteristica (Max)(Mx)	-112581	-116671	-2452940	2050940	1699010	-623	-615	-73656	-1199600	805292	669131	-4931
135:inviluppo S.L.E. caratteristica (Min)(Mx)	-19861	75738	-1174810	-602860	-501231	98	-130171	105882	-2483910	-1329130	-1118830	-12990
134:inviluppo S.L.E. caratteristica (Max)(My)	-112581	-116671	-2452940	2050940	1699010	-623	-615	-73656	-1199600	805292	669131	-4931
135:inviluppo S.L.E. caratteristica (Min)(My)	-19861	75738	-1174810	-602860	-501231	98	-130171	105882	-2483910	-1329130	-1118830	-12990
134:inviluppo S.L.E. caratteristica (Max)(Mz)	183438	2188	-1598380	203847	189486	36683	-127035	-76841	-2443550	-1032830	-885346	39908
135:inviluppo S.L.E. caratteristica (Min)(Mz)	-109584	-25024	-2203160	1566820	1300980	-49139	201072	52295	-1746670	25243	45664	-44078

6.3.5 Azioni sismiche inerziali (E)

Viene applicata alla massa del cemento armato, nelle condizioni di carico **Sisma_+X**, **Sisma_-X**, **Sisma_+Y**, **Sisma_-Y**, una accelerazione, rispettivamente in direzione +X, -X, +Y, -Y, pari a:

$$K_h * g = 2.30 \text{ m/sec}^2$$

K_h (vedi Spinta sismica del terreno)

Le azioni sismiche in direzione Z vengono trascurate.

6.4 Condizioni di carico elementari

Nella tabella seguente vengono elencate le condizioni elementari di carico.

CONDIZIONE DI CARICO	DESCRIZIONE	AZIONI
Carichi_imp_Fxmax_SLUENV	Carichi da impalcato combinati allo SLU: Set di sollecitazioni secondo FX max	Carichi_imp_Z_Fxmax_SLUENV Carichi_imp_Y_Fxmax_SLUENV Carichi_imp_X_Fxmax_SLUENV
Carichi_imp_Fxmin_SLUENV	Carichi da impalcato combinati allo SLU: Set di sollecitazioni secondo FX min	Carichi_imp_Z_Fxmin_SLUENV Carichi_imp_Y_Fxmin_SLUENV Carichi_imp_X_Fxmin_SLUENV
Carichi_imp_Fymax_SLUENV	Carichi da impalcato combinati allo SLU: Set di sollecitazioni secondo FY max	Carichi_imp_Z_Fymax_SLUENV Carichi_imp_Y_Fymax_SLUENV Carichi_imp_X_Fymax_SLUENV
Carichi_imp_Fymin_SLUENV	Carichi da impalcato combinati allo SLU: Set di sollecitazioni secondo FY min	Carichi_imp_Z_Fymin_SLUENV Carichi_imp_Y_Fymin_SLUENV Carichi_imp_X_Fymin_SLUENV
Carichi_imp_Fzmax_SLUENV	Carichi da impalcato combinati allo SLU: Set di sollecitazioni secondo FZ max	Carichi_imp_Z_Fzmax_SLUENV Carichi_imp_Y_Fzmax_SLUENV Carichi_imp_X_Fzmax_SLUENV
Carichi_imp_Fzmin_SLUENV	Carichi da impalcato combinati allo SLU: Set di sollecitazioni secondo FZ min	Carichi_imp_Z_Fzmin_SLUENV Carichi_imp_Y_Fzmin_SLUENV Carichi_imp_X_Fzmin_SLUENV
Carichi_imp_Mxmax_SLUENV	Carichi da impalcato combinati allo SLU: Set di sollecitazioni secondo MX max	Carichi_imp_Z_Mxmax_SLUENV Carichi_imp_Y_Mxmax_SLUENV Carichi_imp_X_Mxmax_SLUENV
Carichi_imp_Mxmin_SLUENV	Carichi da impalcato combinati allo SLU: Set di sollecitazioni secondo MX min	Carichi_imp_Z_Mxmin_SLUENV Carichi_imp_Y_Mxmin_SLUENV Carichi_imp_X_Mxmin_SLUENV
Carichi_imp_Mzmax_SLUENV	Carichi da impalcato combinati allo SLU: Set di sollecitazioni secondo MZ max	Carichi_imp_Z_Mzmax_SLUENV Carichi_imp_Y_Mzmax_SLUENV Carichi_imp_X_Mzmax_SLUENV
Carichi_imp_Mzmin_SLUENV	Carichi da impalcato combinati allo SLU: Set di sollecitazioni secondo MZ min	Carichi_imp_Z_Mzmin_SLUENV Carichi_imp_Y_Mzmin_SLUENV Carichi_imp_X_Mzmin_SLUENV
Carichi_imp_Fxmax_SLEraraENV	Carichi da impalcato combinati allo SLE (comb. rara): Set di sollecitazioni secondo FX max	Carichi_imp_Z_Fxmax_SLEraraENV Carichi_imp_Y_Fxmax_SLEraraENV Carichi_imp_X_Fxmax_SLEraraENV

CONDIZIONE DI CARICO	DESCRIZIONE	AZIONI
Carichi_imp_Fxmin_SLEraraENV	Carichi da impalcato combinati allo SLE (comb. rara): Set di sollecitazioni secondo FX min	Carichi_imp_Z_Fxmin_SLEraraENV Carichi_imp_Y_Fxmin_SLEraraENV Carichi_imp_X_Fxmin_SLEraraENV
Carichi_imp_Fymax_SLEraraENV	Carichi da impalcato combinati allo SLE (comb. rara): Set di sollecitazioni secondo FY max	Carichi_imp_Z_Fymax_SLEraraENV Carichi_imp_Y_Fymax_SLEraraENV Carichi_imp_X_Fymax_SLEraraENV
Carichi_imp_Fymin_SLEraraENV	Carichi da impalcato combinati allo SLE (comb. rara): Set di sollecitazioni secondo FY min	Carichi_imp_Z_Fymin_SLEraraENV Carichi_imp_Y_Fymin_SLEraraENV Carichi_imp_X_Fymin_SLEraraENV
Carichi_imp_Fzmax_SLEraraENV	Carichi da impalcato combinati allo SLE (comb. rara): Set di sollecitazioni secondo FZ max	Carichi_imp_Z_Fzmax_SLEraraENV Carichi_imp_Y_Fzmax_SLEraraENV Carichi_imp_X_Fzmax_SLEraraENV
Carichi_imp_Fzmin_SLEraraENV	Carichi da impalcato combinati allo SLE (comb. rara): Set di sollecitazioni secondo FZ min	Carichi_imp_Z_Fzmin_SLEraraENV Carichi_imp_Y_Fzmin_SLEraraENV Carichi_imp_X_Fzmin_SLEraraENV
Carichi_imp_Mxmax_SLEraraENV	Carichi da impalcato combinati allo SLE (comb. rara): Set di sollecitazioni secondo MX max	Carichi_imp_Z_Mxmax_SLEraraENV Carichi_imp_Y_Mxmax_SLEraraENV Carichi_imp_X_Mxmax_SLEraraENV
Carichi_imp_Mxmin_SLEraraENV	Carichi da impalcato combinati allo SLE (comb. rara): Set di sollecitazioni secondo MX min	Carichi_imp_Z_Mxmin_SLEraraENV Carichi_imp_Y_Mxmin_SLEraraENV Carichi_imp_X_Mxmin_SLEraraENV
Carichi_imp_Mzmax_SLEraraENV	Carichi da impalcato combinati allo SLE (comb. rara): Set di sollecitazioni secondo MZ max	Carichi_imp_Z_Mzmax_SLEraraENV Carichi_imp_Y_Mzmax_SLEraraENV Carichi_imp_X_Mzmax_SLEraraENV
Carichi_imp_Mzmin_SLEraraENV	Carichi da impalcato combinati allo SLE (comb. rara): Set di sollecitazioni secondo MZ min	Carichi_imp_Z_Mzmin_SLEraraENV Carichi_imp_Y_Mzmin_SLEraraENV Carichi_imp_X_Mzmin_SLEraraENV
Carichi_imp_Fxmax_SLEqpermENV	Carichi da impalcato combinati allo SLE (comb. quasi permanente): Set di sollecitazioni secondo FX max	Carichi_imp_Z_Fxmax_SLEqpermENV Carichi_imp_Y_Fxmax_SLEqpermENV Carichi_imp_X_Fxmax_SLEqpermENV
Carichi_imp_Fxmin_SLEqpermENV	Carichi da impalcato combinati allo SLE (comb. quasi permanente): Set di sollecitazioni secondo FX min	Carichi_imp_Z_Fxmin_SLEqpermENV Carichi_imp_Y_Fxmin_SLEqpermENV Carichi_imp_X_Fxmin_SLEqpermENV
Carichi_imp_Fymax_SLEqpermENV	Carichi da impalcato combinati allo SLE (comb. quasi permanente): Set di sollecitazioni secondo FY max	Carichi_imp_Z_Fymax_SLEqpermENV Carichi_imp_Y_Fymax_SLEqpermENV Carichi_imp_X_Fymax_SLEqpermENV
Carichi_imp_Fymin_SLEqpermENV	Carichi da impalcato combinati allo SLE (comb. quasi permanente): Set di sollecitazioni secondo FY min	Carichi_imp_Z_Fymin_SLEqpermENV Carichi_imp_Y_Fymin_SLEqpermENV Carichi_imp_X_Fymin_SLEqpermENV
Carichi_imp_Fzmax_SLEqpermENV	Carichi da impalcato combinati allo SLE (comb. quasi permanente): Set di sollecitazioni secondo FZ max	Carichi_imp_Z_Fzmax_SLEqpermENV Carichi_imp_Y_Fzmax_SLEqpermENV Carichi_imp_X_Fzmax_SLEqpermENV
Carichi_imp_Fzmin_SLEqpermENV	Carichi da impalcato combinati allo SLE (comb. quasi permanente): Set di sollecitazioni secondo FZ min	Carichi_imp_Z_Fzmin_SLEqpermENV Carichi_imp_Y_Fzmin_SLEqpermENV Carichi_imp_X_Fzmin_SLEqpermENV
Carichi_imp_Mxmax_SLEqpermENV	Carichi da impalcato combinati allo SLE (comb. quasi permanente):	Carichi_imp_Z_Mxmax_SLEqpermENV Carichi_imp_Y_Mxmax_SLEqpermENV

Relazione di calcolo Spalle, plinti e pali di fondazione

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN1A	20	D26CL	CL 09 00 002	A	38 di 159

CONDIZIONE DI CARICO	DESCRIZIONE	AZIONI
	Set di sollecitazioni secondo MX max	Carichi_imp_X_Mxmax_SLEqpermENV
Carichi_imp_Mxmin_SLEqpermENV	Carichi da impalcato combinati allo SLE (comb. quasi permanente): Set di sollecitazioni secondo MX min	Carichi_imp_Z_Mxmin_SLEqpermENV Carichi_imp_Y_Mxmin_SLEqpermENV Carichi_imp_X_Mxmin_SLEqpermENV
Carichi_imp_Mzmax_SLEqpermENV	Carichi da impalcato combinati allo SLE (comb. quasi permanente): Set di sollecitazioni secondo MZ max	Carichi_imp_Z_Mzmax_SLEqpermENV Carichi_imp_Y_Mzmax_SLEqpermENV Carichi_imp_X_Mzmax_SLEqpermENV
Carichi_imp_Mzmin_SLEqpermENV	Carichi da impalcato combinati allo SLE (comb. quasi permanente): Set di sollecitazioni secondo MZ min	Carichi_imp_Z_Mzmin_SLEqpermENV Carichi_imp_Y_Mzmin_SLEqpermENV Carichi_imp_X_Mzmin_SLEqpermENV
Carichi_imp_Fxmax_SISMXprevENV	Carichi da impalcato sismici (comb. sismica direz. X prevalente): Set di sollecitazioni secondo FX max	Carichi_imp_Z_Fxmax_SISMXprevENV Carichi_imp_Y_Fxmax_SISMXprevENV Carichi_imp_X_Fxmax_SISMXprevENV
Carichi_imp_Fxmin_SISMXprevENV	Carichi da impalcato sismici (comb. sismica direz. X prevalente): Set di sollecitazioni secondo FX min	Carichi_imp_Z_Fxmin_SISMXprevENV Carichi_imp_Y_Fxmin_SISMXprevENV Carichi_imp_X_Fxmin_SISMXprevENV
Carichi_imp_Fymax_SISMXprevENV	Carichi da impalcato sismici (comb. sismica direz. X prevalente): Set di sollecitazioni secondo FY max	Carichi_imp_Z_Fymax_SISMXprevENV Carichi_imp_Y_Fymax_SISMXprevENV Carichi_imp_X_Fymax_SISMXprevENV
Carichi_imp_Fymin_SISMXprevENV	Carichi da impalcato sismici (comb. sismica direz. X prevalente): Set di sollecitazioni secondo FY min	Carichi_imp_Z_Fymin_SISMXprevENV Carichi_imp_Y_Fymin_SISMXprevENV Carichi_imp_X_Fymin_SISMXprevENV
Carichi_imp_Fzmax_SISMXprevENV	Carichi da impalcato sismici (comb. sismica direz. X prevalente): Set di sollecitazioni secondo FZ max	Carichi_imp_Z_Fzmax_SISMXprevENV Carichi_imp_Y_Fzmax_SISMXprevENV Carichi_imp_X_Fzmax_SISMXprevENV
Carichi_imp_Fzmin_SISMXprevENV	Carichi da impalcato sismici (comb. sismica direz. X prevalente): Set di sollecitazioni secondo FZ min	Carichi_imp_Z_Fzmin_SISMXprevENV Carichi_imp_Y_Fzmin_SISMXprevENV Carichi_imp_X_Fzmin_SISMXprevENV
Carichi_imp_Mxmax_SISMXprevENV	Carichi da impalcato sismici (comb. sismica direz. X prevalente): Set di sollecitazioni secondo MX max	Carichi_imp_Z_Mxmax_SISMXprevENV Carichi_imp_Y_Mxmax_SISMXprevENV Carichi_imp_X_Mxmax_SISMXprevENV
Carichi_imp_Mxmin_SISMXprevENV	Carichi da impalcato sismici (comb. sismica direz. X prevalente): Set di sollecitazioni secondo MX min	Carichi_imp_Z_Mxmin_SISMXprevENV Carichi_imp_Y_Mxmin_SISMXprevENV Carichi_imp_X_Mxmin_SISMXprevENV
Carichi_imp_Mzmax_SISMXprevENV	Carichi da impalcato sismici (comb. sismica direz. X prevalente): Set di sollecitazioni secondo MZ max	Carichi_imp_Z_Mzmax_SISMXprevENV Carichi_imp_Y_Mzmax_SISMXprevENV Carichi_imp_X_Mzmax_SISMXprevENV
Carichi_imp_Mzmin_SISMXprevENV	Carichi da impalcato sismici (comb. sismica direz. X prevalente): Set di sollecitazioni secondo MZ min	Carichi_imp_Z_Mzmin_SISMXprevENV Carichi_imp_Y_Mzmin_SISMXprevENV Carichi_imp_X_Mzmin_SISMXprevENV
Carichi_imp_Fxmax_SISMYprevENV	Carichi da impalcato sismici (comb. sismica direz. Y prevalente): Set di sollecitazioni secondo FX max	Carichi_imp_Z_Fxmax_SISMYprevENV Carichi_imp_Y_Fxmax_SISMYprevENV Carichi_imp_X_Fxmax_SISMYprevENV
Carichi_imp_Fxmin_SISMYprevENV	Carichi da impalcato sismici (comb. sismica direz. Y prevalente): Set di sollecitazioni secondo FX min	Carichi_imp_Z_Fxmin_SISMYprevENV Carichi_imp_Y_Fxmin_SISMYprevENV Carichi_imp_X_Fxmin_SISMYprevENV

Relazione di calcolo Spalle, plinti e pali di fondazione

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN1A	20	D26CL	CL 09 00 002	A	39 di 159

CONDIZIONE DI CARICO	DESCRIZIONE	AZIONI
Carichi_imp_Fymax_SISMYprevENV	Carichi da impalcato sismici (comb. sismica direz. Y prevalente): Set di sollecitazioni secondo FY max	Carichi_imp_Z_Fymax_SISMYprevENV Carichi_imp_Y_Fymax_SISMYprevENV Carichi_imp_X_Fymax_SISMYprevENV
Carichi_imp_Fymin_SISMYprevENV	Carichi da impalcato sismici (comb. sismica direz. Y prevalente): Set di sollecitazioni secondo FY min	Carichi_imp_Z_Fymin_SISMYprevENV Carichi_imp_Y_Fymin_SISMYprevENV Carichi_imp_X_Fymin_SISMYprevENV
Carichi_imp_Fzmax_SISMYprevENV	Carichi da impalcato sismici (comb. sismica direz. Y prevalente): Set di sollecitazioni secondo FZ max	Carichi_imp_Z_Fzmax_SISMYprevENV Carichi_imp_Y_Fzmax_SISMYprevENV Carichi_imp_X_Fzmax_SISMYprevENV
Carichi_imp_Fzmin_SISMYprevENV	Carichi da impalcato sismici (comb. sismica direz. Y prevalente): Set di sollecitazioni secondo FZ min	Carichi_imp_Z_Fzmin_SISMYprevENV Carichi_imp_Y_Fzmin_SISMYprevENV Carichi_imp_X_Fzmin_SISMYprevENV
Carichi_imp_Mxmax_SISMYprevENV	Carichi da impalcato sismici (comb. sismica direz. Y prevalente): Set di sollecitazioni secondo MX max	Carichi_imp_Z_Mxmax_SISMYprevENV Carichi_imp_Y_Mxmax_SISMYprevENV Carichi_imp_X_Mxmax_SISMYprevENV
Carichi_imp_Mxmin_SISMYprevENV	Carichi da impalcato sismici (comb. sismica direz. Y prevalente): Set di sollecitazioni secondo MX min	Carichi_imp_Z_Mxmin_SISMYprevENV Carichi_imp_Y_Mxmin_SISMYprevENV Carichi_imp_X_Mxmin_SISMYprevENV
Carichi_imp_Mzmax_SISMYprevENV	Carichi da impalcato sismici (comb. sismica direz. Y prevalente): Set di sollecitazioni secondo MZ max	Carichi_imp_Z_Mzmax_SISMYprevENV Carichi_imp_Y_Mzmax_SISMYprevENV Carichi_imp_X_Mzmax_SISMYprevENV
Carichi_imp_Mzmin_SISMYprevENV	Carichi da impalcato sismici (comb. sismica direz. Y prevalente): Set di sollecitazioni secondo MZ min	Carichi_imp_Z_Mzmin_SISMYprevENV Carichi_imp_Y_Mzmin_SISMYprevENV Carichi_imp_X_Mzmin_SISMYprevENV
PP_strut_ter	Peso proprio struttura spalla e terreno	g, Peso_terreno
Sovrac_rilev	Sovraccarico rilevato	Sovrac_rilev
Spinta_sovrac	Spinta sovraccarico rilevato	Spinta_sovrac_and_A Spinta_sovrac_spalla
Spinta_stat_ter	Spinta statica terreno	Spinta_stat_ter_and_A Spinta_stat_ter_spalla
Spinta_sism_ter	Spinta sismica di base terreno	Spinta_sism_ter_and_A Spinta_sism_ter_spalla
Sisma_+X	Sisma +X struttura spalla + terreno	Accel_sism_cls_+X Incrim_spinta_sism_ter_spalla
Sisma_-X	Sisma -X struttura spalla	Accel_sism_cls_-X
Sisma_+Y	Sisma +Y struttura spalla + terreno	Accel_sism_cls_+Y
Sisma_-Y	Sisma -Y struttura spalla + terreno	Accel_sism_cls_-Y Incrim_spinta_sism_ter_and_A

6.5 Combinazioni di carico

A partire dalle condizioni di carico elementari sono stati creati i gruppi di combinazioni di carico ed involuppi di progetto riportati nel seguito.

Combinazione fondamentale stati limite ultimi (SLU):

$$ENV_SLU = \gamma_G * PP_strut_ter + \gamma_G * Spinta_stat_ter + Inviluppo \{ Carichi_imp_Fxmax_SLUENV \dots Carichi_imp_Mzmin_SLUENV \} + \gamma_Q * Sovrac_rilev + \gamma_Q * Spinta_sovrac$$

Dove:

$$\gamma_G = 1 \div 1.35$$

$$\gamma_Q = 0 \div 1.50$$

Il sovraccarico sul rilevato viene considerato in via cautelativa come azione variabile di base, al pari dei carichi da traffico. Non viene quindi applicato il coefficiente ψ_0 .

Ognuna delle 10 condizioni di carico (Carichi_imp_Fxmax_SLUENV ... Carichi_imp_Mzmin_SLUENV) rappresenta a sua volta una ben definita combinazione di carico semplice derivante dalle condizioni di carico elementari dell'impalcato ed i relativi coefficienti di combinazione.

Di seguito si riporta lo sviluppo di tutte le possibili combinazioni di carico semplici, con i rispettivi coefficienti di combinazione delle condizioni di carico, che si ottengono al variare dei coefficienti di combinazione sopra riportati. Sono possibili in questo caso 40 combinazioni di carico.

Tipo comb.	Condizione di carico	Comb. SLU n.																			
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
ENV_SLU	Carichi_imp_Fxmax_SLUENV	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ENV_SLU	Carichi_imp_Fxmin_SLUENV	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ENV_SLU	Carichi_imp_Fymax_SLUENV	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
ENV_SLU	Carichi_imp_Fymin_SLUENV	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0
ENV_SLU	Carichi_imp_Fzmax_SLUENV	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1
ENV_SLU	Carichi_imp_Fzmin_SLUENV	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ENV_SLU	Carichi_imp_Mxmax_SLUENV	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ENV_SLU	Carichi_imp_Mzmax_SLUENV	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ENV_SLU	Carichi_imp_Mzmin_SLUENV	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ENV_SLU	PP_strut_ter	1	1.35	1	1.35	1	1.35	1	1.35	1	1.35	1	1.35	1	1.35	1	1.35	1	1.35	1	1.35
ENV_SLU	Spinta_stat_ter	1	1.35	1	1.35	1	1.35	1	1.35	1	1.35	1	1.35	1	1.35	1	1.35	1	1.35	1	1.35
ENV_SLU	Sovrac_rilev	0	0	1.5	1.5	0	0	1.5	1.5	0	0	1.5	1.5	0	0	1.5	1.5	0	0	1.5	1.5
ENV_SLU	Spinta_sovrac	0	0	1.5	1.5	0	0	1.5	1.5	0	0	1.5	1.5	0	0	1.5	1.5	0	0	1.5	1.5

Relazione di calcolo Spalle, plinti e pali di fondazione

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN1A	20	D26CL	CL 09 00 002	A	41 di 159

Tipo comb.	Condizione di carico	Comb. SLU n.																			
		21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
ENV_SLU	Carichi_imp_Fxmax_SLUENV	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ENV_SLU	Carichi_imp_Fxmin_SLUENV	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ENV_SLU	Carichi_imp_Fymax_SLUENV	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ENV_SLU	Carichi_imp_Fymin_SLUENV	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ENV_SLU	Carichi_imp_Fzmax_SLUENV	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ENV_SLU	Carichi_imp_Fzmin_SLUENV	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ENV_SLU	Carichi_imp_Mxmax_SLUENV	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ENV_SLU	Carichi_imp_Mxmin_SLUENV	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
ENV_SLU	Carichi_imp_Mzmax_SLUENV	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0
ENV_SLU	Carichi_imp_Mzmin_SLUENV	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1
ENV_SLU	PP_strut_ter	1	1.35	1	1.35	1	1.35	1	1.35	1	1.35	1	1.35	1	1.35	1	1.35	1	1.35	1	1.35
ENV_SLU	Spinta_stat_ter	1	1.35	1	1.35	1	1.35	1	1.35	1	1.35	1	1.35	1	1.35	1	1.35	1	1.35	1	1.35
ENV_SLU	Sovrac_rilev	0	0	1.5	1.5	0	0	1.5	1.5	0	0	1.5	1.5	0	0	1.5	1.5	0	0	1.5	1.5
ENV_SLU	Spinta_sovrac	0	0	1.5	1.5	0	0	1.5	1.5	0	0	1.5	1.5	0	0	1.5	1.5	0	0	1.5	1.5

Combinazione rara stati limite di esercizio (SLE) irreversibili:

$$ENV_SLE_rara = PP_strut_ter + Spinta_stat_ter + Inviluppo \{Carichi_imp_Fxmax_SLEraraENV \dots Carichi_imp_Mzmin_SLEraraENV\} + Sovrac_rilev + Spinta_sovrac$$

Il sovraccarico sul rilevato viene considerato in via cautelativa come azione variabile di base, al pari dei carichi da traffico. Non viene quindi applicato il coefficiente ψ_0 .

Di seguito si riporta lo sviluppo di tutte le possibili combinazioni di carico semplici, con i rispettivi coefficienti di combinazione delle condizioni di carico. Sono possibili 10 combinazioni di carico.

Tipo comb.	Condizione di carico	Comb. SLE rara n.									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ENV_SLE_rara	Carichi_imp_Fxmax_SLEraraENV	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ENV_SLE_rara	Carichi_imp_Fxmin_SLEraraENV	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
ENV_SLE_rara	Carichi_imp_Fymax_SLEraraENV	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
ENV_SLE_rara	Carichi_imp_Fymin_SLEraraENV	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
ENV_SLE_rara	Carichi_imp_Fzmax_SLEraraENV	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
ENV_SLE_rara	Carichi_imp_Fzmin_SLEraraENV	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
ENV_SLE_rara	Carichi_imp_Mxmax_SLEraraENV	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
ENV_SLE_rara	Carichi_imp_Mxmin_SLEraraENV	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
ENV_SLE_rara	Carichi_imp_Mzmax_SLEraraENV	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
ENV_SLE_rara	Carichi_imp_Mzmin_SLEraraENV	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
ENV_SLE_rara	PP_strut_ter	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
ENV_SLE_rara	Spinta_stat_ter	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
ENV_SLE_rara	Sovrac_rilev	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
ENV_SLE_rara	Spinta_sovrac	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Combinazione quasi permanente stati limite di esercizio (SLE) per effetti a lungo termine:

$$ENV_SLE_qperm = PP_strut_ter + Spinta_stat_ter + Inviluppo \{Carichi_imp_Fxmax_SLEqpermENV \dots Carichi_imp_Mzmin_SLEqpermENV\} + \psi_2 * Sovrac_rilev + \psi_2 * Spinta_sovrac$$

Relazione di calcolo Spalle, plinti e pali di fondazione

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN1A	20	D26CL	CL 09 00 002	A	42 di 159

Dove:

$$\psi_2 = 0.0$$

Di seguito si riporta lo sviluppo di tutte le possibili combinazioni di carico semplici, con i rispettivi coefficienti di combinazione delle condizioni di carico. Sono possibili 10 combinazioni di carico.

Tipo comb.	Condizione di carico	Comb. SLE qperm n.									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ENV_SLE_qperm	Carichi_imp_Fxmax_SLEqpermENV	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ENV_SLE_qperm	Carichi_imp_Fxmin_SLEqpermENV	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
ENV_SLE_qperm	Carichi_imp_Fymax_SLEqpermENV	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
ENV_SLE_qperm	Carichi_imp_Fymin_SLEqpermENV	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
ENV_SLE_qperm	Carichi_imp_Fzmax_SLEqpermENV	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
ENV_SLE_qperm	Carichi_imp_Fzmin_SLEqpermENV	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
ENV_SLE_qperm	Carichi_imp_Mxmax_SLEqpermENV	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
ENV_SLE_qperm	Carichi_imp_Mxmin_SLEqpermENV	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
ENV_SLE_qperm	Carichi_imp_Mzmax_SLEqpermENV	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
ENV_SLE_qperm	Carichi_imp_Mzmin_SLEqpermENV	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
ENV_SLE_qperm	PP_strut_ter	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
ENV_SLE_qperm	Spinta_stat_ter	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
ENV_SLE_qperm	Sovrac_rilev	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ENV_SLE_qperm	Spinta_sovrac	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Combinazione sismica:

$$ENV_SISM = SISMA + PP_strut_ter + Spinta_stat_ter + \psi_2 * Sovrac_rilev + \psi_2 * Spinta_sovrac$$

Dove:

$$\psi_2 = 0.0$$

$$SISMA_SPALLA_X = Inviluppo \{ Sisma_+X, Sisma_ -X \}$$

$$SISMA_SPALLA_Y = Inviluppo \{ Sisma_+Y, Sisma_ -Y \}$$

$$SISMA_SPALLA_Xprev = 1 * SISMA_SPALLA_X + 0.3 * SISMA_SPALLA_Y$$

$$SISMA_SPALLA_Yprev = 1 * SISMA_SPALLA_Y + 0.3 * SISMA_SPALLA_X$$

$$SISMA_Xprev = Inviluppo \{ Carichi_imp_Fxmax_SISMXprevENV .. carichi_imp_Mzmin_SISMXprevENV \} + SISMA_SPALLA_Xprev$$

$$SISMA_Yprev = Inviluppo \{ Carichi_imp_Fymax_SISMYprevENV .. carichi_imp_Mzmin_SISMYprevENV \} + SISMA_SPALLA_Yprev$$

$$SISMA = Inviluppo \{ SISMA_Xprev, SISMA_Yprev \}$$

Di seguito si riporta lo sviluppo di tutte le possibili combinazioni di carico semplici, con i rispettivi coefficienti di combinazione delle condizioni di carico. Sono possibili 80 combinazioni di carico, di cui 40 con sisma in direzione longitudinale prevalente (Xprev) e 40 con sisma in direzione trasversale prevalente (Yprev).

6.6 Analisi strutturale

Si è realizzata una analisi statica lineare della spalla considerando i carichi direttamente agenti su di essa e quelli derivanti dall'impalcato soprastante, descritti in precedenza, in condizioni statiche ed in condizioni sismiche. Le sollecitazioni utilizzate per le verifiche derivano dalle combinazioni degli effetti dei vari carichi, in funzione del tipo di verifica, inviluppate per ottenere il risultato più gravoso in ogni punto della struttura.

Gli inviluppi considerati sono i seguenti:

- Inviluppo_SLU: inviluppo di tutte le possibili combinazioni SLU fondamentali; utilizzato per verifiche strutturali di resistenza di spalla e pali di fondazione, e per verifiche geotecniche dei pali;
- Inviluppo_SISM: inviluppo di tutte le possibili combinazioni sismiche; utilizzato per verifiche strutturali di resistenza di spalla e pali di fondazione, e per verifiche geotecniche dei pali;
- Inviluppo_SLE_rara: inviluppo di tutte le possibili combinazioni SLE rare; utilizzato per verifiche tensionali e di apertura delle fessure, per la spalla e i pali di fondazione;
- Inviluppo_SLE_qperm: inviluppo di tutte le possibili combinazioni SLE quasi permanenti; utilizzato per verifiche tensionali della spalla e dei pali di fondazione.

Di seguito si riportano le mappature e i diagrammi di sollecitazione, rispettivamente per gli elementi piastra (muri di spalla, paraghiaia, andatore e platea) e gli elementi trave dei pali, descritti nel seguito.

Per gli elementi piastra della spalla (muro frontale di spalla, paraghiaia, andatore e platea) si considerano le seguenti sollecitazioni.

- M_x : momento flettente per unità di lunghezza ($kN*m/m$) fuori piano, sollecitante le sezioni verticali dei muri e le sezioni trasversali (con riferimento alla direzione di sviluppo dell'impalcato) della platea;
- M_y : momento flettente per unità di lunghezza ($kN*m/m$) fuori piano, sollecitante le sezioni orizzontali dei muri e le sezioni longitudinali (con riferimento alla direzione di sviluppo dell'impalcato) della platea;
- N_x : sforzo assiale per unità di lunghezza (kN/m), sollecitante le sezioni verticali dei muri e le sezioni trasversali (con riferimento alla direzione di sviluppo dell'impalcato) della platea;
- N_y : sforzo assiale per unità di lunghezza (kN/m), sollecitante le sezioni orizzontali dei muri e le sezioni longitudinali (con riferimento alla direzione di sviluppo dell'impalcato) della platea.
- S_x : taglio fuori piano per unità di lunghezza (kN/m), sollecitante le sezioni verticali dei muri e le sezioni trasversali (con riferimento alla direzione di sviluppo dell'impalcato) della platea;
- S_y : taglio fuori piano per unità di lunghezza (kN/m), sollecitante le sezioni orizzontali dei muri e le sezioni longitudinali (con riferimento alla direzione di sviluppo dell'impalcato) della platea.

Relazione di calcolo Spalle, plinti e pali di fondazione

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN1A	20	D26CL	CL 09 00 002	A	46 di 159

Per le verifiche si considerano le seguenti coppie di sollecitazioni, massimizzando e minimizzando sforzi assiali, momenti flettenti e tagli all'interno dell'involucro di interesse:

- Mx massimo, Nx correlato;
- Mx minimo, Nx correlato;
- My massimo, Ny correlato;
- My minimo, Ny correlato;
- Nx massimo, Mx correlato;
- Nx minimo, Mx correlato;
- Ny massimo, My correlato;
- Ny minimo, My correlato;
- Sx massimo, Nx correlato;
- Sx minimo, Nx correlato;
- Sy massimo, Ny correlato;
- Sy minimo, Ny correlato.

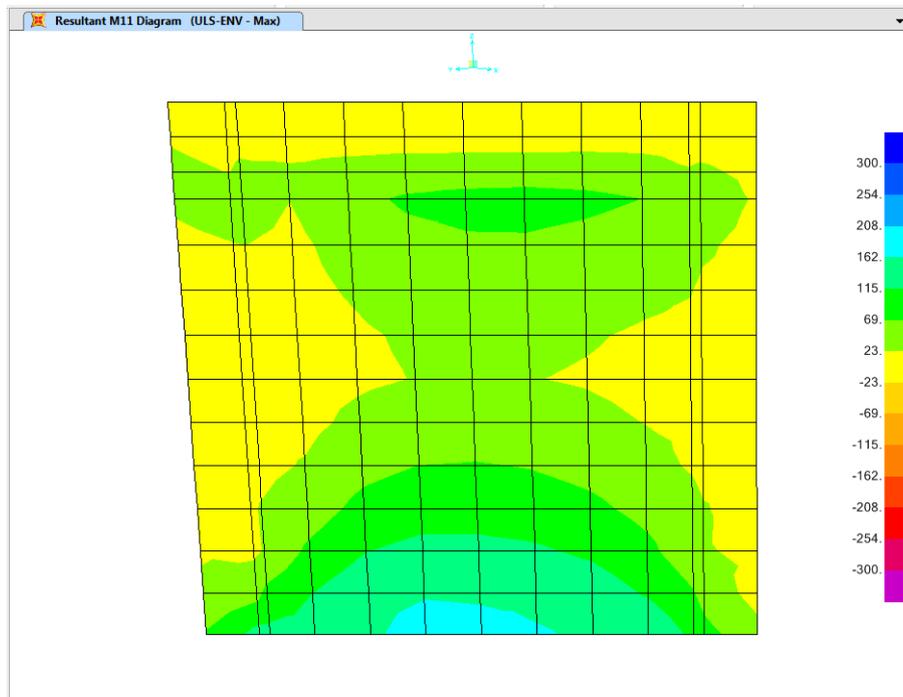
Per i pali si considerano le seguenti sollecitazioni.

- Fx: sforzo assiale, positivo se di trazione (N);
- Fy: taglio (N) in direzione trasversale (con riferimento alla direzione di sviluppo dell'impalcato);
- Fz: taglio (N) in direzione longitudinale (con riferimento alla direzione di sviluppo dell'impalcato);
- $V = (Fy^2 + Fz^2)^{0.5}$ (N)

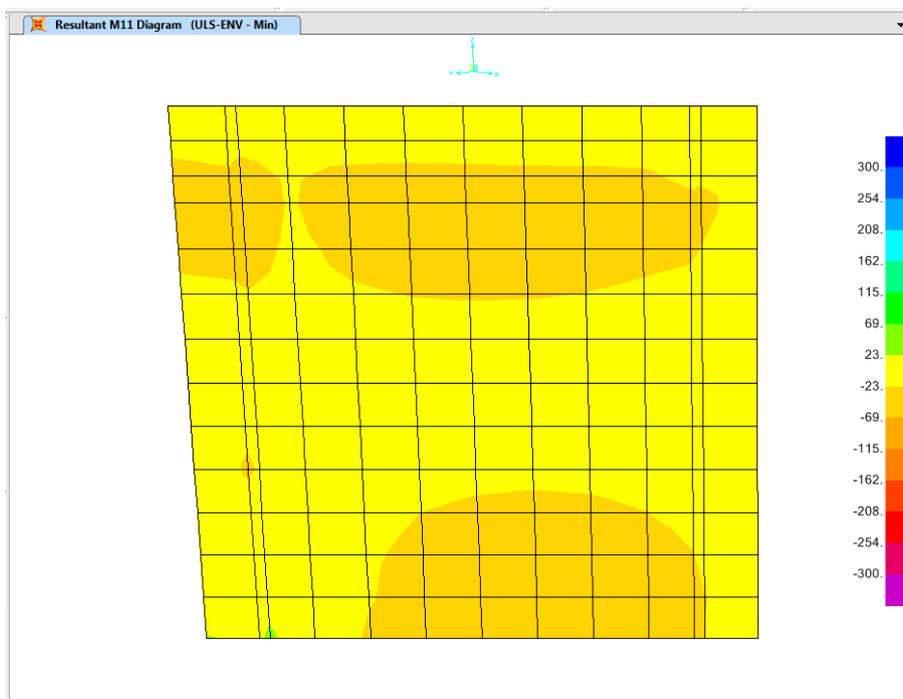
Per le verifiche si considerano le seguenti coppie di sollecitazioni, massimizzando e minimizzando sforzi assiali e tagli all'interno dell'involucro di interesse:

- V massimo, Fx correlato;
- Fx minimo, V correlato;
- Fx massimo, V correlato;

6.6.1 Sollecitazioni muro di spalla



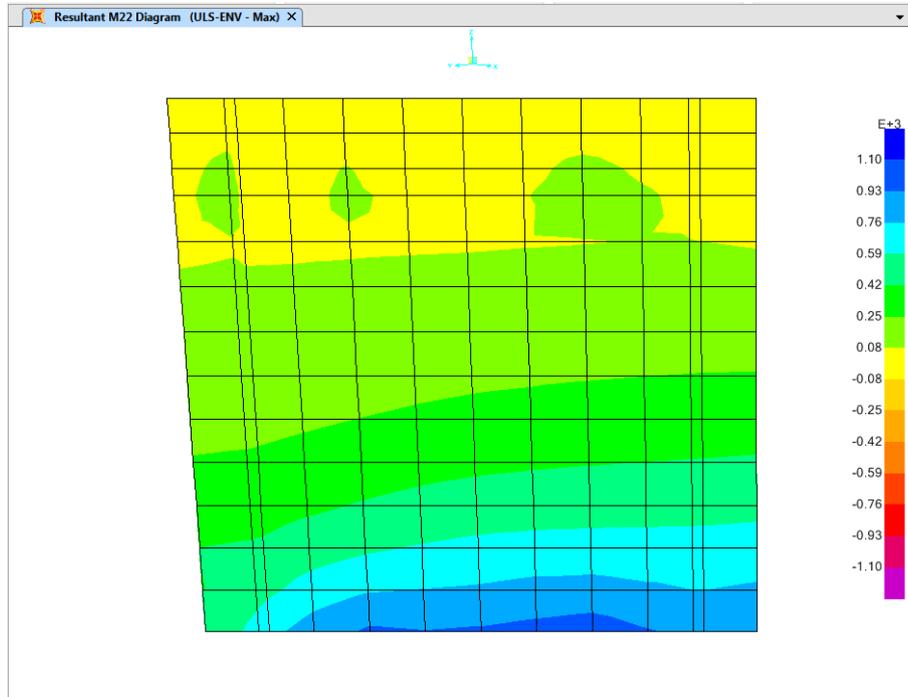
ULS-ENV – Max Mhoriz (=191kN.m/m)



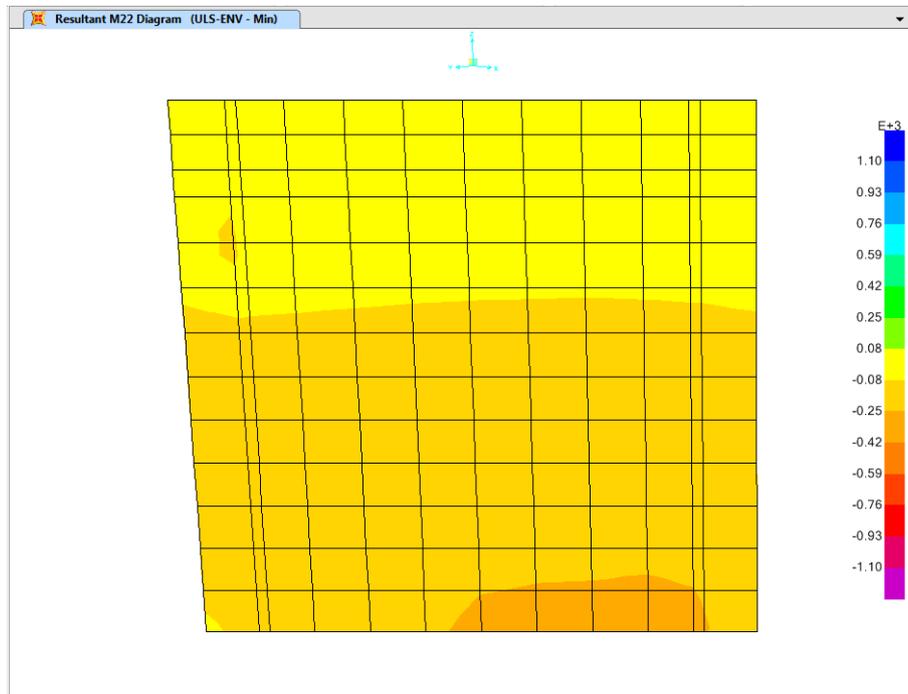
ULS-ENV – Min Mhoriz (= -60kN.m/m)

Relazione di calcolo Spalle, plinti e pali di fondazione

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN1A	20	D26CL	CL 09 00 002	A	48 di 159



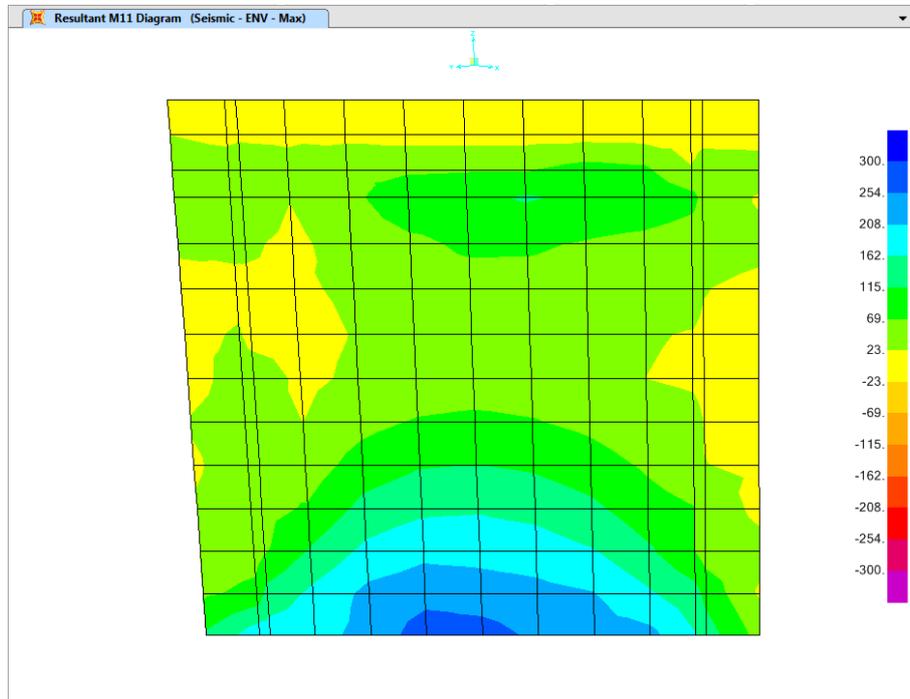
ULS-ENV – Max Mvert (=1014kN.m/m)



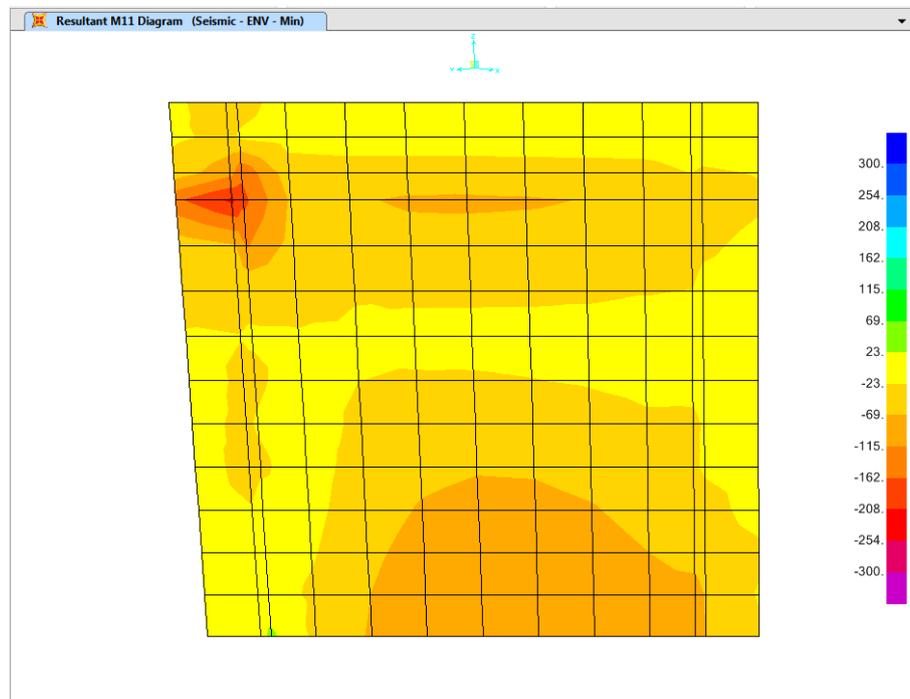
ULS-ENV – Min Mvert (=280kN.m/m)

Relazione di calcolo Spalle, plinti e pali di fondazione

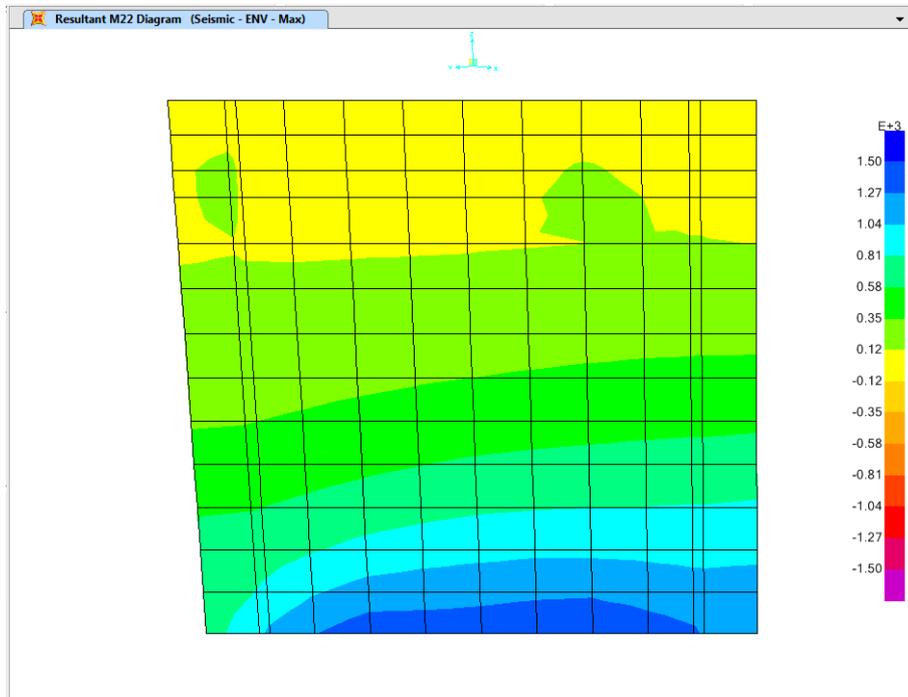
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN1A	20	D26CL	CL 09 00 002	A	49 di 159



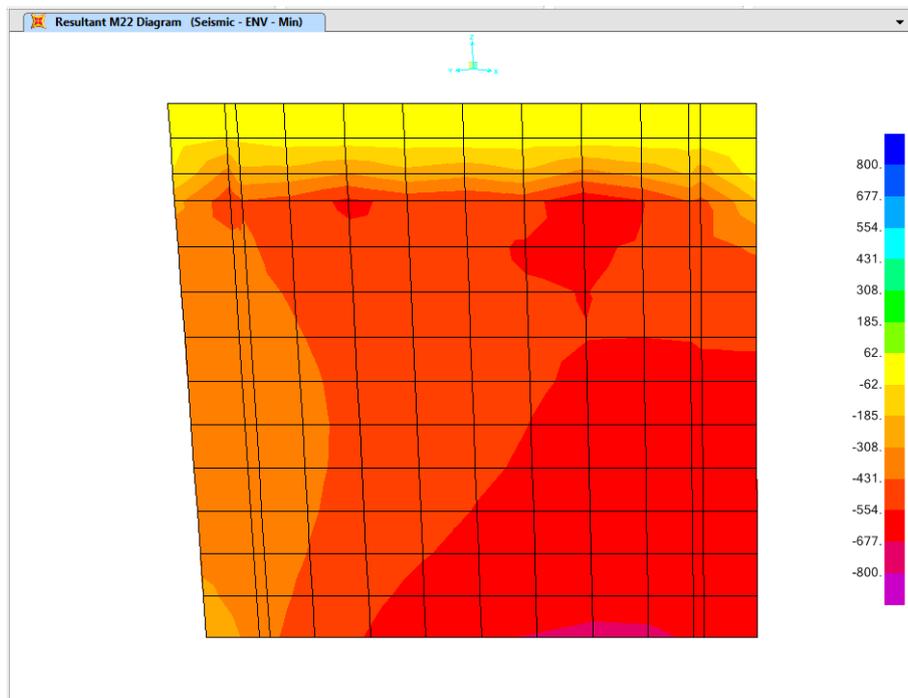
Seismic-ENV – Max Mhoriz (=281kN.m/m)



Seismic-ENV – Max Mhoriz (=219kN.m/m)



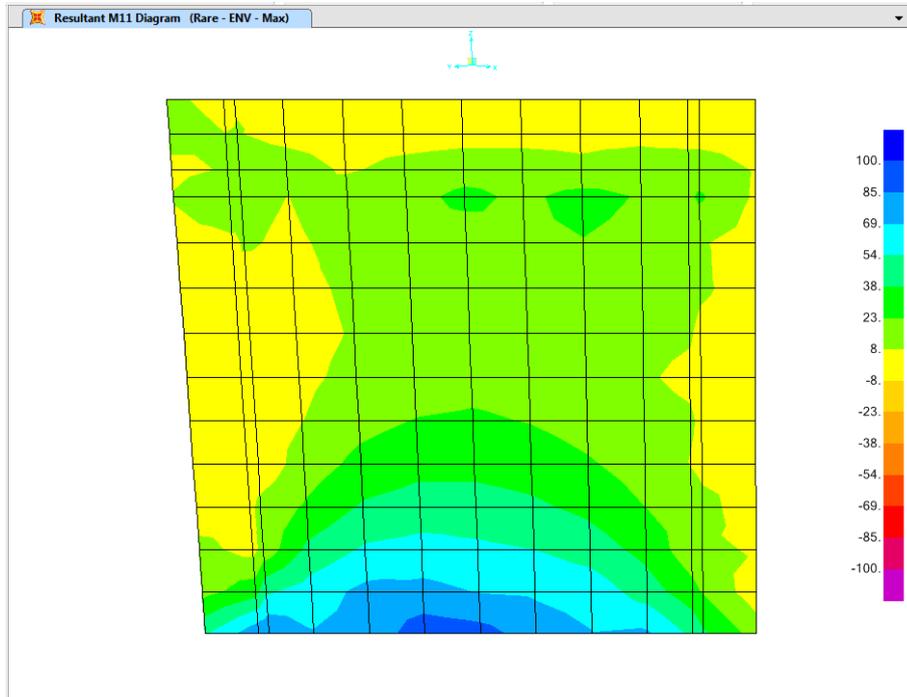
Seismic-ENV – Max Mvert (=1493kN.m/m)



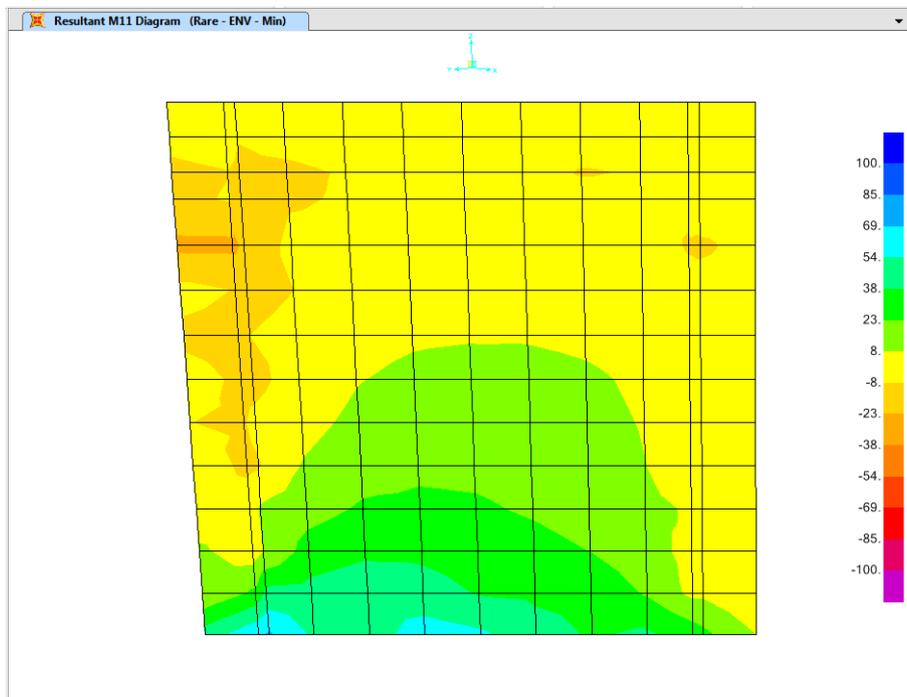
Seismic-ENV – Min Mvert (= -691kN.m/m)

Relazione di calcolo Spalle, plinti e pali di fondazione

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN1A	20	D26CL	CL 09 00 002	A	51 di 159



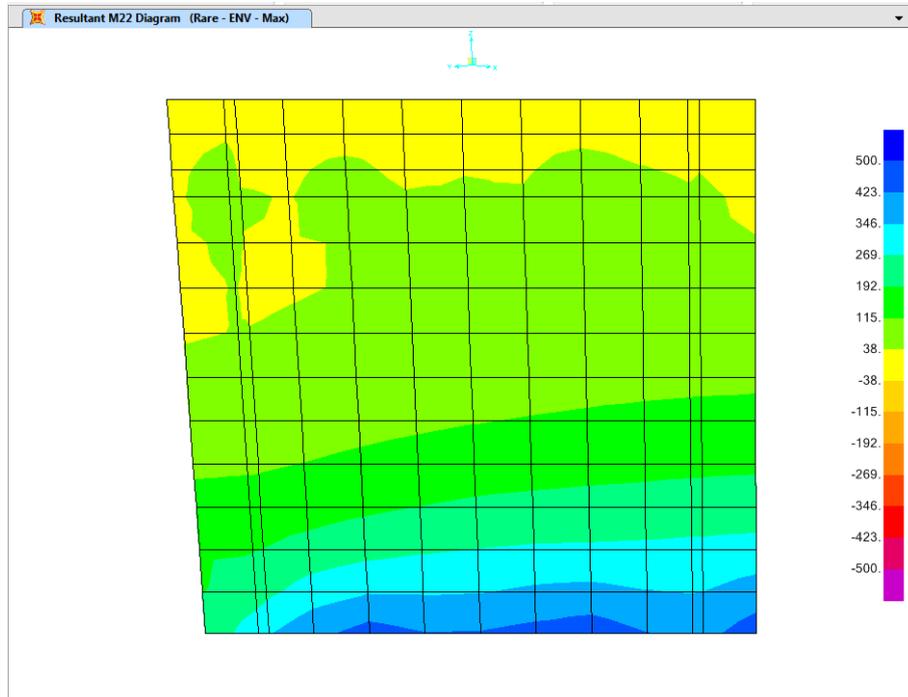
Rare-ENV – Max Mhoriz (=95kN.m/m)



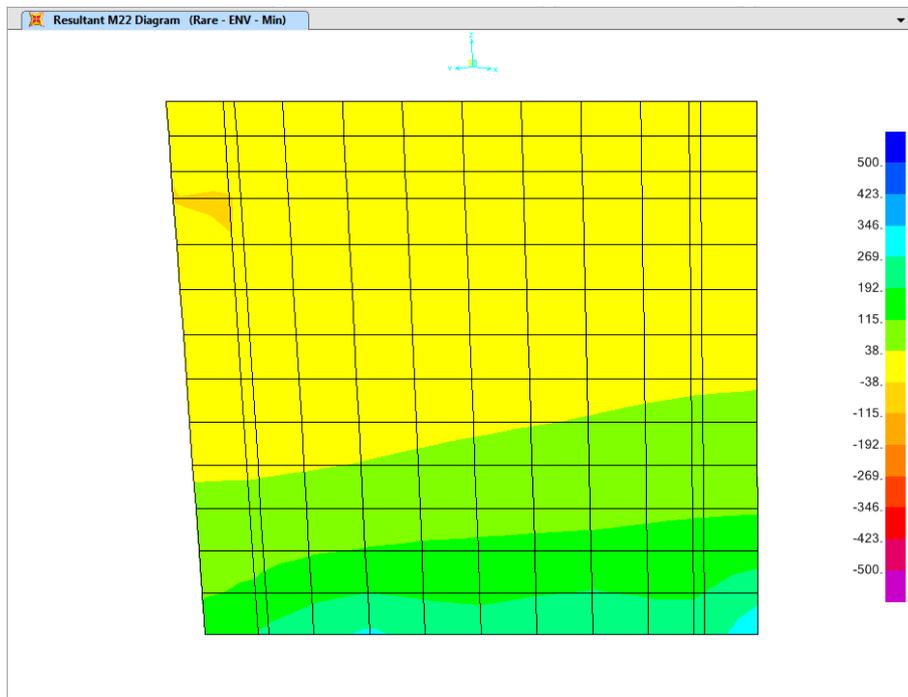
Rare-ENV – Min Mhoriz (=71kN.m/m)

Relazione di calcolo Spalle, plinti e pali di fondazione

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN1A	20	D26CL	CL 09 00 002	A	52 di 159



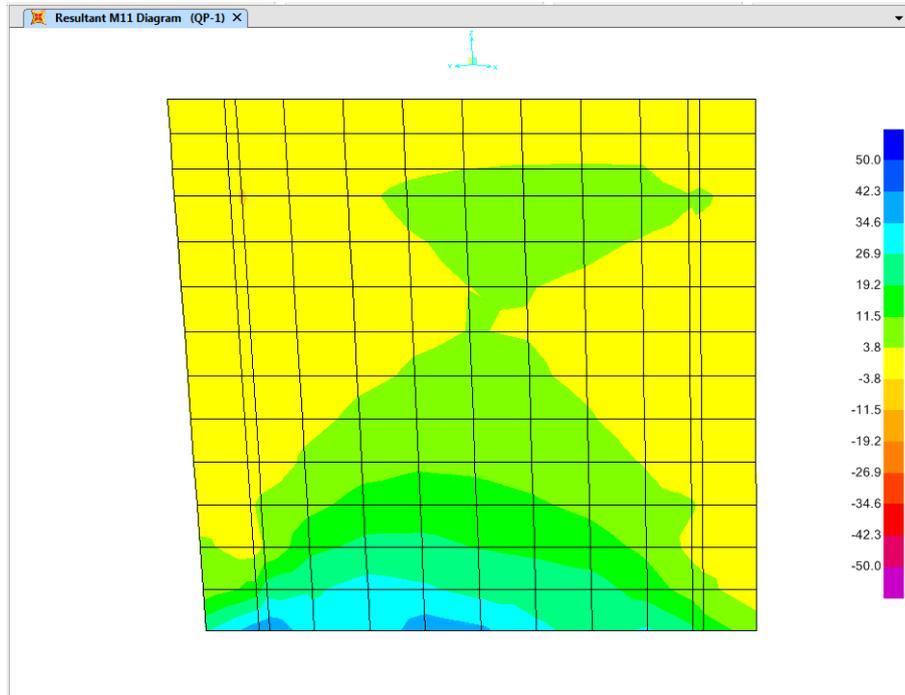
Rare-ENV – Max Mvert (=467kN.m/m)



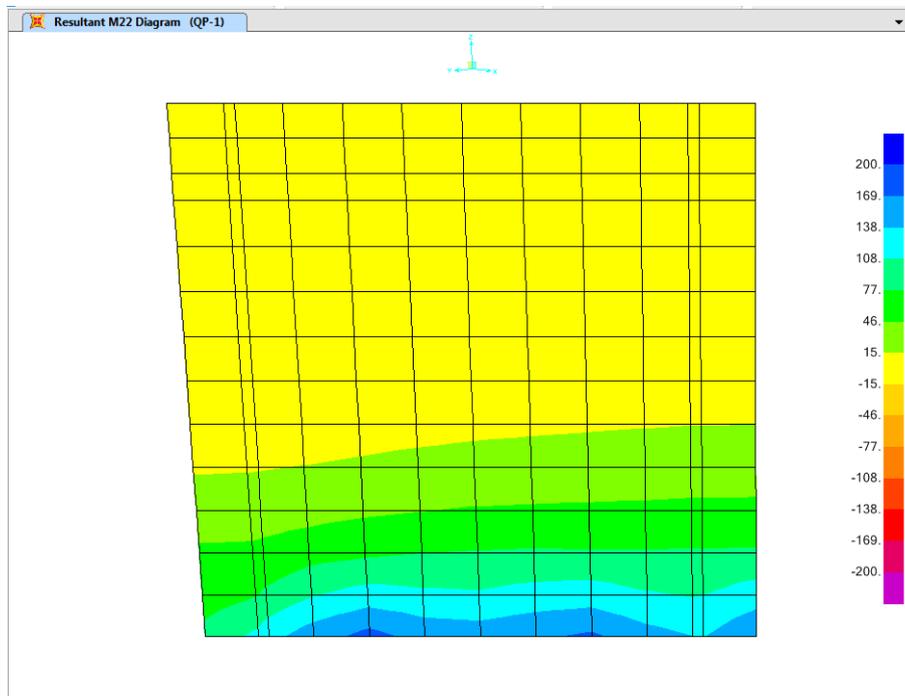
Rare-ENV – Min Mvert (=327kN.m/m)

Relazione di calcolo Spalle, plinti e pali di fondazione

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN1A	20	D26CL	CL 09 00 002	A	53 di 159



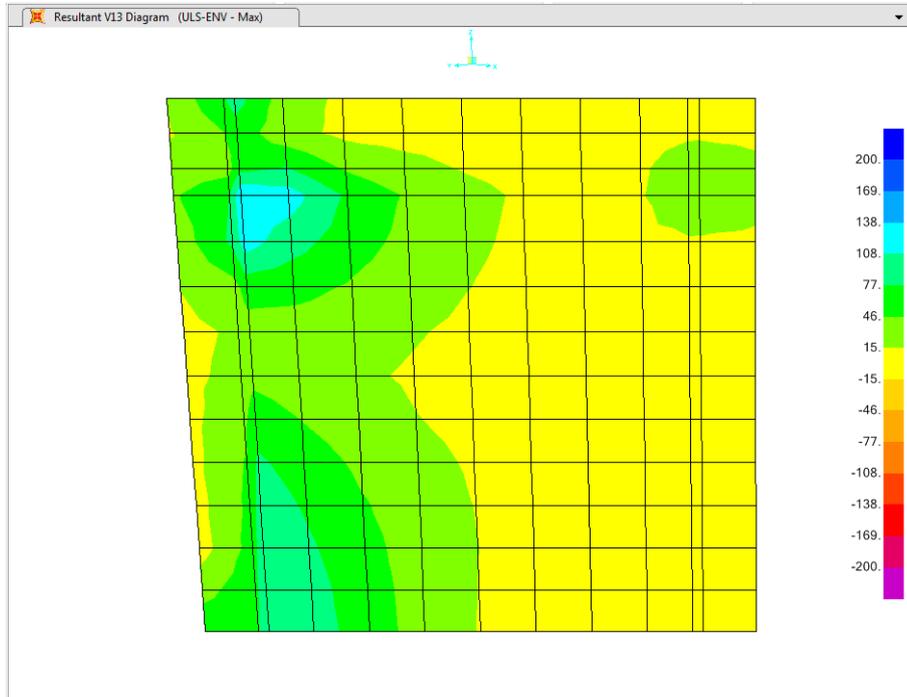
Quasi-Permanent – Mhoriz (=41kN.m/m)



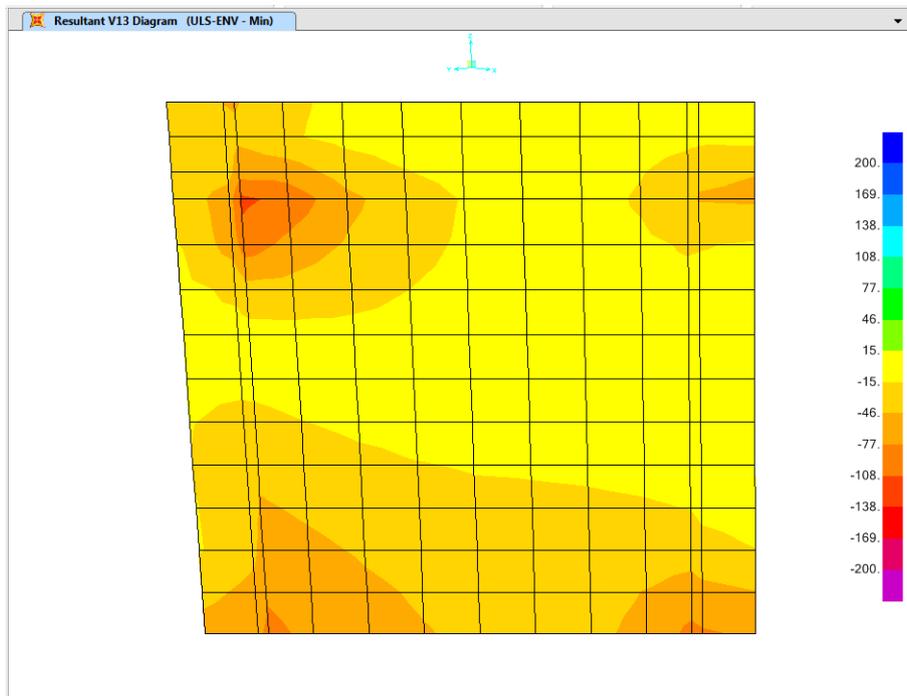
Quasi-Permanent – Mvert (=180kN.m/m)

Relazione di calcolo Spalle, plinti e pali di fondazione

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN1A	20	D26CL	CL 09 00 002	A	54 di 159



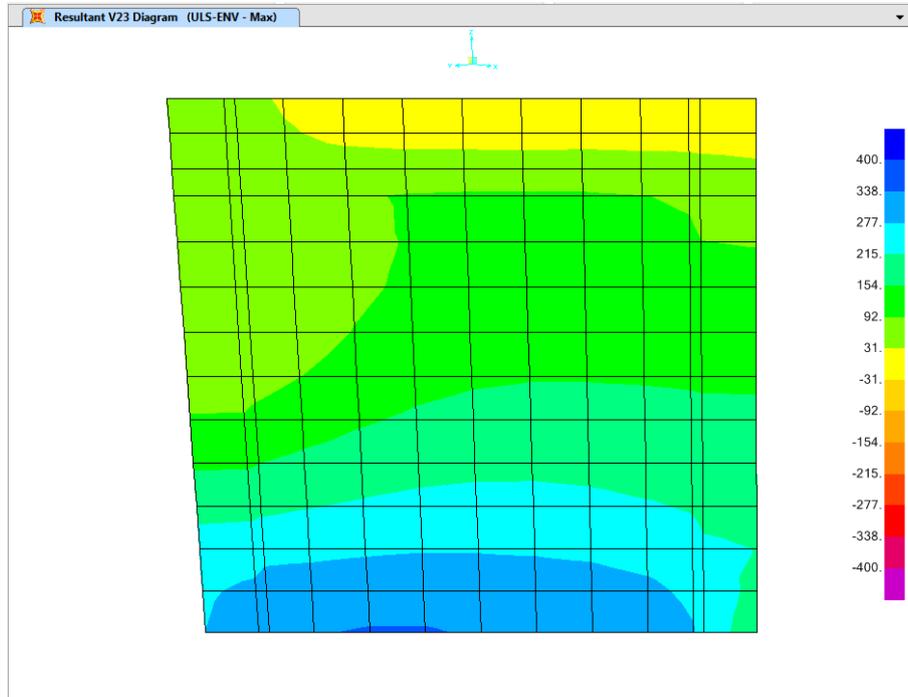
ULS-ENV – Max V13 (=133kN/m)



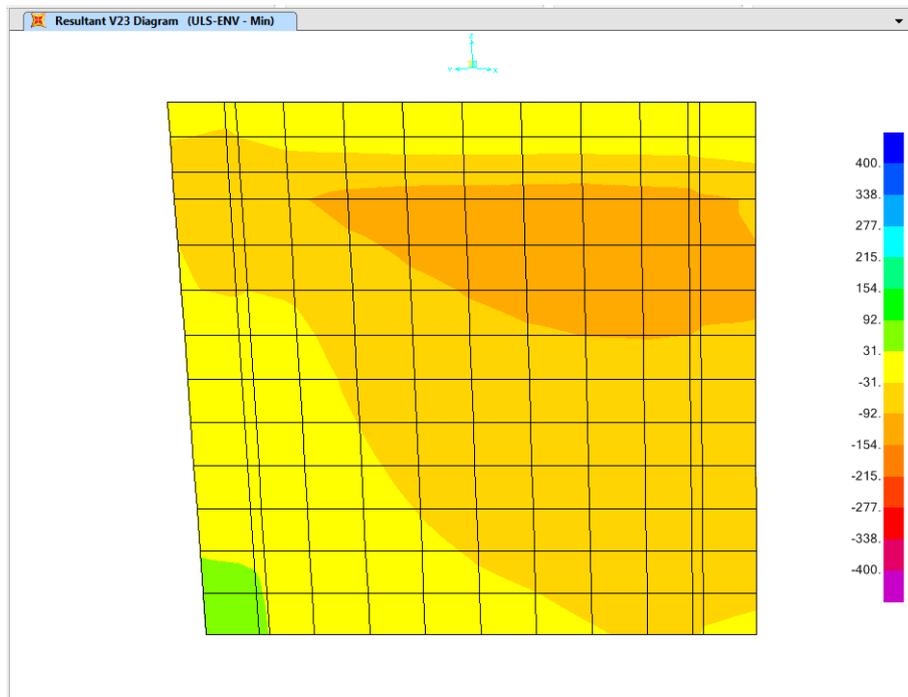
ULS-ENV – Min V13 (=-115kN/m)

Relazione di calcolo Spalle, plinti e pali di fondazione

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN1A	20	D26CL	CL 09 00 002	A	55 di 159



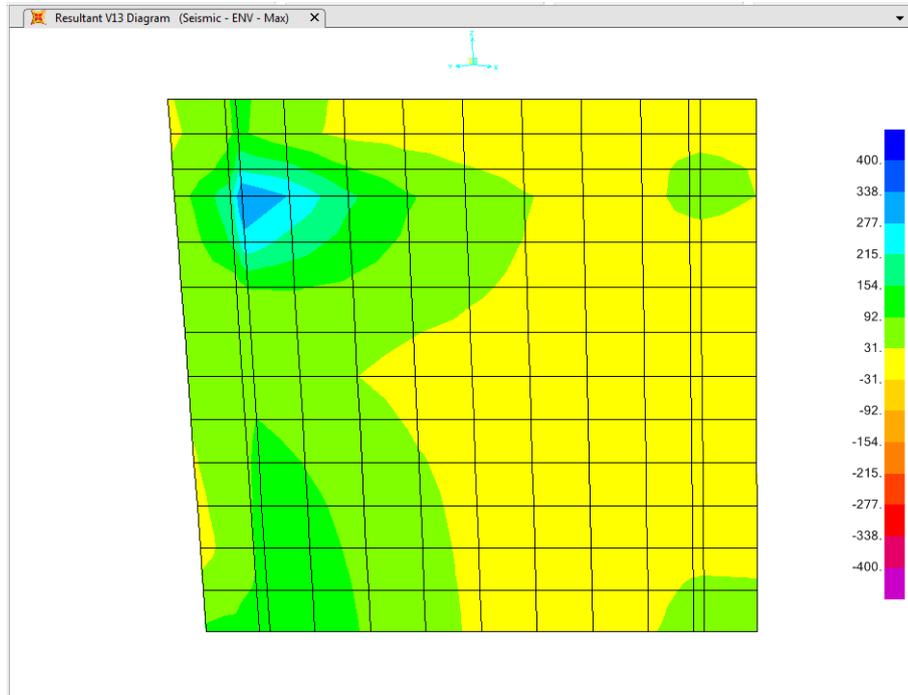
ULS-ENV – Max V23 (=343kN/m)



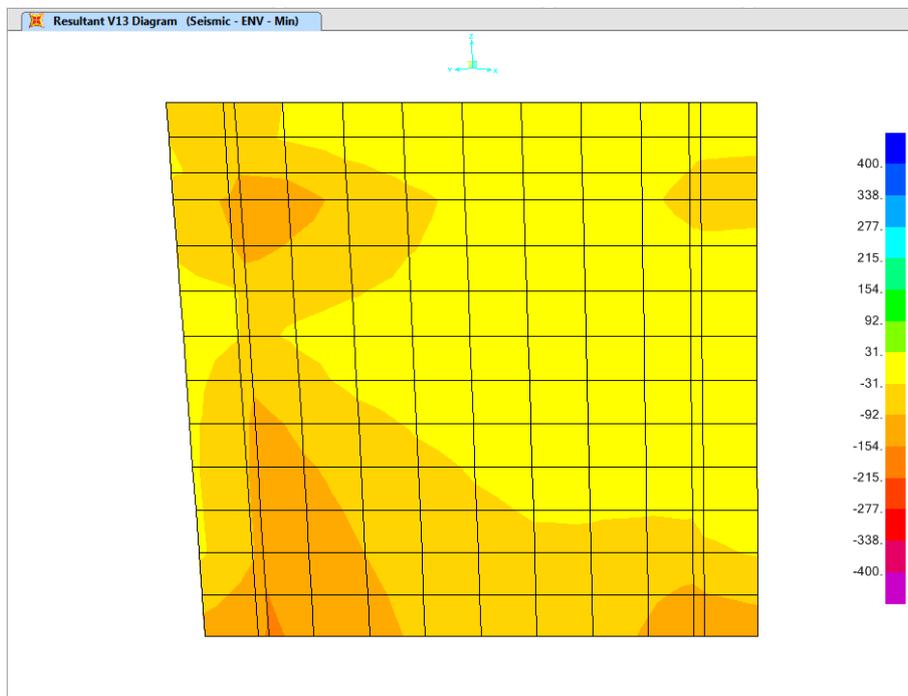
ULS-ENV – Min V23 (= -129kN/m)

Relazione di calcolo Spalle, plinti e pali di fondazione

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN1A	20	D26CL	CL 09 00 002	A	56 di 159



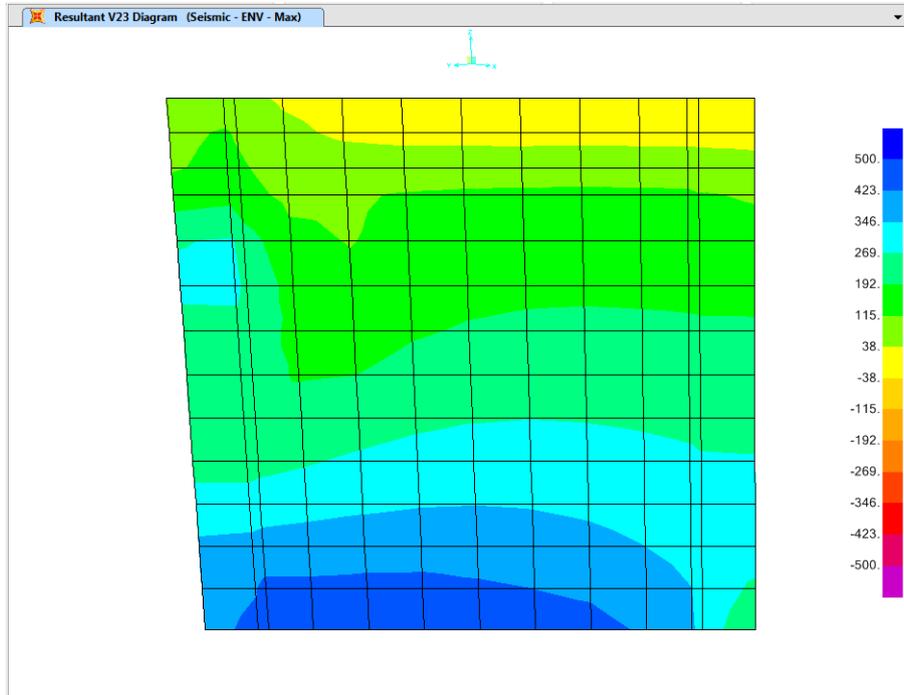
Seismic-ENV – Max V13 (=337kN/m)



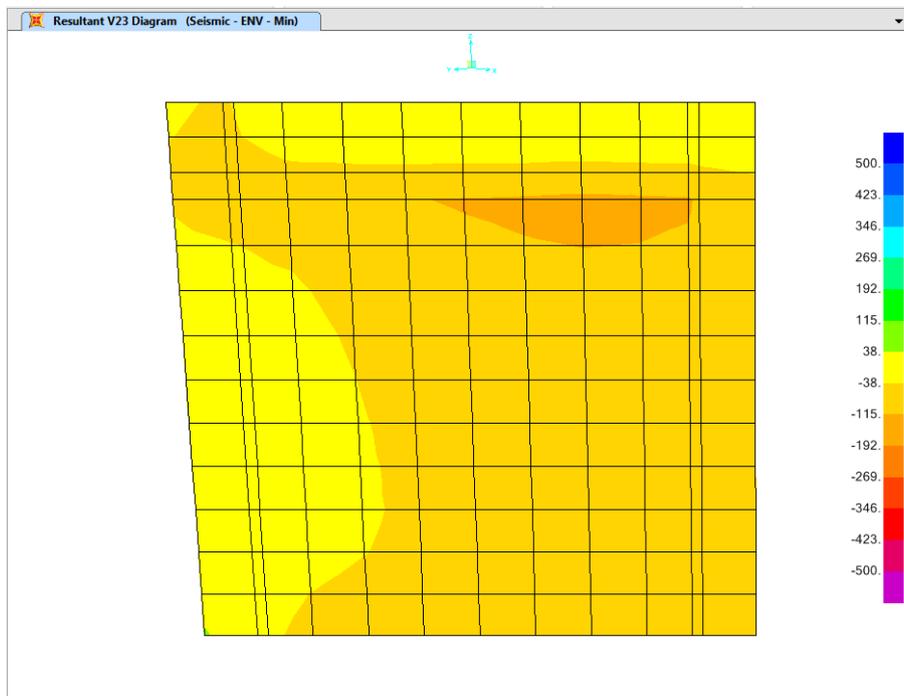
Seismic-ENV – Min V13 (= -163kN/m)

Relazione di calcolo Spalle, plinti e pali di fondazione

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN1A	20	D26CL	CL 09 00 002	A	57 di 159

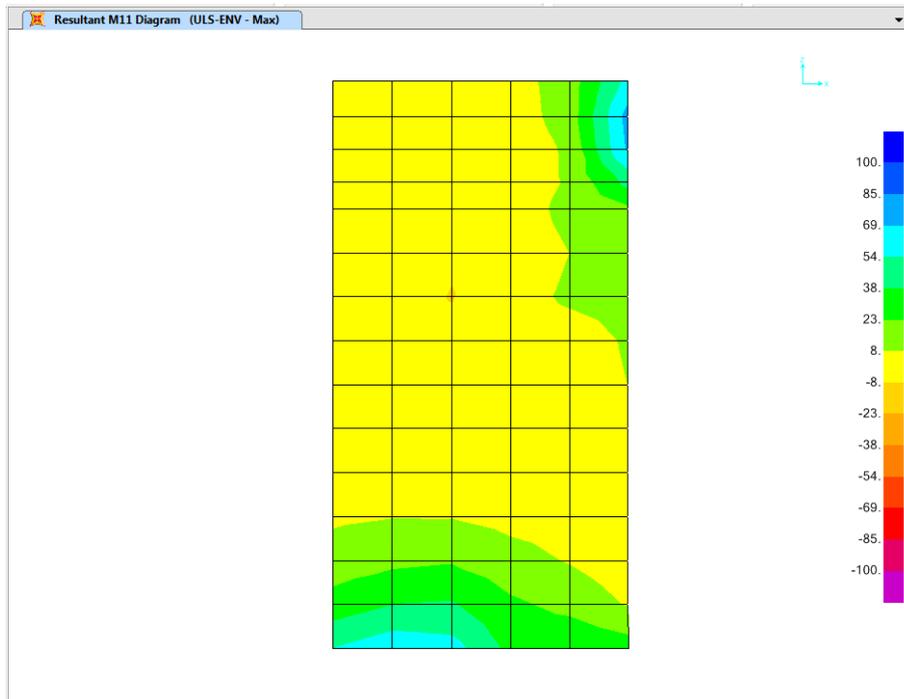


Seismic-ENV – Max V23 (=473kN/m)

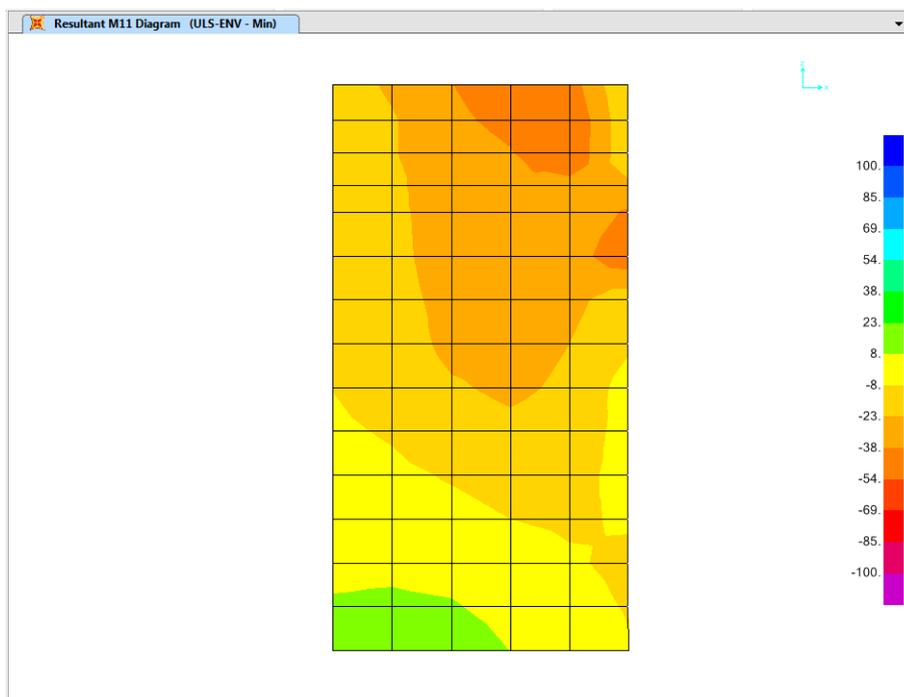


Seismic-ENV – Min V23 (=133kN/m)

6.6.2 Sollecitazioni muro andatore



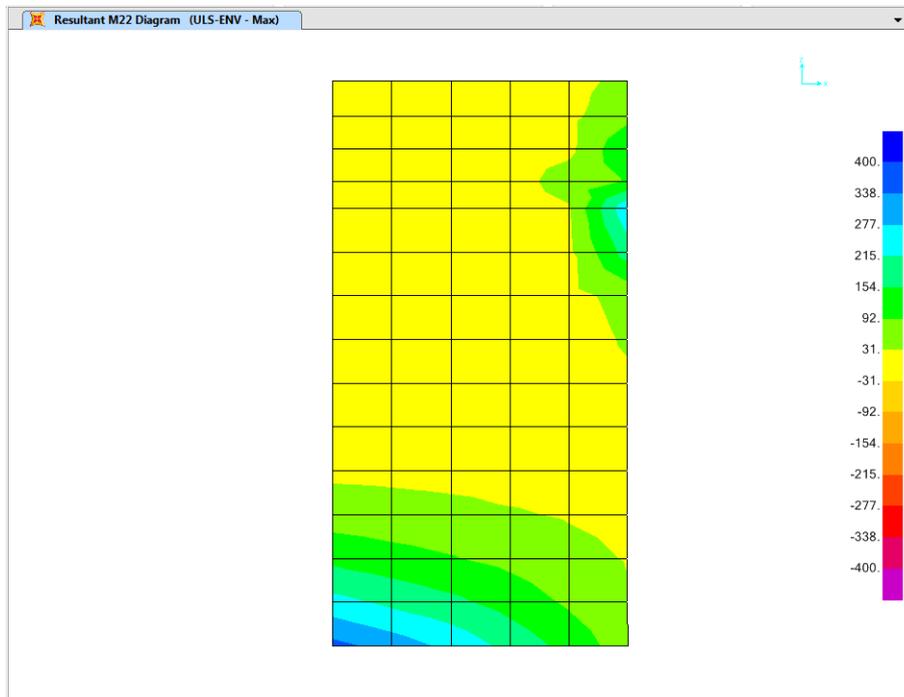
ULS-ENV – Max Mhoriz (=75kN.m/m)



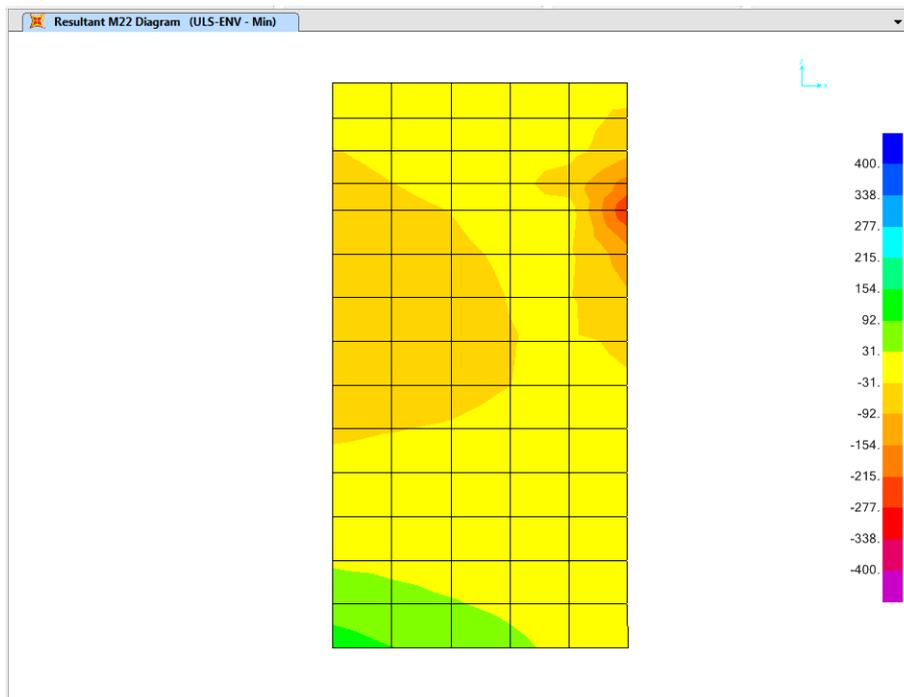
ULS-ENV – Min Mhoriz (= -50kN.m/m)

Relazione di calcolo Spalle, plinti e pali di fondazione

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN1A	20	D26CL	CL 09 00 002	A	59 di 159



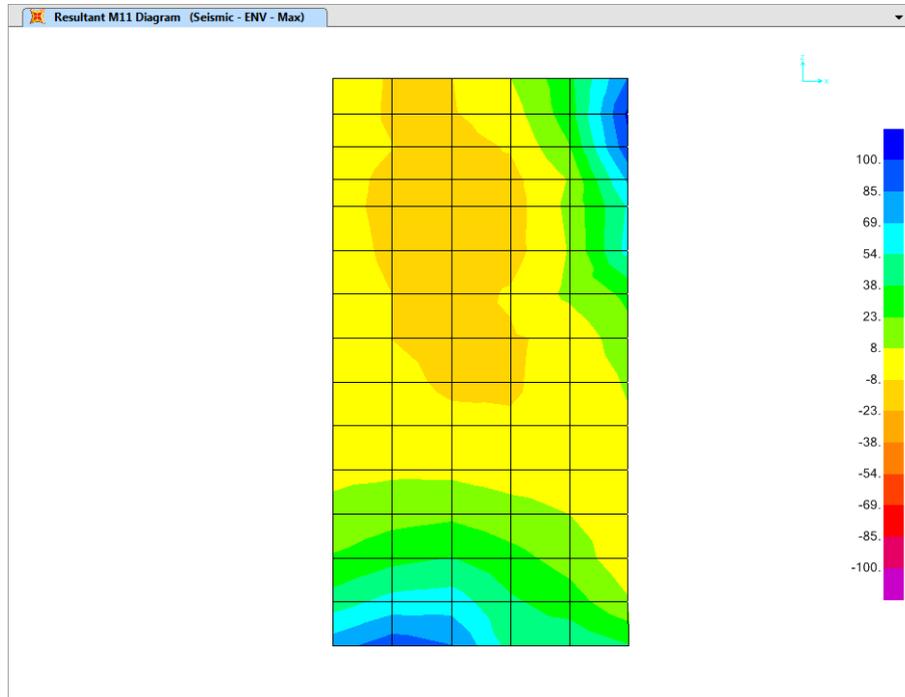
ULS-ENV – Max Mvert (=359kN.m/m)



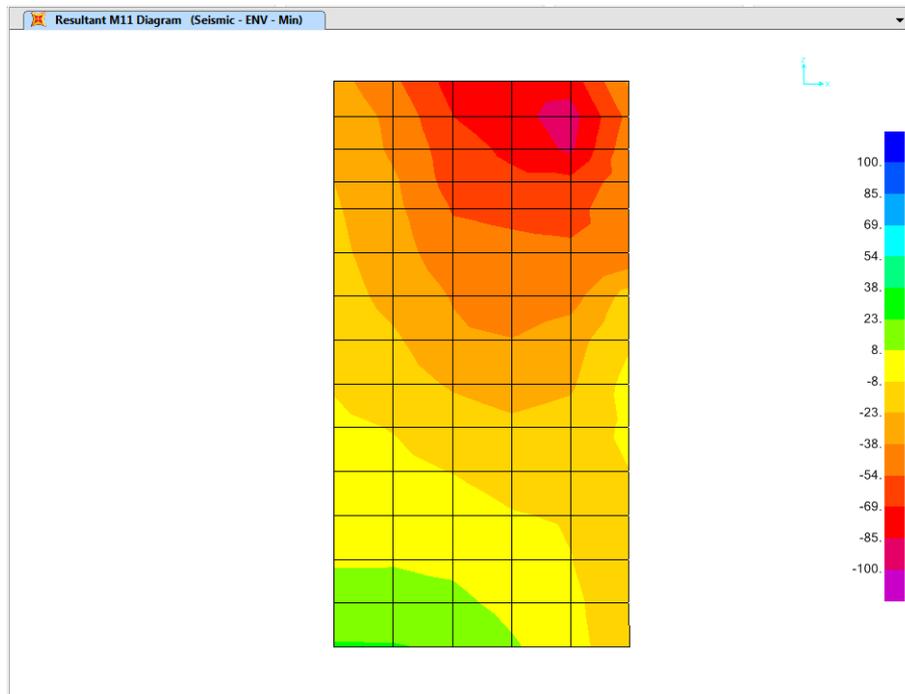
ULS-ENV – Min Mvert (= -274kN.m/m)

Relazione di calcolo Spalle, plinti e pali di fondazione

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN1A	20	D26CL	CL 09 00 002	A	60 di 159



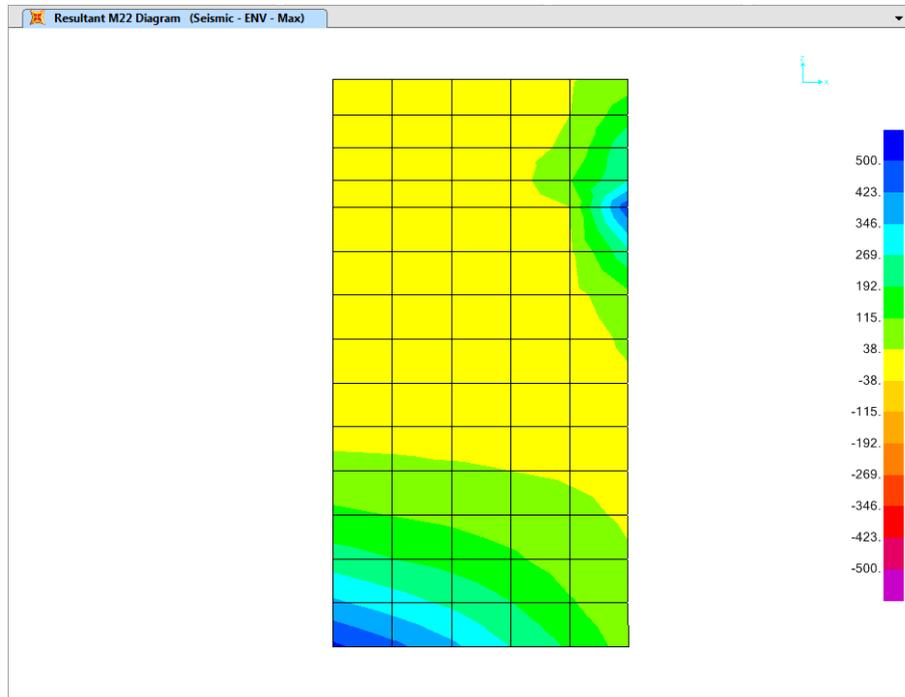
Seismic-ENV – Max Mhoriz (=119kN.m/m)



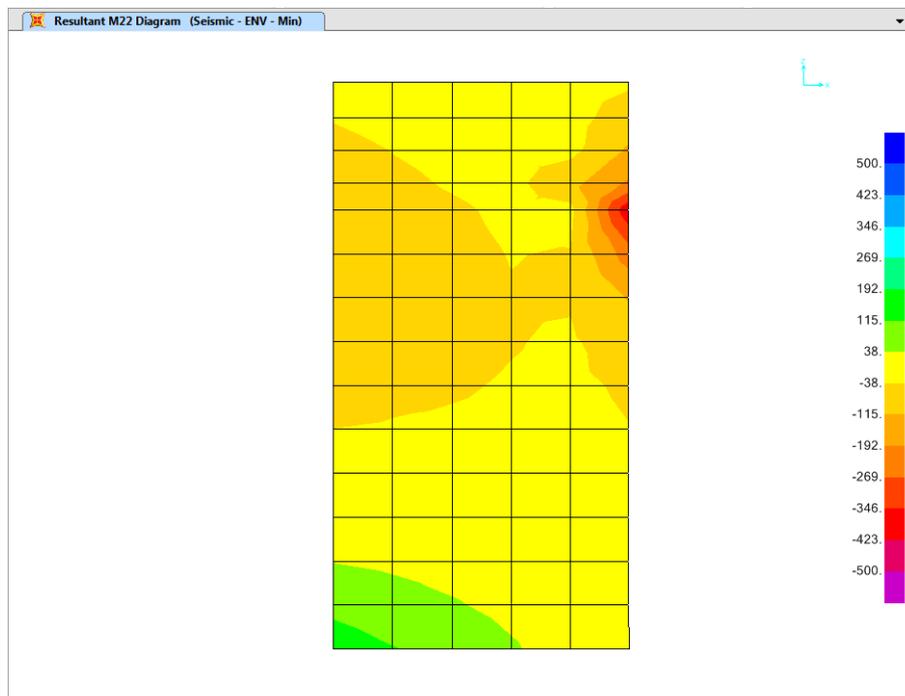
Seismic-ENV – Max Mhoriz (=93kN.m/m)

Relazione di calcolo Spalle, plinti e pali di fondazione

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN1A	20	D26CL	CL 09 00 002	A	61 di 159



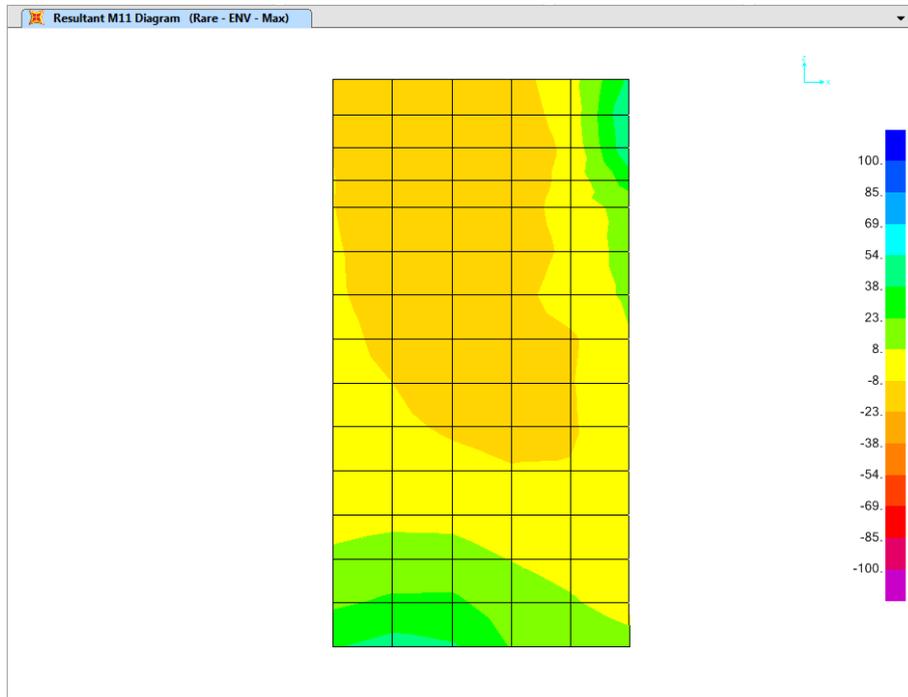
Seismic-ENV – Max Mvert (=518kN.m/m)



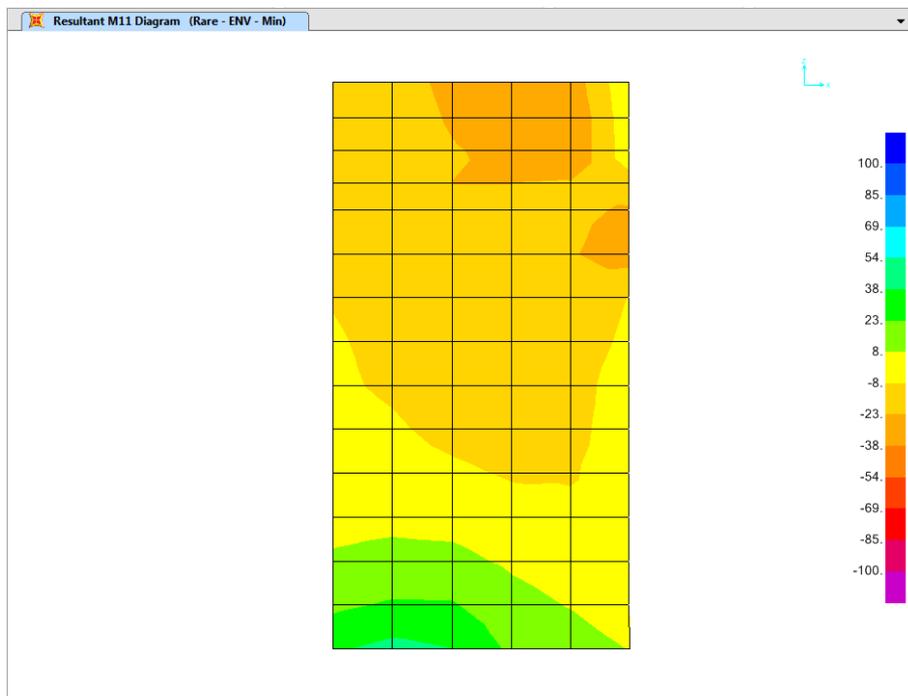
Seismic-ENV – Min Mvert (= -411kN.m/m)

Relazione di calcolo Spalle, plinti e pali di fondazione

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN1A	20	D26CL	CL 09 00 002	A	62 di 159



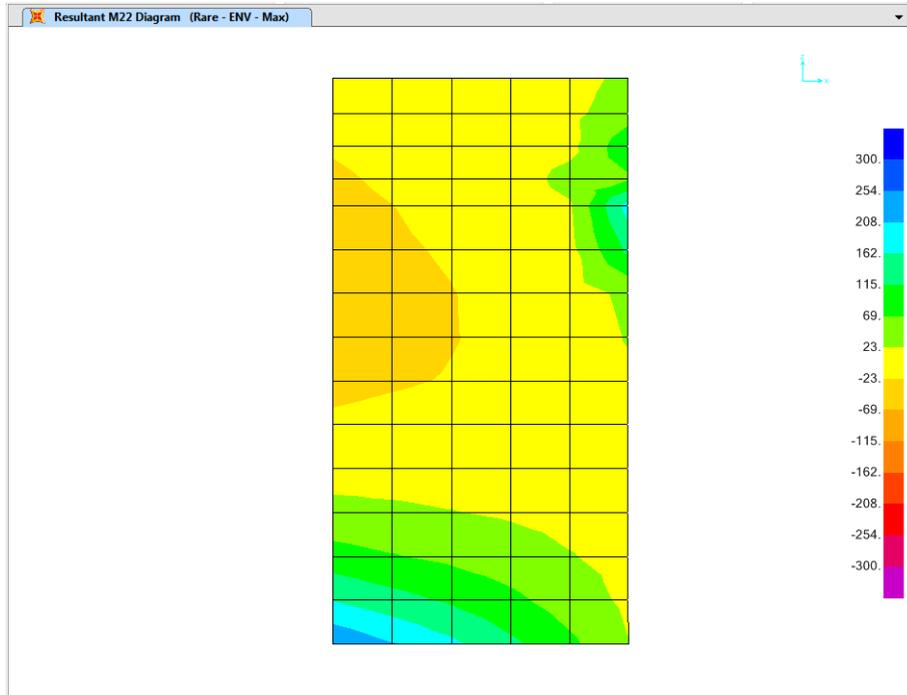
Rare-ENV – Max Mhoriz (=53kN.m/m)



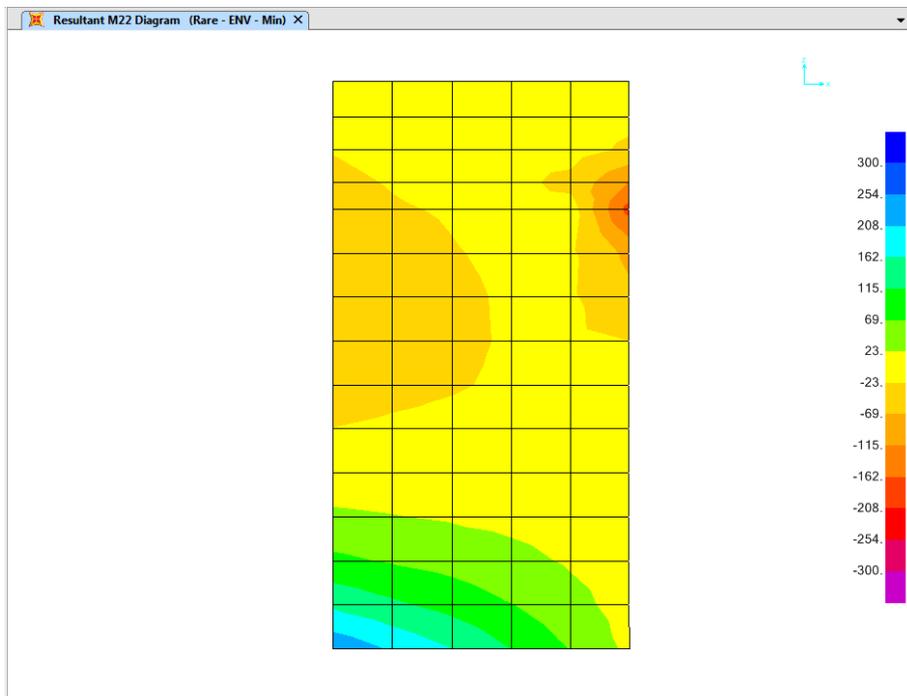
Rare-ENV – Min Mhoriz (=33kN.m/m)

Relazione di calcolo Spalle, plinti e pali di fondazione

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN1A	20	D26CL	CL 09 00 002	A	63 di 159



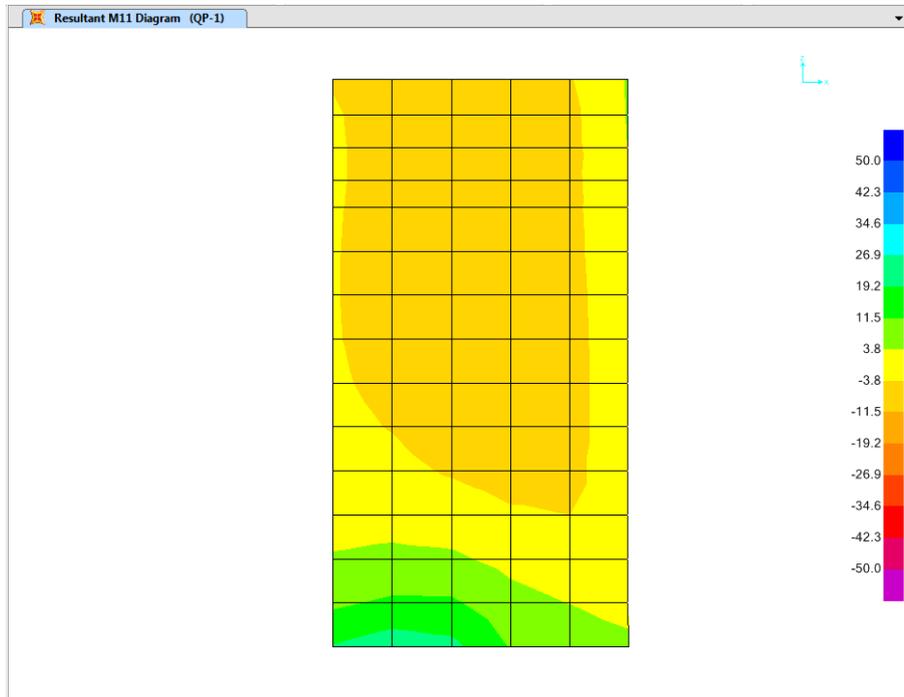
Rare-ENV – Max Mvert (=248kN.m/m)



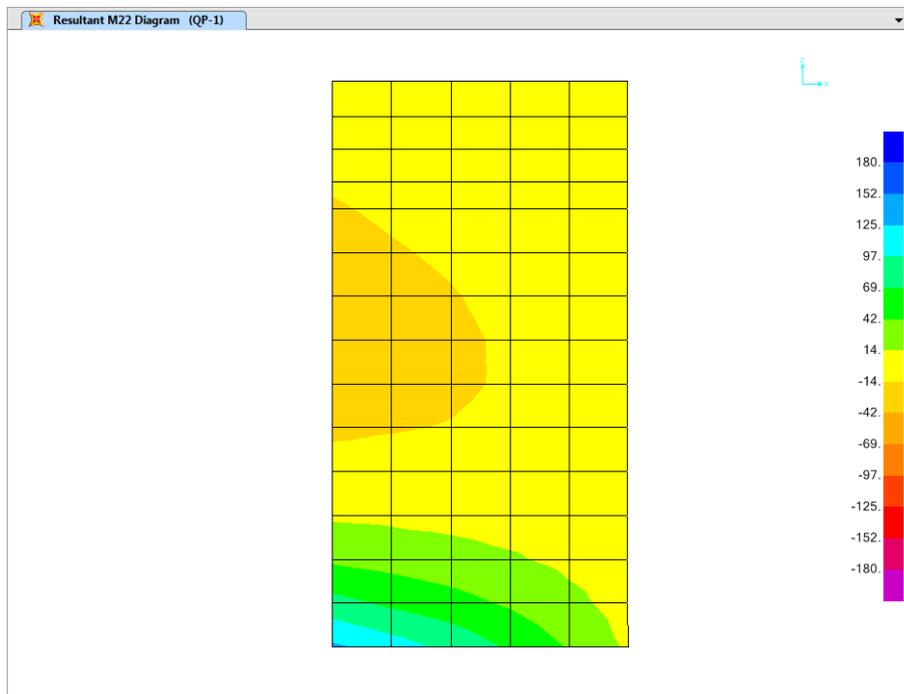
Rare-ENV – Min Mvert (=-180kN.m/m)

Relazione di calcolo Spalle, plinti e pali di fondazione

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN1A	20	D26CL	CL 09 00 002	A	64 di 159



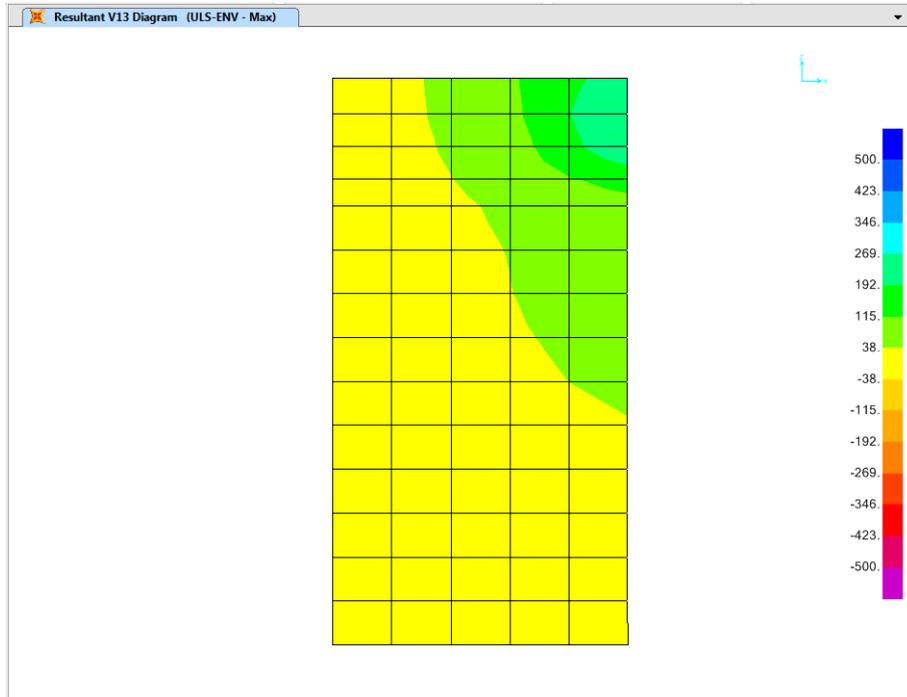
Quasi-Permanent – Mhoriz (=24kN.m/m; -11kN.m/m)



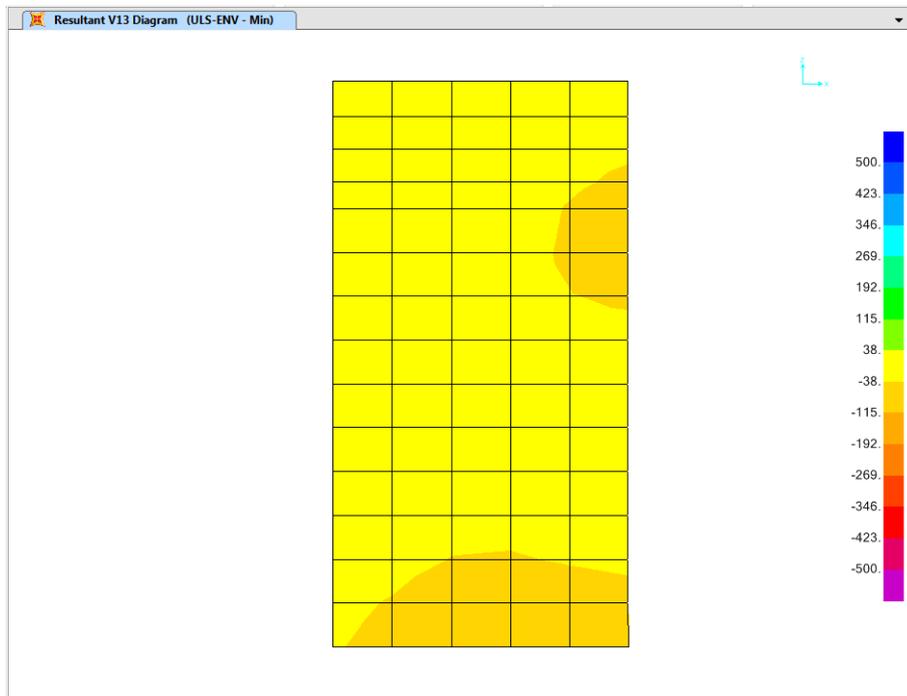
Quasi-Permanent – Mvert (=130kN.m/m; -24kN.m/m)

Relazione di calcolo Spalle, plinti e pali di fondazione

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN1A	20	D26CL	CL 09 00 002	A	65 di 159



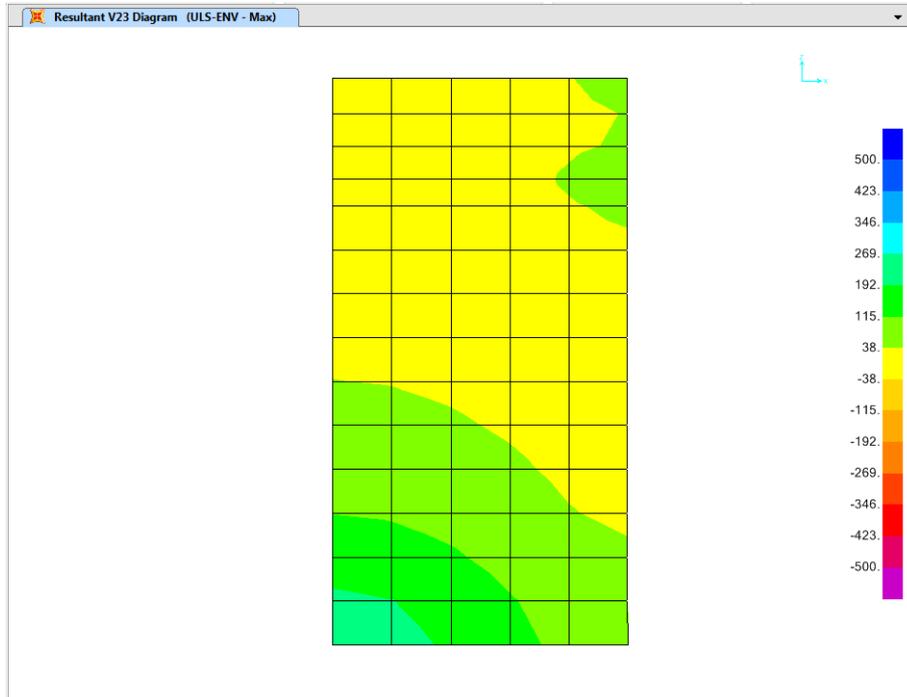
ULS-ENV – Max V13 (=258kN/m)



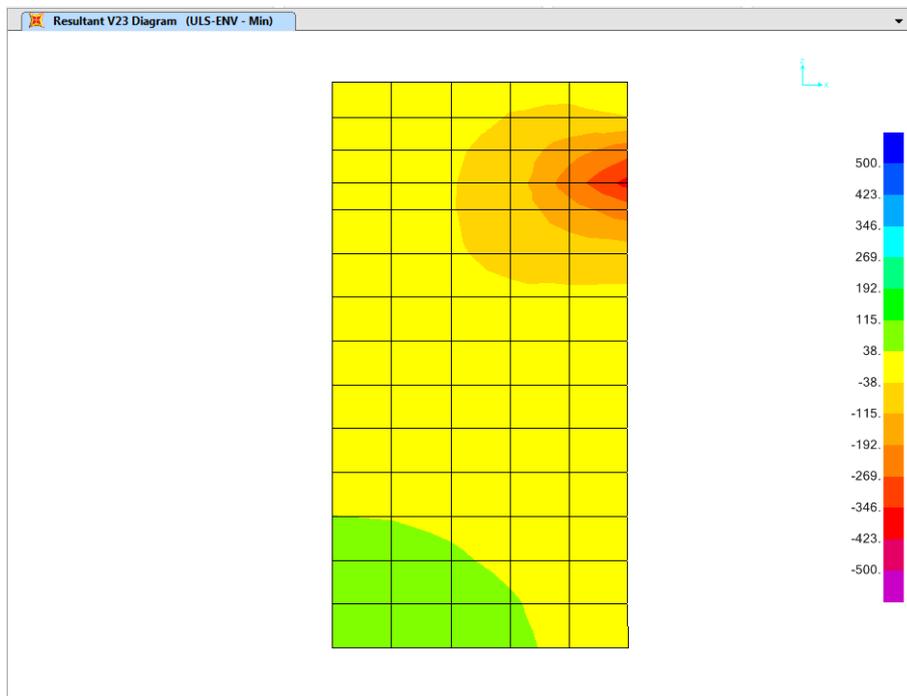
ULS-ENV – Min V13 (=-95kN/m)

Relazione di calcolo Spalle, plinti e pali di fondazione

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN1A	20	D26CL	CL 09 00 002	A	66 di 159



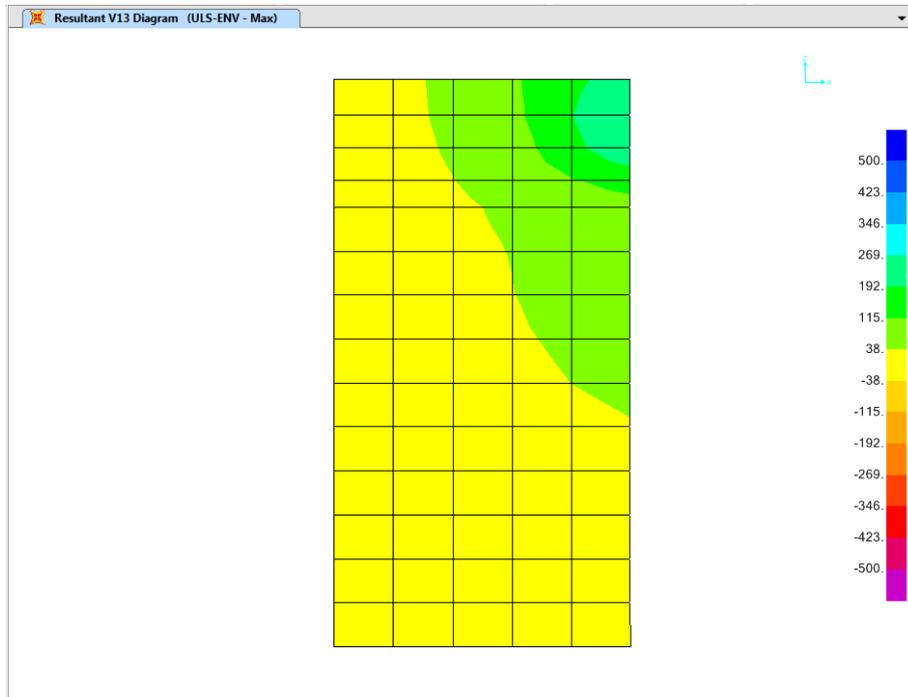
ULS-ENV – Max V23 (=238kN/m)



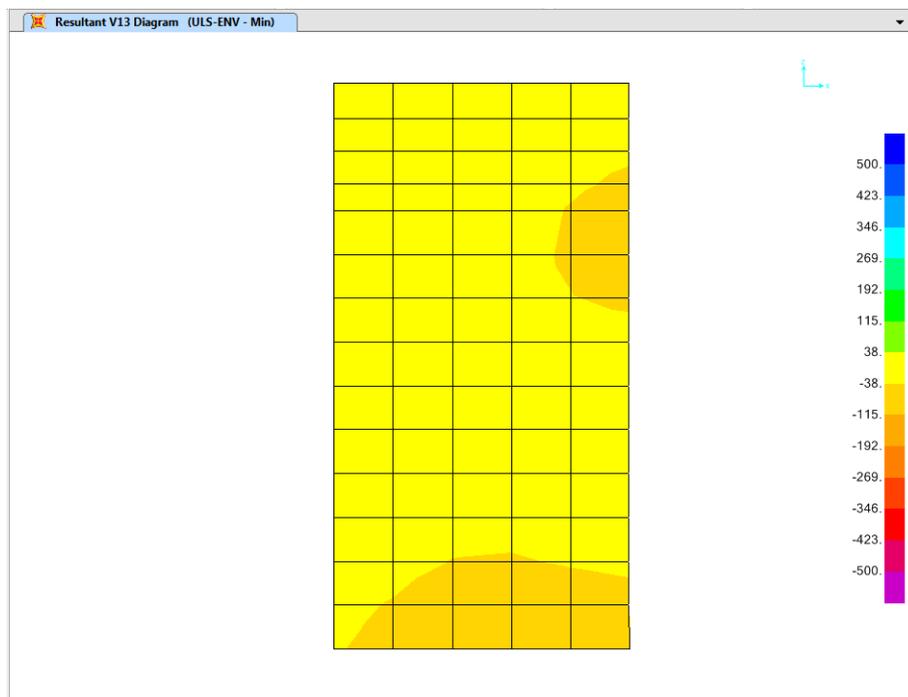
ULS-ENV – Min V23 (= -374kN/m)

Relazione di calcolo Spalle, plinti e pali di fondazione

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN1A	20	D26CL	CL 09 00 002	A	67 di 159



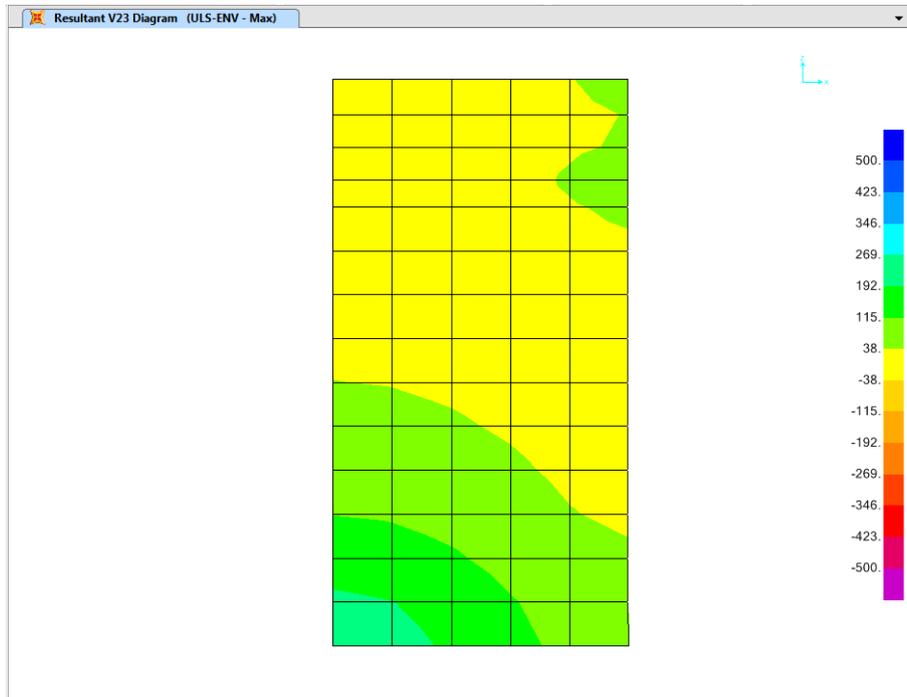
Seismic-ENV – Max V13 (=221kN/m)



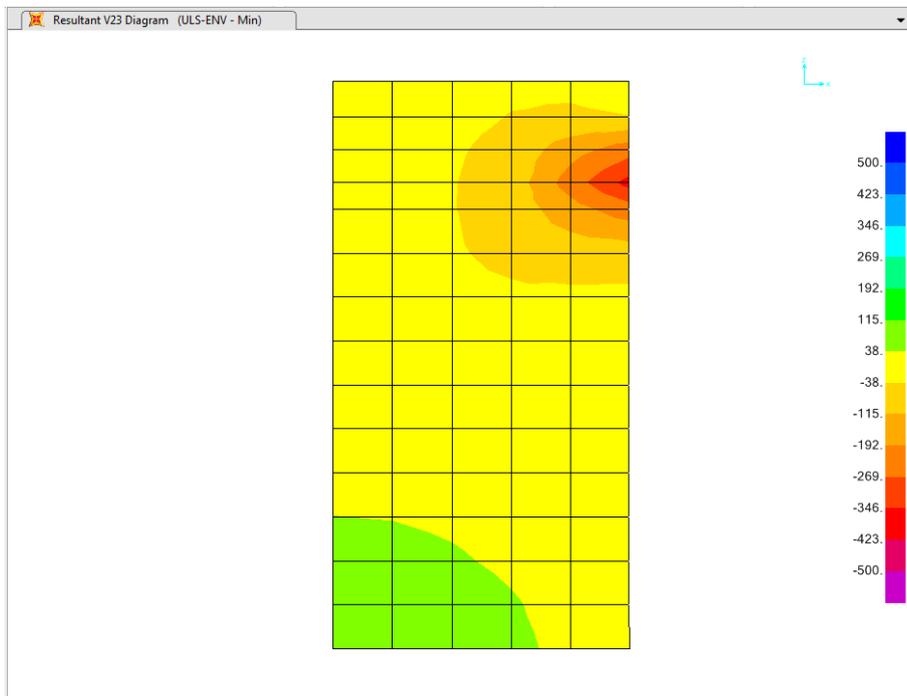
Seismic-ENV – Min V13 (=96kN/m)

Relazione di calcolo Spalle, plinti e pali di fondazione

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN1A	20	D26CL	CL 09 00 002	A	68 di 159

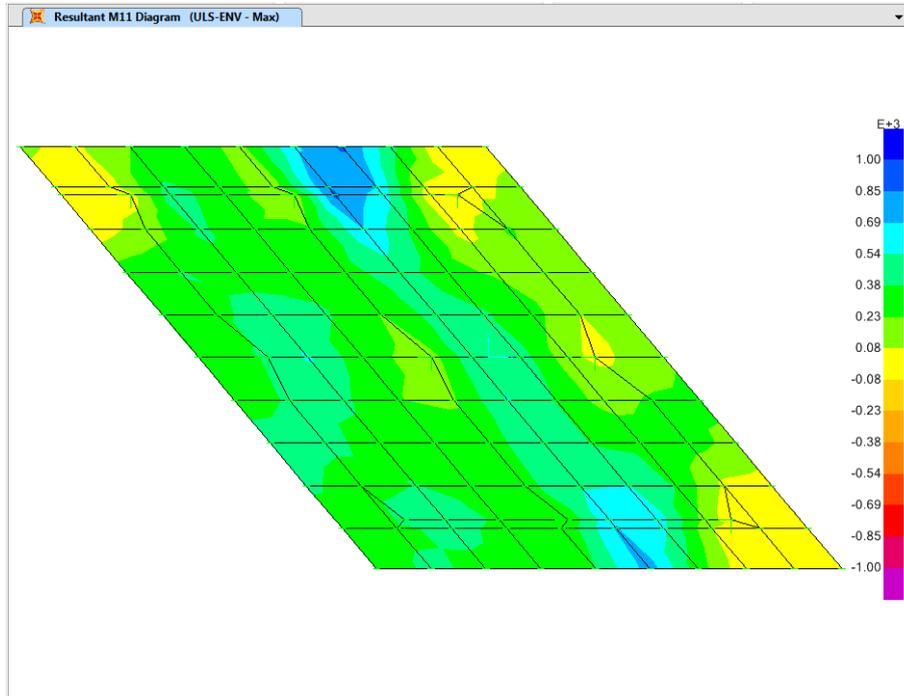


Seismic-ENV – Max V23 (=238kN/m)

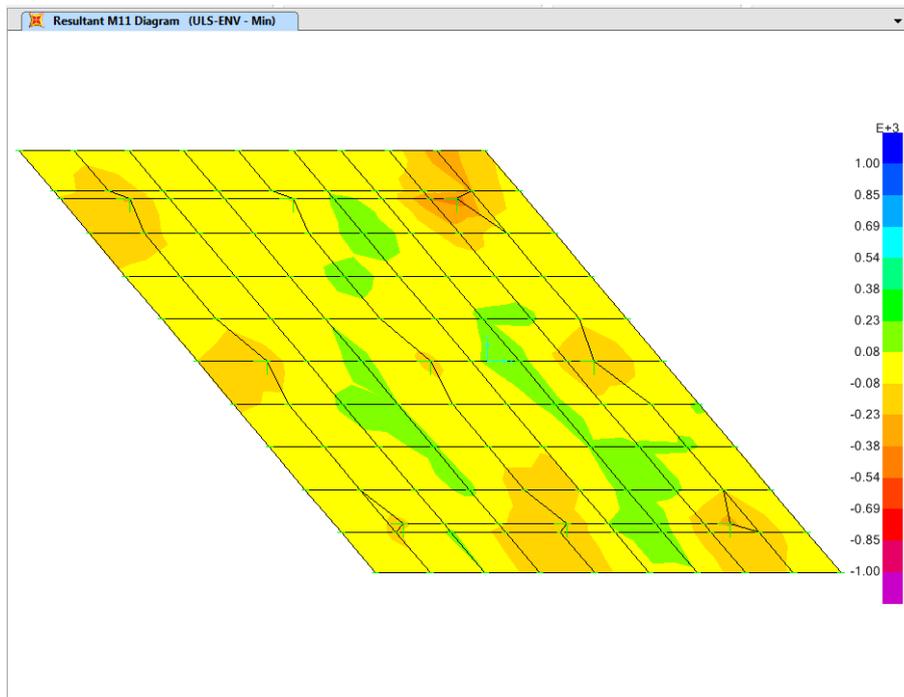


Seismic-ENV – Min V23 (= -100kN/m)

6.6.3 Sollecitazioni platea



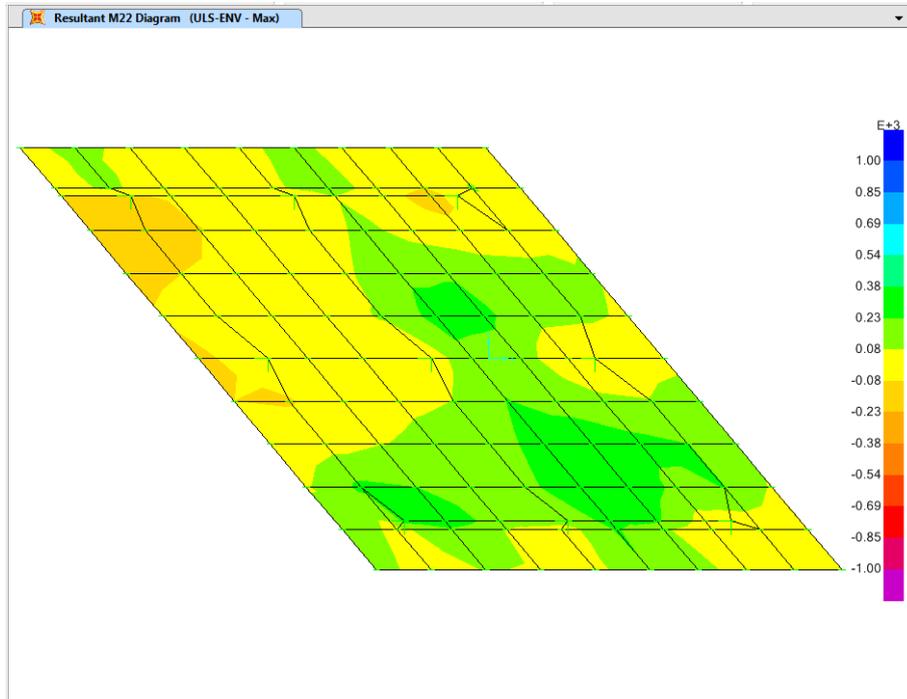
ULS-ENV – Max M11 (=870kN.m/m)



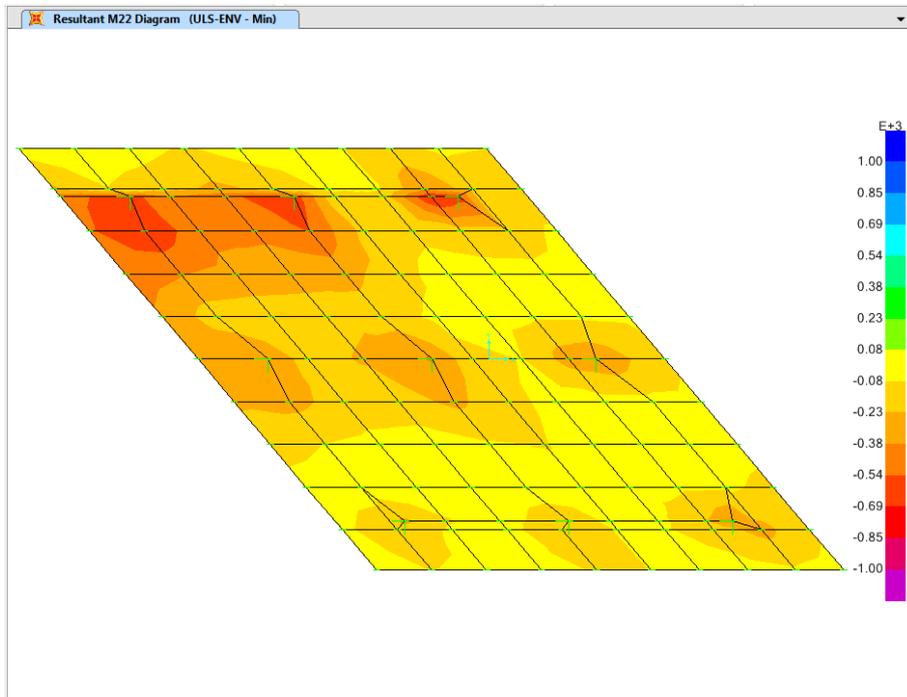
ULS-ENV – Min M11 (= -487kN.m/m)

Relazione di calcolo Spalle, plinti e pali di fondazione

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN1A	20	D26CL	CL 09 00 002	A	70 di 159



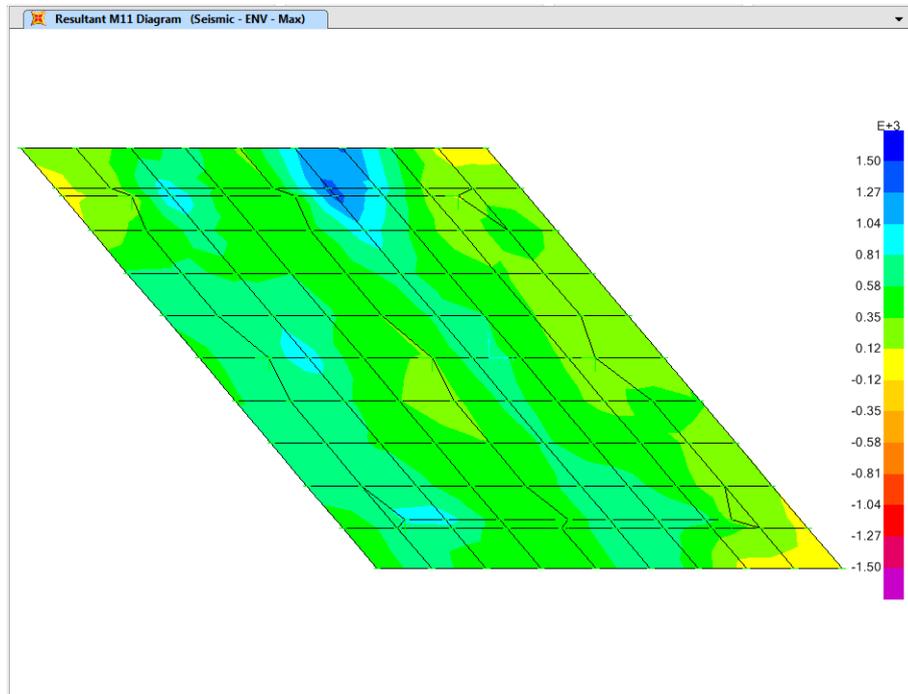
ULS-ENV – Max M22 (=373kN.m/m)



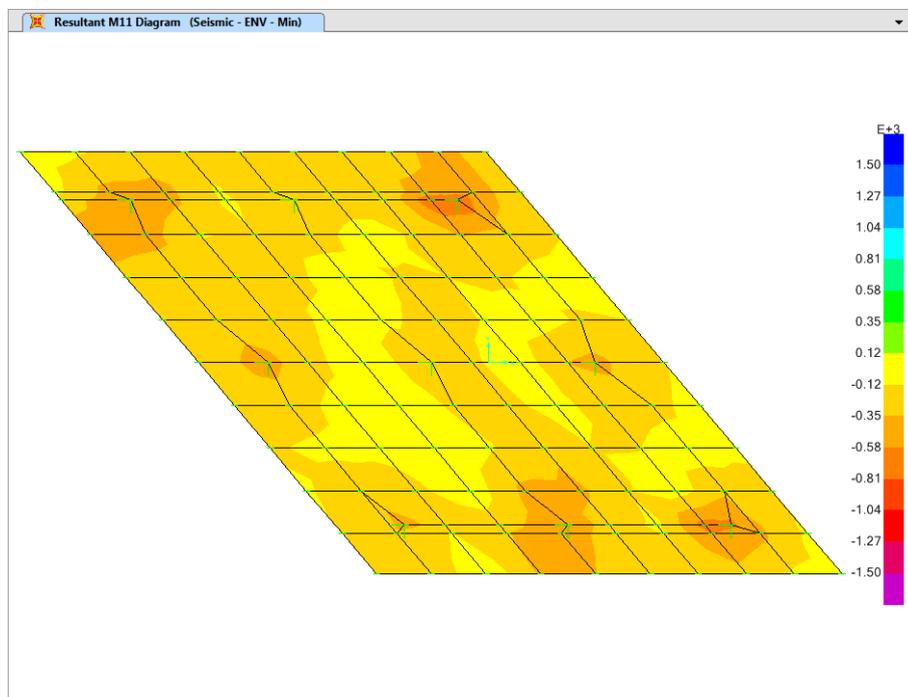
ULS-ENV – Min M22 (=715kN.m/m)

Relazione di calcolo Spalle, plinti e pali di fondazione

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN1A	20	D26CL	CL 09 00 002	A	71 di 159



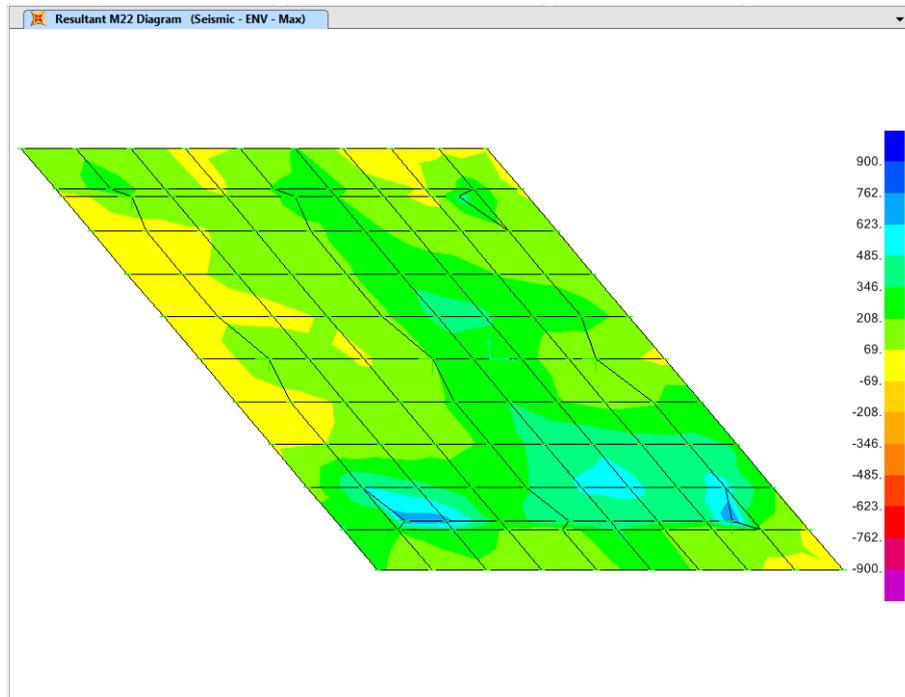
Seismic-ENV – Max M11 (=1361kN.m/m)



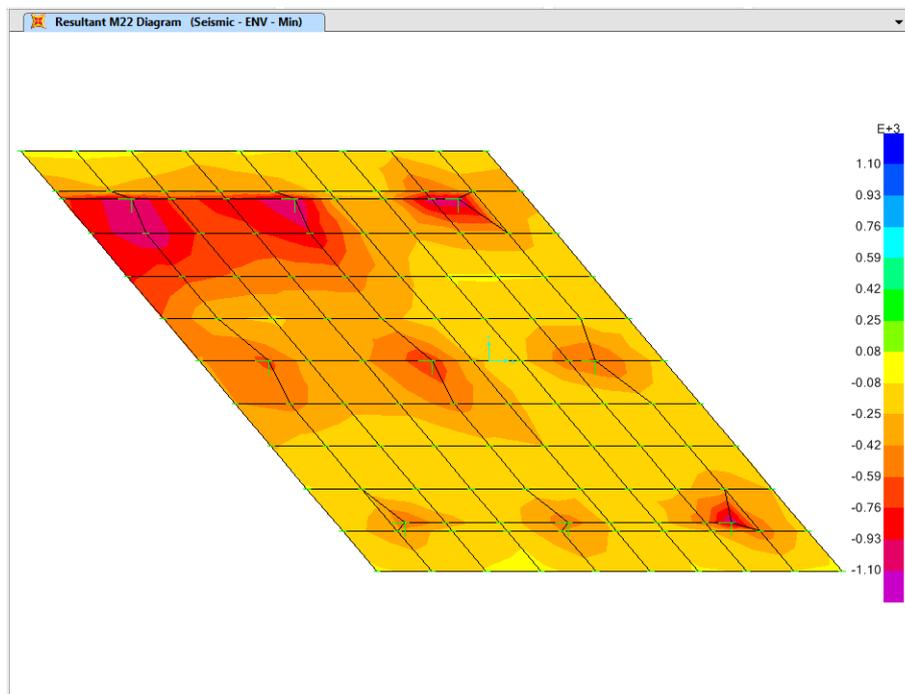
Seismic-ENV – Min M11 (= -778kN.m/m)

Relazione di calcolo Spalle, plinti e pali di fondazione

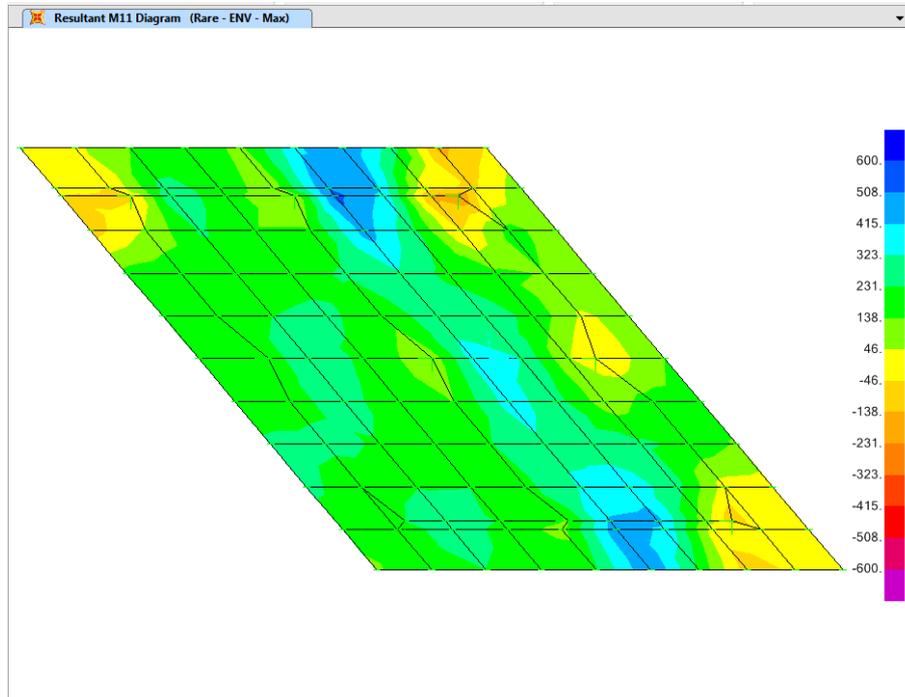
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN1A	20	D26CL	CL 09 00 002	A	72 di 159



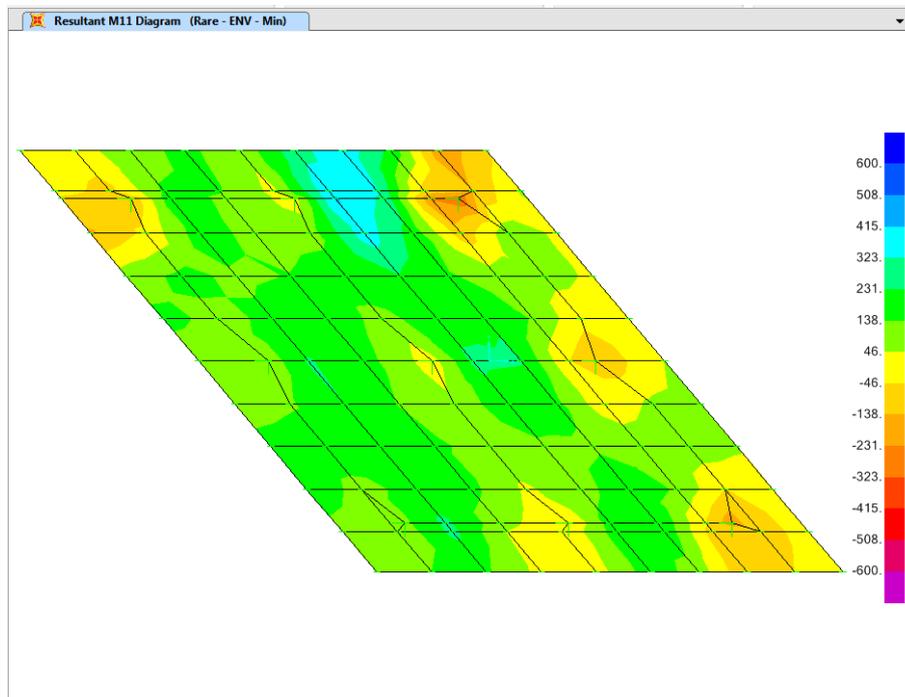
Seismic-ENV – Max M22 (=751kN.m/m)



Seismic-ENV – Min M22 (= -1157kN.m/m)



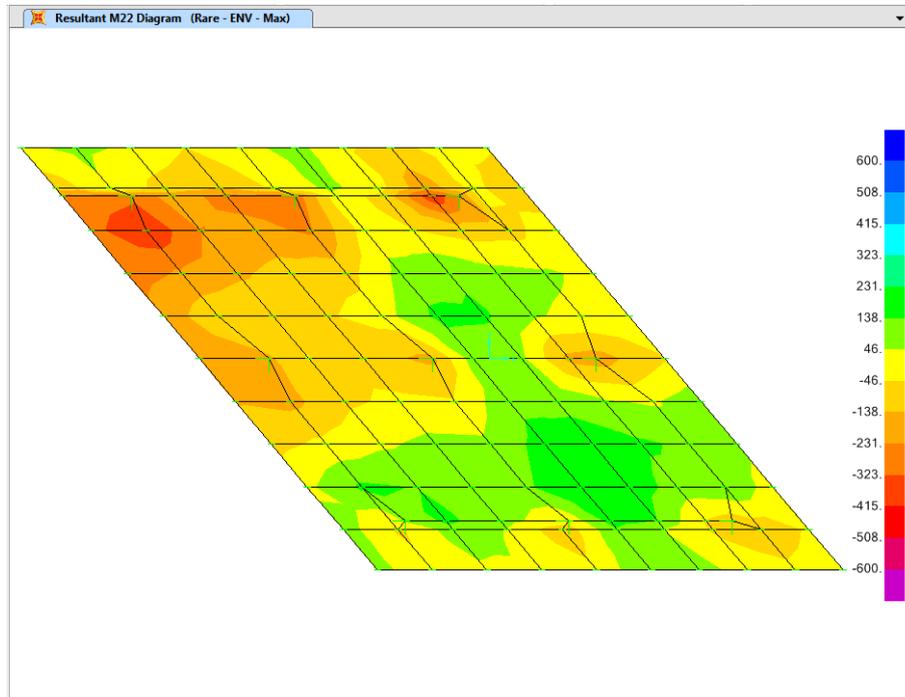
Rare-ENV – Max M11 (=533kN.m/m)



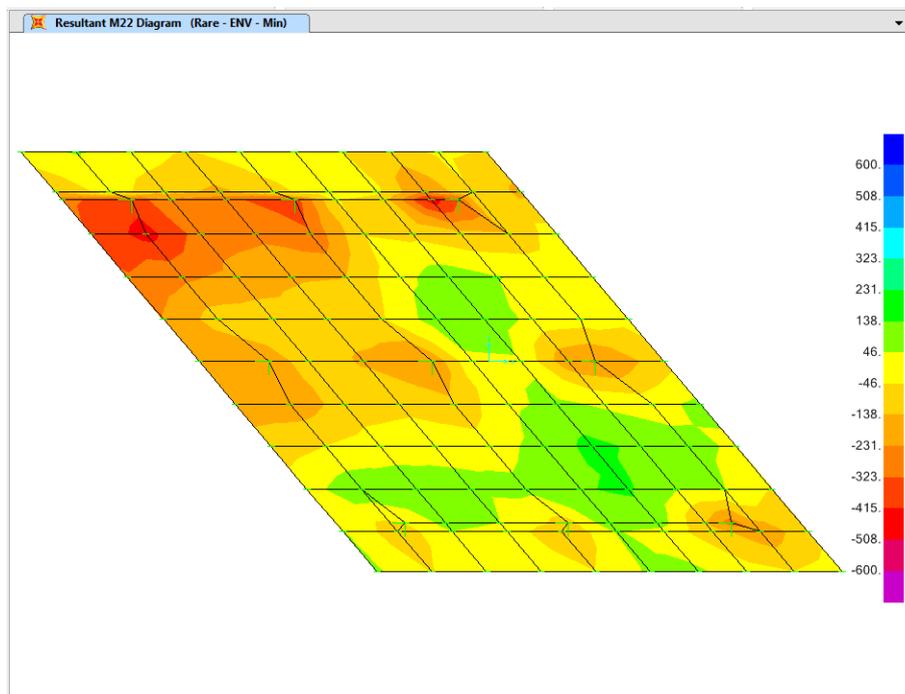
Rare-ENV – Min M11 (=316kN.m/m)

Relazione di calcolo Spalle, plinti e pali di fondazione

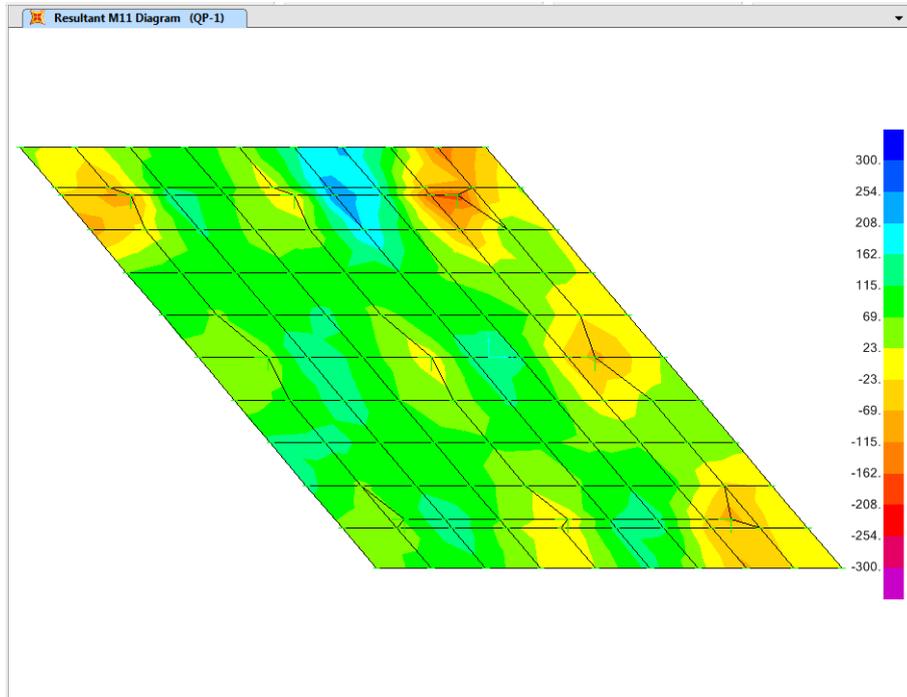
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN1A	20	D26CL	CL 09 00 002	A	74 di 159



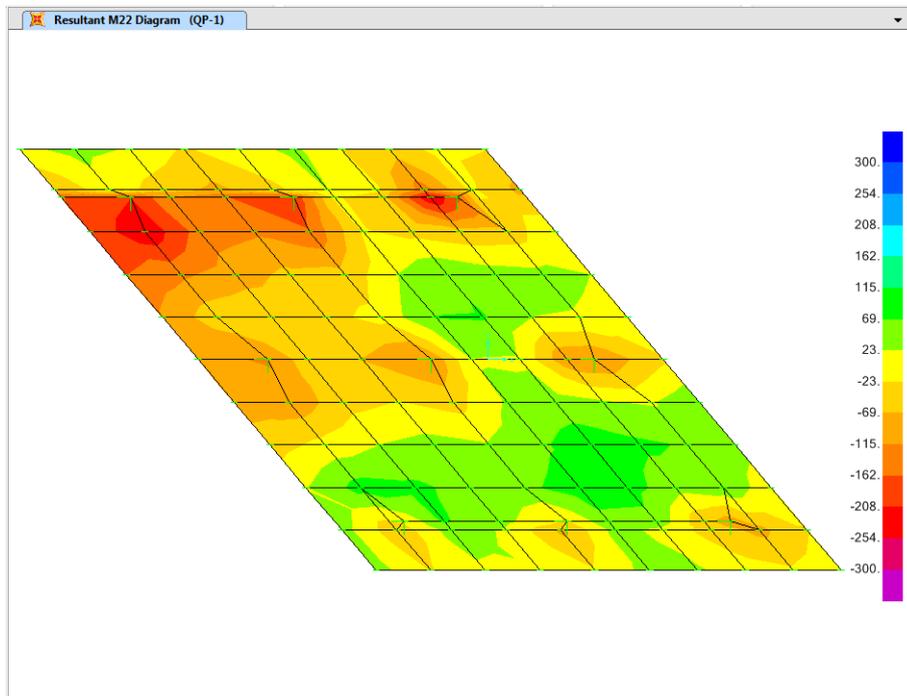
Rare-ENV – Max M22 (=227kN.m/m)



Rare-ENV – Max M22 (=467kN.m/m)



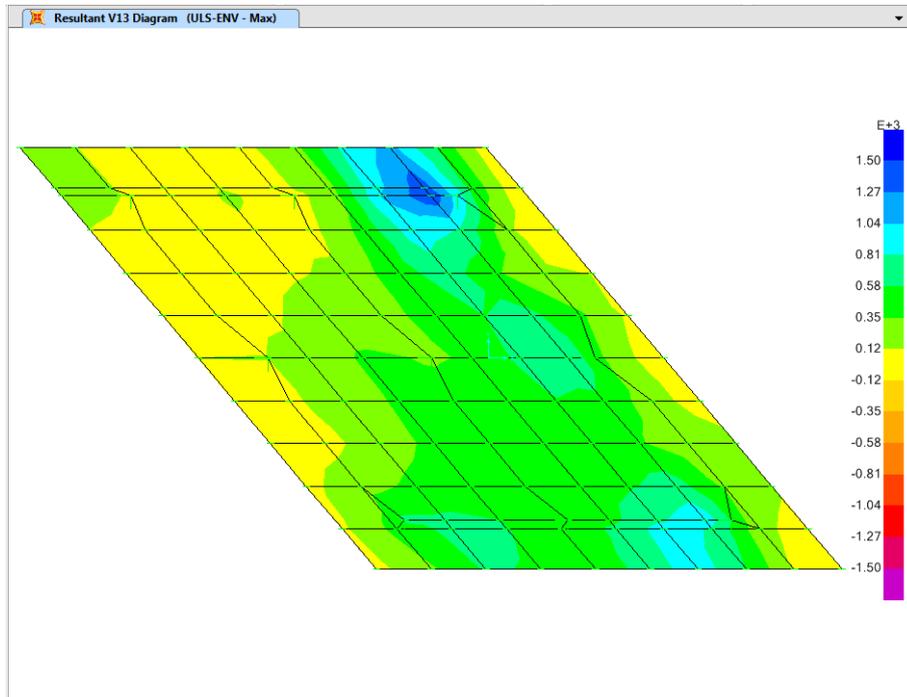
Quasi-permanent – M11 (= 248; -194kN.m/m)



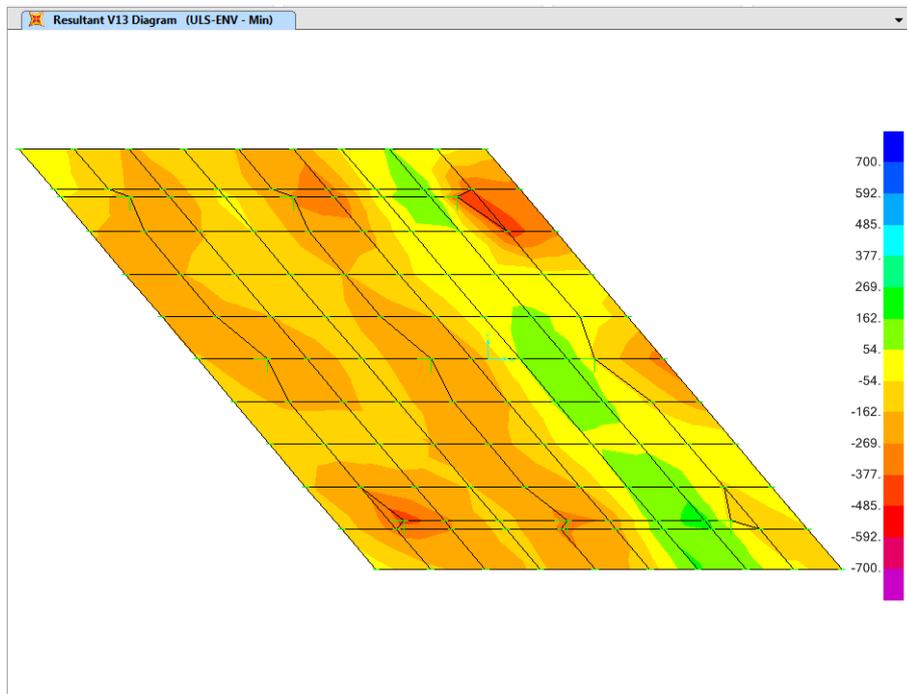
Quasi-permanent – M11 (= 101; -259kN.m/m)

Relazione di calcolo Spalle, plinti e pali di fondazione

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN1A	20	D26CL	CL 09 00 002	A	76 di 159



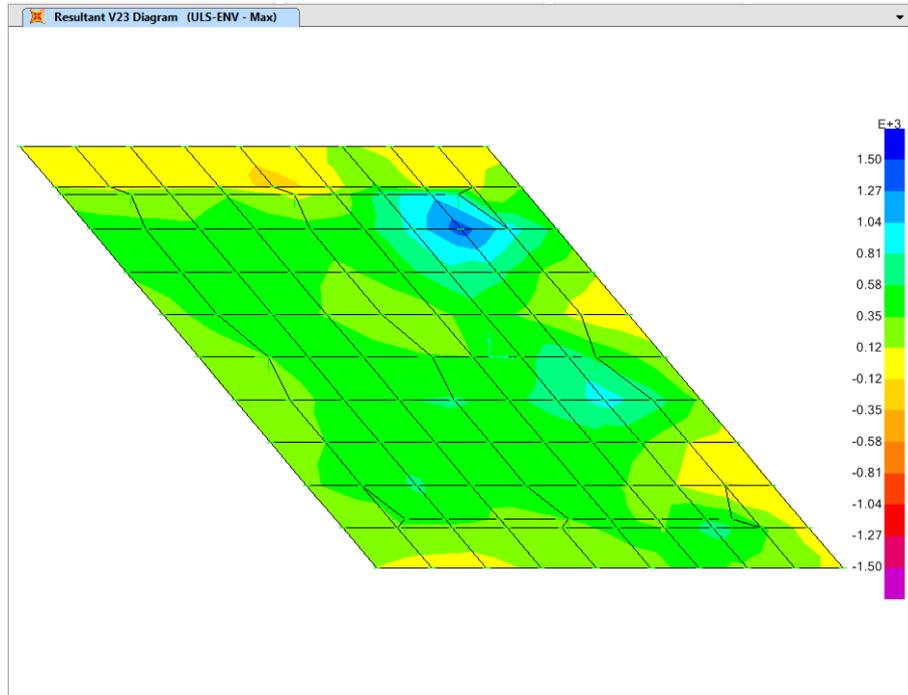
ULS-ENV – Max V13 (=1443kN/m)



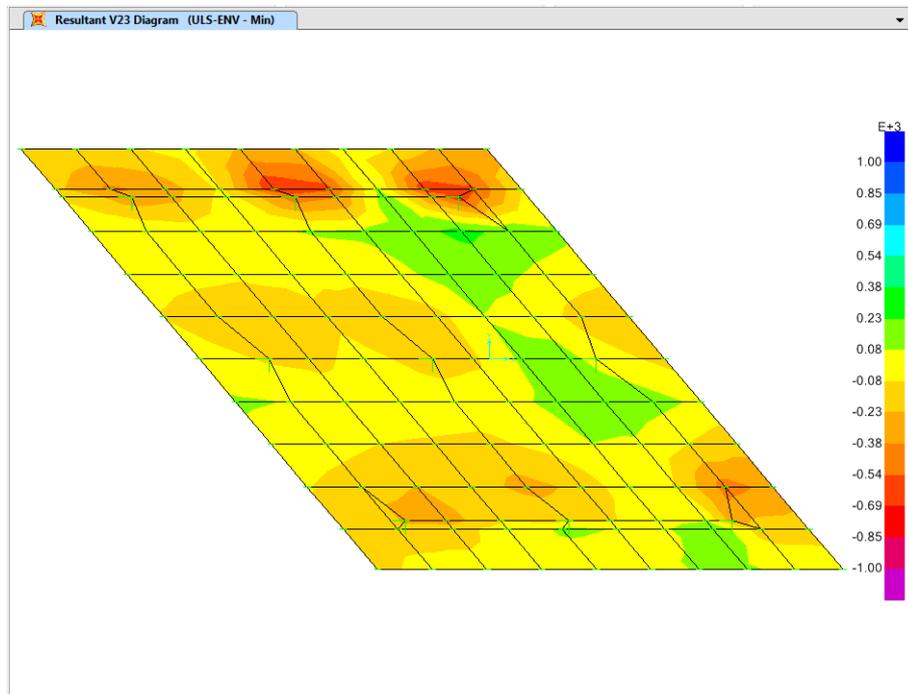
ULS-ENV – Min V13 (=-457kN/m)

Relazione di calcolo Spalle, plinti e pali di fondazione

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN1A	20	D26CL	CL 09 00 002	A	77 di 159



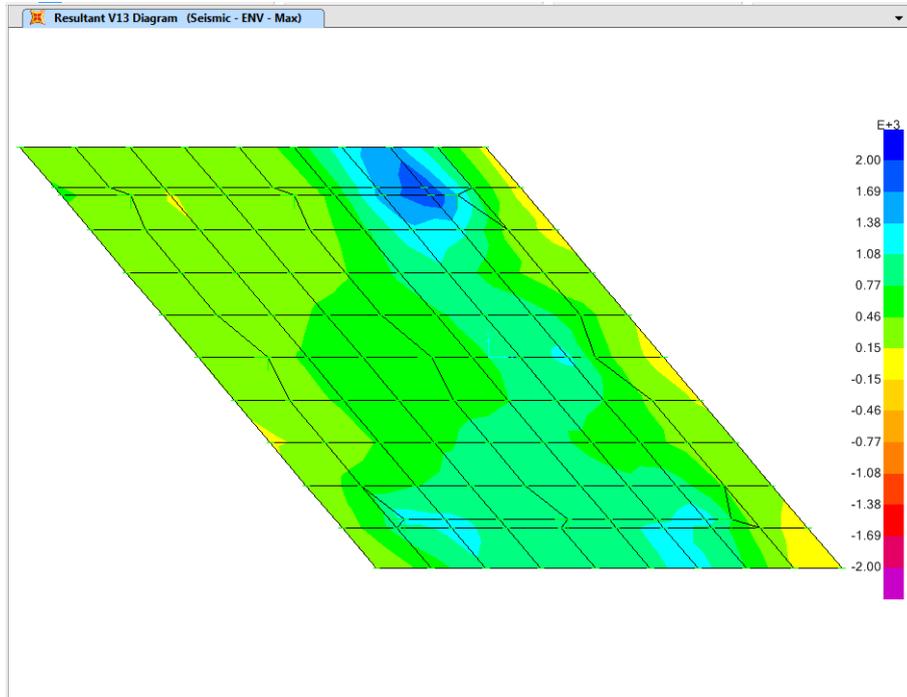
ULS-ENV – Max V23 (=1388kN/m)



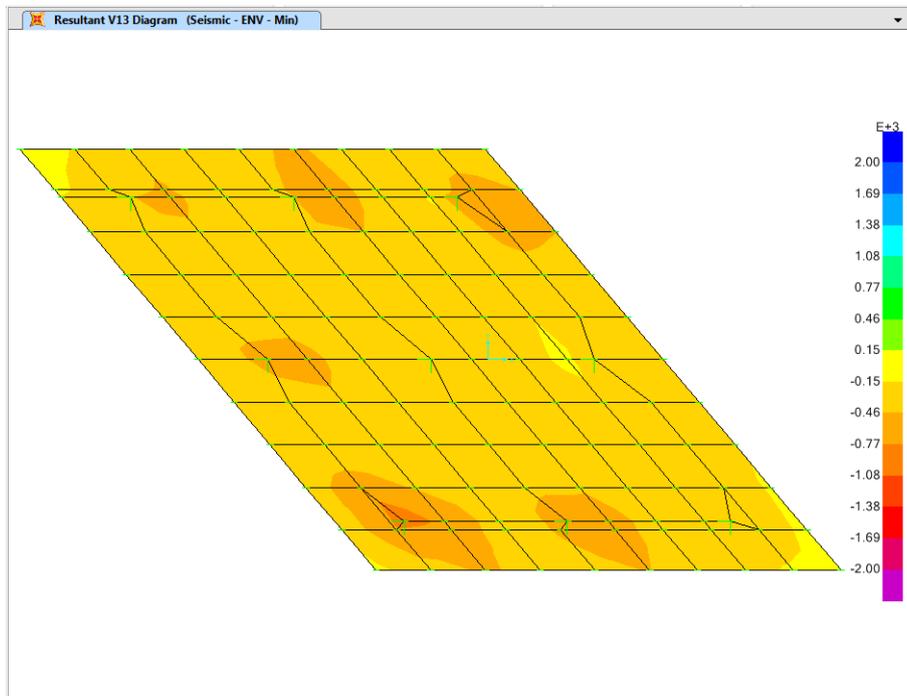
ULS-ENV – Min V23 (=-687kN/m)

Relazione di calcolo Spalle, plinti e pali di fondazione

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN1A	20	D26CL	CL 09 00 002	A	78 di 159



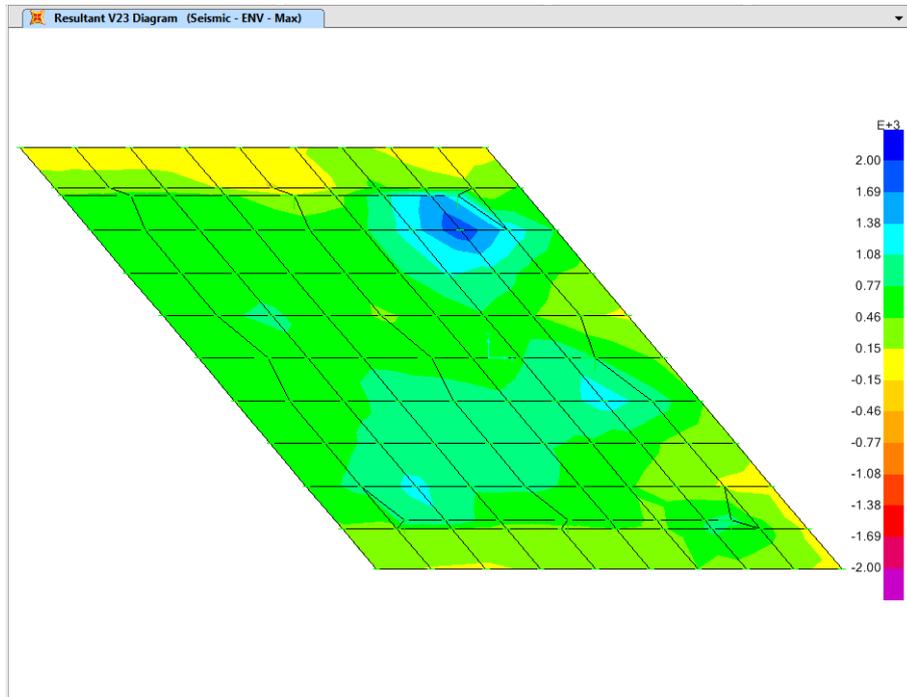
Seismic-ENV – Max V13 (=1994kN/m)



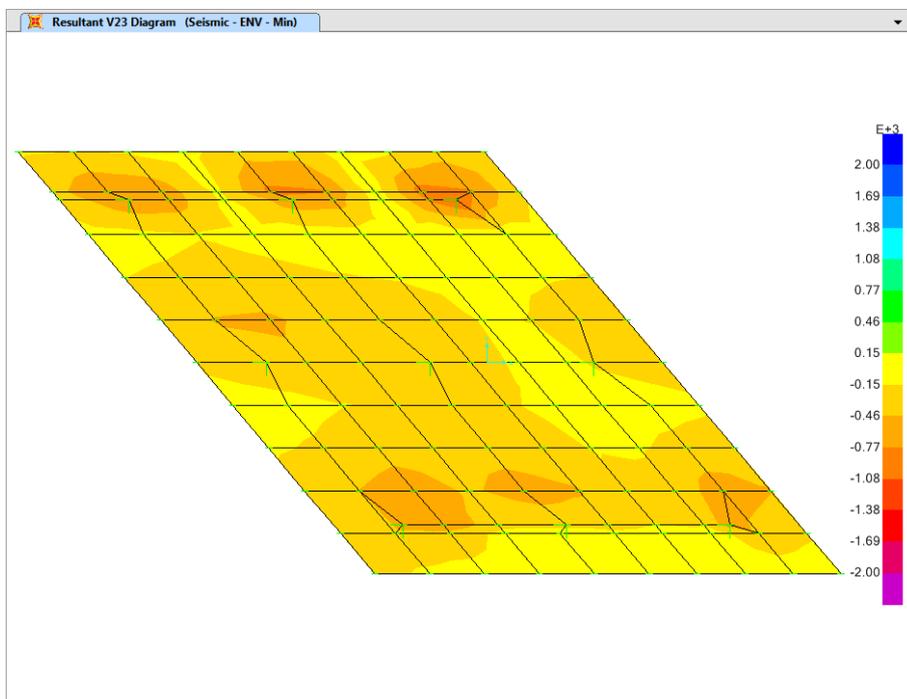
Seismic-ENV – Min V13 (= -1039kN/m)

Relazione di calcolo Spalle, plinti e pali di fondazione

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN1A	20	D26CL	CL 09 00 002	A	79 di 159



Seismic-ENV – Max V23 (=1928kN/m)

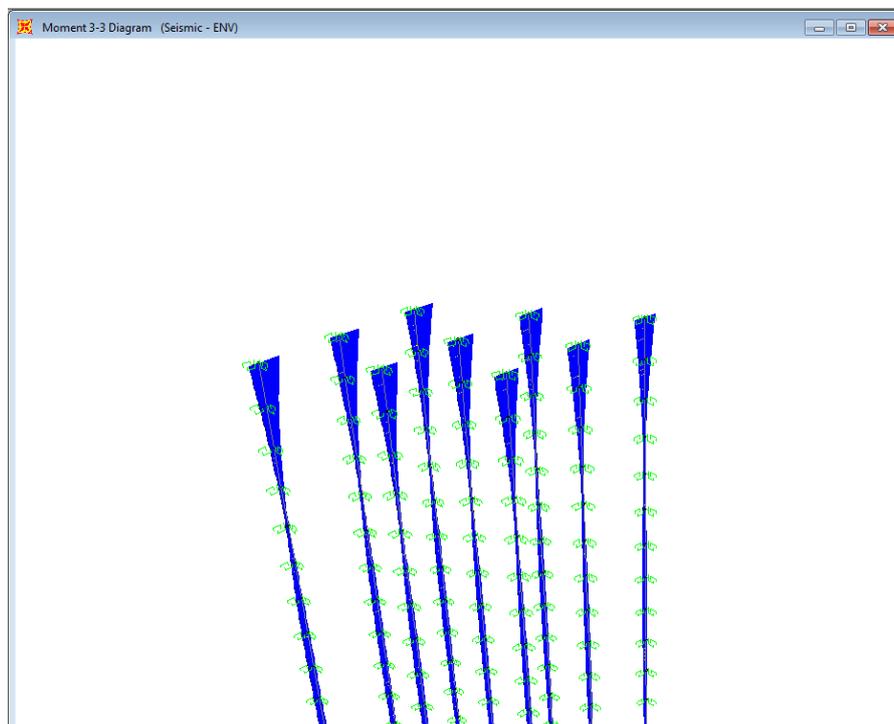
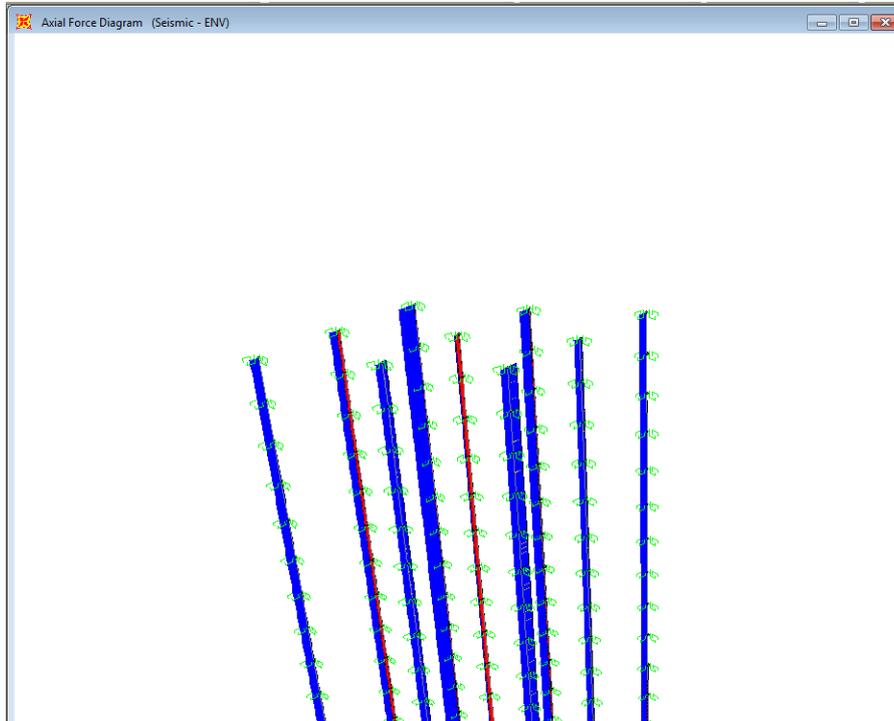


Seismic-ENV – Min V23 (=1114kN/m)

Relazione di calcolo Spalle, plinti e pali di fondazione

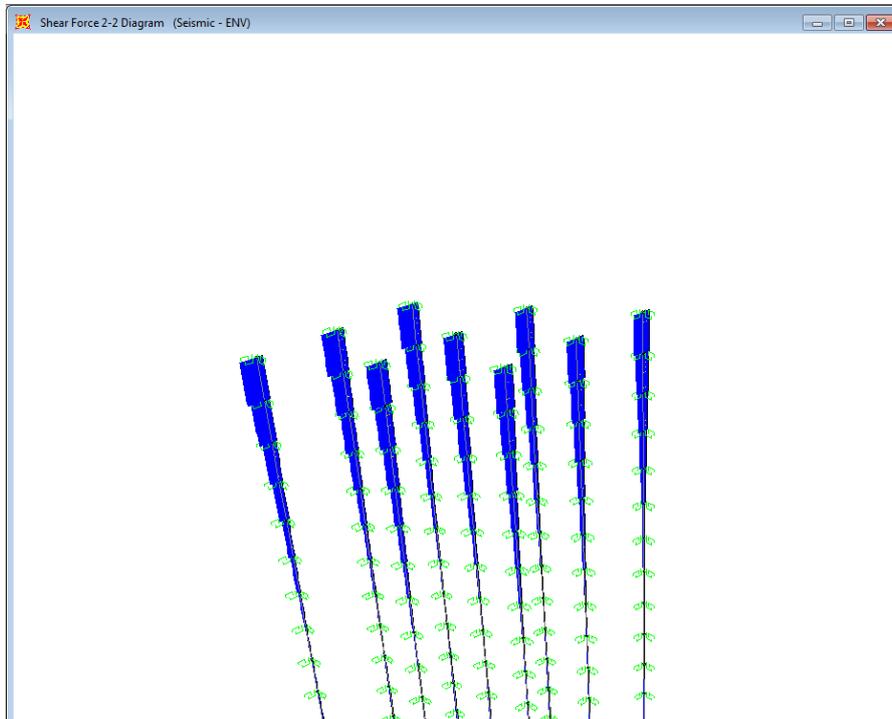
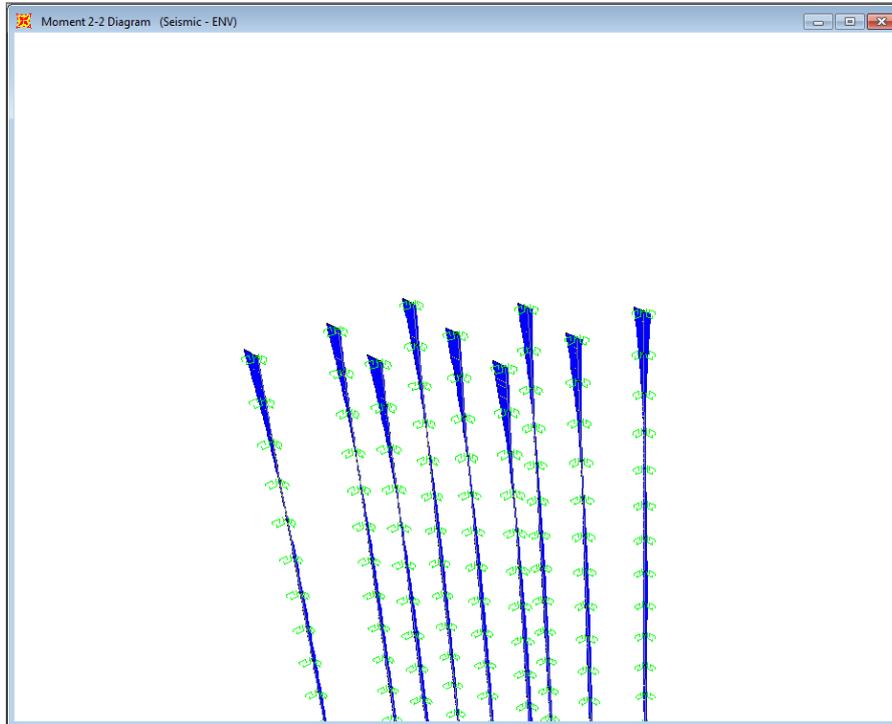
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN1A	20	D26CL	CL 09 00 002	A	80 di 159

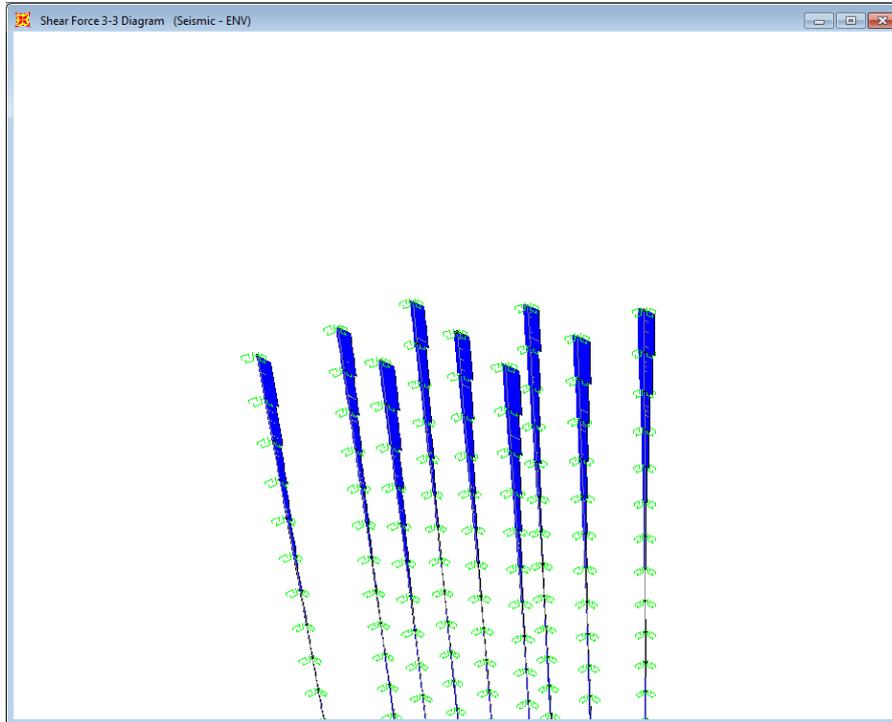
6.6.4 Sollecitazioni pali di fondazione



Relazione di calcolo Spalle, plinti e pali di fondazione

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN1A	20	D26CL	CL 09 00 002	A	81 di 159





6.7 Verifiche strutturali spalla

Si riportano di seguito le verifiche strutturali dello SLU (in questo caso corrispondente allo stato limite sostanzialmente elastico; di seguito indicato comunque come SLU) e degli SLE a presso, o tenso, flessione degli elementi costituenti la spalla (muro frontale di spalla, muro paraghiaia, muro andatore e platea).

Per ogni tipo di combinazione vengono massimizzate e minimizzate le sollecitazioni flettenti M , assiali N e di taglio S all'interno del relativo involucro (le sollecitazioni con pedice "y" sollecitano le sezioni orizzontali dei muri e le sezioni longitudinali della platea, le sollecitazioni con pedice "x" sollecitano le sezioni verticali dei muri e le sezioni trasversali della platea); vengono quindi utilizzate a presso\tenso flessione le seguenti 4 coppie di sollecitazioni:

- M_x (o M_y) massimo, N_x (o N_y) correlato;
- M_x (o M_y) minimo, N_x (o N_y) correlato;
- N_x (o N_y) massimo, M_x (o M_y) correlato;
- N_x (o N_y) minimo, M_x (o M_y) correlato.

A taglio:

- S_x (o S_y) massimo, N_x (o N_y) correlato;
- S_x (o S_y) minimo, N_x (o N_y) correlato;

Per ogni sezione vengono verificate a presso\tenso flessione:

- per lo SLU di resistenza 8 combinazioni (4 di tipo "fondamentale" e 4 di tipo "sismica");

Relazione di calcolo Spalle, plinti e pali di fondazione	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IN1A	20	D26CL	CL 09 00 002	A	83 di 159

- per lo SLE di apertura delle fessure 4 combinazioni di tipo “rara”;
- per lo SLE di limitazione delle tensioni 8 combinazioni (4 combinazioni di tipo “rara” e 4 combinazioni di tipo “quasi permanente”)

Per le verifiche a SLU di taglio si considera per ogni elemento costituente la spalla la condizione più gravosa (combinazione più gravosa tra quelle fondamentali e quelle sismiche, tra le varie sezioni orizzontali e verticali).

Per le verifiche a presso\tenso flessione di SLU\SLE si considerano i valori puntuali massimi (non mediati) di sollecitazione, mentre per le verifiche a taglio di SLU si considerano valori mediati su 1 m.

Per avere una lettura univoca dei coefficienti di combinazione che hanno determinato la combinazione più gravosa per un certo stato limite a presso\tenso flessione, per ognuno di questi ultimi si indica il numero della combinazione semplice di verifica per la quale viene massimizzata o minimizzata la caratteristica di sollecitazione ricercata.

Come previsto dal MdP al paragrafo 2.5.1.8.3.2.1, i valori limite delle tensioni utilizzati nella verifica del relativo SLE sono:

- per la compressione del cls: $0.55 f_{ck}$ per combinazione rara;
 $0.40 f_{ck}$ per combinazione quasi permanente.
- per la trazione delle barre: $0.75 f_{yk}$ per combinazione rara.

Come previsto dal MdP al paragrafo 2.5.1.8.3.2.4, l'apertura delle fessure nel relativo SLE deve essere valutata in combinazione rara con i seguenti limiti:

- $w_1 = 0.2$ mm in condizioni ambientali aggressive e molto aggressive (muri);
- $w_2 = 0.3$ mm in condizioni ambientali ordinarie (platea).

6.7.1 Verifiche a presso\tenso flessione muro frontale di spalla

Si riportano di seguito le verifiche strutturali degli SLU e degli SLE a presso o tenso flessione delle sezioni orizzontali e verticali del muro frontale di spalla avente le seguenti caratteristiche.

Dimensioni sezione: 100x140 cm

Copriferro: 50 mm

Le barre verticali (in sezione orizzontale) sono interne rispetto alla orizzontali (in sezione verticale).

6.7.1.1 Sezioni orizzontali

Le sollecitazioni analizzate sono quelle che sollecitano assialmente le barre verticali e cioè massimo e minimo momento M_y , massimo e minimo sforzo assiale N_y , e i rispettivi valori correlati.

Armatura lato interno (terra): $\phi 26/15$ cm

Armatura lato esterno: $\phi 20/15$ cm

Impostazioni verifiche SLU

Relazione di calcolo Spalle, plinti e pali di fondazione

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN1A	20	D26CL	CL 09 00 002	A	84 di 159

Coefficienti di sicurezza del c.a.

Coefficienti sicurezza calcestruzzo a compressione	1.50
Coefficienti sicurezza calcestruzzo a trazione	1.50
Coefficienti sicurezza dell'acciaio	1.15
Fattore di riduzione da resistenza cubica a cilindrica	0.83
Fattore di riduzione per carichi di lungo periodo	0.85
Coefficienti di sicurezza della sezione	1.00

Impostazioni verifiche SLE

Condizioni ambientali Ordinarie
 Armatura ad aderenza migliorata

Verifica fessurazione

Metodo di calcolo aperture delle fessure: Circolare Ministeriale 252 (15/10/1996) / NTC 2008 1° Formulazione

Sensibilità delle armature	Poco sensibile
Valori limite delle aperture delle fessure	$w_1 = 0.10$
	$w_2 = 0.20$
	$w_3 = 0.20$

Verifica delle tensioni

Combinazione di carico	Rara	$\sigma_c < 0.60 f_{ck}$	$\sigma_f < 0.70 f_{yk}$
Combinazione di carico	Quasi permanente	$\sigma_c < 0.45 f_{ck}$	$\sigma_f < 1.00 f_{yk}$
Combinazione di carico	Frequente	$\sigma_c < 1.00 f_{ck}$	$\sigma_f < 1.00 f_{yk}$

Dati

Nome sezione:	sezione
Tipo sezione	Rettangolare
Base	100.0 [cm]
Altezza	140.0 [cm]

Relazione di calcolo Spalle, plinti e pali di fondazione

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN1A	20	D26CL	CL 09 00 002	A	85 di 159

Caratteristiche geometriche

Area sezione	14000.00 [cmq]
Inerzia in direzione X	11666666.7 [cm ⁴]
Inerzia in direzione Y	22866666.7 [cm ⁴]
Inerzia in direzione XY	0.0 [cm ⁴]
Ascissa baricentro sezione	$X_G = 50.00$ [cm]
Ordinata baricentro sezione	$Y_G = 70.00$ [cm]

Elenco ferri

Simbologia adottata

Posizione riferita all'origine

N°	numero d'ordine
X	Ascissa posizione ferro espresso in [cm]
Y	Ordinata posizione ferro espresso in [cm]
d	Diametro ferro espresso in [mm]
ω	Area del ferro espresso in [cmq]

N°	X	Y	d	ω
1	5.00	6.60	26	5.31
2	20.00	6.60	26	5.31
3	35.00	6.60	26	5.31
4	50.00	6.60	26	5.31
5	65.00	6.60	26	5.31
6	80.00	6.60	26	5.31
7	95.00	6.60	26	5.31
8	5.00	134.00	20	3.14
9	20.00	134.00	20	3.14
10	35.00	134.00	20	3.14
11	50.00	134.00	20	3.14
12	65.00	134.00	20	3.14
13	80.00	134.00	20	3.14
14	95.00	134.00	20	3.14

Materiale impiegato : Calcestruzzo armato

Caratteristiche calcestruzzo

Relazione di calcolo Spalle, plinti e pali di fondazione

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN1A	20	D26CL	CL 09 00 002	A	86 di 159

Resistenza caratteristica calcestruzzo	40.000	[MPa]
Coeff. omogeneizzazione acciaio/calcestruzzo	15.00	
Coeff. omogeneizzazione calcestruzzo teso/compresso	1.00	
Forma diagramma tensione-deformazione - PARABOLA-RETTANGOLO		

Caratteristiche acciaio per calcestruzzo

Tensione ammissibile acciaio	450.000	[MPa]
Tensione snervamento acciaio	450.000	[MPa]
Modulo elastico E	205942.924	[MPa]
Fattore di incrudimento acciaio	1.00	

Combinazioni
Simbologia adottata

N°	numero d'ordine della combinazione
N	sforzo normale espresso in[kN]
M _Y	momento lungo Y espresso in [kNm]
M _X	momento lungo X espresso in [kNm]
M _t	momento torcente espresso in [kNm]
T _Y	taglio lungo Y espresso in [kN]
T _X	taglio lungo X espresso in [kN]
VD	verifica di dominio
VT	verifica tensionale (SLER - Combinazione rara, SLEF - Combinazione frequente, SLEQP - Combinazione quasi permanente, TAMM - Verifica a tensioni ammissibili)

N°	N	M _Y	M _X	M _t	T _Y	T _X	VD	VT
1	989.0000	-283.0000	0.0000	0.0000	20.0000	0.0000	SI	NO
2	989.0000	1015.0000	0.0000	0.0000	255.0000	0.0000	SI	NO
3	18.0000	-283.0000	0.0000	0.0000	20.0000	0.0000	SI	NO
4	18.0000	1015.0000	0.0000	0.0000	255.0000	0.0000	SI	NO
5	1014.0000	-712.0000	0.0000	0.0000	175.0000	0.0000	SI	NO
6	1014.0000	1493.0000	0.0000	0.0000	444.0000	0.0000	SI	NO
7	-290.0000	-712.0000	0.0000	0.0000	175.0000	0.0000	SI	NO
8	-290.0000	1493.0000	0.0000	0.0000	444.0000	0.0000	SI	NO
9	616.0000	253.0000	0.0000	0.0000	69.0000	0.0000	NO	SLER
10	616.0000	467.0000	0.0000	0.0000	156.0000	0.0000	NO	SLER
11	158.0000	253.0000	0.0000	0.0000	69.0000	0.0000	NO	SLER
12	158.0000	467.0000	0.0000	0.0000	156.0000	0.0000	NO	SLER
13	101.0000	168.0000	0.0000	0.0000	65.0000	0.0000	NO	SLEQP

Risultati analisi

Relazione di calcolo Spalle, plinti e pali di fondazione

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN1A	20	D26CL	CL 09 00 002	A	87 di 159

Caratteristiche asse neutro
Simbologia adottata

N° numero d'ordine della combinazione
 Xc posizione asse neutro espresso in [cm]
 α inclinazione asse neutro rispetto all'orizzontale, espressa in [°]
 (xi; yi) - (xf; yf) Punti di intersezione dell'asse neutro con il perimetro della sezione, espressi in [cm]

N°	Xc	α	(xi; yi)	(xf; yf)
9	101.70	0.00	(0.00; 38.30)	(100.00; 38.30)
10	62.75	0.00	(0.00; 77.25)	(100.00; 77.25)
11	43.68	0.00	(0.00; 96.32)	(100.00; 96.32)
12	37.54	0.00	(0.00; 102.46)	(100.00; 102.46)
13	43.15	0.00	(0.00; 96.85)	(100.00; 96.85)

Risultati tensionali
Simbologia adottata

N° numero d'ordine della combinazione
 σ_{c-max} Tensione massima nel calcestruzzo espresso in [MPa]
 σ_{c-min} Tensione minima nel calcestruzzo espresso in [MPa]
 σ_{f-max} Tensione massima nel ferro espresso in [MPa]
 σ_{f-min} Tensione minima nel ferro espresso in [MPa]
 τ_c Tensione tangenziale nel calcestruzzo espresso in [MPa]

N°	σ_{c-max}	σ_{c-min}	τ_c	σ_{f-max}	σ_{f-min}
9	1.180	0.000	0.023	16.652	-5.517
10	2.194	0.000	0.107	29.759	-37.049
11	1.194	0.000	0.055	15.450	-36.791
12	2.163	0.000	0.125	27.260	-82.859
13	0.792	0.000	0.052	10.229	-24.855

Sollecitazioni ultime
Simbologia adottata

N° numero d'ordine della combinazione
 N_u Sforzo normale ultimo, espresso in [kN]
 M_{Xu} Momento ultimo in direzione X, espresso in [kNm]
 M_{Yu} Momento ultimo in direzione Y, espresso in [kNm]
 FS Fattore di sicurezza

Relazione di calcolo Spalle, plinti e pali di fondazione

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN1A	20	D26CL	CL 09 00 002	A	88 di 159

Combinazione n° 1

N_u	M_{xu}	M_{yu}	FS
<u>18032.4352</u>	0.0000	<u>-5159.9385</u>	18.23
<u>28514.5285</u>	0.0000	-283.0000	28.83
989.0000	0.0000	<u>-1742.3494</u>	6.16

Combinazione n° 2

N_u	M_{xu}	M_{yu}	FS
<u>4000.9908</u>	0.0000	<u>4106.1736</u>	4.05
<u>26223.1253</u>	0.0000	1015.0000	26.51
989.0000	0.0000	<u>2474.7266</u>	2.44

Combinazione n° 3

N_u	M_{xu}	M_{yu}	FS
<u>74.0593</u>	0.0000	<u>-1164.3772</u>	4.11
<u>28514.5229</u>	0.0000	-283.0000	1584.14
18.0000	0.0000	<u>-1128.4169</u>	3.99

Combinazione n° 4

N_u	M_{xu}	M_{yu}	FS
<u>33.4826</u>	0.0000	<u>1888.0459</u>	1.86
<u>26223.1258</u>	0.0000	1015.0000	1456.84
18.0000	0.0000	<u>1878.3391</u>	1.85

Combinazione n° 5

N_u	M_{xu}	M_{yu}	FS
<u>6771.6665</u>	0.0000	<u>-4754.8585</u>	6.68
<u>28094.8032</u>	0.0000	-712.0000	27.71
1014.0000	0.0000	<u>-1757.9018</u>	2.47

Combinazione n° 6

N_u	M_{xu}	M_{yu}	FS
<u>2135.4254</u>	0.0000	<u>3144.1717</u>	2.11
<u>25304.4931</u>	0.0000	1493.0000	24.96
1014.0000	0.0000	<u>2489.7431</u>	1.67

Relazione di calcolo Spalle, plinti e pali di fondazione

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN1A	20	D26CL	CL 09 00 002	A	89 di 159

Combinazione n° 7

N_u	M_{Xu}	M_{Yu}	FS
<u>-360.1593</u>	0.0000	<u>-884.2532</u>	1.24
<u>-624.5620</u>	0.0000	-712.0000	2.15
-290.0000	0.0000	<u>-929.7564</u>	1.31

Combinazione n° 8

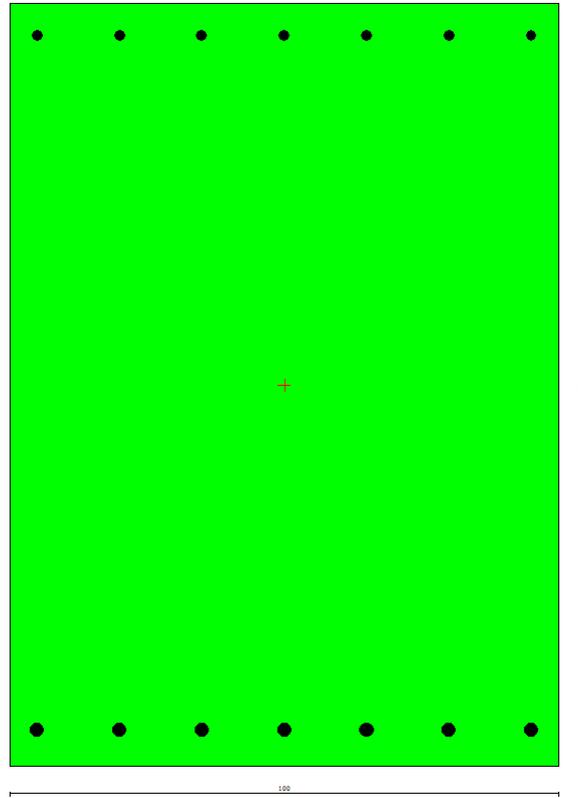
N_u	M_{Xu}	M_{Yu}	FS
<u>-323.0082</u>	0.0000	<u>1662.9352</u>	1.11
<u>-588.6298</u>	0.0000	1493.0000	2.03
-290.0000	0.0000	<u>1683.9204</u>	1.13

Risultati fessurazione

Simbologia adottata

N°	numero d'ordine della combinazione
M_X	Momento di prima fessurazione in direzione X, espresso in [kNm]
M_Y	Momento di prima fessurazione in direzione Y, espresso in [kNm]
σ_f	Tensione nell'acciaio, espressa in [MPa]
σ_c	Tensione nel calcestruzzo, espressa in [MPa]
A_{eff}	Area efficace a trazione, espressa in [cm ²]
ϵ	Deformazione media acciaio teso, espressa in [°]
S_{fm}	Distanza media tra le fessure, espresso in [mm]
w	Ampiezza delle fessure, espressa in [mm]

N°	M_X	M_Y	σ_f	σ_c	A_{eff}	ϵ	S_{fm}	w
13	0.0000	985.5040	-145.800	-10.431	2610.00	0.0000	0	0.0000



6.7.1.2 Sezioni verticali

Le sollecitazioni analizzate sono quelle che sollecitano assialmente le barre orizzontali e cioè massimo e minimo momento M_x , massimo e minimo sforzo assiale N_x , e i rispettivi valori correlati.

Armatura lato interno (terra): $\phi 14/20$ cm

Armatura lato esterno: $\phi 14/20$ cm

Impostazioni verifiche SLU

Coefficienti di sicurezza del c.a.

Coefficienti sicurezza calcestruzzo a compressione	1.50
Coefficienti sicurezza calcestruzzo a trazione	1.50
Coefficienti sicurezza dell'acciaio	1.15
Fattore di riduzione da resistenza cubica a cilindrica	0.83
Fattore di riduzione per carichi di lungo periodo	0.85

Relazione di calcolo Spalle, plinti e pali di fondazione

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN1A	20	D26CL	CL 09 00 002	A	91 di 159

Coefficienti di sicurezza della sezione

1.00

Impostazioni verifiche SLE

Condizioni ambientali Ordinarie

Armatura ad aderenza migliorata

Verifica fessurazione

Metodo di calcolo aperture delle fessure: Circolare Ministeriale 252 (15/10/1996) / NTC 2008 I° Formulazione

Sensibilità delle armature Poco sensibile

 Valori limite delle aperture delle fessure $w_1 = 0.10$
 $w_2 = 0.20$
 $w_3 = 0.20$

Verifica delle tensioni

 Combinazione di carico Rara $\sigma_c < 0.60 f_{ck}$ $\sigma_f < 0.70 f_{yk}$

 Combinazione di carico Quasi permanente $\sigma_c < 0.45 f_{ck}$ $\sigma_f < 1.00 f_{yk}$

 Combinazione di carico Frequente $\sigma_c < 1.00 f_{ck}$ $\sigma_f < 1.00 f_{yk}$

Dati

Nome sezione: sezione

Tipo sezione Rettangolare

Base 100.0 [cm]

Altezza 140.0 [cm]

Caratteristiche geometriche

Area sezione 14000.00 [cmq]

 Inerzia in direzione X 11666666.7 [cm⁴]

 Inerzia in direzione Y 22866666.7 [cm⁴]

 Inerzia in direzione XY 0.0 [cm⁴]

 Ascissa baricentro sezione $X_G = 50.00$ [cm]

Relazione di calcolo Spalle, plinti e pali di fondazione

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN1A	20	D26CL	CL 09 00 002	A	92 di 159

Ordinata baricentro sezione

 $Y_G = 70.00$ [cm]

Elenco ferri
Simbologia adottata

Posizione riferita all'origine

N°	numero d'ordine
X	Ascissa posizione ferro espresso in [cm]
Y	Ordinata posizione ferro espresso in [cm]
d	Diametro ferro espresso in [mm]
ω	Area del ferro espresso in [cmq]

N°	X	Y	d	ω
1	10.00	10.00	14	1.54
2	30.00	10.00	14	1.54
3	50.00	10.00	14	1.54
4	70.00	10.00	14	1.54
5	90.00	10.00	14	1.54
6	10.00	130.00	14	1.54
7	30.00	130.00	14	1.54
8	50.00	130.00	14	1.54
9	70.00	130.00	14	1.54
10	90.00	130.00	14	1.54

Materiale impiegato : Calcestruzzo armato

Caratteristiche calcestruzzo

Resistenza caratteristica calcestruzzo	40.000	[MPa]
Coeff. omogeneizzazione acciaio/calcestruzzo	15.00	
Coeff. omogeneizzazione calcestruzzo teso/compresso	1.00	
Forma diagramma tensione-deformazione - PARABOLA-RETTANGOLO		

Caratteristiche acciaio per calcestruzzo

Tensione ammissibile acciaio	450.000	[MPa]
Tensione snervamento acciaio	450.000	[MPa]
Modulo elastico E	205942.924	[MPa]
Fattore di incrudimento acciaio	1.00	

Combinazioni

Relazione di calcolo Spalle, plinti e pali di fondazione

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN1A	20	D26CL	CL 09 00 002	A	93 di 159

Simbologia adottata

N°	numero d'ordine della combinazione
N	sforzo normale espresso in[kN]
M _Y	momento lungo Y espresso in [kNm]
M _X	momento lungo X espresso in [kNm]
M _t	momento torcente espresso in [kNm]
T _Y	taglio lungo Y espresso in [kN]
T _X	taglio lungo X espresso in [kN]
VD	verifica di dominio
VT	verifica tensionale (SLER - Combinazione rara, SLEF - Combinazione frequente, SLEQP - Combinazione quasi permanente, TAMM - Verifica a tensioni ammissibili)

N°	N	M _Y	M _X	M _t	T _Y	T _X	VD	VT
1	106.0000	22.0000	0.0000	0.0000	190.0000	0.0000	SI	NO
2	106.0000	-170.0000	0.0000	0.0000	41.0000	0.0000	SI	NO
3	-19.0000	22.0000	0.0000	0.0000	190.0000	0.0000	SI	NO
4	-19.0000	-170.0000	0.0000	0.0000	41.0000	0.0000	SI	NO
5	137.0000	80.0000	0.0000	0.0000	220.0000	0.0000	SI	NO
6	137.0000	-281.0000	0.0000	0.0000	3.0000	0.0000	SI	NO
7	-89.0000	80.0000	0.0000	0.0000	220.0000	0.0000	SI	NO
8	-89.0000	-281.0000	0.0000	0.0000	3.0000	0.0000	SI	NO
9	73.0000	-58.0000	0.0000	0.0000	133.0000	0.0000	NO	SLER
10	73.0000	-86.0000	0.0000	0.0000	63.0000	0.0000	NO	SLER
11	14.0000	58.0000	0.0000	0.0000	133.0000	0.0000	NO	SLER
12	14.0000	-86.0000	0.0000	0.0000	63.0000	0.0000	NO	SLER
13	14.0000	-35.0000	0.0000	0.0000	44.0000	0.0000	NO	SLEQP

Risultati analisi
Caratteristiche asse neutro
Simbologia adottata

N°	numero d'ordine della combinazione
X _c	posizione asse neutro espresso in [cm]
α	inclinazione asse neutro rispetto all'orizzontale, espressa in [°]
(x _i ; y _i) - (x _f ; y _f)	Punti di intersezione dell'asse neutro con il perimetro della sezione, espressi in [cm]

N°	X _c	α	(x _i ; y _i)	(x _f ; y _f)
9	36.55	0.00	(100.00; 36.55)	(0.00; 36.55)
10	26.64	0.00	(100.00; 26.64)	(0.00; 26.64)
11	18.18	0.00	(0.00; 121.82)	(100.00; 121.82)

Relazione di calcolo Spalle, plinti e pali di fondazione

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN1A	20	D26CL	CL 09 00 002	A	94 di 159

12	17.37	0.00	(100.00; 17.37)	(0.00; 17.37)
13	19.96	0.00	(100.00; 19.96)	(0.00; 19.96)

Risultati tensionali
Simbologia adottata

N°	numero d'ordine della combinazione
σ_{c-max}	Tensione massima nel calcestruzzo espresso in [MPa]
σ_{c-min}	Tensione minima nel calcestruzzo espresso in [MPa]
σ_{f-max}	Tensione massima nel ferro espresso in [MPa]
σ_{f-min}	Tensione minima nel ferro espresso in [MPa]
τ_c	Tensione tangenziale nel calcestruzzo espresso in [MPa]

N°	σ_{c-max}	σ_{c-min}	τ_c	σ_{f-max}	σ_{f-min}
9	0.452	0.000	0.092	4.922	-17.325
10	0.764	0.000	0.049	7.155	-44.455
11	0.559	0.000	0.107	3.769	-51.535
12	0.830	0.000	0.051	5.281	-80.731
13	0.334	0.000	0.035	2.499	-27.593

Sollecitazioni ultime
Simbologia adottata

N°	numero d'ordine della combinazione
N_u	Sforzo normale ultimo, espresso in [kN]
M_{Xu}	Momento ultimo in direzione X, espresso in [kNm]
M_{Yu}	Momento ultimo in direzione Y, espresso in [kNm]
FS	Fattore di sicurezza

Combinazione n° 1

N_u	M_{Xu}	M_{Yu}	FS
<u>18594.5081</u>	0.0000	<u>3859.2375</u>	175.42
<u>26906.3679</u>	0.0000	22.0000	253.83
106.0000	0.0000	<u>456.5635</u>	20.75

Combinazione n° 2

N_u	M_{Xu}	M_{Yu}	FS
<u>405.2863</u>	0.0000	<u>-649.9875</u>	3.82
<u>26657.6149</u>	0.0000	-170.0000	251.49

Relazione di calcolo Spalle, plinti e pali di fondazione

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN1A	20	D26CL	CL 09 00 002	A	95 di 159

106.0000	0.0000	<u>-456.5634</u>	2.69
----------	--------	------------------	------

Combinazione n° 3

N_u	M_{Xu}	M_{Yu}	FS
<u>-213.0239</u>	0.0000	<u>246.6593</u>	11.21
<u>-565.6966</u>	0.0000	22.0000	29.77
-19.0000	0.0000	<u>374.7845</u>	17.04

Combinazione n° 4

N_u	M_{Xu}	M_{Yu}	FS
<u>-40.3219</u>	0.0000	<u>-360.7749</u>	2.12
<u>-328.2131</u>	0.0000	-170.0000	17.27
-19.0000	0.0000	<u>-374.7845</u>	2.20

Combinazione n° 5

N_u	M_{Xu}	M_{Yu}	FS
<u>6337.3243</u>	0.0000	<u>3700.6273</u>	46.26
<u>26811.0053</u>	0.0000	80.0000	195.70
137.0000	0.0000	<u>476.7524</u>	5.96

Combinazione n° 6

N_u	M_{Xu}	M_{Yu}	FS
<u>276.5214</u>	0.0000	<u>-567.1717</u>	2.02
<u>26461.9537</u>	0.0000	-281.0000	193.15
137.0000	0.0000	<u>-476.7524</u>	1.70

Combinazione n° 7

N_u	M_{Xu}	M_{Yu}	FS
<u>-248.3171</u>	0.0000	<u>223.2064</u>	2.79
<u>-469.0289</u>	0.0000	80.0000	5.27
-89.0000	0.0000	<u>328.7249</u>	4.11

Combinazione n° 8

N_u	M_{Xu}	M_{Yu}	FS
<u>-101.5036</u>	0.0000	<u>-320.4777</u>	1.14

Relazione di calcolo Spalle, plinti e pali di fondazione

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN1A	20	D26CL	CL 09 00 002	A	96 di 159

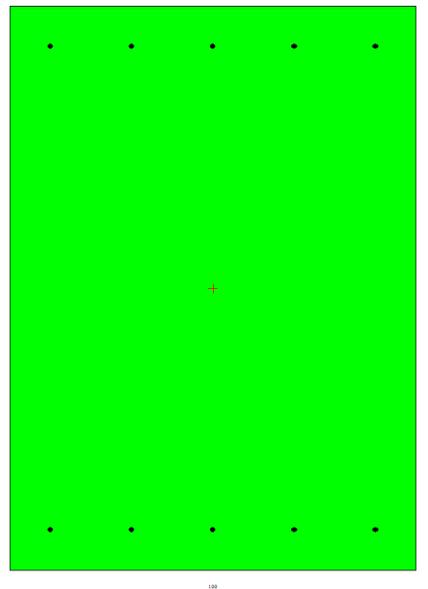
-161.2269	0.0000	-281.0000	1.81
-89.0000	0.0000	-328.7249	1.17

Risultati fessurazione

Simbologia adottata

N°	numero d'ordine della combinazione
M _x	Momento di prima fessurazione in direzione X, espresso in [kNm]
M _y	Momento di prima fessurazione in direzione Y, espresso in [kNm]
σ _t	Tensione nell'acciaio, espressa in [MPa]
σ _c	Tensione nel calcestruzzo, espressa in [MPa]
A _{eff}	Area efficace a trazione, espressa in [cmq]
ε	Deformazione media acciaio teso, espressa in [°]
S _{rm}	Distanza media tra le fessure, espresso in [mm]
w	Ampiezza delle fessure, espressa in [mm]

N°	M _x	M _y	σ _t	σ _c	A _{eff}	ε	S _{rm}	w
13	0.0000	-819.3088	-645.916	-46.974	2050.00	0.0000	0	0.0000



6.7.2 Verifiche a taglio muro frontale di spalla

Concrete properties

Class C32/40

Rck	40	MPa
fck	32	MPa
γ_c	1.5	
α_{cc}	0.85	
fcd	18.133	MPa

Shear Force

V_{Ed}	473 kN
N _{Ed}	0 kN

Cross section

h	140	cm
b _w	100	cm
c	6.5	cm
d	133.5	cm

Steel properties

f _{yk}	450	MPa
γ_s	1.15	
f _{ywd}	360	MPa

Longitudinal reinforcement

Φ	26	mm
n	6.67	
A _s	35.413	cm ²

Stirrups

Diameter	12	mm
Number across b _w	3.333	
A _{sw}	3.770	cm ²
s	40	cm
Angle, α	90	°

k	1.387	
v _{min}	0.323	
ρ	0.001	
α_{cw}	1	
θ	21.8	°

V_{Ed} <

VR _{d,c}	431.78	kN
VR _{d,c,max}	3930.51	kN
VR_{d,s}	1019.24	kN

Tabella 6.3 Verifica a taglio muro frontale

La verifica risulta soddisfatta utilizzando spille $\phi 12$ a passo 30x40 cm, ancorate all'intersezione tra barre verticali e barre orizzontali.

6.7.3 Verifiche a presso\tenso flessione muro paraghiaia

Si riportano di seguito le verifiche strutturali degli SLU e degli SLE a presso o tenso flessione delle sezioni orizzontali e verticali del muro paraghiaia avente le seguenti caratteristiche.

Dimensioni sezione: 100x30 cm

Copriferro: 50 mm

Le barre verticali (in sezione orizzontale) sono interne rispetto alla orizzontali (in sezione verticale).

6.7.3.1 Sezioni orizzontali

Le sollecitazioni analizzate sono quelle che sollecitano assialmente le barre verticali e cioè massimo e minimo momento M_y , massimo e minimo sforzo assiale N_y , e i rispettivi valori correlati.

Armatura lato interno (terra): $\phi 26/15$ cm

Armatura lato esterno: $\phi 20/15$ cm

Impostazioni verifiche SLU

Coefficienti di sicurezza del c.a.

Coefficienti sicurezza calcestruzzo a compressione	1.50
Coefficienti sicurezza calcestruzzo a trazione	1.50
Coefficienti sicurezza dell'acciaio	1.15
Fattore di riduzione da resistenza cubica a cilindrica	0.83
Fattore di riduzione per carichi di lungo periodo	0.85
Coefficienti di sicurezza della sezione	1.00

Impostazioni verifiche SLE

Condizioni ambientali Ordinarie
 Armatura ad aderenza migliorata

Verifica fessurazione

Metodo di calcolo aperture delle fessure: Circolare Ministeriale 252 (15/10/1996) / NTC 2008 I° Formulazione

Sensibilità delle armature	Poco sensibile
Valori limite delle aperture delle fessure	$w_1 = 0.10$
	$w_2 = 0.20$
	$w_3 = 0.20$

Relazione di calcolo Spalle, plinti e pali di fondazione

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN1A	20	D26CL	CL 09 00 002	A	99 di 159

Verifica delle tensioni

Combinazione di carico	Rara	$\sigma_c < 0.60 f_{ck}$	$\sigma_f < 0.70 f_{yk}$
Combinazione di carico	Quasi permanente	$\sigma_c < 0.45 f_{ck}$	$\sigma_f < 1.00 f_{yk}$
Combinazione di carico	Frequente	$\sigma_c < 1.00 f_{ck}$	$\sigma_f < 1.00 f_{yk}$

Dati
Nome sezione: sezione

Tipo sezione Rettangolare

Base 100.0 [cm]

Altezza 30.0 [cm]

Caratteristiche geometriche

Area sezione	3000.00 [cmq]
Inerzia in direzione X	2500000.0 [cm ⁴]
Inerzia in direzione Y	225000.0 [cm ⁴]
Inerzia in direzione XY	0.0 [cm ⁴]
Ascissa baricentro sezione	$X_G = 50.00$ [cm]
Ordinata baricentro sezione	$Y_G = 15.00$ [cm]

Elenco ferri
Simbologia adottata

Posizione riferita all'origine

N°	numero d'ordine
X	Ascissa posizione ferro espresso in [cm]
Y	Ordinata posizione ferro espresso in [cm]
d	Diametro ferro espresso in [mm]
ω	Area del ferro espresso in [cmq]

N°	X	Y	d	ω
1	5.00	6.60	26	5.31
2	20.00	6.60	26	5.31
3	35.00	6.60	26	5.31

Relazione di calcolo Spalle, plinti e pali di fondazione

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN1A	20	D26CL	CL 09 00 002	A	100 di 159

4	50.00	6.60	26	5.31
5	65.00	6.60	26	5.31
6	80.00	6.60	26	5.31
7	95.00	6.60	26	5.31
8	5.00	24.00	20	3.14
9	20.00	24.00	20	3.14
10	35.00	24.00	20	3.14
11	50.00	24.00	20	3.14
12	65.00	24.00	20	3.14
13	80.00	24.00	20	3.14
14	95.00	24.00	20	3.14

Materiale impiegato : Calcestruzzo armato

Caratteristiche calcestruzzo

Resistenza caratteristica calcestruzzo	40.000	[MPa]
Coeff. omogeneizzazione acciaio/calcestruzzo	15.00	
Coeff. omogeneizzazione calcestruzzo teso/compresso	1.00	
Forma diagramma tensione-deformazione - PARABOLA-RETTANGOLO		

Caratteristiche acciaio per calcestruzzo

Tensione ammissibile acciaio	450.000	[MPa]
Tensione snervamento acciaio	450.000	[MPa]
Modulo elastico E	205942.924	[MPa]
Fattore di incrudimento acciaio	1.00	

Combinazioni

Simbologia adottata

N°	numero d'ordine della combinazione
N	sforzo normale espresso in[kN]
M _Y	momento lungo Y espresso in [kNm]
M _X	momento lungo X espresso in [kNm]
M _t	momento torcente espresso in [kNm]
T _Y	taglio lungo Y espresso in [kN]
T _X	taglio lungo X espresso in [kN]
VD	verifica di dominio
VT	verifica tensionale (SLER - Combinazione rara, SLEF - Combinazione frequente, SLEQP - Combinazione quasi permanente, TAMM - Verifica a tensioni ammissibili)

N°	N	M _Y	M _X	M _t	T _Y	T _X	VD	VT
----	---	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----	----

Relazione di calcolo Spalle, plinti e pali di fondazione

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN1A	20	D26CL	CL 09 00 002	A	101 di 159

1	71.0000	95.0000	0.0000	0.0000	3.0000	0.0000	SI	NO
2	71.0000	-20.0000	0.0000	0.0000	29.0000	0.0000	SI	NO
3	-250.0000	95.0000	0.0000	0.0000	3.0000	0.0000	SI	NO
4	-250.0000	20.0000	0.0000	0.0000	29.0000	0.0000	SI	NO
5	233.0000	148.0000	0.0000	0.0000	14.0000	0.0000	SI	NO
6	233.0000	-69.0000	0.0000	0.0000	33.0000	0.0000	SI	NO
7	-280.0000	148.0000	0.0000	0.0000	14.0000	0.0000	SI	NO
8	-280.0000	-69.0000	0.0000	0.0000	49.0000	0.0000	SI	NO
9	43.0000	68.0000	0.0000	0.0000	11.0000	0.0000	NO	SLER
10	43.0000	-7.0000	0.0000	0.0000	24.0000	0.0000	NO	SLER
11	-174.0000	68.0000	0.0000	0.0000	11.0000	0.0000	NO	SLER
12	-174.0000	-7.0000	0.0000	0.0000	24.0000	0.0000	NO	SLER
13	8.0000	1.0000	0.0000	0.0000	4.0000	0.0000	NO	SLEQP

Risultati analisi

Caratteristiche asse neutro

Simbologia adottata

N°	numero d'ordine della combinazione
Xc	posizione asse neutro espresso in [cm]
α	inclinazione asse neutro rispetto all'orizzontale, espressa in [°]
(xi; yi) - (xf; yf)	Punti di intersezione dell'asse neutro con il perimetro della sezione, espressi in [cm]

N°	Xc	α	(xi; yi)	(xf; yf)
9	11.06	0.00	(0.00; 18.94)	(100.00; 18.94)
10	13.69	0.00	(100.00; 13.69)	(0.00; 13.69)
11	8.89	0.00	(0.00; 21.11)	(100.00; 21.11)
12	1.01	0.00	(100.00; 1.01)	(0.00; 1.01)
13	17.69	0.00	(0.00; 12.31)	(100.00; 12.31)

Risultati tensionali

Simbologia adottata

N°	numero d'ordine della combinazione
σ_{c-max}	Tensione massima nel calcestruzzo espresso in [MPa]
σ_{c-min}	Tensione minima nel calcestruzzo espresso in [MPa]
σ_{f-max}	Tensione massima nel ferro espresso in [MPa]
σ_{f-min}	Tensione minima nel ferro espresso in [MPa]
τ_c	Tensione tangenziale nel calcestruzzo espresso in [MPa]

Relazione di calcolo Spalle, plinti e pali di fondazione

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN1A	20	D26CL	CL 09 00 002	A	102 di 159

N°	σ_{c-max}	σ_{c-min}	τ_c	σ_{f-max}	σ_{f-min}
9	5.296	0.000	0.057	36.325	-88.691
10	0.593	0.000	0.111	4.607	-6.694
11	4.873	0.000	0.057	23.785	-119.199
12	0.165	0.000	0.036	-13.698	-56.354
13	0.087	0.000	0.018	0.860	-0.421

Sollecitazioni ultime

Simbologia adottata

N°	numero d'ordine della combinazione
N_u	Sforzo normale ultimo, espresso in [kN]
M_{Xu}	Momento ultimo in direzione X, espresso in [kNm]
M_{Yu}	Momento ultimo in direzione Y, espresso in [kNm]
FS	Fattore di sicurezza

Combinazione n° 1

N_u	M_{Xu}	M_{Yu}	FS
<u>228.6334</u>	0.0000	<u>305.9179</u>	3.22
<u>6524.1642</u>	0.0000	95.0000	91.89
71.0000	0.0000	<u>292.2312</u>	3.08

Combinazione n° 2

N_u	M_{Xu}	M_{Yu}	FS
<u>958.6222</u>	0.0000	<u>-270.0344</u>	13.50
<u>7713.2301</u>	0.0000	-20.0000	108.64
71.0000	0.0000	<u>-194.2101</u>	9.71

Combinazione n° 3

N_u	M_{Xu}	M_{Yu}	FS
<u>-605.6749</u>	0.0000	<u>230.1565</u>	2.42
<u>-1756.0573</u>	0.0000	95.0000	7.02
-250.0000	0.0000	<u>263.3622</u>	2.77

Combinazione n° 4

N_u	M_{Xu}	M_{Yu}	FS
<u>-1603.1675</u>	0.0000	<u>128.2534</u>	6.41

Relazione di calcolo Spalle, plinti e pali di fondazione

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN1A	20	D26CL	CL 09 00 002	A	103 di 159

-2020.6056	0.0000	20.0000	8.08
-250.0000	0.0000	<u>263.3622</u>	13.17

Combinazione n° 5

N_u	M_{Xu}	M_{Yu}	FS
<u>519.6054</u>	0.0000	<u>330.0498</u>	2.23
<u>5966.9622</u>	0.0000	148.0000	25.61
233.0000	0.0000	<u>306.2915</u>	2.07

Combinazione n° 6

N_u	M_{Xu}	M_{Yu}	FS
<u>893.6225</u>	0.0000	<u>-264.6350</u>	3.84
<u>7730.6089</u>	0.0000	-69.0000	33.18
233.0000	0.0000	<u>-208.3041</u>	3.02

Combinazione n° 7

N_u	M_{Xu}	M_{Yu}	FS
<u>-461.2897</u>	0.0000	<u>243.8245</u>	1.65
<u>-1419.8928</u>	0.0000	148.0000	5.07
-280.0000	0.0000	<u>260.6097</u>	1.76

Combinazione n° 8

N_u	M_{Xu}	M_{Yu}	FS
<u>-558.3523</u>	0.0000	<u>-137.5940</u>	1.99
<u>-1278.7323</u>	0.0000	-69.0000	4.57
-280.0000	0.0000	<u>-163.0404</u>	2.36

Risultati fessurazione

Simbologia adottata

N° numero d'ordine della combinazione
 M_x Momento di prima fessurazione in direzione X, espresso in [kNm]
 M_y Momento di prima fessurazione in direzione Y, espresso in [kNm]
 σ_r Tensione nell'acciaio, espressa in [MPa]
 σ_c Tensione nel calcestruzzo, espressa in [MPa]
 A_{eff} Area efficace a trazione, espressa in [cm²]
 ε Deformazione media acciaio teso, espressa in [°]

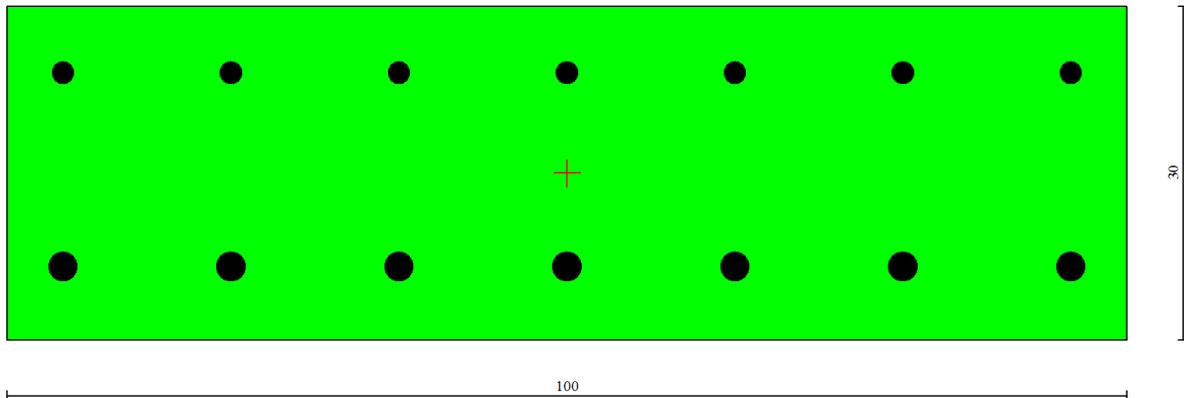
Relazione di calcolo Spalle, plinti e pali di fondazione

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN1A	20	D26CL	CL 09 00 002	A	104 di 159

S_{fm} Distanza media tra le fessure, espresso in [mm]

w Ampiezza delle fessure, espressa in [mm]

N°	M_x	M_y	σ_f	σ_c	A_{eff}	ϵ	S_{fm}	w
13	0.0000	69.8698	-29.383	-4.221	0.00	0.0000	0	0.0000



6.7.4 Verifiche a presso\tenso flessione muro andatore

Si riportano di seguito le verifiche strutturali degli SLU e degli SLE a presso o tenso flessione delle sezioni orizzontali e verticali del muro andatore avente le seguenti caratteristiche.

Dimensioni sezione: 100x60 cm

Copriferro: 50 mm

Le barre verticali (in sezione orizzontale) sono interne rispetto alla orizzontali (in sezione verticale).

6.7.4.1 Sezioni orizzontali

Le sollecitazioni analizzate sono quelle che sollecitano assialmente le barre verticali e cioè massimo e minimo momento M_y , massimo e minimo sforzo assiale N_y , e i rispettivi valori correlati.

Armatura lato interno (terra): $\phi 28/15$ cm

Armatura lato esterno: $\phi 16/15$ cm

Impostazioni verifiche SLU

Coefficienti di sicurezza del c.a.

Coefficienti sicurezza calcestruzzo a compressione	1.50
Coefficienti sicurezza calcestruzzo a trazione	1.50
Coefficienti sicurezza dell'acciaio	1.15
Fattore di riduzione da resistenza cubica a cilindrica	0.83
Fattore di riduzione per carichi di lungo periodo	0.85
Coefficienti di sicurezza della sezione	1.00

Impostazioni verifiche SLE

Condizioni ambientali Ordinarie

Armatura ad aderenza migliorata

Verifica fessurazione

Metodo di calcolo aperture delle fessure: Circolare Ministeriale 252 (15/10/1996) / NTC 2008 I° Formulazione

Sensibilità delle armature	Poco sensibile
Valori limite delle aperture delle fessure	$w_1 = 0.10$
	$w_2 = 0.20$
	$w_3 = 0.20$

Verifica delle tensioni

Combinazione di carico	Rara	$\sigma_c < 0.60 f_{ck}$	$\sigma_f < 0.70 f_{yk}$
Combinazione di carico	Quasi permanente	$\sigma_c < 0.45 f_{ck}$	$\sigma_f < 1.00 f_{yk}$
Combinazione di carico	Frequente	$\sigma_c < 1.00 f_{ck}$	$\sigma_f < 1.00 f_{yk}$

Relazione di calcolo Spalle, plinti e pali di fondazione

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN1A	20	D26CL	CL 09 00 002	A	106 di 159

Dati

Nome sezione:

sezione

Tipo sezione

Rettangolare

Base

100.0 [cm]

Altezza

60.0 [cm]

Caratteristiche geometriche

Area sezione	6000.00 [cmq]
Inerzia in direzione X	5000000.0 [cm ⁴]
Inerzia in direzione Y	1800000.0 [cm ⁴]
Inerzia in direzione XY	0.0 [cm ⁴]
Ascissa baricentro sezione	$X_G = 50.00$ [cm]
Ordinata baricentro sezione	$Y_G = 30.00$ [cm]

Elenco ferri

Simbologia adottata

Posizione riferita all'origine

N°	numero d'ordine
X	Ascissa posizione ferro espresso in [cm]
Y	Ordinata posizione ferro espresso in [cm]
d	Diametro ferro espresso in [mm]
ω	Area del ferro espresso in [cmq]

N°	X	Y	d	ω
1	5.00	6.60	28	6.16
2	20.00	6.60	28	6.16
3	35.00	6.60	28	6.16
4	50.00	6.60	28	6.16
5	65.00	6.60	28	6.16
6	80.00	6.60	28	6.16
7	95.00	6.60	28	6.16
8	5.00	54.00	16	2.01

Relazione di calcolo Spalle, plinti e pali di fondazione

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN1A	20	D26CL	CL 09 00 002	A	107 di 159

9	20.00	54.00	16	2.01
10	35.00	54.00	16	2.01
11	50.00	54.00	16	2.01
12	65.00	54.00	16	2.01
13	80.00	54.00	16	2.01
14	95.00	54.00	16	2.01

Materiale impiegato : Calcestruzzo armato

Caratteristiche calcestruzzo

Resistenza caratteristica calcestruzzo	40.000	[MPa]
Coeff. omogeneizzazione acciaio/calcestruzzo	15.00	
Coeff. omogeneizzazione calcestruzzo teso/compresso	1.00	
Forma diagramma tensione-deformazione - PARABOLA-RETTANGOLO		

Caratteristiche acciaio per calcestruzzo

Tensione ammissibile acciaio	450.000	[MPa]
Tensione snervamento acciaio	450.000	[MPa]
Modulo elastico E	205942.924	[MPa]
Fattore di incrudimento acciaio	1.00	

Combinazioni
Simbologia adottata

N°	numero d'ordine della combinazione
N	sforzo normale espresso in[kN]
M _Y	momento lungo Y espresso in [kNm]
M _X	momento lungo X espresso in [kNm]
M _t	momento torcente espresso in [kNm]
T _Y	taglio lungo Y espresso in [kN]
T _X	taglio lungo X espresso in [kN]
VD	verifica di dominio
VT	verifica tensionale (SLER - Combinazione rara, SLEF - Combinazione frequente, SLEQP - Combinazione quasi permanente, TAMM - Verifica a tensioni ammissibili)

N°	N	M _Y	M _X	M _t	T _Y	T _X	VD	VT
1	414.0000	334.0000	0.0000	0.0000	101.0000	0.0000	SI	NO
2	414.0000	108.0000	0.0000	0.0000	253.0000	0.0000	SI	NO
3	-347.0000	334.0000	0.0000	0.0000	101.0000	0.0000	SI	NO
4	-347.0000	108.0000	0.0000	0.0000	253.0000	0.0000	SI	NO
5	804.0000	518.0000	0.0000	0.0000	120.0000	0.0000	SI	NO

Relazione di calcolo Spalle, plinti e pali di fondazione

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN1A	20	D26CL	CL 09 00 002	A	108 di 159

6	804.0000	141.0000	0.0000	0.0000	311.0000	0.0000	SI	NO
7	-644.0000	518.0000	0.0000	0.0000	120.0000	0.0000	SI	NO
8	-644.0000	141.0000	0.0000	0.0000	311.0000	0.0000	SI	NO
9	47.0000	228.0000	0.0000	0.0000	175.0000	0.0000	NO	SLER
10	47.0000	222.0000	0.0000	0.0000	177.0000	0.0000	NO	SLER
11	-81.0000	228.0000	0.0000	0.0000	175.0000	0.0000	NO	SLER
12	-81.0000	222.0000	0.0000	0.0000	177.0000	0.0000	NO	SLER
13	71.0000	119.0000	0.0000	0.0000	104.0000	0.0000	NO	SLEQP

Risultati analisi

Caratteristiche asse neutro

Simbologia adottata

N°	numero d'ordine della combinazione
Xc	posizione asse neutro espresso in [cm]
α	inclinazione asse neutro rispetto all'orizzontale, espressa in [°]
(xi; yi) - (xf; yf)	Punti di intersezione dell'asse neutro con il perimetro della sezione, espressi in [cm]

N°	Xc	α	(xi; yi)	(xf; yf)
9	20.28	0.00	(0.00; 39.72)	(100.00; 39.72)
10	20.30	0.00	(0.00; 39.70)	(100.00; 39.70)
11	18.24	0.00	(0.00; 41.76)	(100.00; 41.76)
12	18.20	0.00	(0.00; 41.80)	(100.00; 41.80)
13	21.76	0.00	(0.00; 38.24)	(100.00; 38.24)

Risultati tensionali

Simbologia adottata

N°	numero d'ordine della combinazione
σ_{c-max}	Tensione massima nel calcestruzzo espresso in [MPa]
σ_{c-min}	Tensione minima nel calcestruzzo espresso in [MPa]
σ_{f-max}	Tensione massima nel ferro espresso in [MPa]
σ_{f-min}	Tensione minima nel ferro espresso in [MPa]
τ_c	Tensione tangenziale nel calcestruzzo espresso in [MPa]

N°	σ_{c-max}	σ_{c-min}	τ_c	σ_{f-max}	σ_{f-min}
9	4.398	0.000	0.373	46.454	-107.735
10	4.284	0.000	0.377	45.271	-104.772
11	4.192	0.000	0.372	42.196	-121.259
12	4.078	0.000	0.377	41.010	-118.298

Relazione di calcolo Spalle, plinti e pali di fondazione

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN1A	20	D26CL	CL 09 00 002	A	109 di 159

13	2.360	0.000	0.221	25.643	-51.481
----	-------	-------	-------	--------	---------

Sollecitazioni ultime

Simbologia adottata

N° numero d'ordine della combinazione
 N_u Sforzo normale ultimo, espresso in [kN]
 M_{Xu} Momento ultimo in direzione X, espresso in [kNm]
 M_{Yu} Momento ultimo in direzione Y, espresso in [kNm]
 FS Fattore di sicurezza

Combinazione n° 1

N _u	M _{Xu}	M _{Yu}	FS
<u>1372.8570</u>	0.0000	<u>1107.5706</u>	3.32
<u>10883.6122</u>	0.0000	334.0000	26.29
414.0000	0.0000	<u>920.4858</u>	2.76

Combinazione n° 2

N _u	M _{Xu}	M _{Yu}	FS
<u>4871.5739</u>	0.0000	<u>1270.8454</u>	11.77
<u>11926.9828</u>	0.0000	108.0000	28.81
414.0000	0.0000	<u>920.4858</u>	8.52

Combinazione n° 3

N _u	M _{Xu}	M _{Yu}	FS
<u>-688.1452</u>	0.0000	<u>662.3646</u>	1.98
<u>-1939.4158</u>	0.0000	334.0000	5.59
-347.0000	0.0000	<u>745.9241</u>	2.23

Combinazione n° 4

N _u	M _{Xu}	M _{Yu}	FS
<u>-1475.4438</u>	0.0000	<u>459.2159</u>	4.25
<u>-1577.1262</u>	0.0000	108.0000	4.55
-347.0000	0.0000	<u>745.9242</u>	6.91

Combinazione n° 5

Relazione di calcolo Spalle, plinti e pali di fondazione

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN1A	20	D26CL	CL 09 00 002	A	110 di 159

N_u	M_{Xu}	M_{Yu}	FS
<u>1824.7222</u>	0.0000	<u>1175.6295</u>	2.27
<u>10005.9339</u>	0.0000	518.0000	12.45
804.0000	0.0000	<u>1003.9265</u>	1.94

Combinazione n° 6

N_u	M_{Xu}	M_{Yu}	FS
<u>6307.9143</u>	0.0000	<u>1106.2387</u>	7.85
<u>11777.4134</u>	0.0000	141.0000	14.65
804.0000	0.0000	<u>1003.9265</u>	7.12

Combinazione n° 7

N_u	M_{Xu}	M_{Yu}	FS
<u>-791.3269</u>	0.0000	<u>636.5021</u>	1.23
<u>-1252.5406</u>	0.0000	518.0000	1.94
-644.0000	0.0000	<u>673.3504</u>	1.30

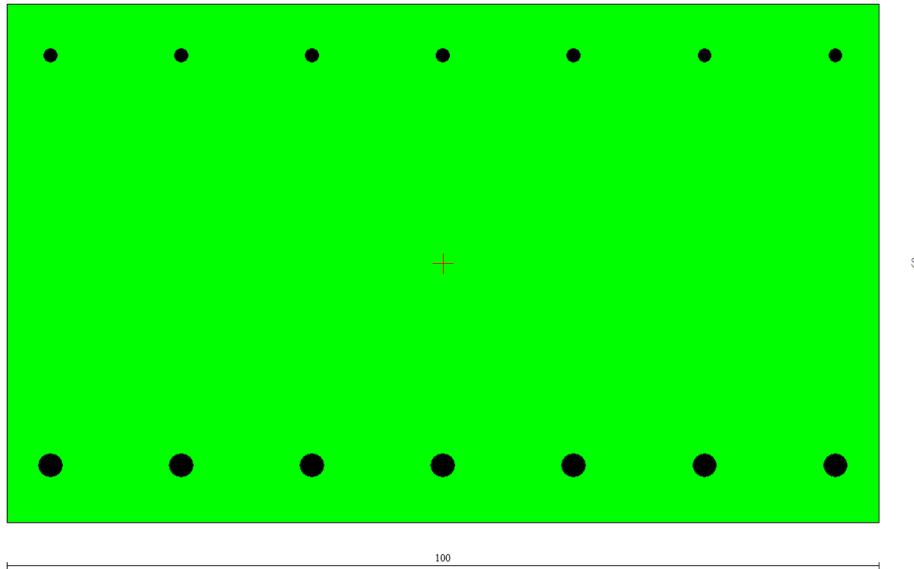
Combinazione n° 8

N_u	M_{Xu}	M_{Yu}	FS
<u>-1755.3838</u>	0.0000	<u>384.3309</u>	2.73
<u>-1718.1504</u>	0.0000	141.0000	2.67
-644.0000	0.0000	<u>673.3504</u>	4.78

Risultati fessurazione
Simbologia adottata

N°	numero d'ordine della combinazione
M_X	Momento di prima fessurazione in direzione X, espresso in [kNm]
M_Y	Momento di prima fessurazione in direzione Y, espresso in [kNm]
σ_r	Tensione nell'acciaio, espressa in [MPa]
σ_c	Tensione nel calcestruzzo, espressa in [MPa]
A_{eff}	Area efficace a trazione, espressa in [cmq]
ϵ	Deformazione media acciaio teso, espressa in [°]
S_{rm}	Distanza media tra le fessure, espresso in [mm]
w	Ampiezza delle fessure, espressa in [mm]

N°	M_X	M_Y	σ_r	σ_c	A_{eff}	ϵ	S_{rm}	w
13	0.0000	184.6275	-79.872	-6.436	1912.00	0.0000	0	0.0000



6.7.4.2 Sezioni verticali

Le sollecitazioni analizzate sono quelle che sollecitano assialmente le barre orizzontali e cioè massimo e minimo momento M_x , massimo e minimo sforzo assiale N_x , e i rispettivi valori correlati.

Armatura lato interno (terra): $\phi 14/20$ cm

Armatura lato esterno: $\phi 14/20$ cm

Impostazioni verifiche SLU

Coefficienti di sicurezza del c.a.

Coefficienti sicurezza calcestruzzo a compressione	1.50
Coefficienti sicurezza calcestruzzo a trazione	1.50
Coefficienti sicurezza dell'acciaio	1.15
Fattore di riduzione da resistenza cubica a cilindrica	0.83
Fattore di riduzione per carichi di lungo periodo	0.85
Coefficienti di sicurezza della sezione	1.00

Relazione di calcolo Spalle, plinti e pali di fondazione

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN1A	20	D26CL	CL 09 00 002	A	113 di 159

Elenco ferri

Simbologia adottata

Posizione riferita all'origine

N°	numero d'ordine
X	Ascissa posizione ferro espresso in [cm]
Y	Ordinata posizione ferro espresso in [cm]
d	Diametro ferro espresso in [mm]
ω	Area del ferro espresso in [cmq]

N°	X	Y	d	ω
1	5.00	6.60	28	6.16
2	20.00	6.60	28	6.16
3	35.00	6.60	28	6.16
4	50.00	6.60	28	6.16
5	65.00	6.60	28	6.16
6	80.00	6.60	28	6.16
7	95.00	6.60	28	6.16
8	5.00	54.00	16	2.01
9	20.00	54.00	16	2.01
10	35.00	54.00	16	2.01
11	50.00	54.00	16	2.01
12	65.00	54.00	16	2.01
13	80.00	54.00	16	2.01
14	95.00	54.00	16	2.01

Materiale impiegato : Calcestruzzo armato

Caratteristiche calcestruzzo

Resistenza caratteristica calcestruzzo	40.000	[MPa]
Coeff. omogeneizzazione acciaio/calcestruzzo	15.00	
Coeff. omogeneizzazione calcestruzzo teso/compresso	1.00	
Forma diagramma tensione-deformazione - PARABOLA-RETTANGOLO		

Caratteristiche acciaio per calcestruzzo

Tensione ammissibile acciaio	450.000	[MPa]
Tensione snervamento acciaio	450.000	[MPa]
Modulo elastico E	205942.924	[MPa]
Fattore di incrudimento acciaio	1.00	

Relazione di calcolo Spalle, plinti e pali di fondazione

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN1A	20	D26CL	CL 09 00 002	A	114 di 159

Combinazioni
Simbologia adottata

N°	numero d'ordine della combinazione
N	sforzo normale espresso in[kN]
M _Y	momento lungo Y espresso in [kNm]
M _X	momento lungo X espresso in [kNm]
M _t	momento torcente espresso in [kNm]
T _Y	taglio lungo Y espresso in [kN]
T _X	taglio lungo X espresso in [kN]
VD	verifica di dominio
VT	verifica tensionale (SLER - Combinazione rara, SLEF - Combinazione frequente, SLEQP - Combinazione quasi permanente, TAMM - Verifica a tensioni ammissibili)

N°	N	M _Y	M _X	M _t	T _Y	T _X	VD	VT
1	414.0000	334.0000	0.0000	0.0000	101.0000	0.0000	SI	NO
2	414.0000	108.0000	0.0000	0.0000	253.0000	0.0000	SI	NO
3	-347.0000	334.0000	0.0000	0.0000	101.0000	0.0000	SI	NO
4	-347.0000	108.0000	0.0000	0.0000	253.0000	0.0000	SI	NO
5	804.0000	518.0000	0.0000	0.0000	120.0000	0.0000	SI	NO
6	804.0000	141.0000	0.0000	0.0000	311.0000	0.0000	SI	NO
7	-644.0000	518.0000	0.0000	0.0000	120.0000	0.0000	SI	NO
8	-644.0000	141.0000	0.0000	0.0000	311.0000	0.0000	SI	NO
9	47.0000	228.0000	0.0000	0.0000	175.0000	0.0000	NO	SLER
10	47.0000	222.0000	0.0000	0.0000	177.0000	0.0000	NO	SLER
11	-81.0000	228.0000	0.0000	0.0000	175.0000	0.0000	NO	SLER
12	-81.0000	222.0000	0.0000	0.0000	177.0000	0.0000	NO	SLER
13	71.0000	119.0000	0.0000	0.0000	104.0000	0.0000	NO	SLEQP

Risultati analisi

Caratteristiche asse neutro

Simbologia adottata

N°	numero d'ordine della combinazione
Xc	posizione asse neutro espresso in [cm]
α	inclinazione asse neutro rispetto all'orizzontale, espressa in [°]
(xi; yi) - (xf; yf)	Punti di intersezione dell'asse neutro con il perimetro della sezione, espressi in [cm]

N°	Xc	α	(xi; yi)	(xf; yf)
9	20.28	0.00	(0.00; 39.72)	(100.00; 39.72)
10	20.30	0.00	(0.00; 39.70)	(100.00; 39.70)
11	18.24	0.00	(0.00; 41.76)	(100.00; 41.76)
12	18.20	0.00	(0.00; 41.80)	(100.00; 41.80)
13	21.76	0.00	(0.00; 38.24)	(100.00; 38.24)

Risultati tensionali

Simbologia adottata

N°	numero d'ordine della combinazione
σ_{c-max}	Tensione massima nel calcestruzzo espresso in [MPa]
σ_{c-min}	Tensione minima nel calcestruzzo espresso in [MPa]
σ_{f-max}	Tensione massima nel ferro espresso in [MPa]
σ_{f-min}	Tensione minima nel ferro espresso in [MPa]
τ_c	Tensione tangenziale nel calcestruzzo espresso in [MPa]

N°	σ_{c-max}	σ_{c-min}	τ_c	σ_{f-max}	σ_{f-min}
9	4.398	0.000	0.373	46.454	-107.735
10	4.284	0.000	0.377	45.271	-104.772
11	4.192	0.000	0.372	42.196	-121.259
12	4.078	0.000	0.377	41.010	-118.298
13	2.360	0.000	0.221	25.643	-51.481

Sollecitazioni ultime

Simbologia adottata

N°	numero d'ordine della combinazione
N _u	Sforzo normale ultimo, espresso in [kN]
M _{Xu}	Momento ultimo in direzione X, espresso in [kNm]

Relazione di calcolo Spalle, plinti e pali di fondazione

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN1A	20	D26CL	CL 09 00 002	A	116 di 159

 M_{Yu} Momento ultimo in direzione Y, espresso in [kNm]

FS Fattore di sicurezza

Combinazione n° 1

N_u	M_{Xu}	M_{Yu}	FS
<u>1372.8570</u>	0.0000	<u>1107.5706</u>	3.32
<u>10883.6122</u>	0.0000	334.0000	26.29
414.0000	0.0000	<u>920.4858</u>	2.76

Combinazione n° 2

N_u	M_{Xu}	M_{Yu}	FS
<u>4871.5739</u>	0.0000	<u>1270.8454</u>	11.77
<u>11926.9828</u>	0.0000	108.0000	28.81
414.0000	0.0000	<u>920.4858</u>	8.52

Combinazione n° 3

N_u	M_{Xu}	M_{Yu}	FS
<u>-688.1452</u>	0.0000	<u>662.3646</u>	1.98
<u>-1939.4158</u>	0.0000	334.0000	5.59
-347.0000	0.0000	<u>745.9241</u>	2.23

Combinazione n° 4

N_u	M_{Xu}	M_{Yu}	FS
<u>-1475.4438</u>	0.0000	<u>459.2159</u>	4.25
<u>-1577.1262</u>	0.0000	108.0000	4.55
-347.0000	0.0000	<u>745.9242</u>	6.91

Combinazione n° 5

N_u	M_{Xu}	M_{Yu}	FS
<u>1824.7222</u>	0.0000	<u>1175.6295</u>	2.27
<u>10005.9339</u>	0.0000	518.0000	12.45
804.0000	0.0000	<u>1003.9265</u>	1.94

Combinazione n° 6

N_u	M_{Xu}	M_{Yu}	FS
<u>6307.9143</u>	0.0000	<u>1106.2387</u>	7.85

Relazione di calcolo Spalle, plinti e pali di fondazione

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN1A	20	D26CL	CL 09 00 002	A	117 di 159

<u>11777.4134</u>	0.0000	141.0000	14.65
804.0000	0.0000	<u>1003.9265</u>	7.12

Combinazione n° 7

N_u	M_{Xu}	M_{Yu}	FS
<u>-791.3269</u>	0.0000	<u>636.5021</u>	1.23
<u>-1252.5406</u>	0.0000	518.0000	1.94
-644.0000	0.0000	<u>673.3504</u>	1.30

Combinazione n° 8

N_u	M_{Xu}	M_{Yu}	FS
<u>-1755.3838</u>	0.0000	<u>384.3309</u>	2.73
<u>-1718.1504</u>	0.0000	141.0000	2.67
-644.0000	0.0000	<u>673.3504</u>	4.78

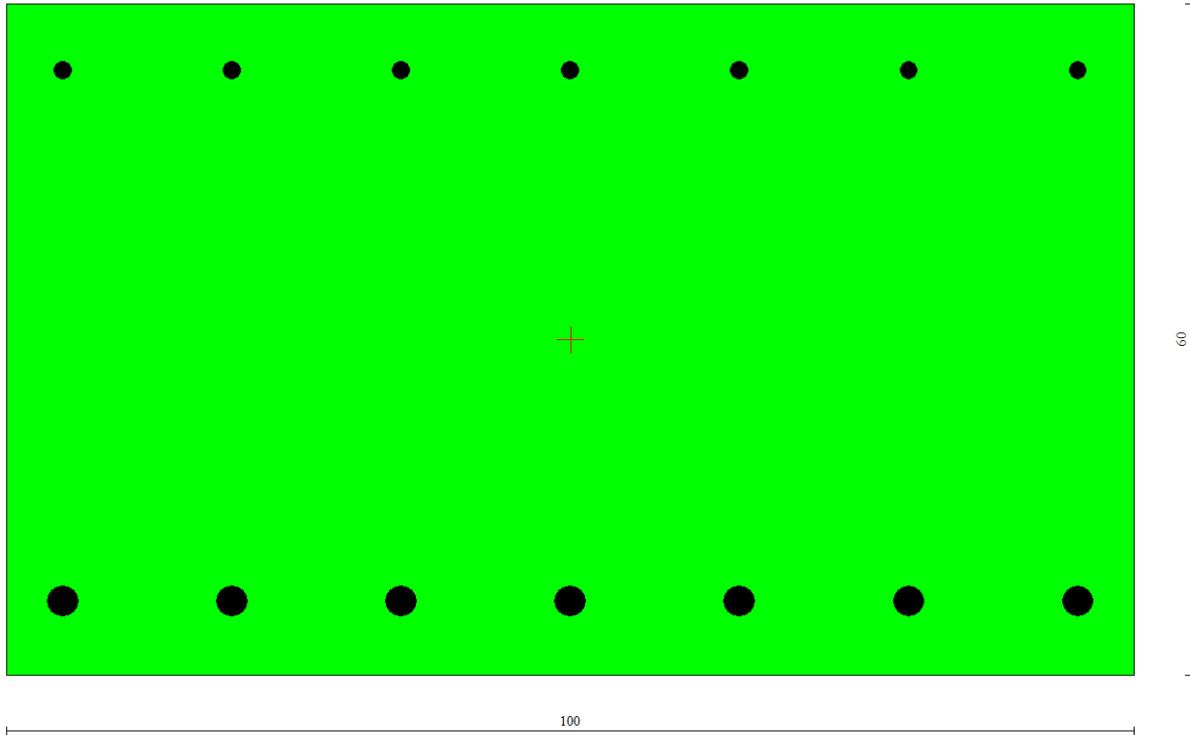
Risultati fessurazione
Simbologia adottata

N° numero d'ordine della combinazione
 M_x Momento di prima fessurazione in direzione X, espresso in [kNm]
 M_y Momento di prima fessurazione in direzione Y, espresso in [kNm]
 σ_r Tensione nell'acciaio, espressa in [MPa]
 σ_c Tensione nel calcestruzzo, espressa in [MPa]
 A_{eff} Area efficace a trazione, espressa in [cmq]
 ϵ Deformazione media acciaio teso, espressa in [°]
 S_{rm} Distanza media tra le fessure, espresso in [mm]
 w Ampiezza delle fessure, espressa in [mm]

N°	M_x	M_y	σ_r	σ_c	A_{eff}	ϵ	S_{rm}	w
13	0.0000	184.6275	-79.872	-6.436	1912.00	0.0000	0	0.0000

Relazione di calcolo Spalle, plinti e pali di fondazione

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN1A	20	D26CL	CL 09 00 002	A	118 di 159



6.7.5 Verifiche a taglio muro andatore

La verifica risulta soddisfatta utilizzando spille $\phi 12$ a passo 30x40 cm, ancorate all'intersezione tra barre verticali e barre orizzontali.

Concrete properties

Class C32/40

Rck	40	MPa
fck	32	MPa
γc	1.5	
αcc	0.85	
fcd	18.133	MPa

Steel properties

fyk	450	MPa
γs	1.15	
fywd	360	MPa

Shear Force

VEd	374 kN
NEd	0 kN

Cross section

h	60	cm
bw	100	cm
c	6.5	cm
d	53.5	cm

Longitudinal reinforcement

Φ	28	mm
n	6.67	
As	41.071	cm ²

Stirrups

Diameter	12	mm
Number across bw	3.33	
Asw	3.766	cm ²
s	40	cm
Angle, α	90	°

k	1.623	
vmin	0.409	
ρ	0.003	
αcw	1	
θ	21.8	°

VEd

<

VRdc	214.39	kN
VRdc.max	1516.27	kN
VRds	393.18	kN

Tabella 6.4 Verifica a taglio muro andatore

6.7.6 Verifiche a presso\tenso flessione platea di fondazione

Si riportano di seguito le verifiche strutturali degli SLU e degli SLE a presso o tenso flessione delle sezioni longitudinali e trasversali della platea aventi le seguenti caratteristiche.

Dimensioni sezione: 100x180 cm

Copriferro: 40 mm

Le barre longitudinali (in sezione trasversale) sono interne rispetto alle trasversali (in sezione longitudinale).

La direzione è riferita allo sviluppo dell'impalcato.

6.7.6.1 Sezioni longitudinali

Le sollecitazioni analizzate sono quelle che sollecitano assialmente le barre trasversali e cioè massimo e minimo momento M_y , massimo e minimo sforzo assiale N_y , e i rispettivi valori correlati.

Armatura lato superiore: $\phi 24/15$ cm

Armatura lato inferiore: $\phi 24/15$ cm

Impostazioni verifiche SLU

Coefficienti di sicurezza del c.a.

Coefficienti sicurezza calcestruzzo a compressione	1.50
Coefficienti sicurezza calcestruzzo a trazione	1.50
Coefficienti sicurezza dell'acciaio	1.15
Fattore di riduzione da resistenza cubica a cilindrica	0.83
Fattore di riduzione per carichi di lungo periodo	0.85
Coefficienti di sicurezza della sezione	1.00

Impostazioni verifiche SLE

Condizioni ambientali Ordinarie

Armatura ad aderenza migliorata

Verifica fessurazione

Metodo di calcolo aperture delle fessure: Circolare Ministeriale 252 (15/10/1996) / NTC 2008 I° Formulazione

Sensibilità delle armature Poco sensibile

Valori limite delle aperture delle fessure $w_1 = 0.10$

$w_2 = 0.20$

Relazione di calcolo Spalle, plinti e pali di fondazione

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN1A	20	D26CL	CL 09 00 002	A	121 di 159

$$w_3 = 0.20$$

Verifica delle tensioni

Combinazione di carico	Rara	$\sigma_c < 0.60 f_{ck}$	$\sigma_f < 0.70 f_{yk}$
Combinazione di carico	Quasi permanente	$\sigma_c < 0.45 f_{ck}$	$\sigma_f < 1.00 f_{yk}$
Combinazione di carico	Frequente	$\sigma_c < 1.00 f_{ck}$	$\sigma_f < 1.00 f_{yk}$

Dati

Nome sezione:

sezione

Tipo sezione

Rettangolare

Base

100.0 [cm]

Altezza

180.0 [cm]

Caratteristiche geometriche

Area sezione	18000.00 [cmq]
Inerzia in direzione X	15000000.0 [cm ⁴]
Inerzia in direzione Y	48600000.0 [cm ⁴]
Inerzia in direzione XY	0.0 [cm ⁴]
Ascissa baricentro sezione	$X_G = 50.00$ [cm]
Ordinata baricentro sezione	$Y_G = 90.00$ [cm]

Elenco ferri

Simbologia adottata

Posizione riferita all'origine

N°	numero d'ordine
X	Ascissa posizione ferro espresso in [cm]
Y	Ordinata posizione ferro espresso in [cm]
d	Diametro ferro espresso in [mm]
ω	Area del ferro espresso in [cmq]

N°	X	Y	d	ω
1	5.00	5.50	24	4.52

Relazione di calcolo Spalle, plinti e pali di fondazione

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN1A	20	D26CL	CL 09 00 002	A	122 di 159

2	20.00	5.50	24	4.52
3	35.00	5.50	24	4.52
4	50.00	5.50	24	4.52
5	65.00	5.50	24	4.52
6	80.00	5.50	24	4.52
7	95.00	5.50	24	4.52
8	5.00	174.50	24	4.52
9	20.00	174.50	24	4.52
10	35.00	174.50	24	4.52
11	50.00	174.50	24	4.52
12	65.00	174.50	24	4.52
13	80.00	174.50	24	4.52
14	95.00	174.50	24	4.52

Materiale impiegato : Calcestruzzo armato

Caratteristiche calcestruzzo

Resistenza caratteristica calcestruzzo	35.000	[MPa]
Coeff. omogeneizzazione acciaio/calcestruzzo	15.00	
Coeff. omogeneizzazione calcestruzzo teso/compresso	1.00	
Forma diagramma tensione-deformazione - PARABOLA-RETTANGOLO		

Caratteristiche acciaio per calcestruzzo

Tensione ammissibile acciaio	450.000	[MPa]
Tensione snervamento acciaio	450.000	[MPa]
Modulo elastico E	205942.924	[MPa]
Fattore di incrudimento acciaio	1.00	

Combinazioni

Simbologia adottata

N°	numero d'ordine della combinazione
N	sforzo normale espresso in[kN]
M _Y	momento lungo Y espresso in [kNm]
M _X	momento lungo X espresso in [kNm]
M _t	momento torcente espresso in [kNm]
T _Y	taglio lungo Y espresso in [kN]
T _X	taglio lungo X espresso in [kN]
VD	verifica di dominio
VT	verifica tensionale (SLER - Combinazione rara, SLEF - Combinazione frequente, SLEQP - Combinazione quasi permanente, TAMM - Verifica a tensioni ammissibili)

Relazione di calcolo Spalle, plinti e pali di fondazione

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN1A	20	D26CL	CL 09 00 002	A	123 di 159

N°	N	M _Y	M _X	M _I	T _Y	T _X	VD	VT
1	81.0000	34.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	SI	NO
2	81.0000	981.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	SI	NO
3	-39.0000	34.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	SI	NO
4	-39.0000	981.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	SI	NO
5	186.0000	-258.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	SI	NO
6	186.0000	1361.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	SI	NO
7	-85.0000	-258.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	SI	NO
8	-85.0000	1361.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	SI	NO
9	35.0000	439.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	NO	SLER
10	35.0000	53.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	NO	SLER
11	-7.0000	439.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	NO	SLER
12	-7.0000	573.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	NO	SLER
13	24.0000	253.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	NO	SLEQP

Risultati analisi

Caratteristiche asse neutro

Simbologia adottata

N° numero d'ordine della combinazione

Xc posizione asse neutro espresso in [cm]

α inclinazione asse neutro rispetto all'orizzontale, espressa in [°]

(xi; yi) - (xf; yf) Punti di intersezione dell'asse neutro con il perimetro della sezione, espressi in [cm]

N°	Xc	α	(xi; yi)	(xf; yf)
9	35.06	0.00	(0.00; 144.94)	(100.00; 144.94)
10	54.61	0.00	(0.00; 125.39)	(100.00; 125.39)
11	32.52	0.00	(0.00; 147.48)	(100.00; 147.48)
12	32.61	0.00	(0.00; 147.39)	(100.00; 147.39)
13	35.47	0.00	(0.00; 144.53)	(100.00; 144.53)

Risultati tensionali

Simbologia adottata

N° numero d'ordine della combinazione

σ_{c-max} Tensione massima nel calcestruzzo espresso in [MPa]

σ_{c-min} Tensione minima nel calcestruzzo espresso in [MPa]

σ_{t-max} Tensione massima nel ferro espresso in [MPa]

σ_{t-min} Tensione minima nel ferro espresso in [MPa]

Relazione di calcolo Spalle, plinti e pali di fondazione

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN1A	20	D26CL	CL 09 00 002	A	124 di 159

 τ_c Tensione tangenziale nel calcestruzzo espresso in [MPa]

N°	σ_{c-max}	σ_{c-min}	τ_c	σ_{f-max}	σ_{f-min}
9	1.327	0.000	0.000	16.784	-79.191
10	0.165	0.000	0.000	2.232	-5.450
11	1.301	0.000	0.000	16.220	-85.245
12	1.700	0.000	0.000	21.201	-110.955
13	0.767	0.000	0.000	9.720	-45.092

Sollecitazioni ultime

Simbologia adottata

N°	numero d'ordine della combinazione
N _u	Sforzo normale ultimo, espresso in [kN]
M _{Xu}	Momento ultimo in direzione X, espresso in [kNm]
M _{Yu}	Momento ultimo in direzione Y, espresso in [kNm]
FS	Fattore di sicurezza

Combinazione n° 1

N _u	M _{Xu}	M _{Yu}	FS
<u>18436.3894</u>	0.0000	<u>7738.7314</u>	227.61
<u>32069.1071</u>	0.0000	34.0000	395.91
81.0000	0.0000	<u>2166.1357</u>	63.71

Combinazione n° 2

N _u	M _{Xu}	M _{Yu}	FS
<u>186.0099</u>	0.0000	<u>2252.7871</u>	2.30
<u>30841.0756</u>	0.0000	981.0000	380.75
81.0000	0.0000	<u>2166.1357</u>	2.21

Combinazione n° 3

N _u	M _{Xu}	M _{Yu}	FS
<u>-1221.6156</u>	0.0000	<u>1064.9982</u>	31.32
<u>-2438.0637</u>	0.0000	34.0000	62.51
-39.0000	0.0000	<u>2066.7314</u>	60.79

Combinazione n° 4

N _u	M _{Xu}	M _{Yu}	FS
----------------	-----------------	-----------------	----

Relazione di calcolo Spalle, plinti e pali di fondazione

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN1A	20	D26CL	CL 09 00 002	A	125 di 159

-80.7838	0.0000	<u>2032.0225</u>	2.07
<u>-1317.3600</u>	0.0000	981.0000	33.78
-39.0000	0.0000	<u>2066.7314</u>	2.11

Combinazione n° 5

N_u	M_{Xu}	M_{Yu}	FS
<u>3452.9842</u>	0.0000	<u>-4789.6232</u>	18.56
<u>31796.9367</u>	0.0000	-258.0000	170.95
186.0000	0.0000	<u>-2252.7789</u>	8.73

Combinazione n° 6

N_u	M_{Xu}	M_{Yu}	FS
<u>323.2928</u>	0.0000	<u>2365.5996</u>	1.74
<u>30306.8031</u>	0.0000	1361.0000	162.94
186.0000	0.0000	<u>2252.7789</u>	1.66

Combinazione n° 7

N_u	M_{Xu}	M_{Yu}	FS
<u>-542.1076</u>	0.0000	<u>-1645.4562</u>	6.38
<u>-2172.9811</u>	0.0000	-258.0000	25.56
-85.0000	0.0000	<u>-2028.5174</u>	7.86

Combinazione n° 8

N_u	M_{Xu}	M_{Yu}	FS
<u>-124.6300</u>	0.0000	<u>1995.5465</u>	1.47
<u>-876.9255</u>	0.0000	1361.0000	10.32
-85.0000	0.0000	<u>2028.5174</u>	1.49

Risultati fessurazione
Simbologia adottata

N°	numero d'ordine della combinazione
M_x	Momento di prima fessurazione in direzione X, espresso in [kNm]
M_y	Momento di prima fessurazione in direzione Y, espresso in [kNm]
σ_f	Tensione nell'acciaio, espressa in [MPa]
σ_c	Tensione nel calcestruzzo, espressa in [MPa]
A_{eff}	Area efficace a trazione, espressa in [cmq]

Relazione di calcolo Spalle, plinti e pali di fondazione

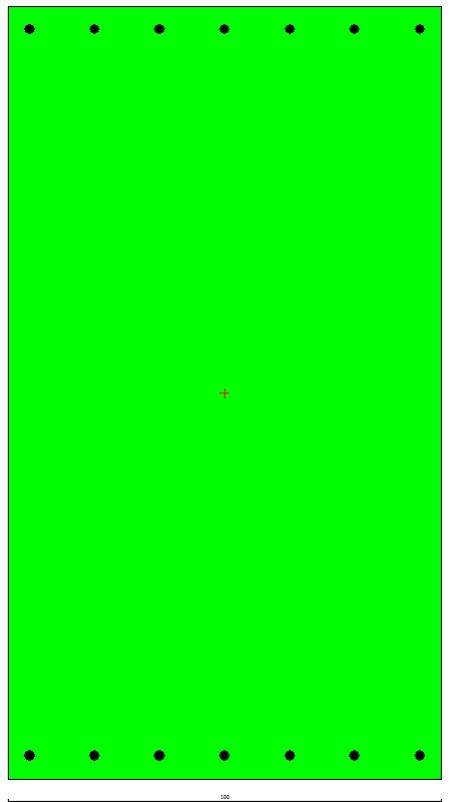
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN1A	20	D26CL	CL 09 00 002	A	126 di 159

ϵ Deformazione media acciaio teso, espressa in [°]

S_m Distanza media tra le fessure, espresso in [mm]

w Ampiezza delle fessure, espressa in [mm]

N°	M_x	M_y	σ_f	σ_c	A_{eff}	ϵ	S_m	w
13	0.0000	1271.9581	-226.699	-15.711	2350.00	0.0000	0	0.0000



Impostazioni verifiche SLU

Coefficienti di sicurezza del c.a.

Coefficienti sicurezza calcestruzzo a compressione	1.50
Coefficienti sicurezza calcestruzzo a trazione	1.50
Coefficienti sicurezza dell'acciaio	1.15
Fattore di riduzione da resistenza cubica a cilindrica	0.83

Relazione di calcolo Spalle, plinti e pali di fondazione

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN1A	20	D26CL	CL 09 00 002	A	127 di 159

Fattore di riduzione per carichi di lungo periodo 0.85

Coefficienti di sicurezza della sezione 1.00

Impostazioni verifiche SLE

Condizioni ambientali Ordinarie

Armatura ad aderenza migliorata

Verifica fessurazione

Metodo di calcolo aperture delle fessure: Circolare Ministeriale 252 (15/10/1996) / NTC 2008 I° Formulazione

Sensibilità delle armature Poco sensibile

 Valori limite delle aperture delle fessure $w_1 = 0.10$
 $w_2 = 0.20$
 $w_3 = 0.20$

Verifica delle tensioni

Combinazione di carico	Rara	$\sigma_c < 0.60 f_{ck}$	$\sigma_f < 0.70 f_{yk}$
------------------------	------	--------------------------	--------------------------

Combinazione di carico	Quasi permanente	$\sigma_c < 0.45 f_{ck}$	$\sigma_f < 1.00 f_{yk}$
------------------------	------------------	--------------------------	--------------------------

Combinazione di carico	Frequente	$\sigma_c < 1.00 f_{ck}$	$\sigma_f < 1.00 f_{yk}$
------------------------	-----------	--------------------------	--------------------------

Dati

Nome sezione: sezione

Tipo sezione Rettangolare

Base 100.0 [cm]

Altezza 180.0 [cm]

Caratteristiche geometriche

Area sezione 18000.00 [cmq]

Inerzia in direzione X 15000000.0 [cm^4]

Inerzia in direzione Y 48600000.0 [cm^4]

Inerzia in direzione XY 0.0 [cm^4]

Relazione di calcolo Spalle, plinti e pali di fondazione

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN1A	20	D26CL	CL 09 00 002	A	128 di 159

Ascissa baricentro sezione

 $X_G = 50.00$ [cm]

Ordinata baricentro sezione

 $Y_G = 90.00$ [cm]

Elenco ferri

Simbologia adottata

Posizione riferita all'origine

N°	numero d'ordine
X	Ascissa posizione ferro espresso in [cm]
Y	Ordinata posizione ferro espresso in [cm]
d	Diametro ferro espresso in [mm]
ω	Area del ferro espresso in [cm ²]

N°	X	Y	d	ω
1	5.00	5.50	24	4.52
2	20.00	5.50	24	4.52
3	35.00	5.50	24	4.52
4	50.00	5.50	24	4.52
5	65.00	5.50	24	4.52
6	80.00	5.50	24	4.52
7	95.00	5.50	24	4.52
8	5.00	174.50	24	4.52
9	20.00	174.50	24	4.52
10	35.00	174.50	24	4.52
11	50.00	174.50	24	4.52
12	65.00	174.50	24	4.52
13	80.00	174.50	24	4.52
14	95.00	174.50	24	4.52

Materiale impiegato : Calcestruzzo armato

Caratteristiche calcestruzzo

Resistenza caratteristica calcestruzzo	35.000	[MPa]
Coeff. omogeneizzazione acciaio/calcestruzzo	15.00	
Coeff. omogeneizzazione calcestruzzo teso/compresso	1.00	
Forma diagramma tensione-deformazione - PARABOLA-RETTANGOLO		

Caratteristiche acciaio per calcestruzzo

Tensione ammissibile acciaio	450.000	[MPa]
Tensione snervamento acciaio	450.000	[MPa]

Relazione di calcolo Spalle, plinti e pali di fondazione

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN1A	20	D26CL	CL 09 00 002	A	129 di 159

Modulo elastico E

205942.924 [MPa]

Fattore di incrudimento acciaio

1.00

Combinazioni
Simbologia adottata

N°	numero d'ordine della combinazione
N	sforzo normale espresso in[kN]
M _Y	momento lungo Y espresso in [kNm]
M _X	momento lungo X espresso in [kNm]
M _t	momento torcente espresso in [kNm]
T _Y	taglio lungo Y espresso in [kN]
T _X	taglio lungo X espresso in [kN]
VD	verifica di dominio
VT	verifica tensionale (SLER - Combinazione rara, SLEF - Combinazione frequente, SLEQP - Combinazione quasi permanente, TAMM - Verifica a tensioni ammissibili)

N°	N	M _Y	M _X	M _t	T _Y	T _X	VD	VT
1	-17.0000	-261.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	SI	NO
2	-17.0000	-44.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	SI	NO
3	-169.0000	-261.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	SI	NO
4	-169.0000	-44.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	SI	NO
5	111.0000	-778.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	SI	NO
6	111.0000	488.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	SI	NO
7	-333.0000	-778.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	SI	NO
8	-333.0000	488.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	SI	NO
9	-77.0000	-188.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	NO	SLER
10	-77.0000	-74.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	NO	SLER
11	-106.0000	-188.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	NO	SLER
12	-106.0000	-74.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	NO	SLER
13	-54.0000	-85.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	NO	SLEQP

Risultati analisi

Caratteristiche asse neutro

Simbologia adottata

N°	numero d'ordine della combinazione
Xc	posizione asse neutro espresso in [cm]
α	inclinazione asse neutro rispetto all'orizzontale, espressa in [°]
(xi; yi) - (xf; yf)	Punti di intersezione dell'asse neutro con il perimetro della sezione, espressi in [cm]

N°	Xc	α	(xi; yi)	(xf; yf)
9	23.12	0.00	(100.00; 23.12)	(0.00; 23.12)
10	8.48	0.00	(100.00; 8.48)	(0.00; 8.48)
11	19.70	0.00	(100.00; 19.70)	(0.00; 19.70)
12	12.28	0.00	(0.00; -12.28)	(100.00; -12.28)
13	18.13	0.00	(100.00; 18.13)	(0.00; 18.13)

Risultati tensionali

Simbologia adottata

N°	numero d'ordine della combinazione
σ_{c-max}	Tensione massima nel calcestruzzo espresso in [MPa]
σ_{c-min}	Tensione minima nel calcestruzzo espresso in [MPa]
σ_{f-max}	Tensione massima nel ferro espresso in [MPa]
σ_{f-min}	Tensione minima nel ferro espresso in [MPa]
τ_c	Tensione tangenziale nel calcestruzzo espresso in [MPa]

N°	σ_{c-max}	σ_{c-min}	τ_c	σ_{f-max}	σ_{f-min}
9	0.484	0.000	0.000	5.532	-47.517
10	0.088	0.000	0.000	0.466	-25.966
11	0.441	0.000	0.000	4.766	-51.952
12	-0.134	0.000	0.000	-2.909	-30.564
13	0.189	0.000	0.000	1.972	-24.426

Sollecitazioni ultime

Simbologia adottata

N°	numero d'ordine della combinazione
N _u	Sforzo normale ultimo, espresso in [kN]
M _{Xu}	Momento ultimo in direzione X, espresso in [kNm]

Relazione di calcolo Spalle, plinti e pali di fondazione

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN1A	20	D26CL	CL 09 00 002	A	131 di 159

 M_{Yu} Momento ultimo in direzione Y, espresso in [kNm]

FS Fattore di sicurezza

Combinazione n° 1

N_u	M_{Xu}	M_{Yu}	FS
-129.7030	0.0000	-1991.3227	7.63
-2169.4299	0.0000	-261.0000	127.61
-17.0000	0.0000	-2084.9862	7.99

Combinazione n° 2

N_u	M_{Xu}	M_{Yu}	FS
-612.6835	0.0000	-1585.7691	36.04
-2426.2318	0.0000	-44.0000	142.72
-17.0000	0.0000	-2084.9862	47.39

Combinazione n° 3

N_u	M_{Xu}	M_{Yu}	FS
-879.7176	0.0000	-1358.6172	5.21
-2169.4234	0.0000	-261.0000	12.84
-169.0000	0.0000	-1958.5786	7.50

Combinazione n° 4

N_u	M_{Xu}	M_{Yu}	FS
-1894.5668	0.0000	-493.2600	11.21
-2426.2349	0.0000	-44.0000	14.36
-169.0000	0.0000	-1958.5787	44.51

Combinazione n° 5

N_u	M_{Xu}	M_{Yu}	FS
339.3908	0.0000	-2378.7934	3.06
31118.8199	0.0000	-778.0000	280.35
111.0000	0.0000	-2190.9227	2.82

Combinazione n° 6

N_u	M_{Xu}	M_{Yu}	FS
587.0372	0.0000	2580.8483	5.29

Relazione di calcolo Spalle, plinti e pali di fondazione

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN1A	20	D26CL	CL 09 00 002	A	132 di 159

<u>31503.9044</u>	0.0000	488.0000	283.82
111.0000	0.0000	<u>2190.9227</u>	4.49

Combinazione n° 7

N_u	M_{Xu}	M_{Yu}	FS
<u>-661.1584</u>	0.0000	<u>-1544.6884</u>	1.99
<u>-1557.5904</u>	0.0000	-778.0000	4.68
-333.0000	0.0000	<u>-1821.4446</u>	2.34

Combinazione n° 8

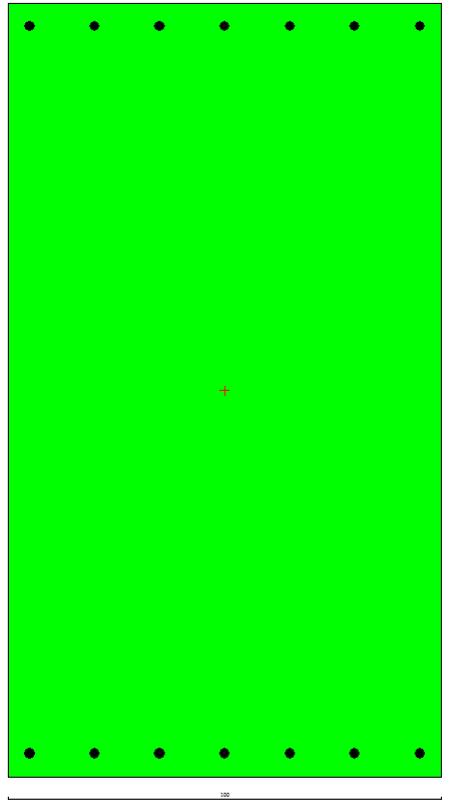
N_u	M_{Xu}	M_{Yu}	FS
<u>-909.6358</u>	0.0000	<u>1333.0398</u>	2.73
<u>-1900.7908</u>	0.0000	488.0000	5.71
-333.0000	0.0000	<u>1821.4446</u>	3.73

Risultati fessurazione

Simbologia adottata

N° numero d'ordine della combinazione
 M_x Momento di prima fessurazione in direzione X, espresso in [kNm]
 M_y Momento di prima fessurazione in direzione Y, espresso in [kNm]
 σ_r Tensione nell'acciaio, espressa in [MPa]
 σ_c Tensione nel calcestruzzo, espressa in [MPa]
 A_{eff} Area efficace a trazione, espressa in [cmq]
 ϵ Deformazione media acciaio teso, espressa in [°]
 S_{rm} Distanza media tra le fessure, espresso in [mm]
 w Ampiezza delle fessure, espressa in [mm]

N°	M_x	M_y	σ_r	σ_c	A_{eff}	ϵ	S_{rm}	w
13	0.0000	-1021.9467	-293.672	-20.267	2350.00	0.0000	0	0.0000



6.7.6.2 Sezioni trasversali

Le sollecitazioni analizzate sono quelle che sollecitano assialmente le barre longitudinali e cioè massimo e minimo momento M_x , massimo e minimo sforzo assiale N_x , e i rispettivi valori correlati.

Armatura lato superiore: $\phi 24/15$ cm

Armatura lato inferiore: $\phi 24/15$ cm

Impostazioni verifiche SLU

Coefficienti di sicurezza del c.a.

Coefficienti sicurezza calcestruzzo a compressione	1.50
Coefficienti sicurezza calcestruzzo a trazione	1.50
Coefficienti sicurezza dell'acciaio	1.15
Fattore di riduzione da resistenza cubica a cilindrica	0.83
Fattore di riduzione per carichi di lungo periodo	0.85

Relazione di calcolo Spalle, plinti e pali di fondazione

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN1A	20	D26CL	CL 09 00 002	A	135 di 159

Ordinata baricentro sezione

$Y_G = 90.00$ [cm]

Elenco ferri

Simbologia adottata

Posizione riferita all'origine

N°	numero d'ordine
X	Ascissa posizione ferro espresso in [cm]
Y	Ordinata posizione ferro espresso in [cm]
d	Diametro ferro espresso in [mm]
ω	Area del ferro espresso in [cmq]

N°	X	Y	d	ω
1	5.00	7.60	24	4.52
2	20.00	7.60	24	4.52
3	35.00	7.60	24	4.52
4	50.00	7.60	24	4.52
5	65.00	7.60	24	4.52
6	80.00	7.60	24	4.52
7	95.00	7.60	24	4.52
8	5.00	172.40	24	4.52
9	20.00	172.40	24	4.52
10	35.00	172.40	24	4.52
11	50.00	172.40	24	4.52
12	65.00	172.40	24	4.52
13	80.00	172.40	24	4.52
14	95.00	172.40	24	4.52

Materiale impiegato : Calcestruzzo armato

Caratteristiche calcestruzzo

Resistenza caratteristica calcestruzzo	35.000	[MPa]
Coeff. omogeneizzazione acciaio/calcestruzzo	15.00	
Coeff. omogeneizzazione calcestruzzo teso/compresso	1.00	
Forma diagramma tensione-deformazione - PARABOLA-RETTANGOLO		

Caratteristiche acciaio per calcestruzzo

Tensione ammissibile acciaio	450.000	[MPa]
Tensione snervamento acciaio	450.000	[MPa]
Modulo elastico E	205942.924	[MPa]

Relazione di calcolo Spalle, plinti e pali di fondazione

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN1A	20	D26CL	CL 09 00 002	A	136 di 159

Fattore di incrudimento acciaio

1.00

Combinazioni

Simbologia adottata

N°	numero d'ordine della combinazione
N	sforzo normale espresso in[kN]
M _Y	momento lungo Y espresso in [kNm]
M _X	momento lungo X espresso in [kNm]
M _t	momento torcente espresso in [kNm]
T _Y	taglio lungo Y espresso in [kN]
T _X	taglio lungo X espresso in [kN]
VD	verifica di dominio
VT	verifica tensionale (SLER - Combinazione rara, SLEF - Combinazione frequente, SLEQP - Combinazione quasi permanente, TAMM - Verifica a tensioni ammissibili)

N°	N	M _Y	M _X	M _t	T _Y	T _X	VD	VT
1	-178.0000	-291.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	SI	NO
2	-178.0000	267.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	SI	NO
3	49.0000	-291.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	SI	NO
4	46.0000	267.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	SI	NO
5	-478.0000	-855.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	SI	NO
6	-478.0000	751.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	SI	NO
7	334.0000	-855.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	SI	NO
8	334.0000	751.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	SI	NO
9	-93.0000	-148.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	NO	SLER
10	-93.0000	15.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	NO	SLER
11	-14.0000	-148.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	NO	SLER
12	-14.0000	15.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	NO	SLER
13	-48.0000	19.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	NO	SLEQP

Relazione di calcolo Spalle, plinti e pali di fondazione

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN1A	20	D26CL	CL 09 00 002	A	137 di 159

Risultati analisi

Caratteristiche asse neutro

Simbologia adottata

N° numero d'ordine della combinazione
 Xc posizione asse neutro espresso in [cm]
 α inclinazione asse neutro rispetto all'orizzontale, espressa in [°]
 (xi; yi) - (xf; yf) Punti di intersezione dell'asse neutro con il perimetro della sezione, espressi in [cm]

N°	Xc	α	(xi; yi)	(xf; yf)
9	18.84	0.00	(100.00; 18.84)	(0.00; 18.84)
10	330.97	0.00	(100.00; 510.97)	(0.00; 510.97)
11	30.59	0.00	(100.00; 30.59)	(0.00; 30.59)
12	12.29	0.00	(0.00; 167.71)	(100.00; 167.71)
13	81.53	0.00	(100.00; 261.53)	(0.00; 261.53)

Risultati tensionali

Simbologia adottata

N° numero d'ordine della combinazione
 σ_{c-max} Tensione massima nel calcestruzzo espresso in [MPa]
 σ_{c-min} Tensione minima nel calcestruzzo espresso in [MPa]
 σ_{f-max} Tensione massima nel ferro espresso in [MPa]
 σ_{f-min} Tensione minima nel ferro espresso in [MPa]
 τ_c Tensione tangenziale nel calcestruzzo espresso in [MPa]

N°	σ_{c-max}	σ_{c-min}	τ_c	σ_{f-max}	σ_{f-min}
9	0.351	0.000	0.000	3.143	-42.959
10	-0.770	0.000	0.000	-11.810	-17.558
11	0.445	0.000	0.000	5.012	-30.908
12	0.026	0.000	0.000	0.149	-5.074
13	-0.240	0.000	0.000	-3.938	-11.220

Sollecitazioni ultime

Simbologia adottata

N° numero d'ordine della combinazione
 N_u Sforzo normale ultimo, espresso in [kN]
 M_{Xu} Momento ultimo in direzione X, espresso in [kNm]

Relazione di calcolo Spalle, plinti e pali di fondazione

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN1A	20	D26CL	CL 09 00 002	A	138 di 159

M_{Yu} Momento ultimo in direzione Y, espresso in [kNm]

FS Fattore di sicurezza

Combinazione n° 1

N_u	M_{Xu}	M_{Yu}	FS
-837.1497	0.0000	-1368.5987	4.70
-2125.1470	0.0000	-291.0000	11.94
-178.0000	0.0000	-1919.0901	6.59

Combinazione n° 2

N_u	M_{Xu}	M_{Yu}	FS
-885.2931	0.0000	1327.9396	4.97
-2154.2758	0.0000	267.0000	12.10
-178.0000	0.0000	1919.0901	7.19

Combinazione n° 3

N_u	M_{Xu}	M_{Yu}	FS
403.2279	0.0000	-2394.6799	8.23
31749.3217	0.0000	-291.0000	647.95
49.0000	0.0000	-2105.9308	7.24

Combinazione n° 4

N_u	M_{Xu}	M_{Yu}	FS
414.0815	0.0000	2403.4732	9.00
31779.8094	0.0000	267.0000	690.87
46.0000	0.0000	2103.4707	7.88

Combinazione n° 5

N_u	M_{Xu}	M_{Yu}	FS
-788.2087	0.0000	-1409.8713	1.65
-1440.6840	0.0000	-855.0000	3.01
-478.0000	0.0000	-1670.0023	1.95

Combinazione n° 6

N_u	M_{Xu}	M_{Yu}	FS
-859.2285	0.0000	1349.9594	1.80

Relazione di calcolo Spalle, plinti e pali di fondazione

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN1A	20	D26CL	CL 09 00 002	A	139 di 159

-1566.8960	0.0000	751.0000	3.28
-478.0000	0.0000	<u>1670.0023</u>	2.22

Combinazione n° 7

N_u	M_{Xu}	M_{Yu}	FS
<u>1177.2851</u>	0.0000	<u>-3013.7088</u>	3.52
<u>30998.9352</u>	0.0000	-855.0000	92.81
334.0000	0.0000	<u>-2338.5178</u>	2.74

Combinazione n° 8

N_u	M_{Xu}	M_{Yu}	FS
<u>1427.8570</u>	0.0000	<u>3210.5406</u>	4.28
<u>31141.4772</u>	0.0000	751.0000	93.24
334.0000	0.0000	<u>2338.5179</u>	3.11

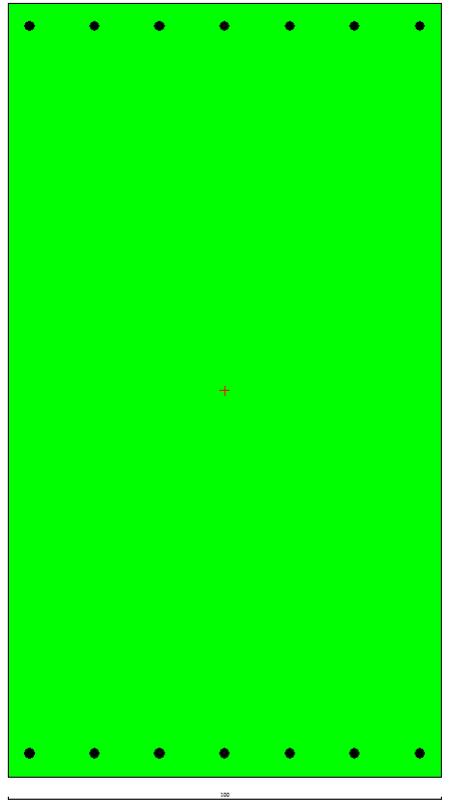
Risultati fessurazione
Simbologia adottata

N° numero d'ordine della combinazione
 M_x Momento di prima fessurazione in direzione X, espresso in [kNm]
 M_y Momento di prima fessurazione in direzione Y, espresso in [kNm]
 σ_r Tensione nell'acciaio, espressa in [MPa]
 σ_c Tensione nel calcestruzzo, espressa in [MPa]
 A_{eff} Area efficace a trazione, espressa in [cmq]
 ϵ Deformazione media acciaio teso, espressa in [°]
 S_{rm} Distanza media tra le fessure, espresso in [mm]
 w Ampiezza delle fessure, espressa in [mm]

N°	M_x	M_y	σ_r	σ_c	A_{eff}	ϵ	S_{rm}	w
13	0.0000	674.9654	-398.568	-27.366	4923.46	0.0000	0	0.0000

Relazione di calcolo Spalle, plinti e pali di fondazione

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN1A	20	D26CL	CL 09 00 002	A	140 di 159



Impostazioni verifiche SLU

Coefficienti di sicurezza del c.a.

Coefficienti sicurezza calcestruzzo a compressione	1.50
Coefficienti sicurezza calcestruzzo a trazione	1.50
Coefficienti sicurezza dell'acciaio	1.15
Fattore di riduzione da resistenza cubica a cilindrica	0.83
Fattore di riduzione per carichi di lungo periodo	0.85
Coefficienti di sicurezza della sezione	1.00

Impostazioni verifiche SLE

Condizioni ambientali Ordinarie

Relazione di calcolo Spalle, plinti e pali di fondazione

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN1A	20	D26CL	CL 09 00 002	A	141 di 159

Armatura ad aderenza migliorata

Verifica fessurazione

Metodo di calcolo aperture delle fessure: Circolare Ministeriale 252 (15/10/1996) / NTC 2008 I° Formulazione

Sensibilità delle armature	Poco sensibile
Valori limite delle aperture delle fessure	$w_1 = 0.10$
	$w_2 = 0.20$
	$w_3 = 0.20$

Verifica delle tensioni

Combinazione di carico	Rara	$\sigma_c < 0.60 f_{ck}$	$\sigma_f < 0.70 f_{yk}$
Combinazione di carico	Quasi permanente	$\sigma_c < 0.45 f_{ck}$	$\sigma_f < 1.00 f_{yk}$
Combinazione di carico	Frequente	$\sigma_c < 1.00 f_{ck}$	$\sigma_f < 1.00 f_{yk}$

Dati

Nome sezione: sezione

Tipo sezione	Rettangolare
Base	100.0 [cm]
Altezza	180.0 [cm]

Caratteristiche geometriche

Area sezione	18000.00 [cmq]
Inerzia in direzione X	15000000.0 [cm ⁴]
Inerzia in direzione Y	48600000.0 [cm ⁴]
Inerzia in direzione XY	0.0 [cm ⁴]
Ascissa baricentro sezione	$X_G = 50.00$ [cm]
Ordinata baricentro sezione	$Y_G = 90.00$ [cm]

Elenco ferri

Simbologia adottata

Posizione riferita all'origine

Relazione di calcolo Spalle, plinti e pali di fondazione

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN1A	20	D26CL	CL 09 00 002	A	142 di 159

N° numero d'ordine
 X Ascissa posizione ferro espresso in [cm]
 Y Ordinata posizione ferro espresso in [cm]
 d Diametro ferro espresso in [mm]
 ω Area del ferro espresso in [cmq]

N°	X	Y	d	ω
1	5.00	7.60	24	4.52
2	20.00	7.60	24	4.52
3	35.00	7.60	24	4.52
4	50.00	7.60	24	4.52
5	65.00	7.60	24	4.52
6	80.00	7.60	24	4.52
7	95.00	7.60	24	4.52
8	5.00	172.40	24	4.52
9	20.00	172.40	24	4.52
10	35.00	172.40	24	4.52
11	50.00	172.40	24	4.52
12	65.00	172.40	24	4.52
13	80.00	172.40	24	4.52
14	95.00	172.40	24	4.52

Materiale impiegato : Calcestruzzo armato

Caratteristiche calcestruzzo

Resistenza caratteristica calcestruzzo 35.000 [MPa]
 Coeff. omogeneizzazione acciaio/calcestruzzo 15.00
 Coeff. omogeneizzazione calcestruzzo teso/compresso 1.00
 Forma diagramma tensione-deformazione - PARABOLA-RETTANGOLO

Caratteristiche acciaio per calcestruzzo

Tensione ammissibile acciaio 450.000 [MPa]
 Tensione snervamento acciaio 450.000 [MPa]
 Modulo elastico E 205942.924 [MPa]
 Fattore di incrudimento acciaio 1.00

Combinazioni
Simbologia adottata

N° numero d'ordine della combinazione

Relazione di calcolo Spalle, plinti e pali di fondazione

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN1A	20	D26CL	CL 09 00 002	A	143 di 159

N sforzo normale espresso in[kN]
 M_Y momento lungo Y espresso in [kNm]
 M_X momento lungo X espresso in [kNm]
 M_t momento torcente espresso in [kNm]
 T_Y taglio lungo Y espresso in [kN]
 T_X taglio lungo X espresso in [kN]
 VD verifica di dominio
 VT verifica tensionale (SLER - Combinazione rara, SLEF - Combinazione frequente, SLEQP - Combinazione quasi permanente, TAMM - Verifica a tensioni ammissibili)

N°	N	M _Y	M _X	M _t	T _Y	T _X	VD	VT
1	-54.0000	114.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	SI	NO
2	-54.0000	-398.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	SI	NO
3	119.0000	114.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	SI	NO
4	119.0000	-398.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	SI	NO
5	-305.0000	799.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	SI	NO
6	-305.0000	-1157.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	SI	NO
7	384.0000	799.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	SI	NO
8	384.0000	-1157.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	SI	NO
9	-8.0000	-35.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	NO	SLER
10	-8.0000	-199.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	NO	SLER
11	63.0000	-35.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	NO	SLER
12	63.0000	-199.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	NO	SLER
13	-19.0000	-108.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	NO	SLEQP

Risultati analisi

Caratteristiche asse neutro

Simbologia adottata

N° numero d'ordine della combinazione
 X_c posizione asse neutro espresso in [cm]
 α inclinazione asse neutro rispetto all'orizzontale, espressa in [°]
 (xi; yi) - (xf; yf) Punti di intersezione dell'asse neutro con il perimetro della sezione, espressi in [cm]

N°	X _c	α	(xi; yi)	(xf; yf)
9	27.46	0.00	(100.00; 27.46)	(0.00; 27.46)
10	31.92	0.00	(100.00; 31.92)	(0.00; 31.92)
11	122.35	0.00	(100.00; 122.35)	(0.00; 122.35)
12	41.77	0.00	(100.00; 41.77)	(0.00; 41.77)

Relazione di calcolo Spalle, plinti e pali di fondazione

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN1A	20	D26CL	CL 09 00 002	A	144 di 159

13 28.67 0.00 (100.00; 28.67) (0.00; 28.67)

Risultati tensionali

Simbologia adottata

N° numero d'ordine della combinazione
 σ_{c-max} Tensione massima nel calcestruzzo espresso in [MPa]
 σ_{c-min} Tensione minima nel calcestruzzo espresso in [MPa]
 σ_{t-max} Tensione massima nel ferro espresso in [MPa]
 σ_{t-min} Tensione minima nel ferro espresso in [MPa]
 τ_c Tensione tangenziale nel calcestruzzo espresso in [MPa]

N°	σ_{c-max}	σ_{c-min}	τ_c	σ_{t-max}	σ_{t-min}
9	0.101	0.000	0.000	1.098	-8.011
10	0.605	0.000	0.000	6.919	-39.958
11	0.099	0.000	0.000	1.392	-0.607
12	0.635	0.000	0.000	7.794	-29.792
13	0.317	0.000	0.000	3.499	-23.865

Sollecitazioni ultime

Simbologia adottata

N° numero d'ordine della combinazione
 N_u Sforzo normale ultimo, espresso in [kN]
 M_{Xu} Momento ultimo in direzione X, espresso in [kNm]
 M_{Yu} Momento ultimo in direzione Y, espresso in [kNm]
 FS Fattore di sicurezza

Combinazione n° 1

N_u	M_{Xu}	M_{Yu}	FS
<u>-702.1425</u>	0.0000	<u>1482.3009</u>	13.00
<u>-2339.9547</u>	0.0000	114.0000	43.33
-54.0000	0.0000	<u>2021.3274</u>	17.73

Combinazione n° 2

N_u	M_{Xu}	M_{Yu}	FS
<u>-252.0663</u>	0.0000	<u>-1857.8221</u>	4.67
<u>-1995.2953</u>	0.0000	-398.0000	36.95
-54.0000	0.0000	<u>-2021.3275</u>	5.08

Relazione di calcolo Spalle, plinti e pali di fondazione

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN1A	20	D26CL	CL 09 00 002	A	145 di 159

Combinazione n° 3

N_u	M_{Xu}	M_{Yu}	FS
<u>7212.7828</u>	0.0000	<u>6909.7247</u>	60.61
<u>31970.7751</u>	0.0000	114.0000	268.66
119.0000	0.0000	<u>2163.2628</u>	18.98

Combinazione n° 4

N_u	M_{Xu}	M_{Yu}	FS
<u>815.0915</u>	0.0000	<u>-2726.1043</u>	6.85
<u>31611.7319</u>	0.0000	-398.0000	265.64
119.0000	0.0000	<u>-2163.2628</u>	5.44

Combinazione n° 5

N_u	M_{Xu}	M_{Yu}	FS
<u>-598.9014</u>	0.0000	<u>1568.9252</u>	1.96
<u>-1508.6424</u>	0.0000	799.0000	4.95
-305.0000	0.0000	<u>1813.9432</u>	2.27

Combinazione n° 6

N_u	M_{Xu}	M_{Yu}	FS
<u>-447.0403</u>	0.0000	<u>-1695.8216</u>	1.47
<u>-1086.9912</u>	0.0000	-1157.0000	3.56
-305.0000	0.0000	<u>-1813.9432</u>	1.57

Combinazione n° 7

N_u	M_{Xu}	M_{Yu}	FS
<u>1611.9400</u>	0.0000	<u>3354.0105</u>	4.20
<u>31075.8880</u>	0.0000	799.0000	80.93
384.0000	0.0000	<u>2379.0942</u>	2.98

Combinazione n° 8

N_u	M_{Xu}	M_{Yu}	FS
<u>937.0502</u>	0.0000	<u>-2823.3519</u>	2.44
<u>30576.6939</u>	0.0000	-1157.0000	79.63

Relazione di calcolo Spalle, plinti e pali di fondazione

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN1A	20	D26CL	CL 09 00 002	A	146 di 159

384.0000

0.0000

-2379.0942

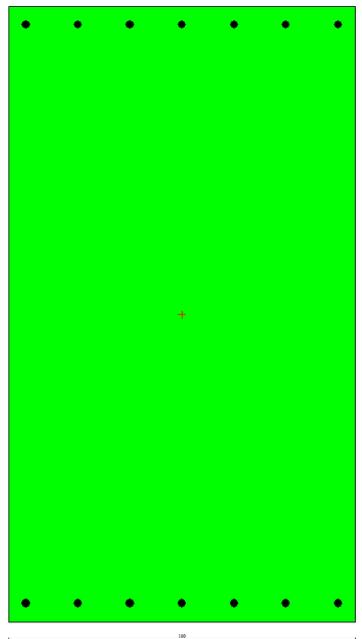
2.06

Risultati fessurazione

Simbologia adottata

N°	numero d'ordine della combinazione
M _X	Momento di prima fessurazione in direzione X, espresso in [kNm]
M _Y	Momento di prima fessurazione in direzione Y, espresso in [kNm]
σ _r	Tensione nell'acciaio, espressa in [MPa]
σ _c	Tensione nel calcestruzzo, espressa in [MPa]
A _{eff}	Area efficace a trazione, espressa in [cmq]
ε	Deformazione media acciaio teso, espressa in [°]
S _{rm}	Distanza media tra le fessure, espresso in [mm]
w	Ampiezza delle fessure, espressa in [mm]

N°	M _X	M _Y	σ _r	σ _c	A _{eff}	ε	S _{rm}	w
13	0.0000	-1159.5201	-256.223	-17.985	2560.00	0.0000	0	0.0000



6.7.7 Verifiche a taglio platea

La verifica risulta soddisfatta utilizzando spille φ14 a passo 30x30 cm nell'intorno dei pali, ancorate all'intersezione tra barre longitudinali e barre trasversali.

Concrete properties

Class C28/35

Rck	35	MPa
fck	28	MPa
γ_c	1.5	
α_{cc}	0.85	
fcd	15.867	MPa

Shear Force

V_{Ed}	1994	kN
N _{Ed}	0	kN

Cross section

h	180	cm
b _w	100	cm
c	6.5	cm
d	173.5	cm

Steel properties

f _{yk}	450	MPa
γ_s	1.15	
f _{ywd}	360	MPa

Longitudinal reinforcement

Φ	24	mm
n	6.67	
A _s	30.174	cm ²

Stirrups

Diameter	14	mm
Number across b _w	3.333	
A _{sw}	5.131	cm ²
s	30	cm
Angle, α	90	°

k	1.339	
v _{min}	0.287	
ρ	0.0047	
α_{cw}	1	
θ	21.8	°

V_{Ed} <

V _{Rdc}	500.49	kN
V _{Rdc.max}	4577.91	kN
V_{Rds}	2415.35	kN

Tabella 6.5 Verifica a taglio platea
6.8 Verifiche strutturali pali di fondazione

In questo paragrafo viene verificata la resistenza a presso\tenso flessione e a taglio dei pali.

Relazione di calcolo Spalle, plinti e pali di fondazione

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN1A	20	D26CL	CL 09 00 002	A	148 di 159

I pali presentano le seguenti caratteristiche:

Lunghezza: 27 m

Diametro: 800 mm

Copriferro: 60 mm

Il soddisfacimento delle verifiche richiede le seguenti armature:

Nei primi 10 m da intradosso platea:

Armatura longitudinale: 32 ϕ 28

Staffe: ϕ 12/10 cm

VERIFICA ARMATURA TESTA PALO

Impostazioni verifiche SLU

Coefficienti di sicurezza del c.a.

Coefficienti sicurezza calcestruzzo a compressione	1.50
Coefficienti sicurezza calcestruzzo a trazione	1.50
Coefficienti sicurezza dell'acciaio	1.15
Fattore di riduzione da resistenza cubica a cilindrica	0.83
Fattore di riduzione per carichi di lungo periodo	0.85
Coefficienti di sicurezza della sezione	1.00

Impostazioni verifiche SLE

Condizioni ambientali Ordinarie

Armatura ad aderenza migliorata

Verifica fessurazione

Metodo di calcolo aperture delle fessure: Circolare Ministeriale 252 (15/10/1996) / NTC 2008 I° Formulazione

Sensibilità delle armature Poco sensibile

Valori limite delle aperture delle fessure $w_1 = 0.10$

$w_2 = 0.20$

$w_3 = 0.20$

Relazione di calcolo Spalle, plinti e pali di fondazione

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN1A	20	D26CL	CL 09 00 002	A	149 di 159

Verifica delle tensioni

Combinazione di carico	Rara	$\sigma_c < 0.60 f_{ck}$	$\sigma_f < 0.70 f_{yk}$
Combinazione di carico	Quasi permanente	$\sigma_c < 0.45 f_{ck}$	$\sigma_f < 1.00 f_{yk}$
Combinazione di carico	Frequente	$\sigma_c < 1.00 f_{ck}$	$\sigma_f < 1.00 f_{yk}$

Dati

Nome sezione:	sezione	
Tipo sezione	Circolare	
Diametro	80.0	[cm]

Caratteristiche geometriche

Area sezione	5018.48	[cmq]
Inerzia in direzione X	2004169.0	[cm ⁴]
Inerzia in direzione Y	2004169.0	[cm ⁴]
Inerzia in direzione XY	0.0	[cm ⁴]
Ascissa baricentro sezione	$X_G = 40.00$	[cm]
Ordinata baricentro sezione	$Y_G = 40.00$	[cm]

Elenco ferri

Simbologia adottata

Posizione riferita all'origine

N°	numero d'ordine
X	Ascissa posizione ferro espresso in [cm]
Y	Ordinata posizione ferro espresso in [cm]
d	Diametro ferro espresso in [mm]
ω	Area del ferro espresso in [cmq]

N°	X	Y	d	ω
1	72.60	40.00	28	6.16
2	71.97	46.36	28	6.16
3	70.12	52.48	28	6.16

Relazione di calcolo Spalle, plinti e pali di fondazione

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN1A	20	D26CL	CL 09 00 002	A	150 di 159

4	67.11	58.11	28	6.16
5	63.05	63.05	28	6.16
6	58.11	67.11	28	6.16
7	52.48	70.12	28	6.16
8	46.36	71.97	28	6.16
9	40.00	72.60	28	6.16
10	33.64	71.97	28	6.16
11	27.52	70.12	28	6.16
12	21.89	67.11	28	6.16
13	16.95	63.05	28	6.16
14	12.89	58.11	28	6.16
15	9.88	52.48	28	6.16
16	8.03	46.36	28	6.16
17	7.40	40.00	28	6.16
18	8.03	33.64	28	6.16
19	9.88	27.52	28	6.16
20	12.89	21.89	28	6.16
21	16.95	16.95	28	6.16
22	21.89	12.89	28	6.16
23	27.52	9.88	28	6.16
24	33.64	8.03	28	6.16
25	40.00	7.40	28	6.16
26	46.36	8.03	28	6.16
27	52.48	9.88	28	6.16
28	58.11	12.89	28	6.16
29	63.05	16.95	28	6.16
30	67.11	21.89	28	6.16
31	70.12	27.52	28	6.16
32	71.97	33.64	28	6.16

Materiale impiegato : Calcestruzzo armato

Caratteristiche calcestruzzo

Resistenza caratteristica calcestruzzo	35.000	[MPa]
Coeff. omogeneizzazione acciaio/calcestruzzo	15.00	
Coeff. omogeneizzazione calcestruzzo teso/compresso	1.00	
Forma diagramma tensione-deformazione - PARABOLA-RETTANGOLO		

Caratteristiche acciaio per calcestruzzo

Tensione ammissibile acciaio	450.000	[MPa]
------------------------------	---------	-------

Relazione di calcolo Spalle, plinti e pali di fondazione

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN1A	20	D26CL	CL 09 00 002	A	151 di 159

Tensione snervamento acciaio	450.000	[MPa]
Modulo elastico E	205942.924	[MPa]
Fattore di incrudimento acciaio	1.00	

Combinazioni

Simbologia adottata

N° numero d'ordine della combinazione
 N sforzo normale espresso in[kN]
 M_Y momento lungo Y espresso in [kNm]
 M_X momento lungo X espresso in [kNm]
 M_t momento torcente espresso in [kNm]
 T_Y taglio lungo Y espresso in [kN]
 T_X taglio lungo X espresso in [kN]
 VD verifica di dominio
 VT verifica tensionale (SLER - Combinazione rara, SLEF - Combinazione frequente, SLEQP - Combinazione quasi permanente, TAMM - Verifica a tensioni ammissibili)

N°	N	M _Y	M _X	M _t	T _Y	T _X	VD	VT
1	-2363.0000	1032.0000	638.0000	0.0000	209.0000	525.0000	SI	NO
2	-2363.0000	1032.0000	137.0000	0.0000	209.0000	525.0000	SI	NO
3	4417.0000	1305.0000	1069.0000	0.0000	407.0000	194.0000	SI	NO
4	4417.0000	579.0000	628.0000	0.0000	407.0000	194.0000	SI	NO
5	-330.0000	527.0000	35.0000	0.0000	211.0000	127.0000	NO	SLER
6	-330.0000	527.0000	317.0000	0.0000	211.0000	127.0000	NO	SLER
7	2077.0000	527.0000	35.0000	0.0000	211.0000	127.0000	NO	SLER
8	2077.0000	527.0000	317.0000	0.0000	211.0000	35.0000	NO	SLER
9	889.0000	297.0000	161.0000	0.0000	117.0000	64.0000	NO	SLEQP

Risultati analisi

Caratteristiche asse neutro

Simbologia adottata

N°	numero d'ordine della combinazione
Xc	posizione asse neutro espresso in [cm]
α	inclinazione asse neutro rispetto all'orizzontale, espressa in [°]
(xi; yi) - (xf; yf)	Punti di intersezione dell'asse neutro con il perimetro della sezione, espressi in [cm]

N°	Xc	α	(xi; yi)	(xf; yf)
5	28.87	-3.80	(-1629.99; 162.04)	(2997.77; -145.31)
6	29.24	-31.03	(-15872.77; 9624.33)	(27635.73; -16546.83)
7	53.27	-3.80	(-3044.61; 231.54)	(1583.18; -75.81)
8	49.88	-31.03	(-27123.90; 16367.99)	(16385.56; -9803.73)
9	45.49	-28.46	(-689.79; 429.36)	(962.13; -466.13)

Risultati tensionali

Simbologia adottata

N°	numero d'ordine della combinazione
σ_{c-max}	Tensione massima nel calcestruzzo espresso in [MPa]
σ_{c-min}	Tensione minima nel calcestruzzo espresso in [MPa]
σ_{f-max}	Tensione massima nel ferro espresso in [MPa]
σ_{f-min}	Tensione minima nel ferro espresso in [MPa]
τ_c	Tensione tangenziale nel calcestruzzo espresso in [MPa]

N°	σ_{c-max}	σ_{c-min}	τ_c	σ_{f-max}	σ_{f-min}
5	7.200	0.000	0.564	80.131	-163.221
6	8.431	0.000	-0.629	94.493	-187.213
7	9.054	0.000	-0.415	116.814	-49.034
8	10.286	0.000	-0.396	131.430	-70.030
9	5.481	0.000	-0.289	68.587	-48.730

Sollecitazioni ultime

Simbologia adottata

N°	numero d'ordine della combinazione
N _u	Sforzo normale ultimo, espresso in [kN]
M _{Xu}	Momento ultimo in direzione X, espresso in [kNm]

Relazione di calcolo Spalle, plinti e pali di fondazione

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN1A	20	D26CL	CL 09 00 002	A	153 di 159

 M_{Yu} Momento ultimo in direzione Y, espresso in [kNm]

FS Fattore di sicurezza

Combinazione n° 1

N_u	M_{Xu}	M_{Yu}	FS
-2771.1584	748.2010	1210.2562	1.17
-3116.1016	841.3343	1032.0000	1.32
-2853.9172	638.0000	1246.3997	1.21
-3569.5195	638.0000	1032.0000	1.51
-2363.0000	1111.0751	1032.0000	1.74
-2363.0000	797.3598	1289.7732	1.25
-2363.0000	638.0000	1375.9225	1.33

Combinazione n° 2

N_u	M_{Xu}	M_{Yu}	FS
-3057.8617	177.2861	1335.4690	1.29
-4134.0140	239.6783	1032.0000	1.75
-3064.0315	137.0000	1338.1636	1.30
-4205.2670	137.0000	1032.0000	1.78
-2363.0000	1111.0751	1032.0000	8.11
-2363.0000	199.7489	1504.6778	1.46
-2363.0000	137.0000	1512.8570	1.47

Combinazione n° 3

N_u	M_{Xu}	M_{Yu}	FS
5256.3562	1272.1405	1552.9873	1.19
5893.5201	1426.3466	1305.0000	1.33
5598.9408	1069.0000	1654.2037	1.27
7808.3934	1069.0000	1305.0000	1.77
4417.0000	1621.9425	1305.0000	1.52
4417.0000	1319.2272	1610.4692	1.23
4417.0000	1069.0000	1786.1593	1.37

Combinazione n° 4

N_u	M_{Xu}	M_{Yu}	FS
8339.3765	1185.6754	1093.1625	1.89
9386.4349	1334.5441	579.0000	2.13
9649.5470	628.0000	1264.9055	2.18

Relazione di calcolo Spalle, plinti e pali di fondazione

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN1A	20	D26CL	CL 09 00 002	A	154 di 159

<u>12554.3273</u>	628.0000	579.0000	2.84
4417.0000	<u>1999.5621</u>	579.0000	3.18
4417.0000	<u>1529.9561</u>	<u>1410.5805</u>	2.44
4417.0000	628.0000	<u>1984.7314</u>	3.43

Risultati taglio

Simbologia adottata

N°	numero d'ordine della combinazione
V _{Rd}	Resistenza di calcolo dell'elemento privo di armatura trasversali a taglio, espresso in [kN]
V _{Red}	Resistenza di calcolo a "taglio compressione", espresso in [kN]
V _{Rsd}	resistenza di calcolo a "taglio trazione", espresso in [kN]

N°	T	V _{Rd}	V _{Red}	V _{Rsd}	Diametro e passo staffe
1	565.0717	5.7144	1229.6492	2704.3788	φ12.00 - 10.00 [cm]
2	565.0717	5.7144	1229.6492	2704.3788	φ12.00 - 10.00 [cm]
3	450.8714	578.1557	1433.1365	2704.3788	φ12.00 - 10.00 [cm]
4	450.8714	570.4161	1433.1365	2704.3788	φ12.00 - 10.00 [cm]

Risultati fessurazione

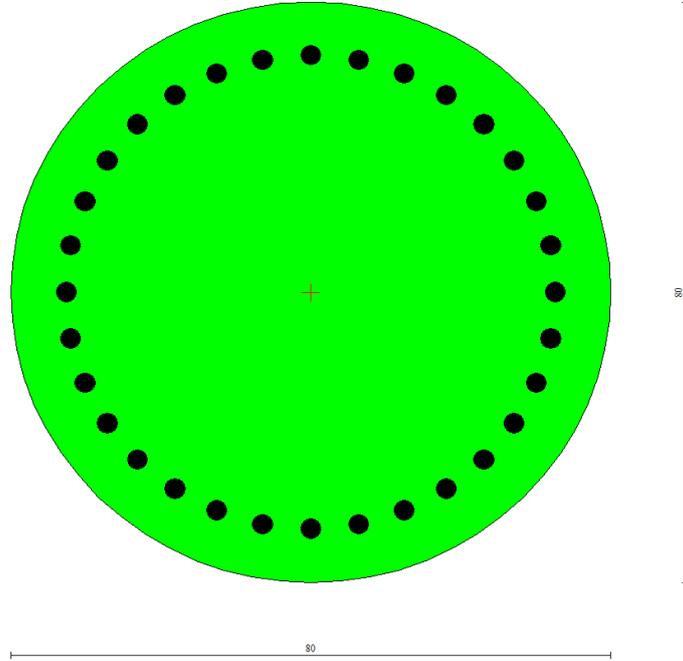
Simbologia adottata

N°	numero d'ordine della combinazione
M _X	Momento di prima fessurazione in direzione X, espresso in [kNm]
M _Y	Momento di prima fessurazione in direzione Y, espresso in [kNm]
σ _t	Tensione nell'acciaio, espressa in [MPa]
σ _c	Tensione nel calcestruzzo, espressa in [MPa]
A _{eff}	Area efficace a trazione, espressa in [cmq]
ε	Deformazione media acciaio teso, espressa in [°]
S _{rm}	Distanza media tra le fessure, espresso in [mm]
w	Ampiezza delle fessure, espressa in [mm]

N°	M _X	M _Y	σ _t	σ _c	A _{eff}	ε	S _{rm}	w
9	121.0116	223.2326	-36.627	-3.124	794.52	0.0170	150	0.0432

Relazione di calcolo Spalle, plinti e pali di fondazione

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN1A	20	D26CL	CL 09 00 002	A	155 di 159



6.9 Verifiche geotecniche pali di fondazione

In questo paragrafo viene verificata la capacità portante dei pali a trazione e a compressione. Il soddisfacimento delle verifiche richiede una lunghezza dei pali di 27 m. I pali, di diametro 80 cm, sono di tipo trivellato.



Verification of pile group

Input data

Project

Date : 03.02.2022 r/

Settings

Italy - EN 1997 - DA2

Materials and standards

Concrete structures : EN 1992-1-1 (EC2)

Coefficients EN 1992-1-1 : standard

Pile group

Analysis for drained conditions : NAVFAC DM 7.2

Efficiency of pile group : La Barré (CSN 73 1002)

Verification methodology : according to EN 1997

Design approach : 2 - reduction of actions and resistances

Partial factors on actions (A)			
Permanent design situation			
		Unfavourable	Favourable
Permanent actions :	$\gamma_G =$	1.35 [-]	1.00 [-]

Partial factors for resistances (R)			
Permanent design situation			
Partial factor on shaft resistance :	$\gamma_s =$	1.10 [-]	
Partial factor on base resistance :	$\gamma_b =$	1.10 [-]	

Soil parameters

Soil-1

Unit weight : $\gamma = 19.00 \text{ kN/m}^3$

Oedometric modulus : $E_{\text{oed}} = 6.00 \text{ MPa}$

Saturated unit weight : $\gamma_{\text{sat}} = 19.00 \text{ kN/m}^3$

Angle of internal friction : $\varphi_{\text{ef}} = 45.00^\circ$

Construction

Pile diameter $d = 0.80 \text{ m}$

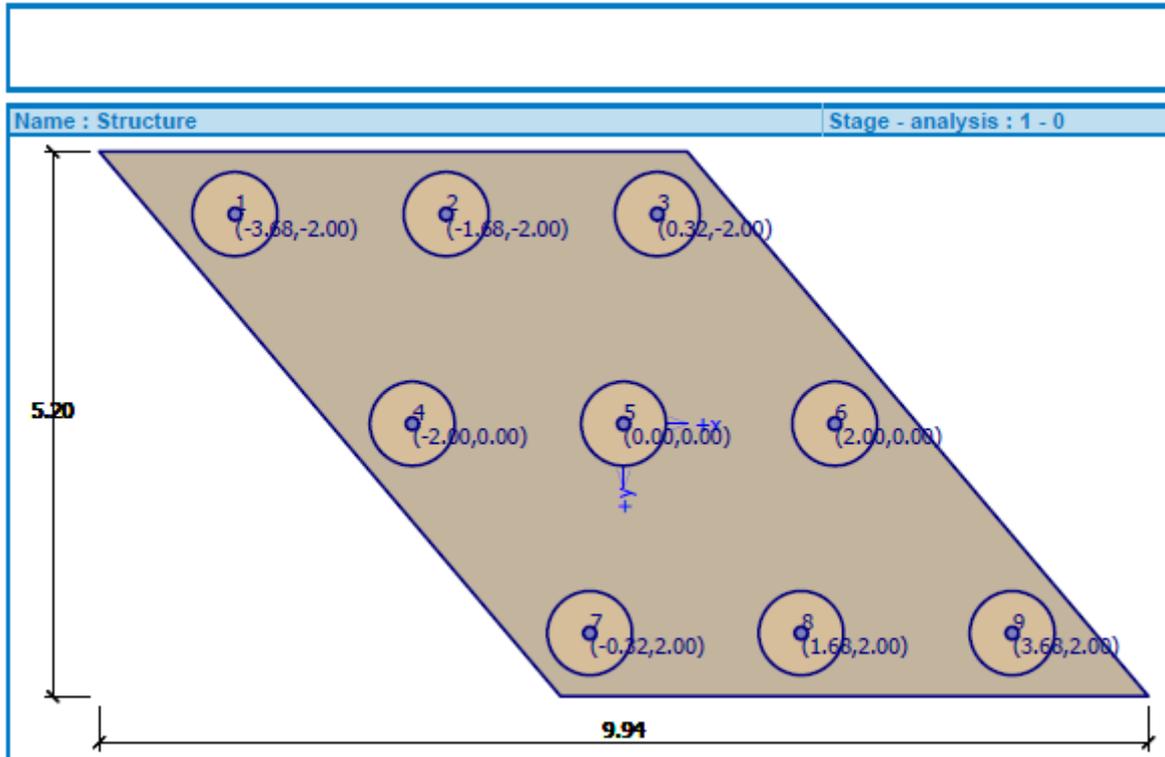
Cap overlap $o = 0.20 \text{ m}$

Coordinates of piles

No.	x [m]	y [m]
1	-3.68	-2.00
2	-1.68	-2.00
3	0.32	-2.00
4	-2.00	0.00
5	0.00	0.00
6	2.00	0.00
7	-0.32	2.00
8	1.68	2.00
9	3.68	2.00

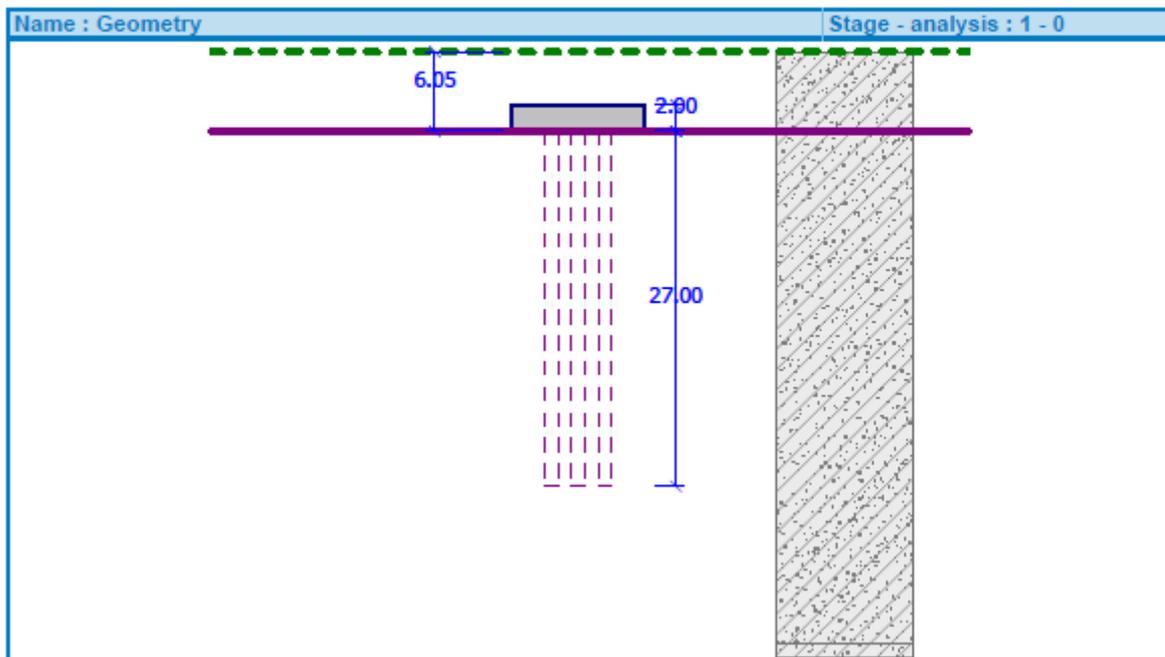
Relazione di calcolo Spalle, plinti e pali di fondazione

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN1A	20	D26CL	CL 09 00 002	A	157 di 159



Geometry

Depth from ground surface $h_z = 6.05$ m
Pile head offset $h = 0.00$ m
Thickness of pile cap $t = 2.00$ m
Length of piles $l = 27.00$ m



Material of structure

 Unit weight $\gamma = 25.00 \text{ kN/m}^3$

Analysis of concrete structures carried out according to the standard EN 1992-1-1 (EC2).

Concrete : C 30/37

 Cylinder compressive strength $f_{ck} = 30.00 \text{ MPa}$

 Tensile strength $f_{ctm} = 2.90 \text{ MPa}$

 Elasticity modulus $E_{cm} = 33000.00 \text{ MPa}$

 Shear modulus $G = 13750.00 \text{ MPa}$

Longitudinal steel : B500

 Yield strength $f_{yk} = 500.00 \text{ MPa}$

Geological profile and assigned soils

No.	Layer [m]	Assigned soil	Pattern
1	45.00	Soil-1	
2	-	Soil-1	

Load

No.	Load		Name	Type	N [kN]	M_x [kNm]	M_y [kNm]	H_x [kN]	H_y [kN]	M_z [kNm]
	new	change								
1	YES		Load No. 1	Design	1563.00	9674.00	6814.00	-73.00	238.00	1573.00
2	YES		Load No. 2	Design	8429.00	2867.00	12696.00	1499.00	2407.00	4723.00
3	YES		Load No. 3	Design	11007.00	13630.00	418.00	-814.00	154.00	2438.00
4	YES		Load No. 4	Design	8407.00	3711.00	15127.00	-2517.00	3363.00	6947.00
5	YES		Load No. 1 - service	Service	1563.00	9674.00	6814.00	-73.00	238.00	1573.00
6	YES		Load No. 2 - service	Service	8429.00	2867.00	12696.00	1499.00	2407.00	4723.00
7	YES		Load No. 3 - service	Service	11007.00	13630.00	418.00	-814.00	154.00	2438.00
8	YES		Load No. 4 - service	Service	8407.00	3711.00	15127.00	-2517.00	3363.00	6947.00

Global settings

Analysis type : analytical solution

Type of soil : cohesionless soil

Settings of the stage of construction

Design situation : permanent

Verification No. 1

Analysis of bearing capacity - input data

Analysis carried out with an automatic selection of the most unfavorable load cases.

 Factor determining critical depth : $k_{dc} = 1.00$

 Factor of bearing capacity N_q was computed.

Analysis of bearing capacity of pile group in cohesionless soils

Max. vertical force includes self-weight of pile cap.

 Pile skin bearing capacity $R_s = 1294.77 \text{ kN}$

Pile base bearing capacity $R_b = 16878.24 \text{ kN}$
 Vertical bearing capacity of single pile $R_c = 18173.01 \text{ kN}$
 Efficiency of pile group $\eta_g = 0.70$
 Vertical bearing capacity of pile group $R_g = 114489.96 \text{ kN}$
 Maximum vertical force $V_d = 12961.08 \text{ kN}$
 $R_g = 114489.96 \text{ kN} > 12961.08 \text{ kN} = V_d$

Vertical bearing capacity of pile group is **SATISFACTORY**

Verification No. 1

Analysis of load settlement curve - input data

Layer No.	E_s [MPa]
1	25.00

Type of pile : floating pile
 Maximum pile settlement $s_{lim} = 25.0 \text{ mm}$

Analysis of load settlement curve - partial results

Influence coefficients of settlement :
 Basic - dependent on ratio l/d $I_0 = 0.06$
 Correction factor for pile compressibility $R_k = 1.26$
 Correction factor for finite depth of layer on a rigid base $R_h = 1.00$
 Correction factor for Poisson's ratio of soil $R_v = 0.91$

Analysis of settlement of pile group in cohesionless soils

Max. vertical force includes self-weight of pile cap.

Group settlement factor $g_f = 2.55$
 Load at the onset of mobilization of skin friction $R_{yu} = 11652.97 \text{ kN}$
 The settlement for the force R_{yu} $s_y = 11.7 \text{ mm}$
 Total resistance $R_c = 11652.97 \text{ kN}$
 Maximum settlement $s_{lim} = 23.4 \text{ mm}$

The settlement for maximum service load $V = 11007.00 \text{ kN}$ is 11.0 mm .