

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 Via Contrada Polese

SL02 - Prolungamento sottopasso di Via Contrada Polese
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 2 0 0 0 0 2 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione Esecutiva	V. Reale	Gen. 2021	M. Rigo	Gen. 2022	C. Mazzocchi	Gen. 2022	A. Perego Gen. 2022

File: IN1A20D26CLSL0200002A

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	10
2.4.1	<i>Vita nominale</i>	10
2.4.2	<i>Sismica</i>	10
2.4.3	<i>Parametri linea</i>	10
3	DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO	11
3.1	RIFERIMENTI NORMATIVI.....	11
3.2	RIFERIMENTI DI PROGETTO	12
4	MATERIALI	12
4.1	CALCESTRUZZO	12
4.1.1	<i>Classi di resistenza e di esposizione</i>	12
4.1.2	<i>Copriferri</i>	12
4.2	ACCIAIO DA CEMENTO ARMATO	13
4.3	ACCIAIO DA CARPENTERIA	13
5	MODALITÀ DI CALCOLO E CONVENZIONI	13
5.1	SOFTWARE IMPIEGATO	13
5.2	MODALITÀ DI CALCOLO E VERIFICA	13
5.3	CONVENZIONI.....	14
6	SPALLE	16
6.1	MODALITÀ GENERALI DI CALCOLO E VERIFICA.....	16

6.1.1	Carichi dall'impalcato	16
6.1.2	Pesi propri.....	17
6.1.3	Sovraccarichi a tergo spalla.....	17
6.1.4	Spinte del terreno	17
6.1.5	Spinta statica del terreno.....	17
6.1.6	Spinta statica del sovraccarico.....	17
6.1.7	Spinta sismica del terreno	17
6.1.8	Azioni sismiche	18
6.1.9	Combinazioni.....	19
6.1.10	Criteri generali di verifica dei pali.....	19
6.2	CARATTERISTICHE GEOMETRICHE	24
6.3	ANALISI DEI CARICHI	29
6.3.1	Carichi permanenti ($gk1$).....	29
6.3.2	Sovraccarico rilevato (qs).....	29
6.3.3	Spinte del terreno (qt).....	30
6.3.4	Azioni trasmesse dall'impalcato.....	31
6.3.5	Azioni sismiche inerziali (E).....	36
6.4	CONDIZIONI DI CARICO ELEMENTARI	36
6.5	COMBINAZIONI DI CARICO	40
6.6	ANALISI STRUTTURALE	45
6.6.1	Sollecitazioni muro di spalla.....	46
6.6.2	Sollecitazioni muro andatore.....	58
6.6.3	Sollecitazioni platea	69
6.6.4	Sollecitazioni pali di fondazione.....	80
6.7	VERIFICHE STRUTTURALI SPALLA	82
6.7.1	Verifiche a presso\tenso flessione muro frontale di spalla.....	83

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 164

6.7.2	Verifiche a taglio muro frontale di spalla	97
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	130
6.7.6	Verifiche a presso\tenso flessione platea di fondazione	133
6.7.7	Verifiche a taglio platea	149
6.8	VERIFICHE STRUTTURALI PALI DI FONDAZIONE	150
6.9	VERIFICHE GEOTECNICHE PALI DI FONDAZIONE	158

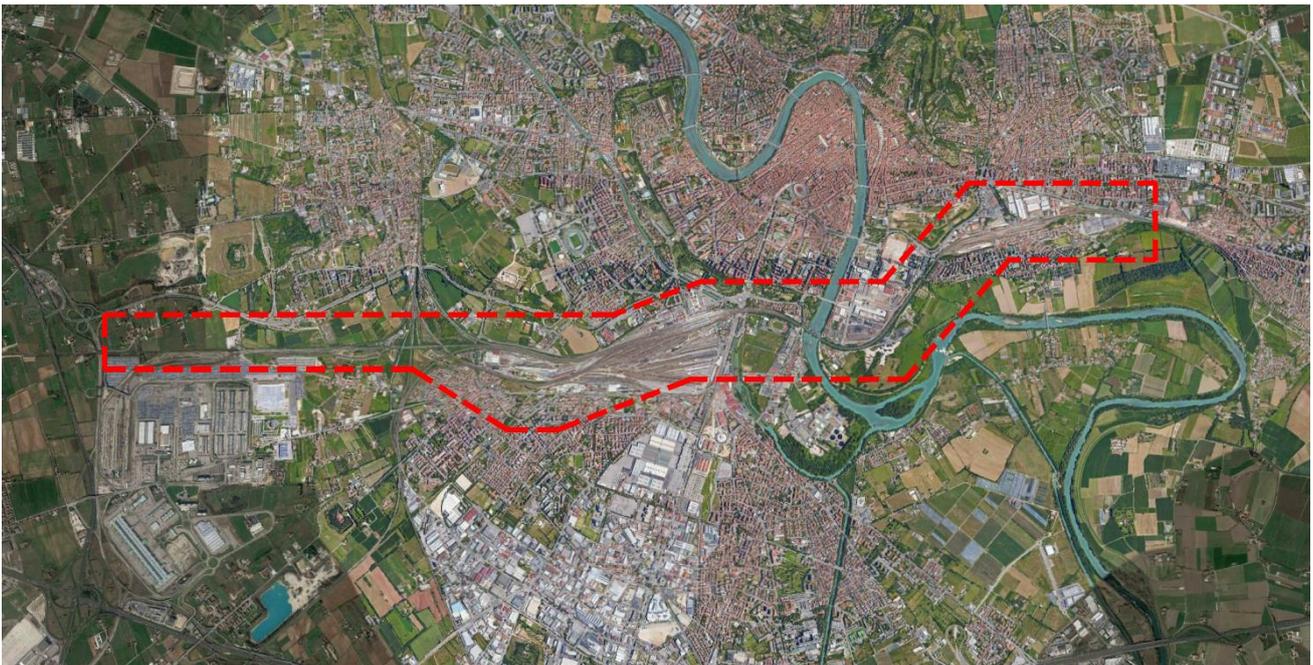
1 PREMESSA

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, l'impalcato ospita due binari tracciati in curva e quindi risultano leggermente decentrati verso il bordo destro. I dati principali 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.

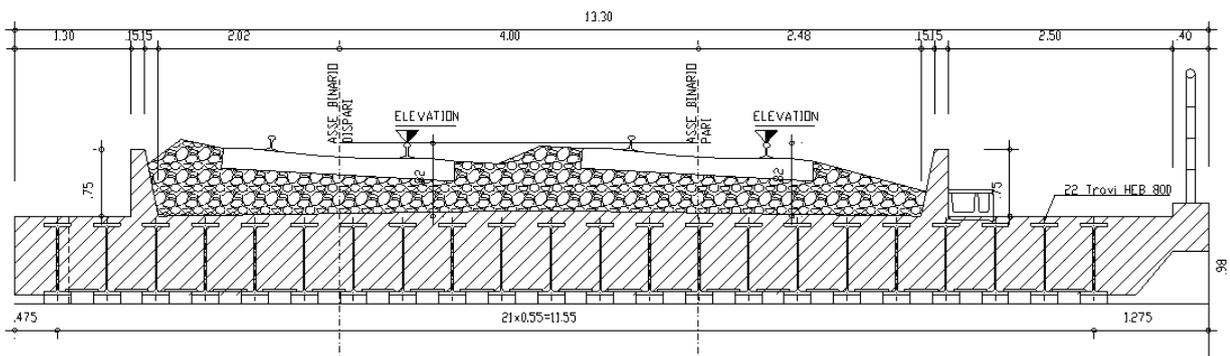
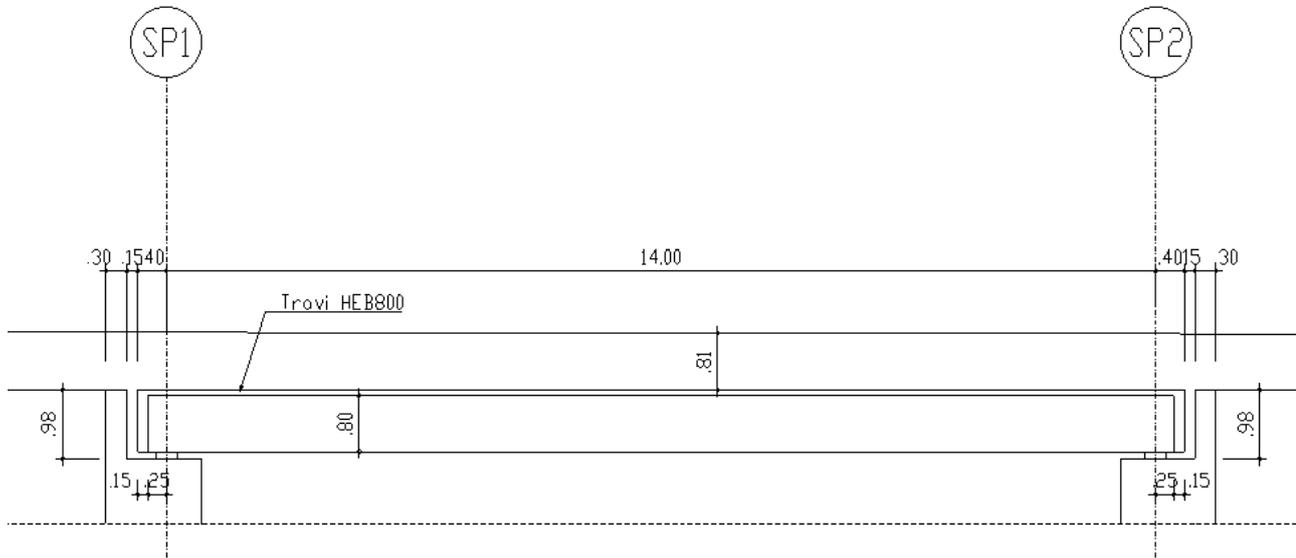


Figura 2.1 Sezione trasversale impalcato


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 un muro frontale di spessore 2.00 m ed altezza 11.75 m (paraghiaia compreso 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 164

sono costituite da zattere di dimensioni 15.35 m x 10.46 m, spessore 2.0 m, il numero dei pali è pari a 16 su quattro file da 4, diametro 1.2 m ad interasse trasversale di 2.29 m e longitudinale di 3.8 m; il muro d'ala ha altezza 6.65 m con spessore 1.5 m + 6.45 con spessore 0.75

SEZIONE B-B
SCALA 1:50

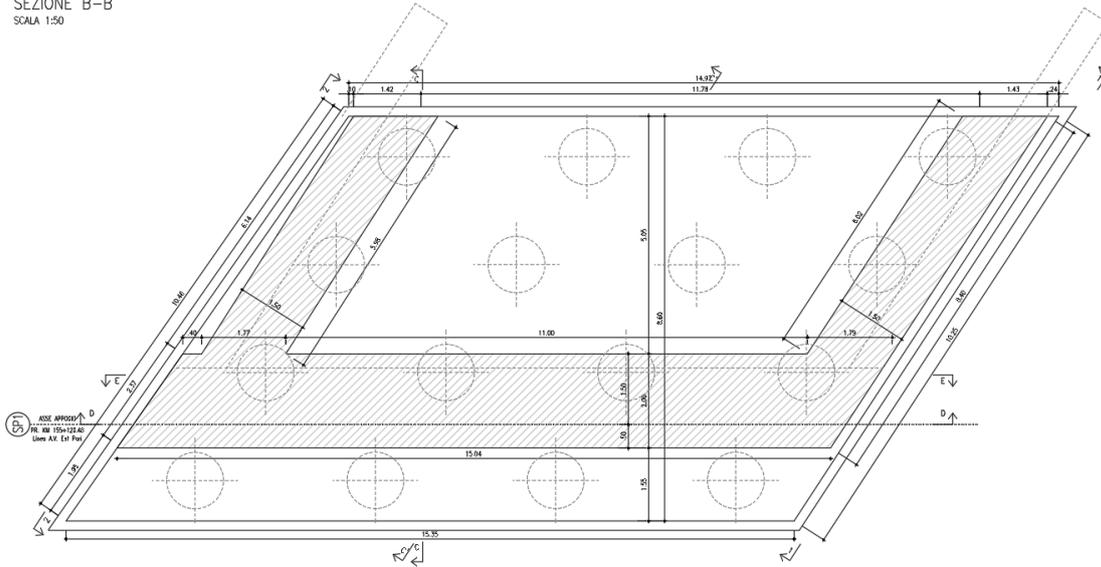


Figura 2.3: Planimetria Spalla lato Milano

SEZIONE C-C
SCALA 1:100

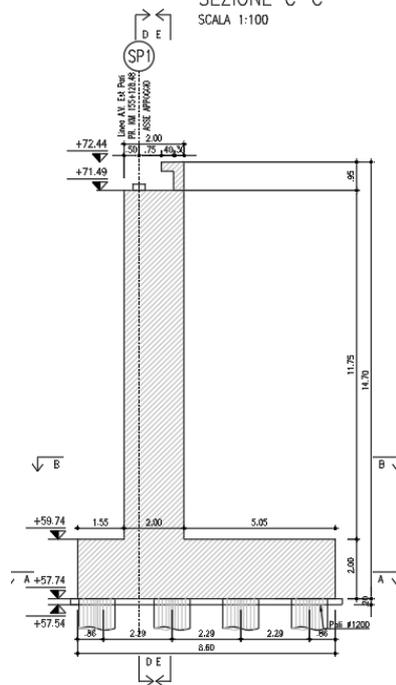


Figura 2.4: Sezione longitudinale spalla lato Milano

Relazione di calcolo Spalle, plinti e pali di fondazione

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN1A	20	D26CL	CL 09 00 002	A	9 di 164

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

Un muro frontale di spessore 2.00 m ed altezza 11.00 m (paraghiaia 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 15.94 m x 10.22 m, spessore 2.0 m, il numero dei pali è pari a 16 su quattro file da 4, diametro 1.2 m ad interasse trasversale di 2.29 m e longitudinale di 4.05 m, il muro d'ala ha altezza 6.65 m con spessore 1.5 m + 6.45 con spessore 0.75

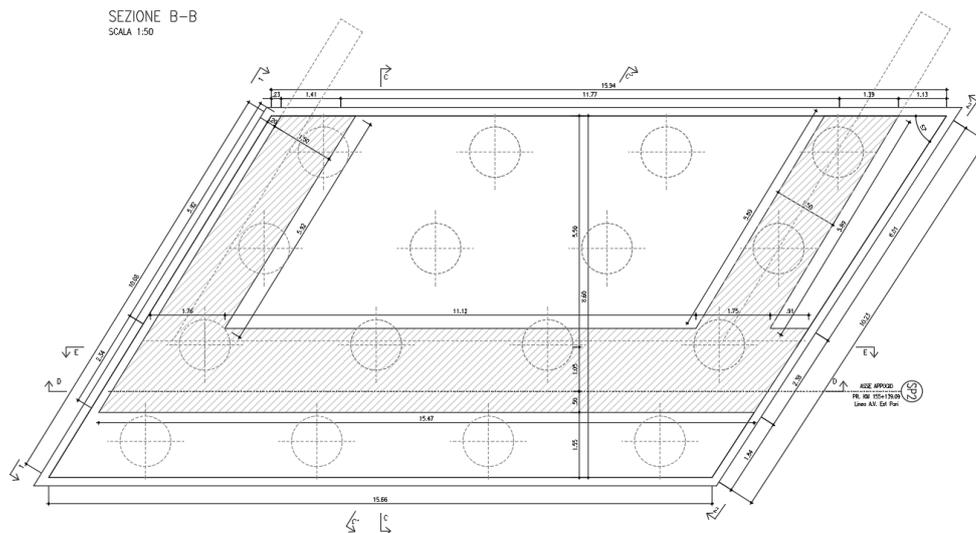
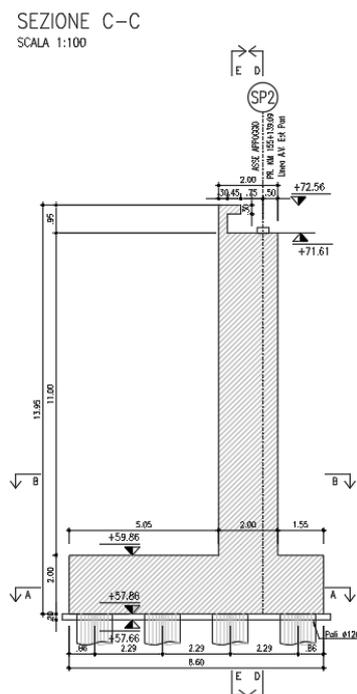


Figura 2.5: Planimetria Spalla lato Verona



	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

Figura 2.6: Sezione longitudinale spalla lato Verona

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

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

	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

Relazione di calcolo Spalle, plinti e pali di fondazione	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IN1A	20	D26CL	CL 09 00 002	A	12 di 164

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
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

3.2 Riferimenti di progetto

Progetto preliminare Linea AV/AC Milano Venezia- Nodo AV/AC di Verona: Ingresso EST

SL09 Sottovia Via Ligabò - Planimetria e sezioni stato di fatto e di progetto IN0F20R26PZSL0900001B

Verifica di vulnerabilità sismica Linea MI-VE sottovia al km 150+076

Relazione sulle indagini geognostiche RFI DTC ICI PO SC 08 17 1684-VR0-1-OA-62 RB-01

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 Copriferrì

I copriferrì 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: $c = 45 \text{ mm}$

Elevazione spalla : $c = 50 \text{ mm}$

Fondazione spalla : $c = 40 \text{ mm}$

Pali : $c = 60 \text{ mm}$

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.

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-cls sulla base dei criteri contenuti negli Eurocodici di riferimento (EN 1993, EN 1994), e in osservanza a quanto previsto da NTC-08.

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
F_z azione tagliante agente nel piano verticale
M_x momento torcente
M_y momento flettente agente nel piano verticale
M_z momento flettente agente nel piano orizzontale

Le verifiche dell'impalcato verranno eseguite esclusivamente con riferimento alle caratteristiche F_x, F_z, M_y, dal momento che risultano non significativi i contributi F_y, M_x ed M_z.

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 (M_f) in luogo di M_y
V in luogo di F_z
T in luogo di M_x

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.

Relazione di calcolo Spalle, plinti e pali di fondazione

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN1A	20	D26CL	CL 09 00 002	A	15 di 164

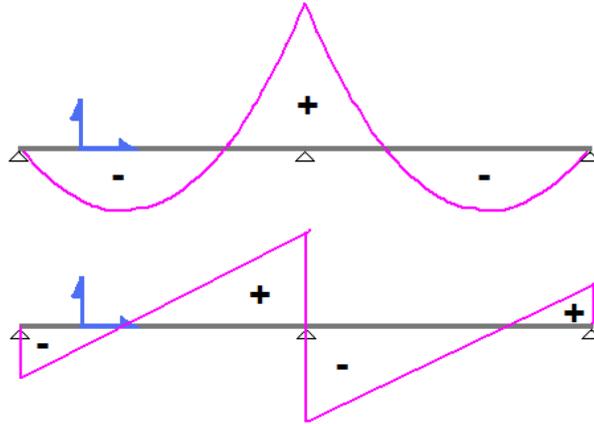


Figura 5.1: Azioni di trave: convenzione sui segni

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.

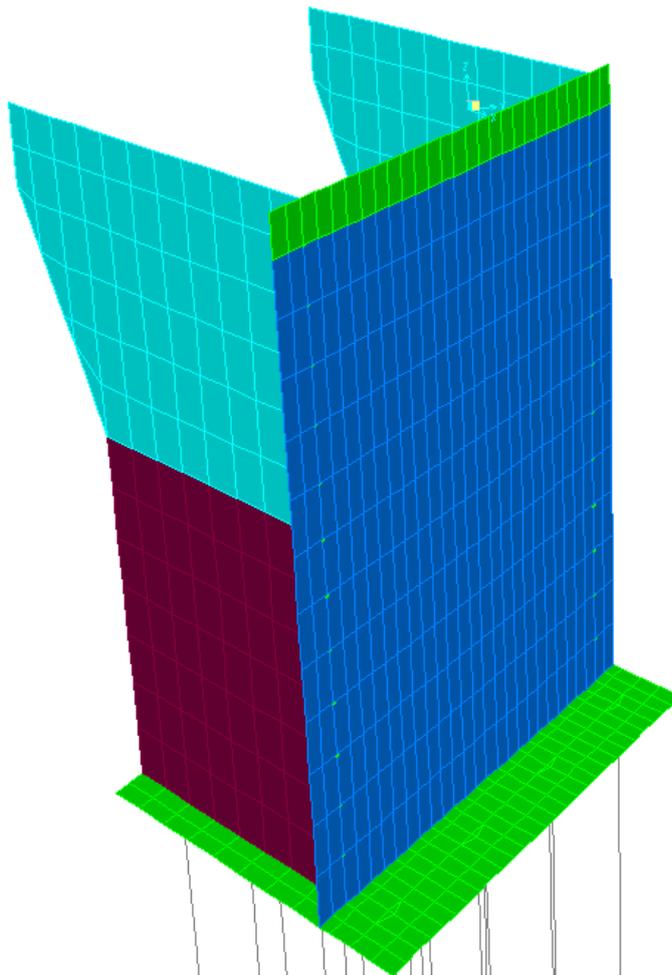


Figura 6.1 Mesh e geometria modello spalla

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.

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 Kasim e Kastat 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 $\lambda \leq (\phi - \theta)$:

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

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

Dove:

$\tan \theta = Kh / (1 + Kv)$ per il Ka sism

$\tan \theta = 0$ per il ka stat

$Kh = S \cdot (ag/g) / r$ ($r = 1$ struttura rigida)

$Kv = 0.5 \cdot Kh$

Per i parametri del terreno, si farà riferimento a:

$\phi = 45^\circ$ angolo di attrito interno

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

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

$\lambda = 0.0^\circ$ angolo di inclinazione del terreno a livello di estradosso del muro paragonato rispetto all'orizzontale

$\delta = 30.0^\circ$ 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

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

$Kh = S \cdot (ag/g) / r$ ($r = 1$ struttura rigida)

6.1.8.2 Sisma trasversale

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

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

	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

$$K_h = S^*(ag/g)/r \quad (r = 1 \text{ struttura rigida})$$

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 involuipi di progetto per i vari stati limite analizzati.

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 involuipi allo SLU fondamentale (approccio 2, coefficienti di combinazione A1) e sismico, massimizzando e minimizzando gli sforzi normali ed i tagli in testa 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)

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

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

Tipo di palo	Valori di K		Valori di $\tan\delta$	
	per stato di addensamento			
	sciolto	denso		
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;

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.

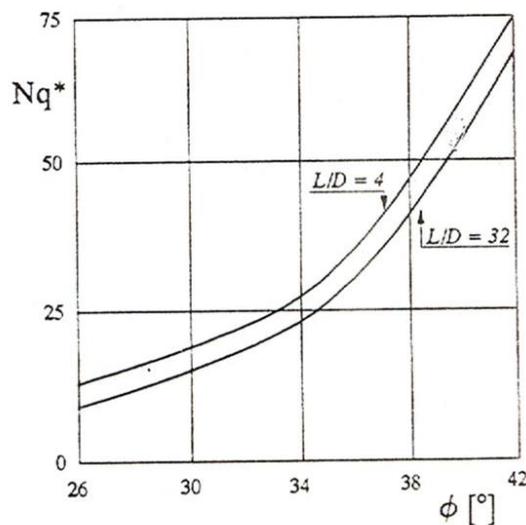


Figura 6.2 – Valori di N_q^* proposti da Berezantzev 1970

Resistenza dei pali trivellati calcolata da parametri geotecnici

Portata limite per attrito laterale:

Relazione di calcolo Spalle, plinti e pali di fondazione

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN1A	20	D26CL	CL 09 00 002	A	22 di 164

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

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 $\gamma_b, \gamma_s, \gamma_{s,traz}$ 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).

	Pali trivellati
Resistenza	R3 o Sisma

 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

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 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 impediti 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:

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

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

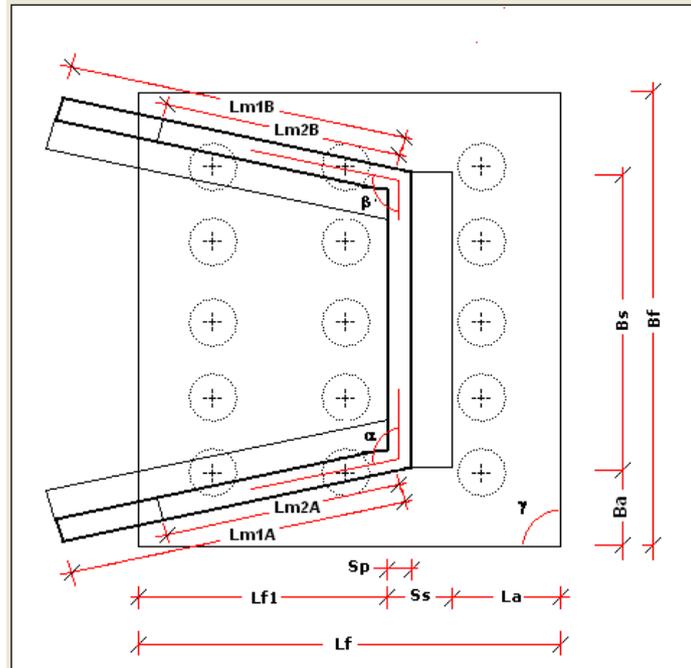
Mediante le espressioni appena descritte, sono valutate le sollecitazioni di taglio e di momento lungo i fusti dei pali di fondazione per le combinazioni più gravose e sono state condotte le relative verifiche strutturali.

6.2 Caratteristiche geometriche

Dimensioni in pianta:

Descrizione:

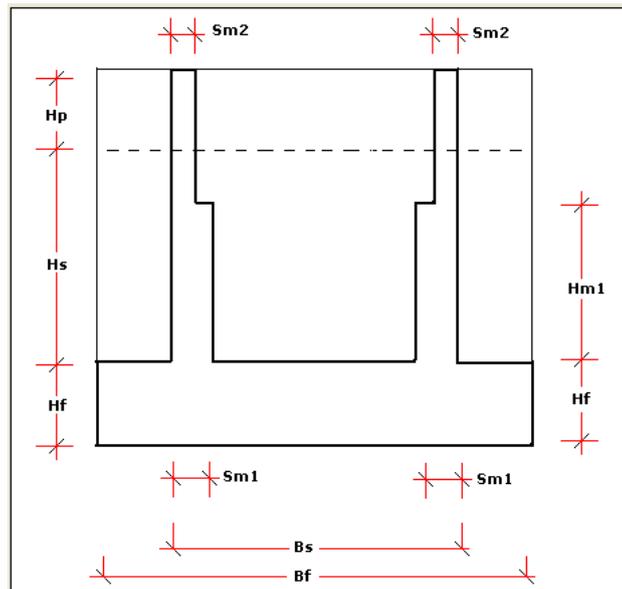
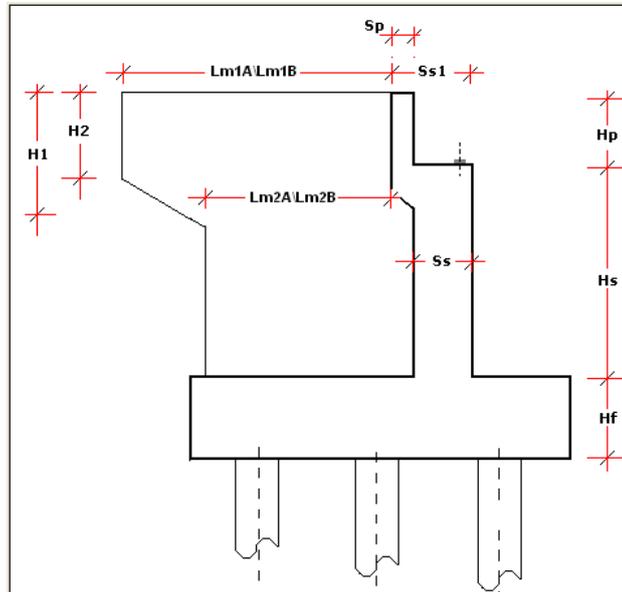
Angolo di inclinazione in pianta del muro andatore A rispetto al muro di spalla α	90.0 °
Angolo in pianta che definisce l'inclinazione dei due bordi della platea non paralleli al muro di spalla rispetto ai bordi paralleli γ	90.0 °
Larghezza muro di spalla – paraghiaia Bs	13.30 m
Lunghezza platea di fondazione 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



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	m
	0.30
Spessore muro spalla Ss	m
	1.35
Altezza muro paraghiaia (da estradosso muro a livello appoggi) Hp	m
	0.90
Altezza muro spalla (da estradosso platea a livello appoggi) Hs	m
	5.71
Spessore platea Hf	m
	1.80
Spessore dei muri andatori alla base (livello di estradosso platea) Sm1	m
	1.00
Spessore dei muri andatori in sommità (livello di estradosso muri) Sm2	m
	1.00



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: longit.

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

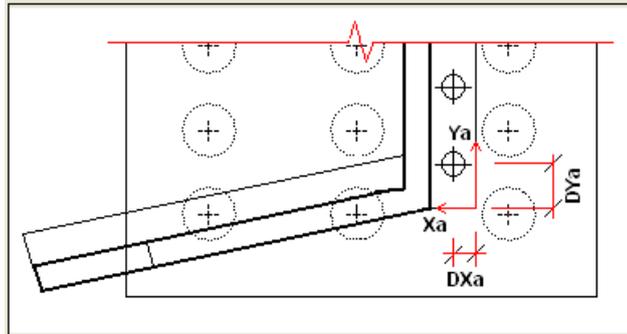
Relazione di calcolo Spalle, plinti e pali di fondazione

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN1A	20	D26CL	CL 09 00 002	A	27 di 164

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
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

Relazione di calcolo Spalle, plinti e pali di fondazione

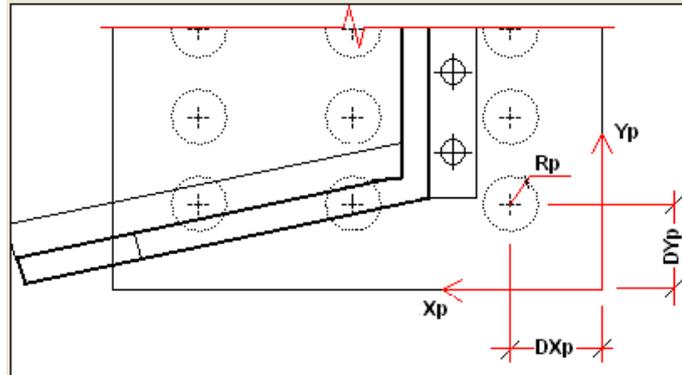
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN1A	20	D26CL	CL 09 00 002	A	28 di 164



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
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

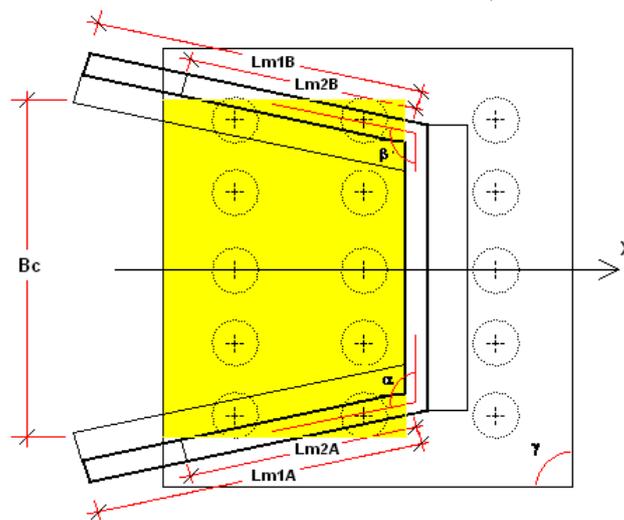
6.3.1 Carichi permanenti ($gk1$)

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** = $12.70 \cdot \gamma + 40 = 281.30 \text{ kN/m}^2$.

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:

$$\text{all'estradosso della platea di fondazione} \quad \sigma_t \text{ stat} = K \cdot \gamma \cdot (H_s + H_p) = 70.68 \text{ kN/m}^2$$

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

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

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

$$H_s + H_p = 12.70 \text{ m}$$

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:

$$\text{all'estradosso della platea di fondazione} \quad \sigma_t \text{ sism} = K_0 \cdot \gamma \cdot (H_s + H_p) = 75.0 \text{ kN/m}^2$$

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

Viene applicato inoltre un incremento di spinta (distribuzione uniforme di pressioni) pari a $\Delta P = (k_{\text{asism-kastat}}) \cdot \gamma \cdot (H_s + H_p) / 2 = 11694 \text{ N/m}^2$

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

$$H_s + H_p = 6.61 \text{ m}$$

Per il calcolo di K_v :

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

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

$$\text{coefficiente di sottosuolo} \quad S = 1.200$$

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

Per il calcolo di K_{asism} :

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

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 164

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 – paragonata dalla base dei muri alla sommità:

$$K0 = 0.2929$$

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

Dove:

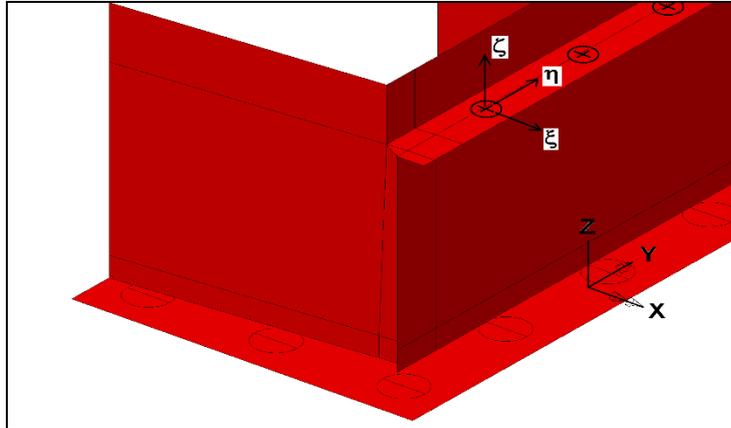
(q = q rilev definito come Sovraccarico rilevato).

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

$\phi, \psi, \lambda, \delta, (\theta = 0)$, 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 **riferimento 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, **FX** (forza longitudinale), **FY** (forza trasversale), **FZ** (forza verticale), **MX** (momento nel piano trasversale verticale), **MZ** (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 164

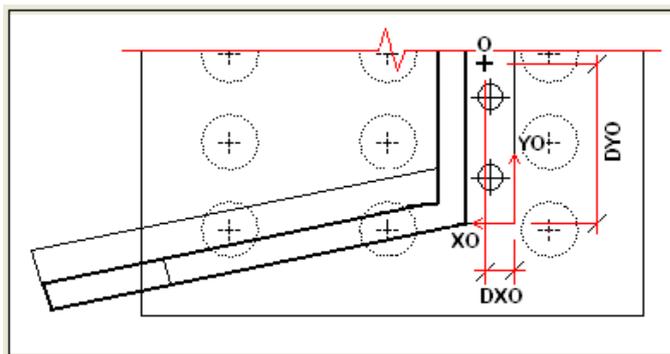
$$y_{Gkl} = \frac{\sum_{i=0}^{n-1} [kl(i) \cdot ya(i)]}{\sum_{i=0}^{n-1} kl(i)} \text{ baricentro rigidezze longitudinale}$$

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:

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

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



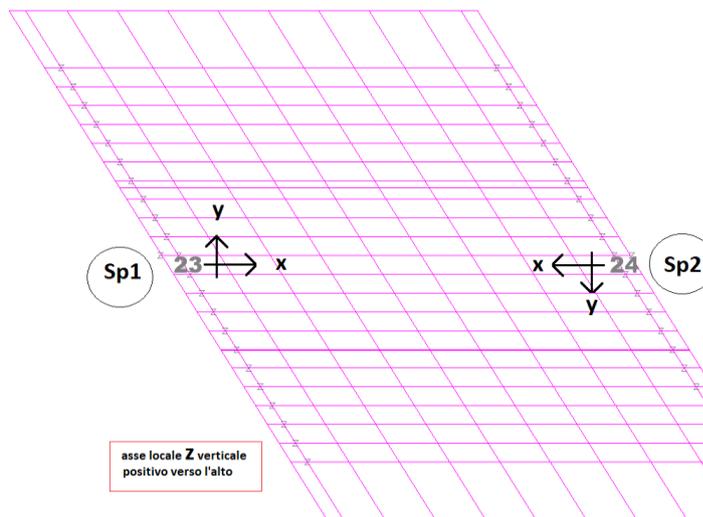
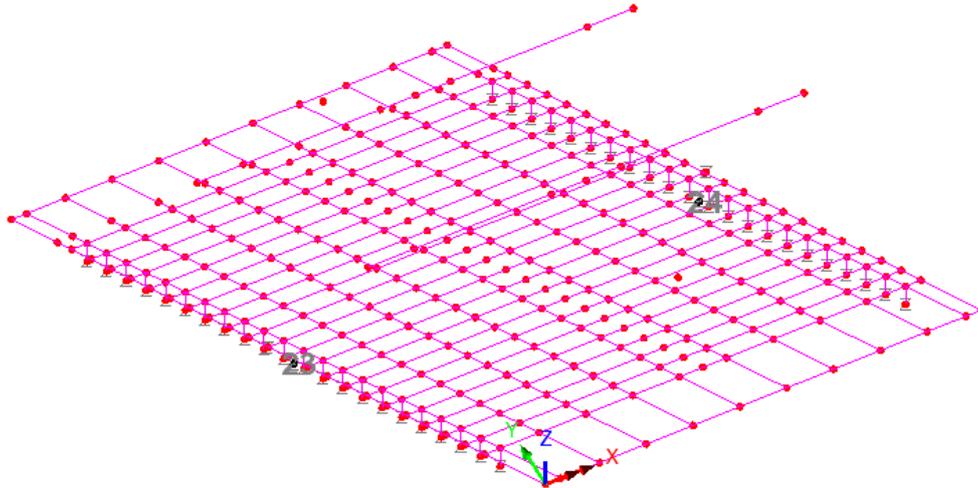
Le **sollecitazioni risultanti** per ogni singola condizione di carico, FX , FY , FZ , MX , MZ nel punto O, con riferimento al sistema globale X, Y, Z sono le seguenti.

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 164

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

Combinazioni di Stato Limite Ultimo

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 164

INVILUPPI DI COMBINAZIONI	ELEMENT 23 (Spalla 1)						ELEMENT 24 (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]
280:involuppo S.L.U. A1 (Max)(Fx)	582257	-96404.1	-4233520	1571740	973455	149234	582248	-61547	-4060700	-790434	-489554	140096
281:involuppo S.L.U. A1 (Min)(Fx)	-678095	-97154.5	-7100370	2336690	1447230	-187458	-678078	176789	-7030180	-766958	-475014	-104836
280:involuppo S.L.U. A1 (Max)(Fy)	-320253	334580	-6036460	1226520	759644	-290549	161430	667978	-5855800	-2108510	-1305900	-319051
281:involuppo S.L.U. A1 (Min)(Fy)	212599	-674143	-7072420	4052450	2509880	225058	-269413	-351641	-7104080	159291	98656.6	224329
280:involuppo S.L.U. A1 (Max)(Fz)	4298.62	112584	-2602740	402489	249281	-12109.9	-55350	112795	-2588860	-1130080	-699914	-1419.53
281:involuppo S.L.U. A1 (Min)(Fz)	-677467	-324929	-7290470	3153600	1953180	16994.3	-618061	-166680	-7251870	80952.8	50138	-382.595
280:involuppo S.L.U. A1 (Max)(Mx)	-166985	-283459	-5419320	6417590	3974720	-129790	-164947	-151472	-5129300	3719120	2303430	-57243.1
281:involuppo S.L.U. A1 (Min)(Mx)	-211737	155440	-4407570	-2716490	-1682460	-40076.6	-219534	354554	-4522240	-5359680	-3319510	-102982
280:involuppo S.L.U. A1 (Max)(My)	-166985	-283459	-5419320	6417590	3974720	-129790	-164947	-151472	-5129300	3719120	2303430	-57243.1
281:involuppo S.L.U. A1 (Min)(My)	-211737	155440	-4407570	-2716490	-1682460	-40076.6	-219534	354554	-4522240	-5359680	-3319510	-102982
280:involuppo S.L.U. A1 (Max)(Mz)	161359	-266271	-5825730	1455510	901468	345035	-320954	43042	-5915470	-1900120	-1176830	370352
281:involuppo S.L.U. A1 (Min)(Mz)	-269178	-54032.2	-6739890	2604040	1612810	-452099	213133	254830	-6505990	-987885	-611845	-423199

Combinazioni sismiche SLV

INVILUPPI DI COMBINAZIONI	ELEMENT 23 (Spalla 1)						ELEMENT 24 (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]
317:Gk + Ed_SLV (Max)(Fx)	1241810	1148080	-2302960	2183800	1352530	392614	1E+06	1E+06	-2291560	662121	410084	402517
318:Gk + Ed_SLV (Min)(Fx)	-1292870	-1151880	-2921110	-402523	-249302	-423783	-1E+06	-1E+06	-2904750	-1942630	-1203160	-411607
317:Gk + Ed_SLV (Max)(Fy)	1141870	1168180	-2279380	2232110	1382460	385678	1E+06	1E+06	-2268690	709623	439504	392302
318:Gk + Ed_SLV (Min)(Fy)	-1192920	-1171980	-2944690	-450837	-279225	-416847	-1E+06	-1E+06	-2927630	-1990130	-1232580	-401392
317:Gk + Ed_SLV (Max)(Fz)	1175010	1168180	-2279380	2232940	1382970	385637	1E+06	1E+06	-2268690	709623	439504	392302
318:Gk + Ed_SLV (Min)(Fz)	-1226060	-1171980	-2944690	-451662	-279736	-416806	-1E+06	-1E+06	-2927630	-1990130	-1232580	-401392
317:Gk + Ed_SLV (Max)(Mx)	1175010	1168180	-2279380	2232940	1382970	385637	1E+06	1E+06	-2268690	710449	440015	392261
318:Gk + Ed_SLV (Min)(Mx)	-1226060	-1171980	-2944690	-451662	-279736	-416806	-1E+06	-1E+06	-2927630	-1990950	-1233090	-401351
317:Gk + Ed_SLV (Max)(My)	1175010	1168180	-2279380	2232940	1382970	385637	1E+06	1E+06	-2268690	710449	440015	392261
318:Gk + Ed_SLV (Min)(My)	-1226060	-1171980	-2944690	-451662	-279736	-416806	-1E+06	-1E+06	-2927630	-1990950	-1233090	-401351
317:Gk + Ed_SLV (Max)(Mz)	1208680	1148090	-2302960	2182980	1352020	392655	1E+06	1E+06	-2291560	661296	409573	402558
318:Gk + Ed_SLV (Min)(Mz)	-1259730	-1151890	-2921110	-401697	-248791	-423824	-1E+06	-1E+06	-2904750	-1941800	-1202650	-411648

Combinazioni SLE caratteristiche

INVILUPPI DI COMBINAZIONI	ELEMENT 23 (Spalla 1)						ELEMENT 24 (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]
282:involuppo S.L.E. caratteristica (Max)(Fx)	392950	-68654.4	-3730430	1367090	846705	98035.8	392943	-41454	-3606680	-750589	-464876	95251.2
283:involuppo S.L.E. caratteristica (Min)(Fx)	-468124	-65436.7	-5006220	1660510	1028440	-129735	-468112	120329	-4957110	-586541	-363273	-71976.8
282:involuppo S.L.E. caratteristica (Max)(Fy)	-228100	228575	-4973830	1129040	699271	-205265	104095	458503	-4844930	-1646080	-1019500	-221489
283:involuppo S.L.E. caratteristica (Min)(Fy)	144777	-463359	-4986940	2843760	1761280	154760	-187645	-240941	-5007820	38725.6	23984.6	155121
282:involuppo S.L.E. caratteristica (Max)(Fz)	-5642.69	74422.7	-2605840	565206	350060	-13268.2	-45408	74563	-2591960	-966804	-598789	-2461.27
283:involuppo S.L.E. caratteristica (Min)(Fz)	-467690	-222523	-5137310	2223900	1377370	11266.6	-428092	-113382	-5109750	-15300.7	-9476.49	147.232
282:involuppo S.L.E. caratteristica (Max)(Mx)	-117005	-193922	-3846870	4474890	2771510	-89962.2	-117041	-103076	-3812870	2292070	1419590	-38574.7
283:involuppo S.L.E. caratteristica (Min)(Mx)	-153262	105031	-3850460	-1590280	-984936	-32525	-157198	242530	-3758270	-3686550	-2283260	-72967.9
282:involuppo S.L.E. caratteristica (Max)(My)	-117005	-193922	-3846870	4474890	2771510	-89962.2	-117041	-103076	-3812870	2292070	1419590	-38574.7
283:involuppo S.L.E. caratteristica (Min)(My)	-153262	105031	-3850460	-1590280	-984936	-32525	-157198	242530	-3758270	-3686550	-2283260	-72967.9
282:involuppo S.L.E. caratteristica (Max)(Mz)	104989	-185804	-4744370	1286960	797079	233070	-227326	27544	-4767320	-1415510	-876694	253436
283:involuppo S.L.E. caratteristica (Min)(Mz)	-188426	-35696.9	-4841740	1844860	1142610	-312244	143888	177282	-4714110	-839281	-519808	-290925

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

Relazione di calcolo Spalle, plinti e pali di fondazione

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN1A	20	D26CL	CL 09 00 002	A	37 di 164

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 164

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 164

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 164

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:

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

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:

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

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 164

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:

$$\psi_2 = 0.0$$

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

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

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

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

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

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

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

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 164

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

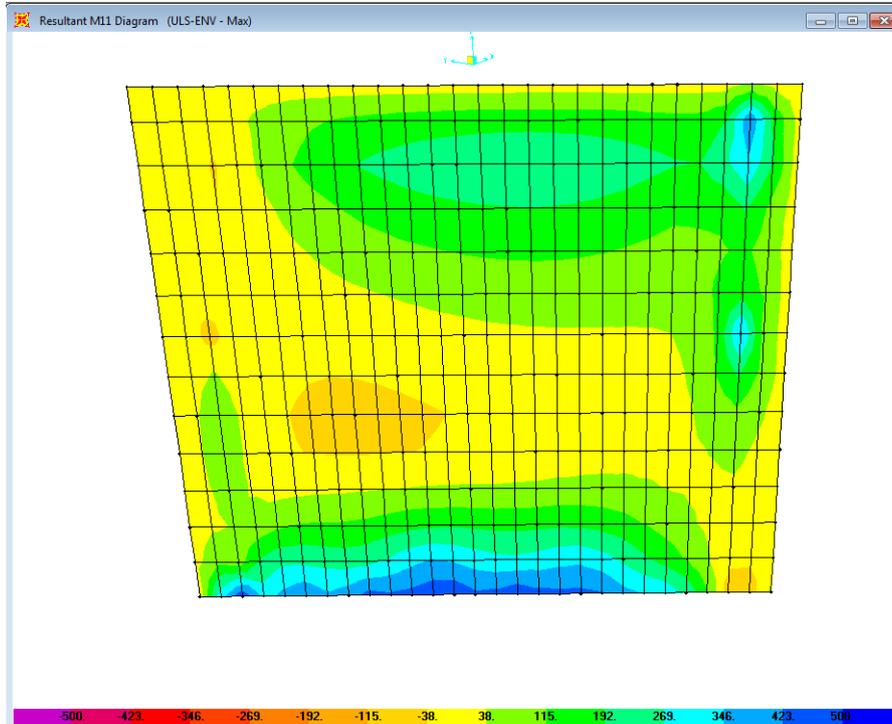
Per le verifiche si considerano le seguenti coppie di sollecitazioni, massimizzando e minimizzando sforzi assiali e tagli all'interno dell'involuppo di interesse:

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

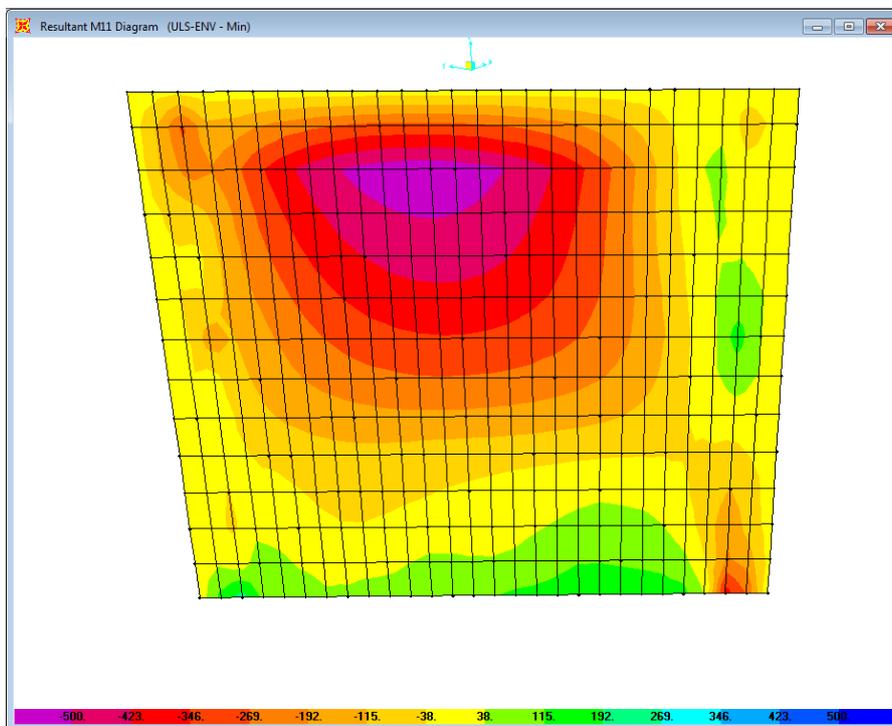
6.6.1 Sollecitazioni muro di spalla

Relazione di calcolo Spalle, plinti e pali di fondazione

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN1A	20	D26CL	CL 09 00 002	A	47 di 164



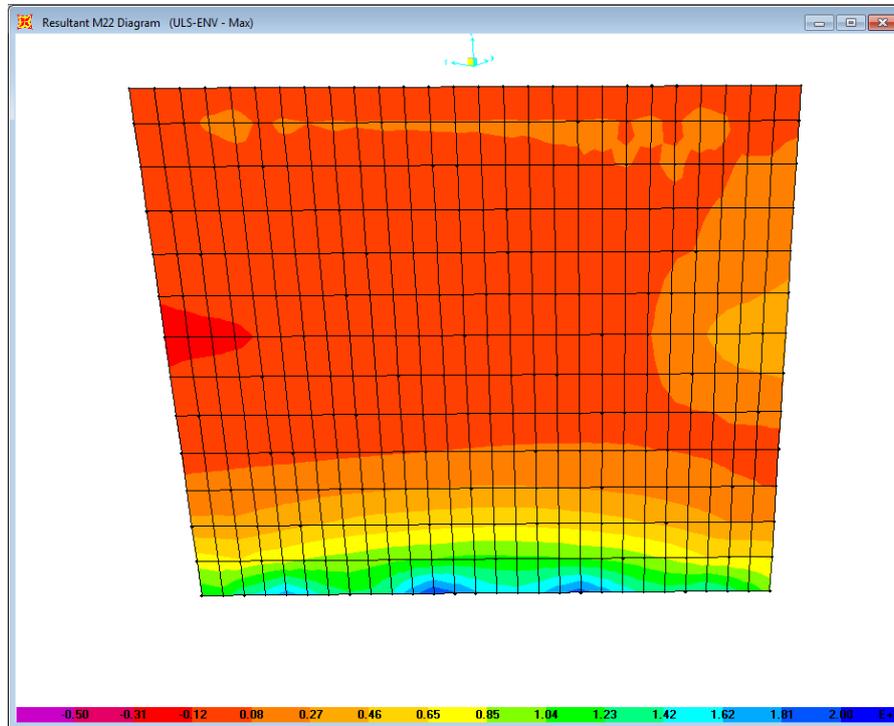
ULS-ENV – Max Mhoriz (=487kN.m/m)



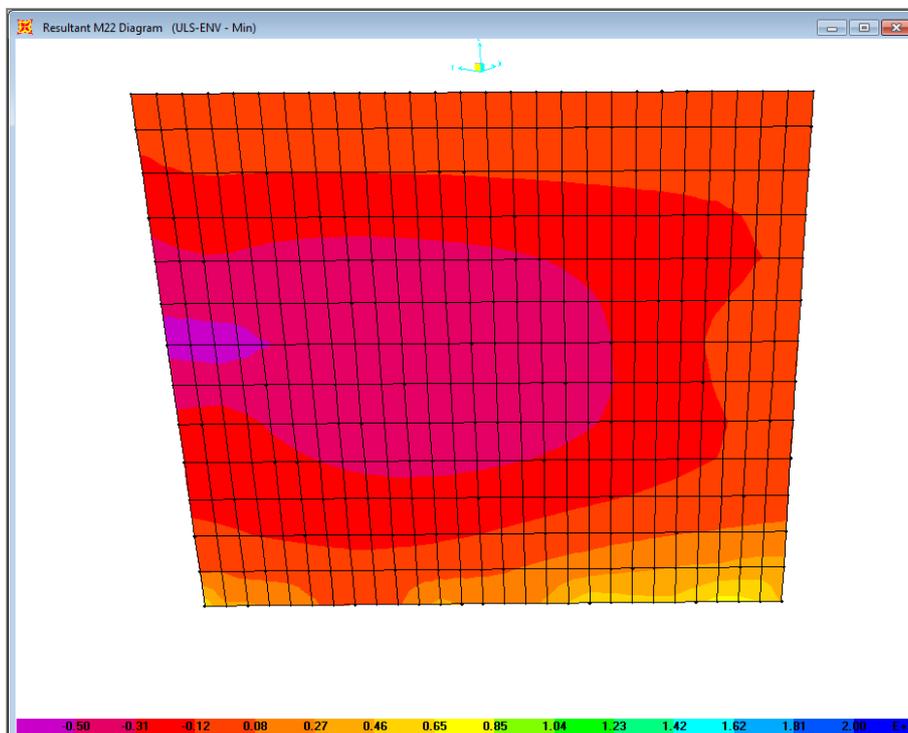
ULS-ENV – Min Mhoriz (=553kN.m/m)

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 164



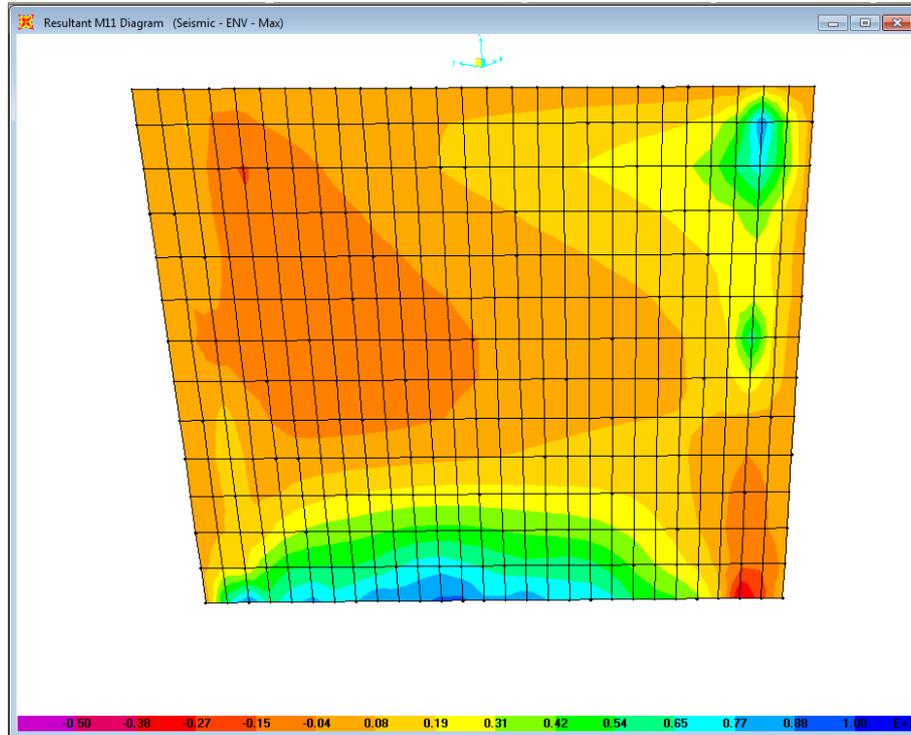
ULS-ENV – Max Mvert (=1974kN.m/m)



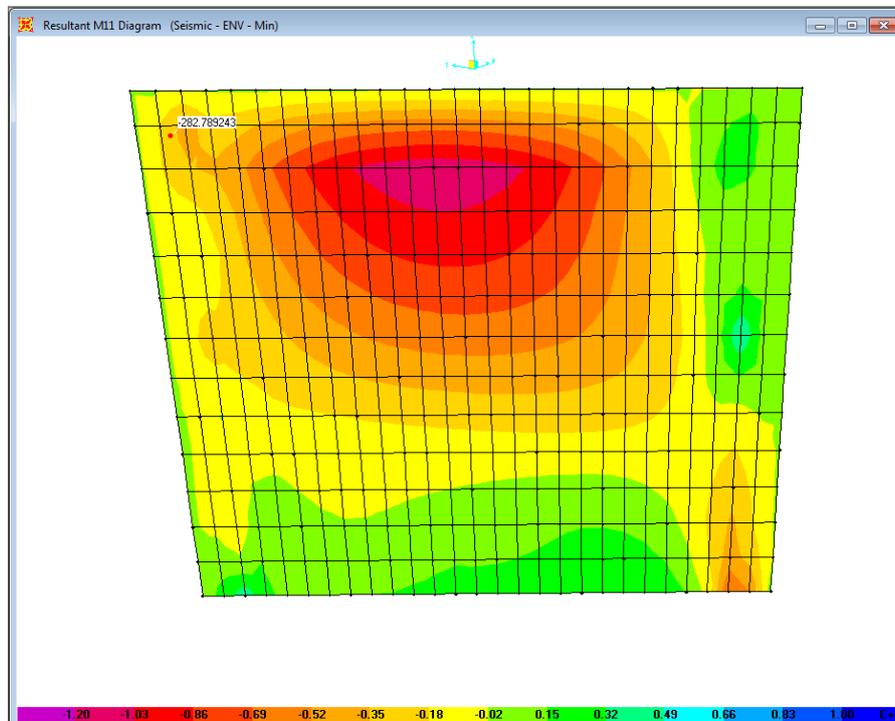
ULS-ENV – Min Mvert (=715kN.m/m)

Relazione di calcolo Spalle, plinti e pali di fondazione

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN1A	20	D26CL	CL 09 00 002	A	49 di 164



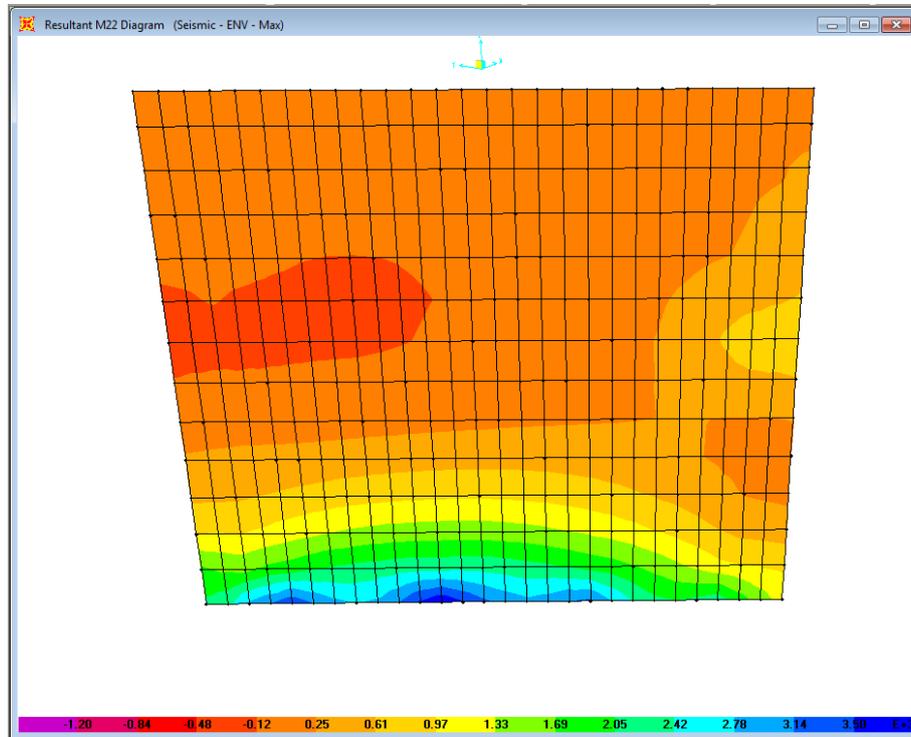
Seismic-ENV – Max Mhoriz (=909kN.m/m)



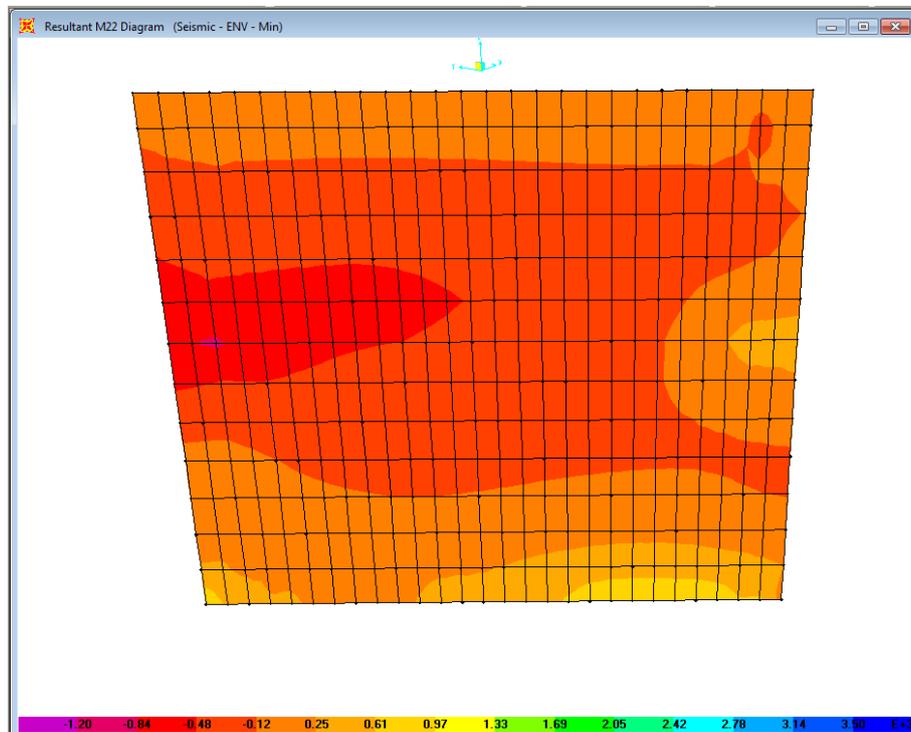
Seismic-ENV – Min Mhoriz (=1148kN.m/m)

Relazione di calcolo Spalle, plinti e pali di fondazione

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN1A	20	D26CL	CL 09 00 002	A	50 di 164



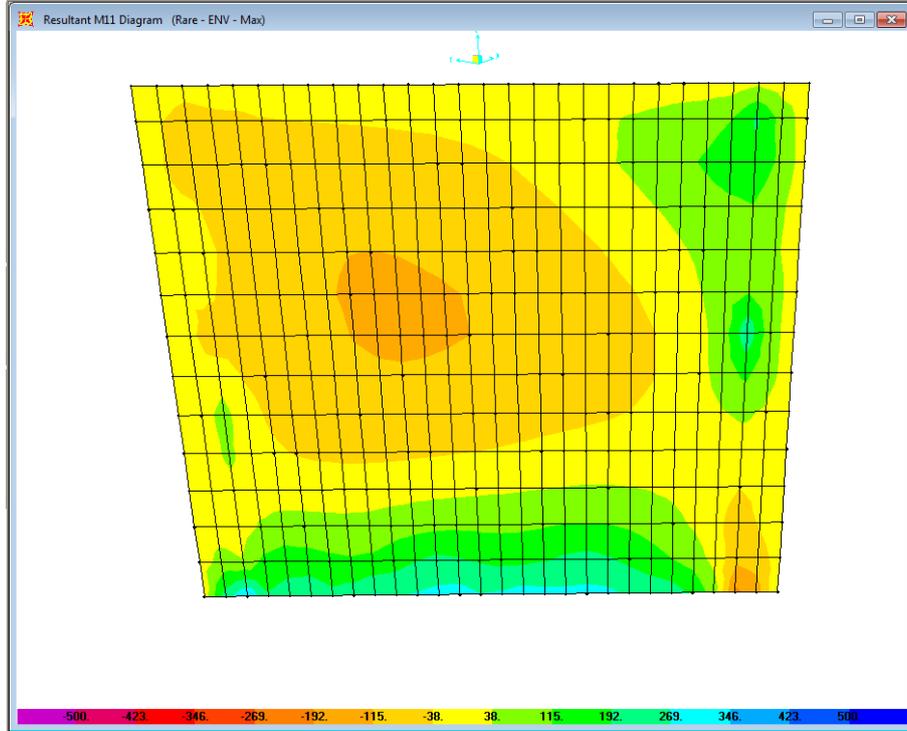
Seismic-ENV – Max Mvert (=3793kN.m/m)



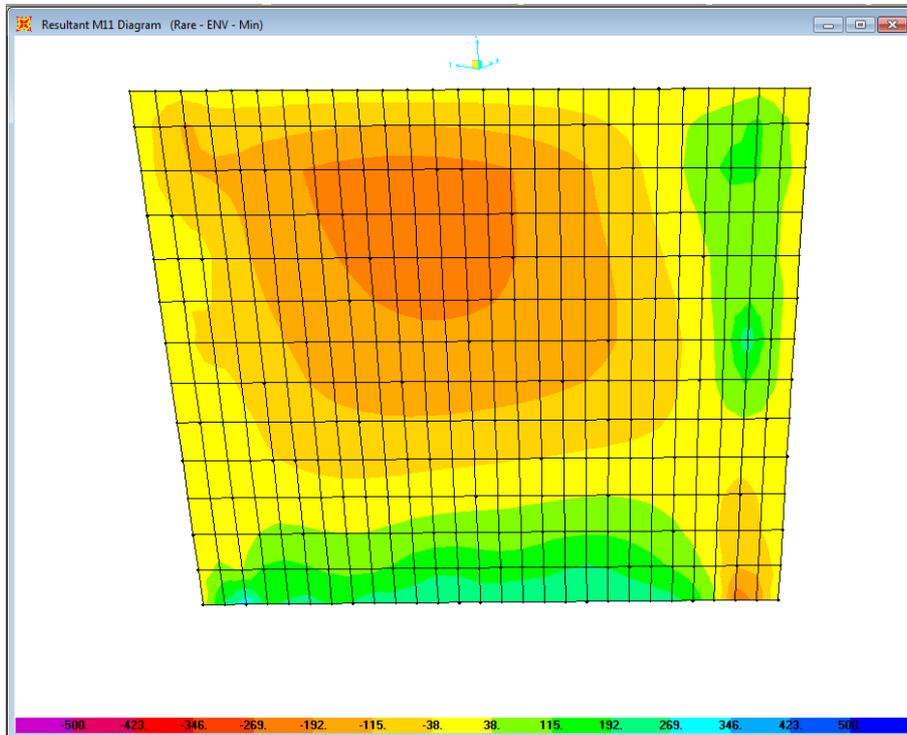
Seismic-ENV – Min Mvert (= -896kN.m/m)

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 164



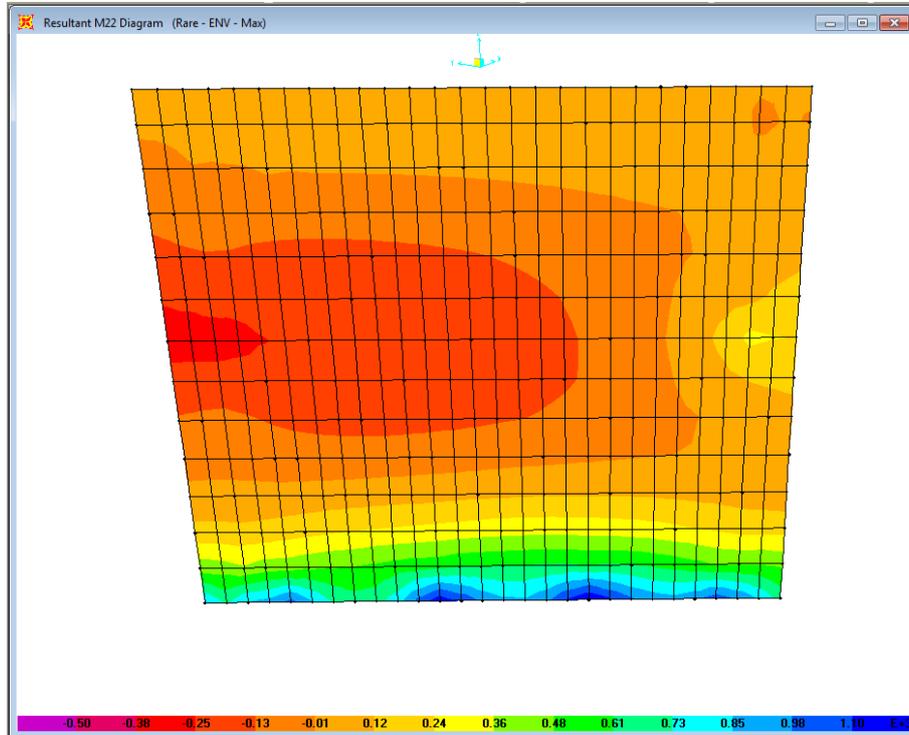
Rare-ENV – Max Mhoriz (=343kN.m/m)



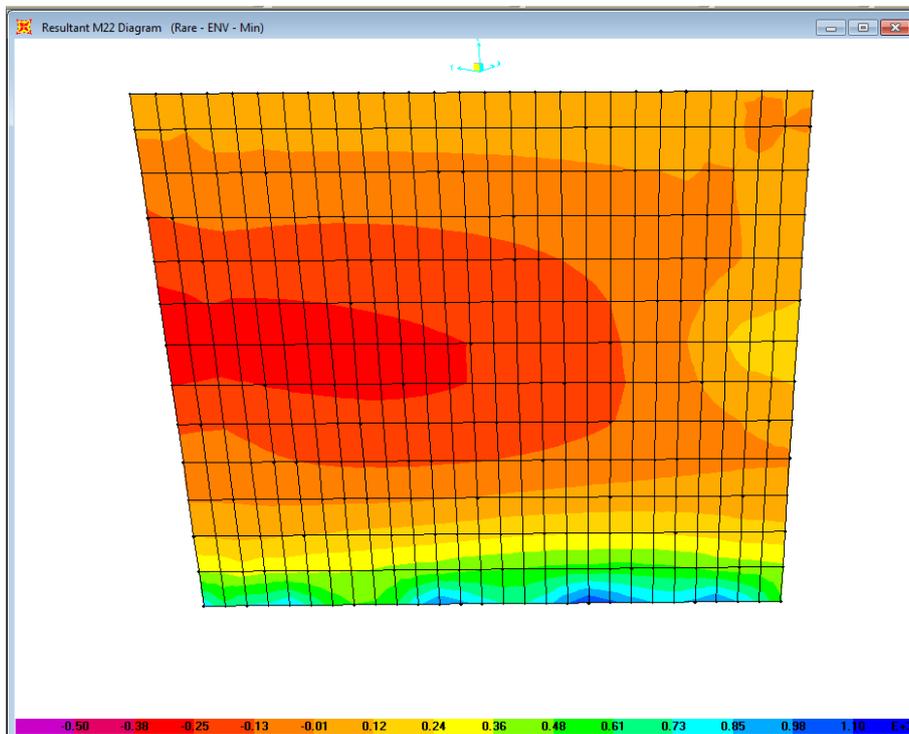
Rare-ENV – Min Mhoriz (=225kN.m/m)

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 164



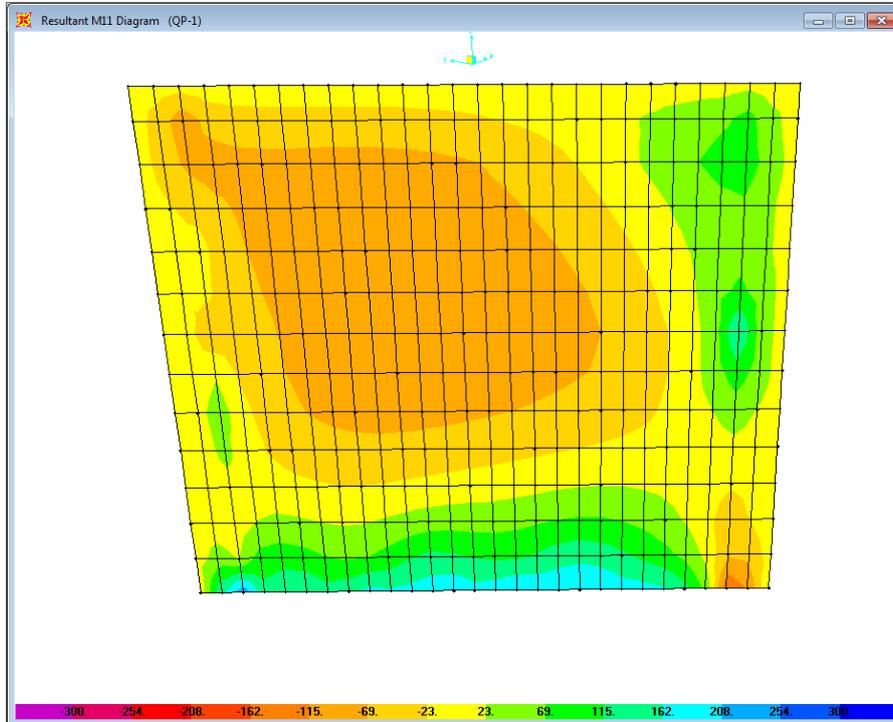
Rare-ENV – Max Mvert (=1217kN.m/m)



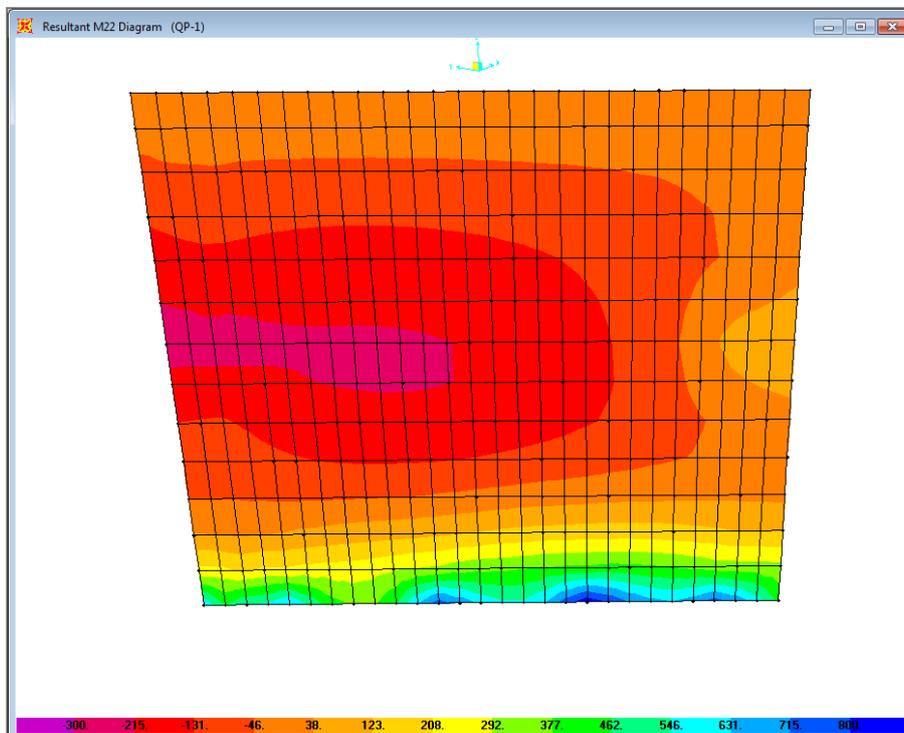
Rare-ENV – Min Mvert (=360kN.m/m)

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 164



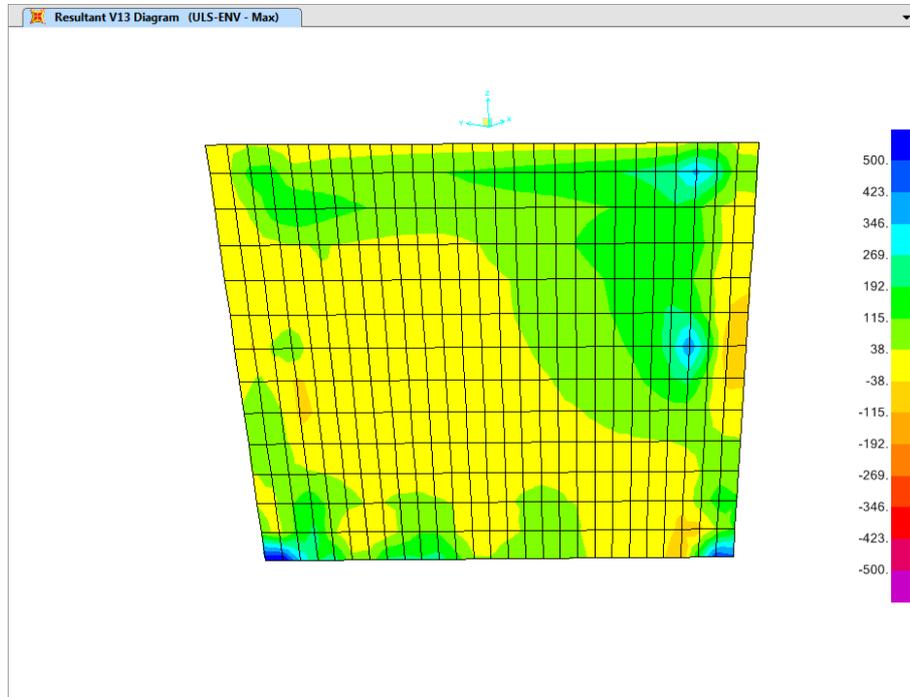
Quasi-permanent – Mhoirz (=234kN.m/m)



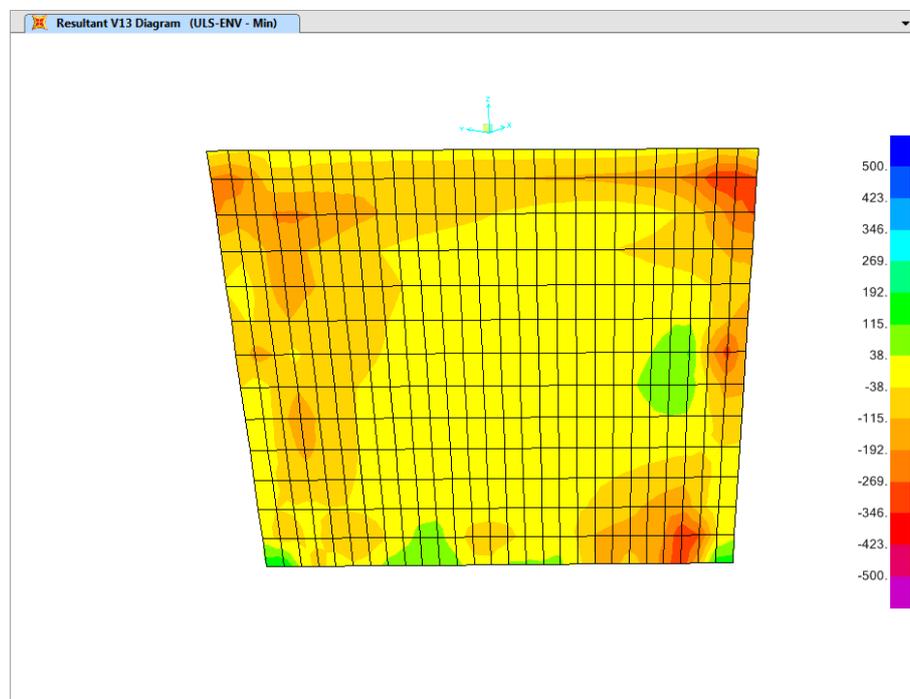
Quasi-permanent – Mvert (=853kN.m/m)

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 164



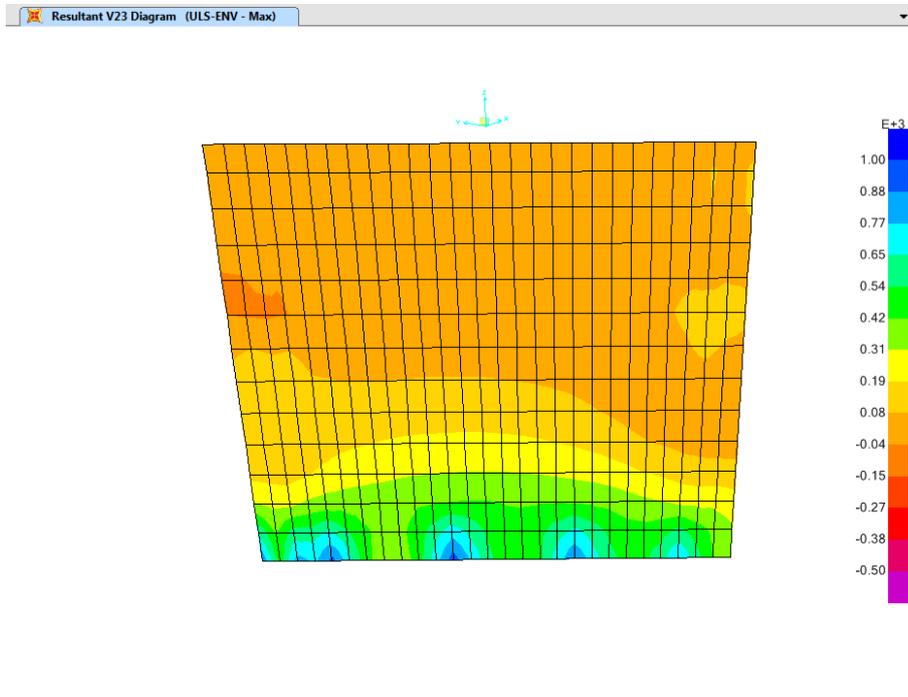
ULS-ENV – Max V13 (=604kN/m)



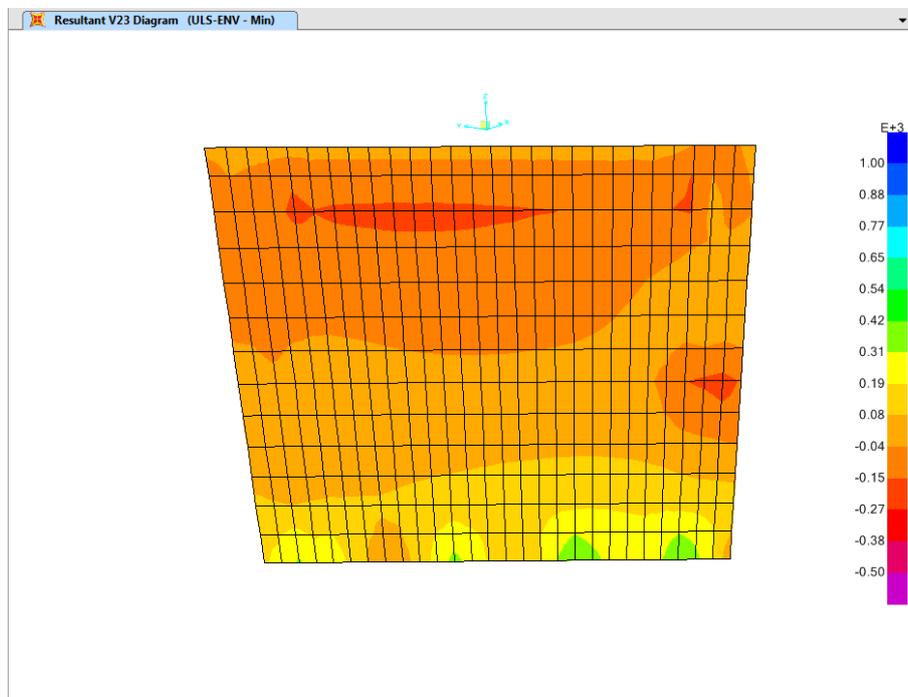
ULS-ENV – Min V13 (=-347kN/m)

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 164



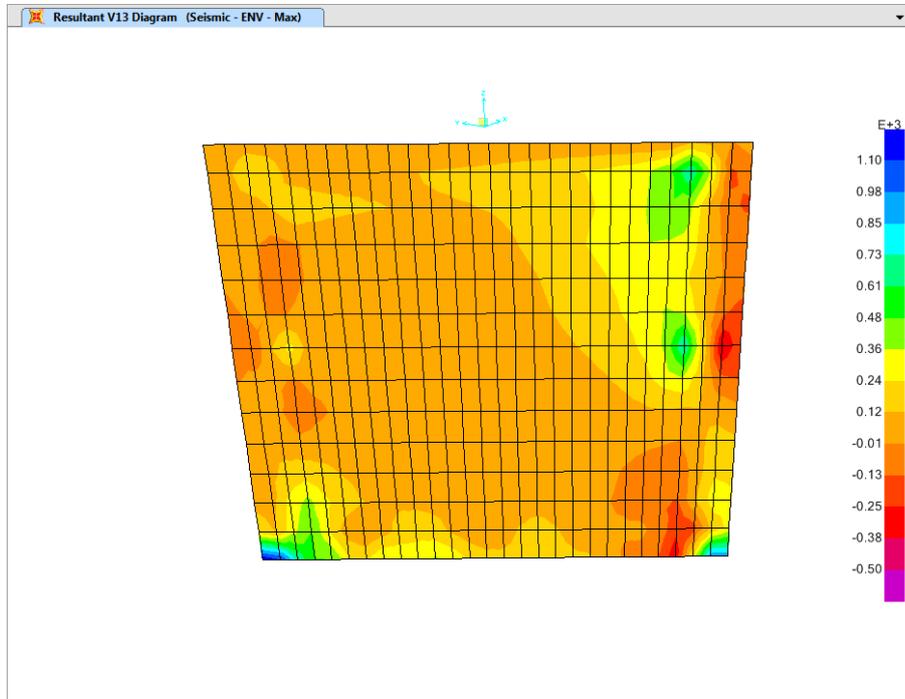
ULS-ENV – Max V23 (=943kN/m)



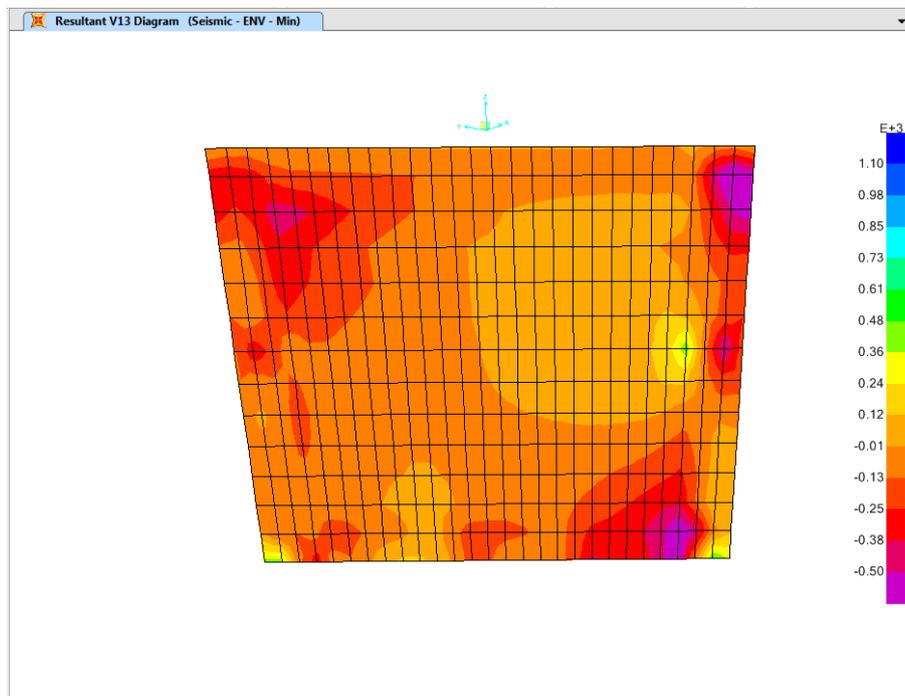
ULS-ENV – Min V23 (=-189kN/m)

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 164



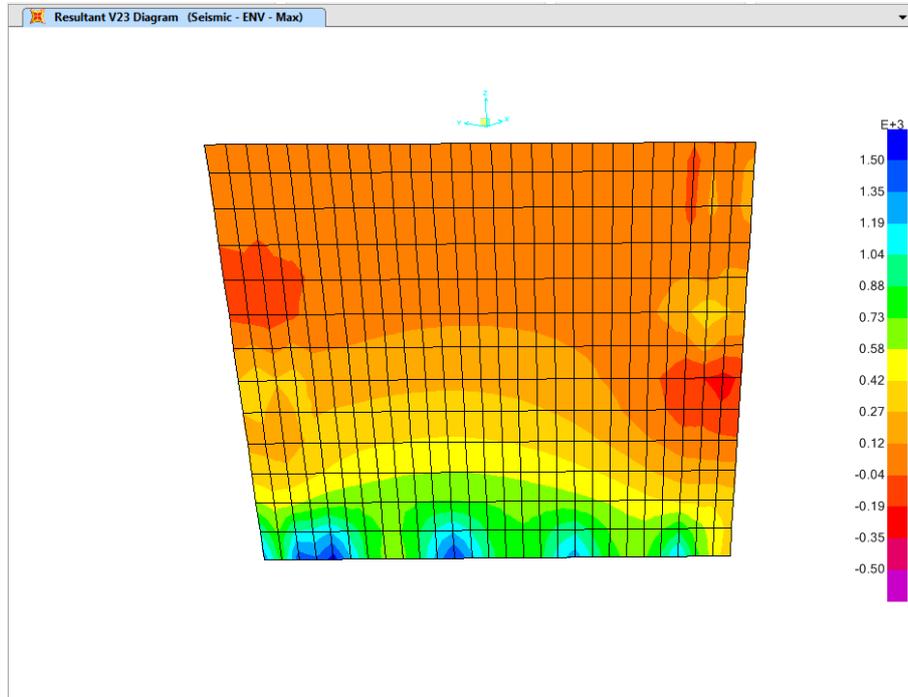
Seismic-ENV – Max V13 (=1207kN/m)



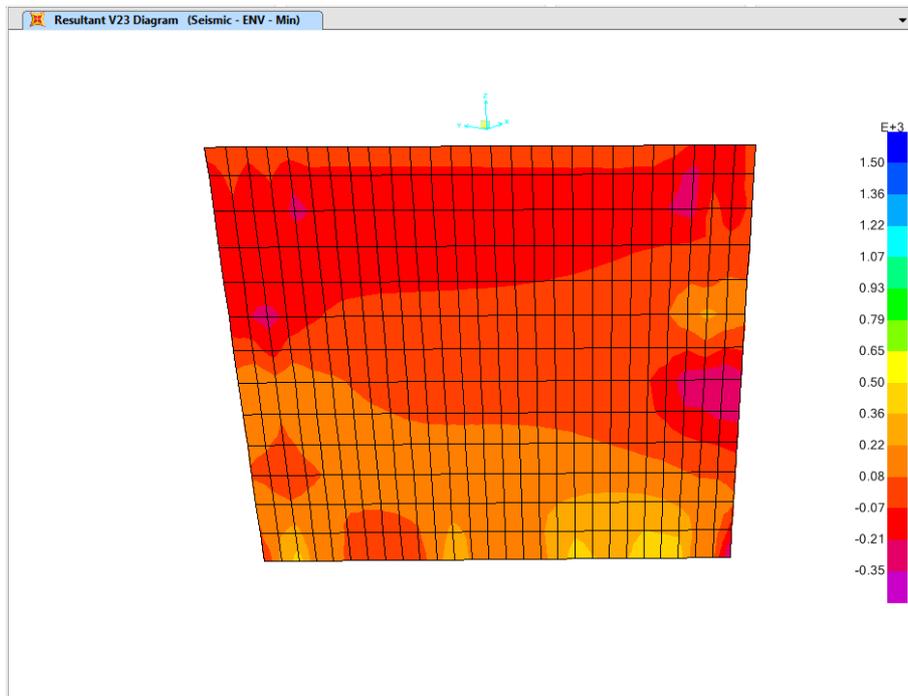
Seismic-ENV – Min V13 (=714kN/m)

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 164

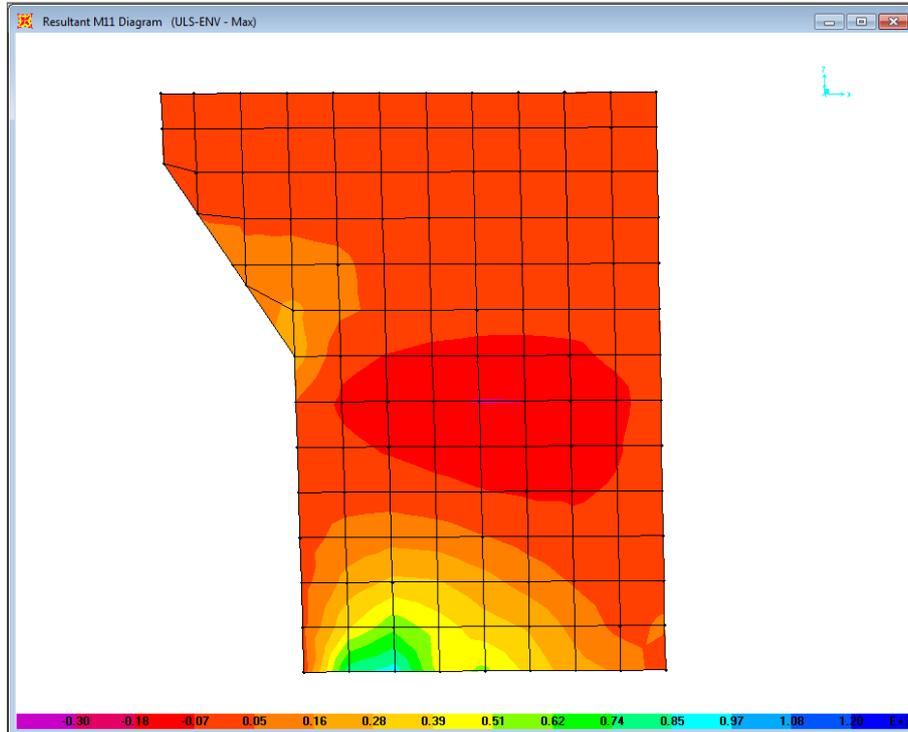


Seismic-ENV – Max V23 (=1573kN/m)

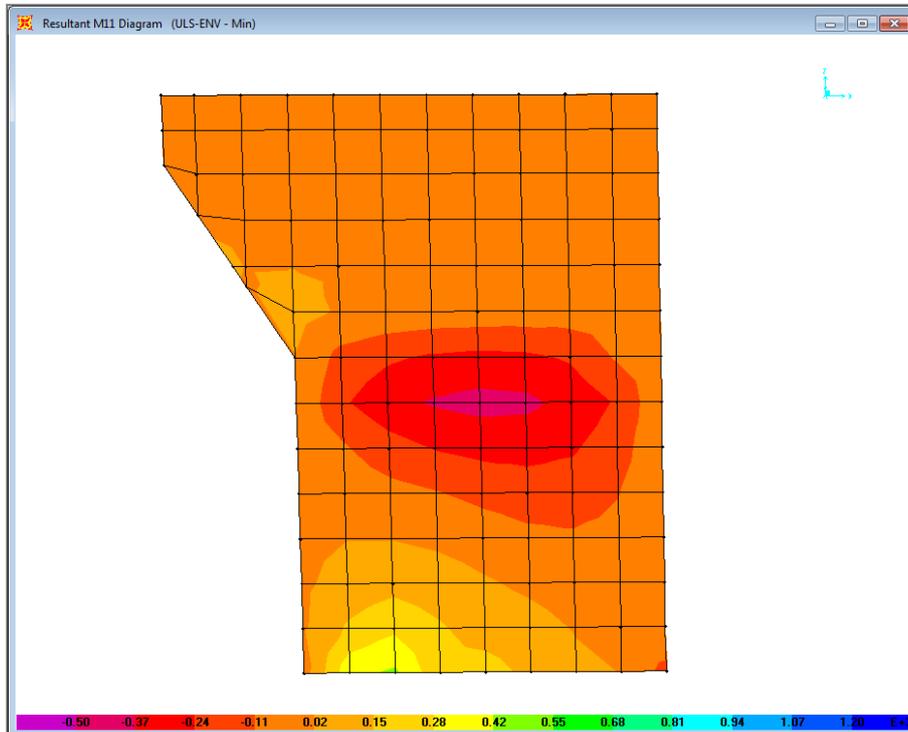


Seismic-ENV – Min V23 (= -357kN/m)

6.6.2 Sollecitazioni muro andatore



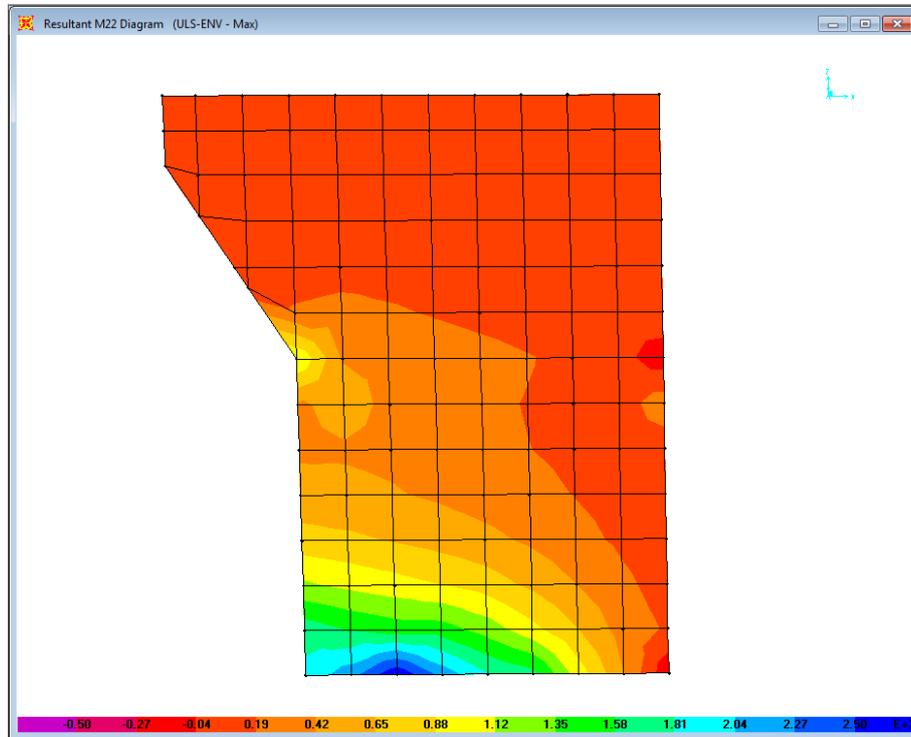
ULS-ENV – Max Mhoriz (=908kN.m/m; top: 220kN.m/m)



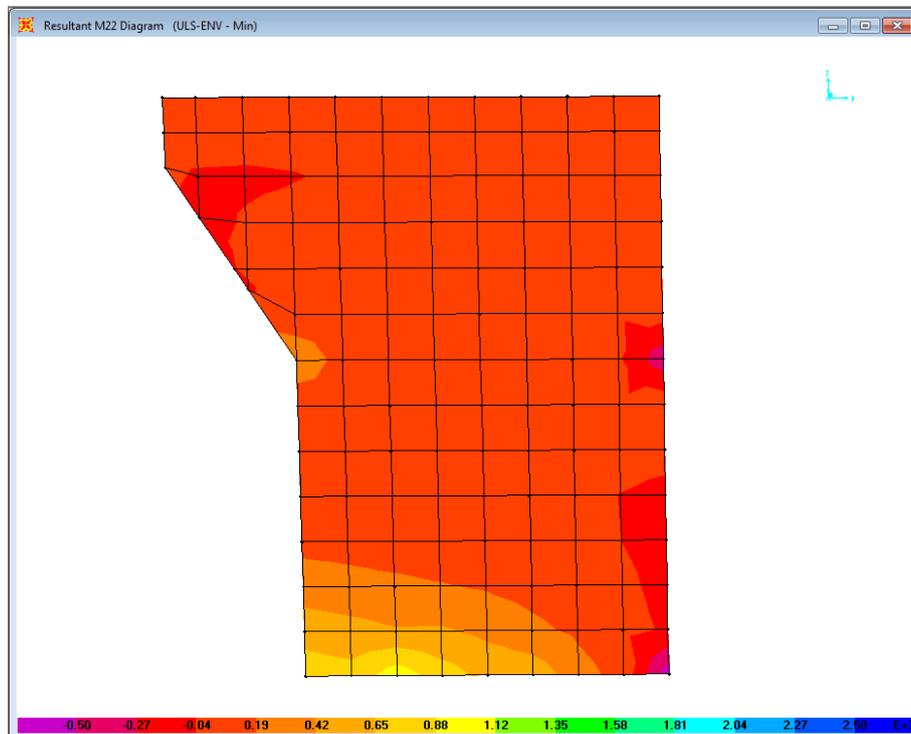
ULS-ENV – Min Mhoriz (= -414kN.m/m; top: -275kN.m/m)

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 164



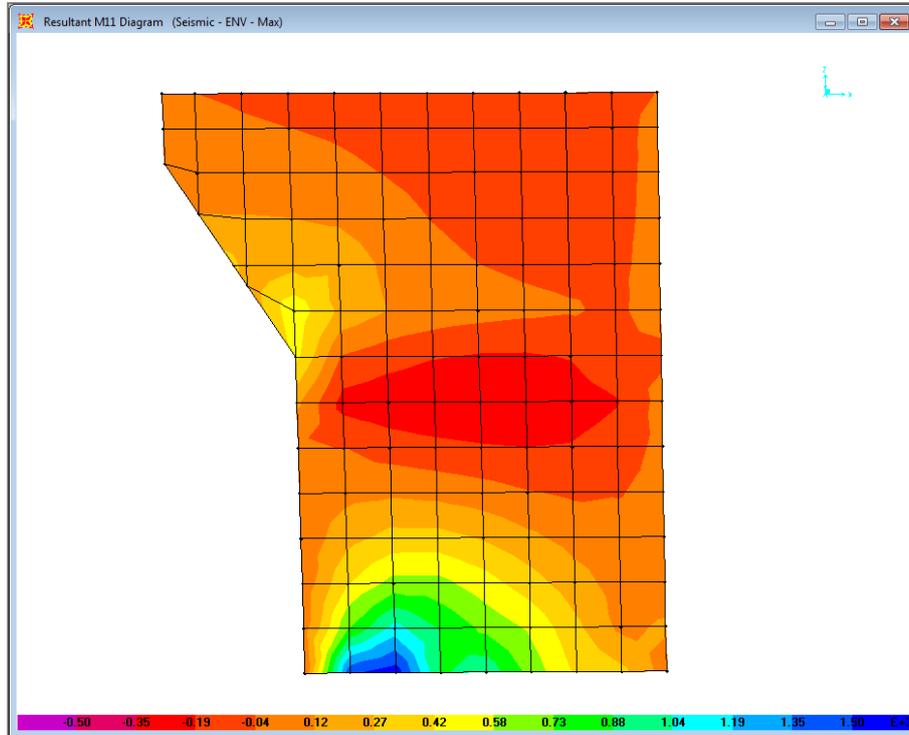
ULS-ENV – Max Mvert (=2697kN.m/m; top: 1101kN.m/m)



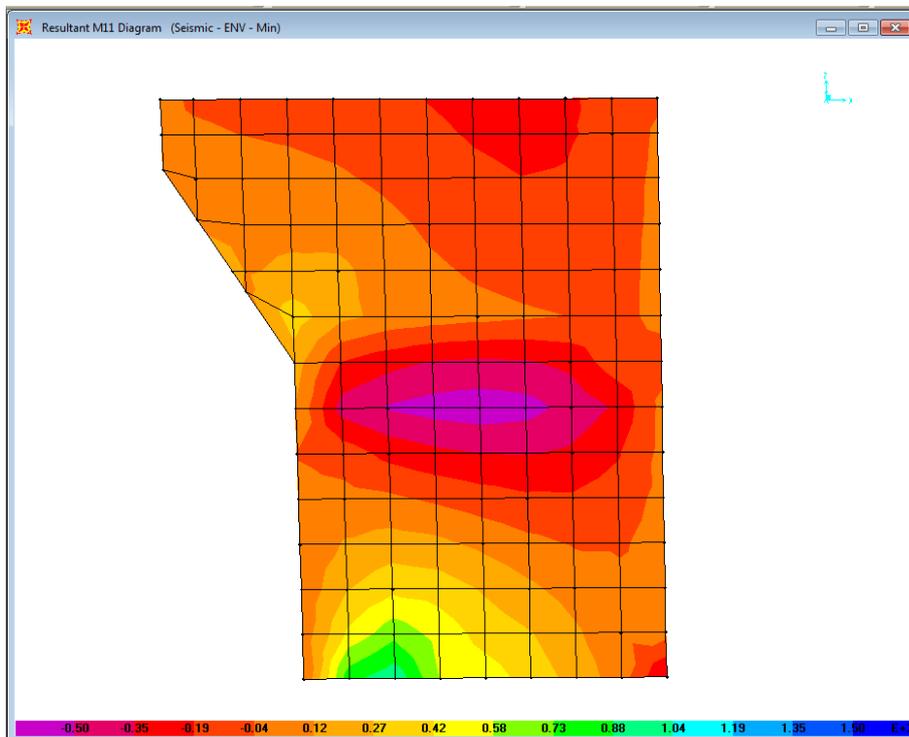
ULS-ENV – Min Mvert (=631kN.m/m; top: -414kN.m/m)

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 164



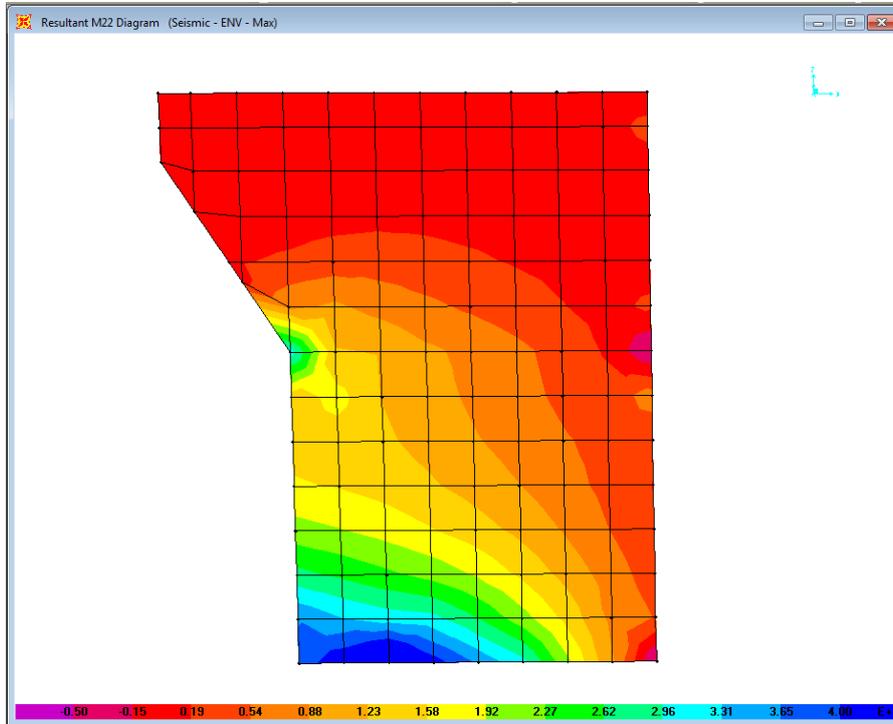
Seismic-ENV – Max Mhoriz (=1337kN.m/m; top: 407kN.m/m)



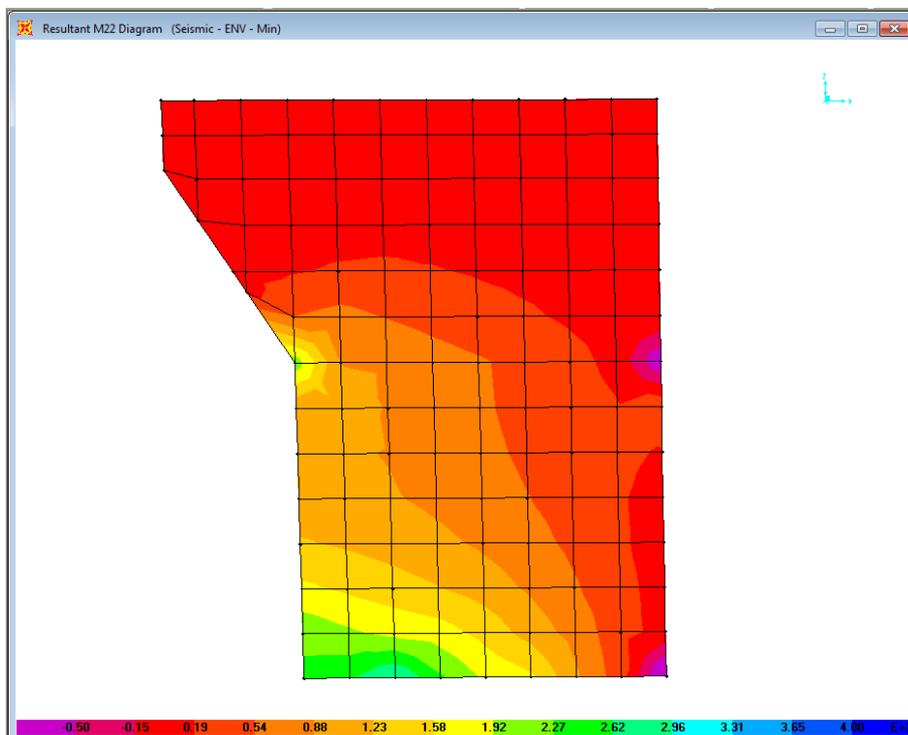
Seismic-ENV – Min Mhoriz (= -593kN.m/m; top: -243kN.m/m)

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 164



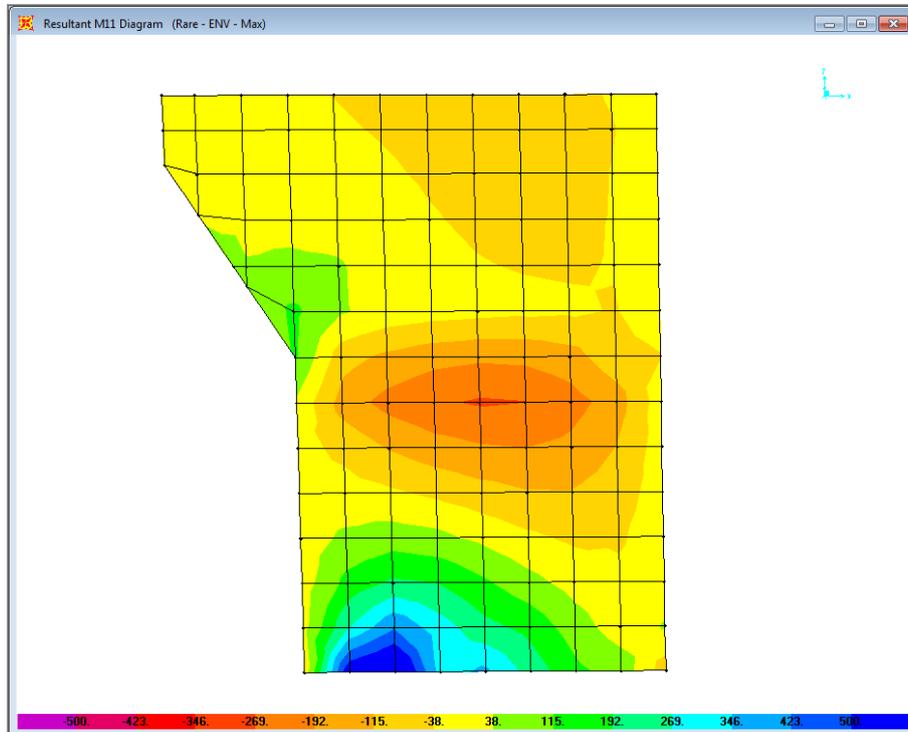
Seismic-ENV – Max Mvert (=5037kN.m/m; top: 1257kN.m/m)



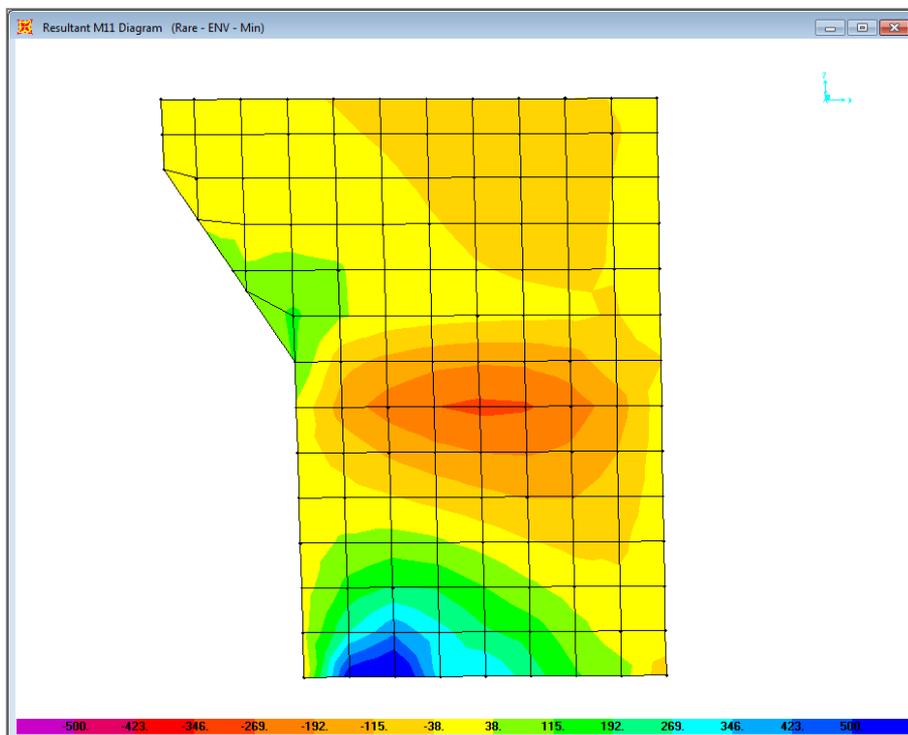
Seismic-ENV – Min Mvert (= -1065kN.m/m; top: -807kN.m/m)

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 164



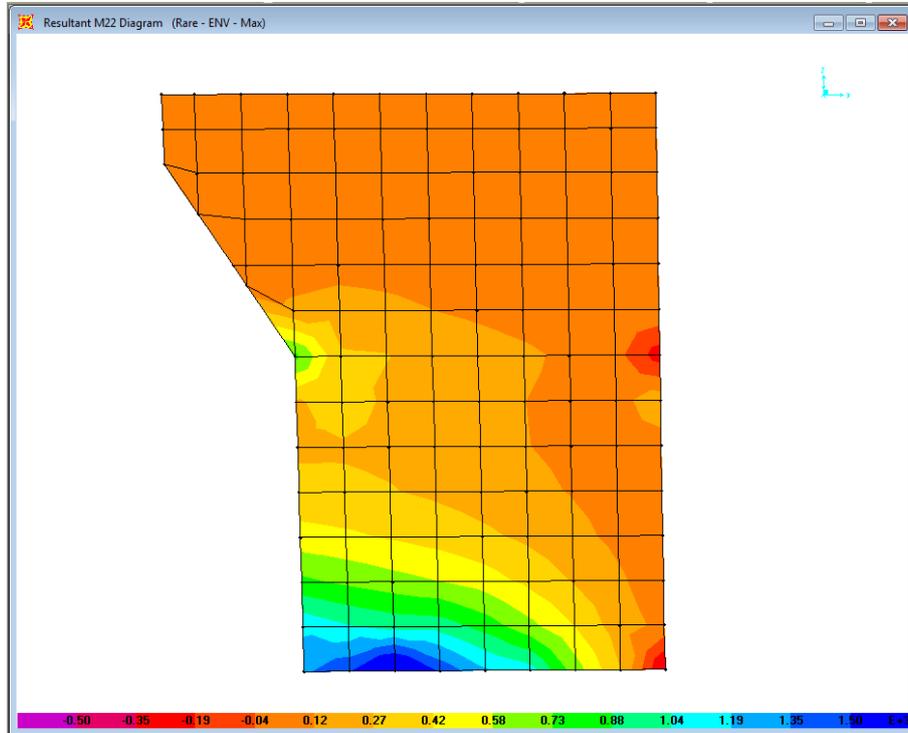
Rare-ENV – Max Mhoriz (=649kN.m/m; top: 131kN.m/m)



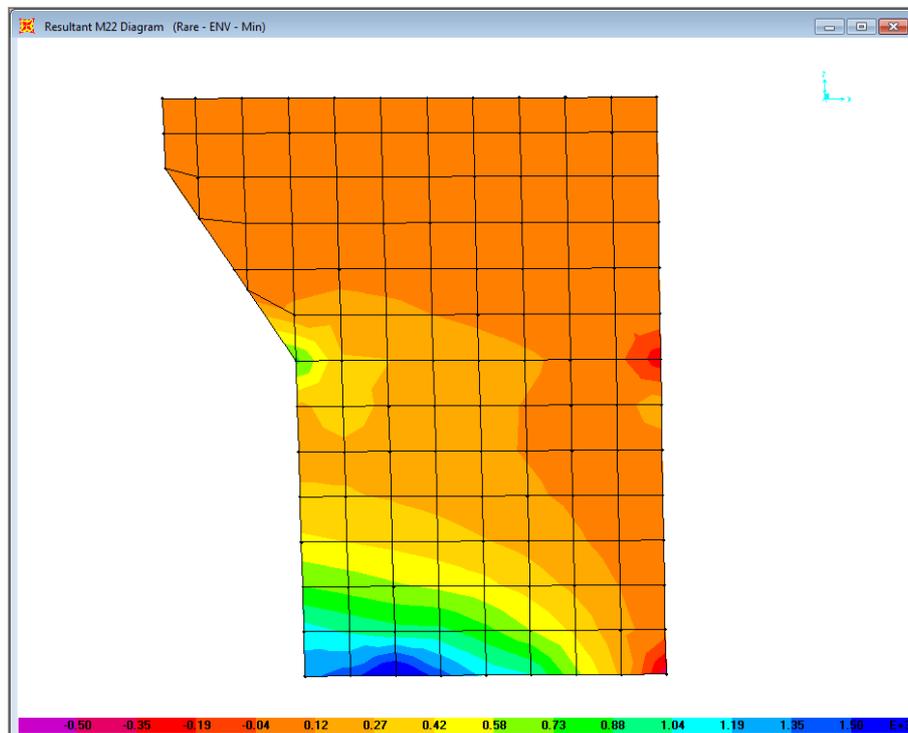
Rare-ENV – Min Mhoriz (=289kN.m/m; top: -74kN.m/m)

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 164



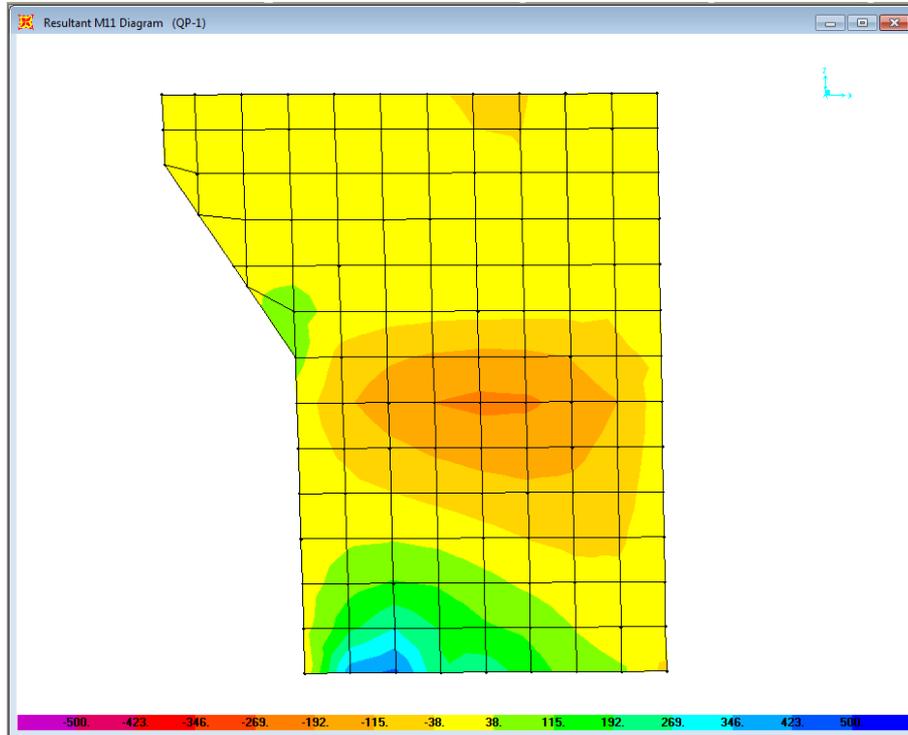
Rare-ENV – Max Mvert (=1845kN.m/m; top: 541kN.m/m)



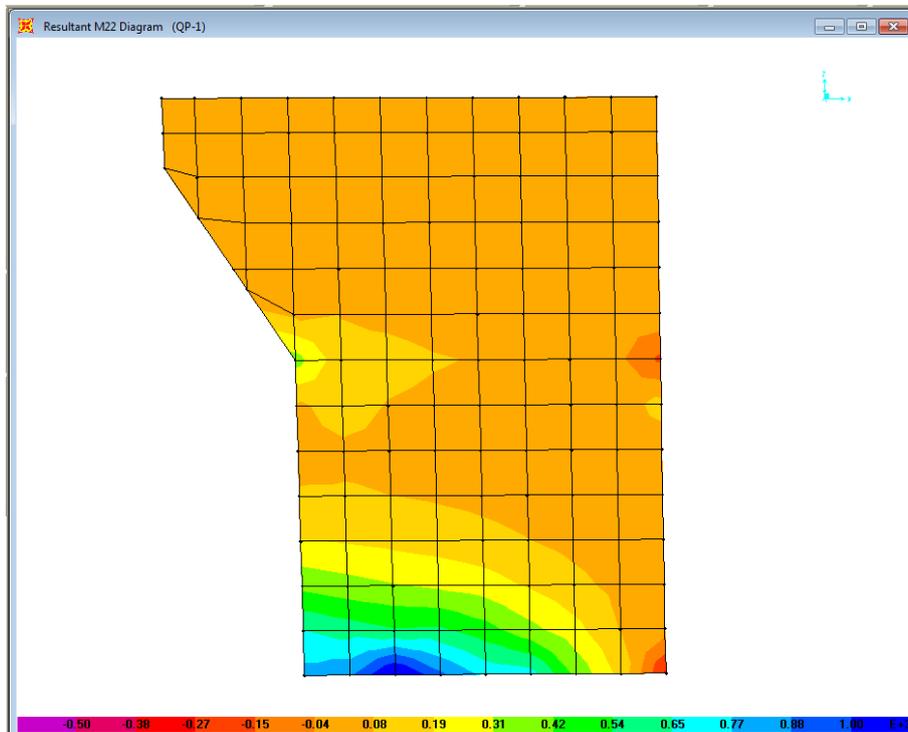
Rare-ENV – Min Mvert (=427kN.m/m; top: 294kN.m/m)

Relazione di calcolo Spalle, plinti e pali di fondazione

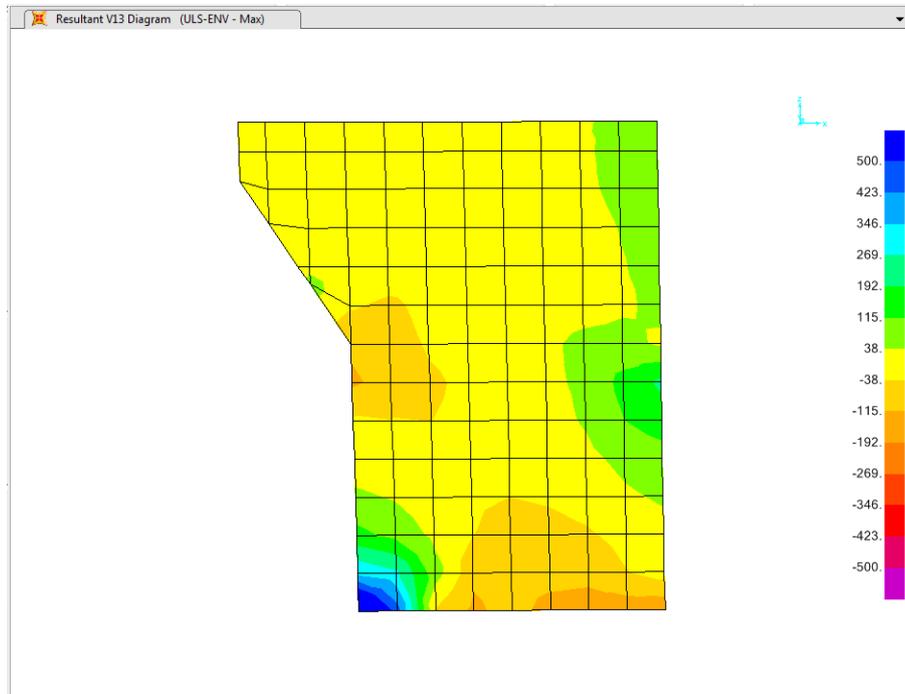
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN1A	20	D26CL	CL 09 00 002	A	64 di 164



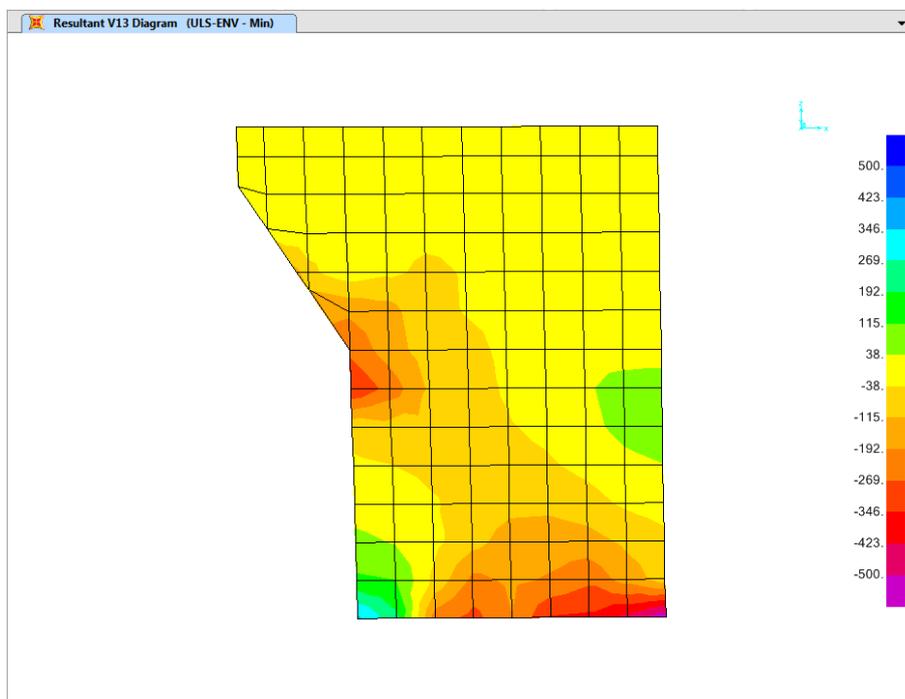
Quasi-permanent $-M_{\text{horiz}}$ (=440kN.m/m; top: -137kN.m/m)



Quasi-permanent $-M_{\text{vert}}$ (=1157kN.m/m; top: 354kN.m/m)



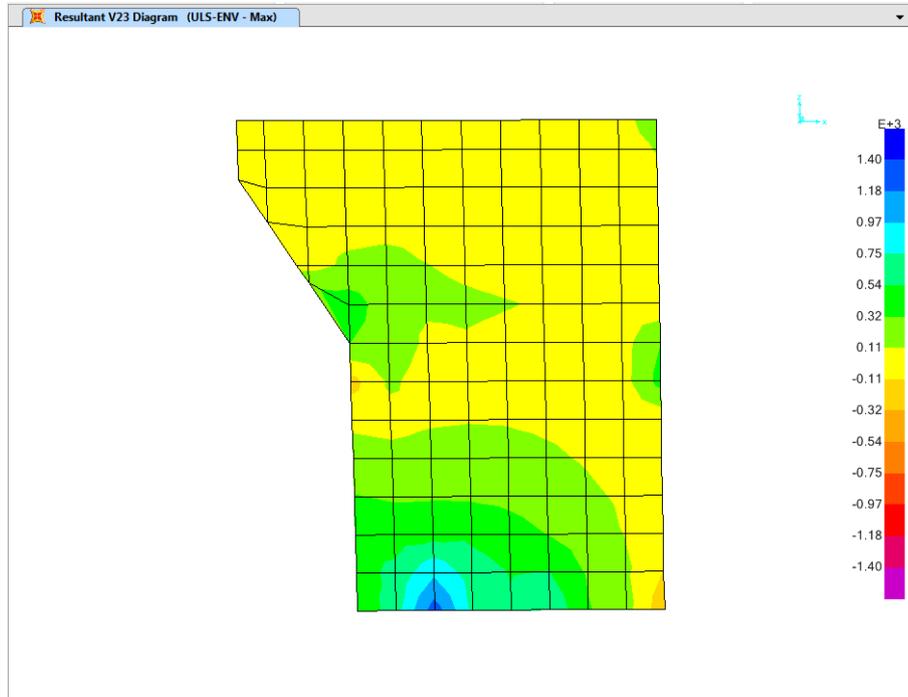
ULS-ENV – Max V13 (=755kN/m; top: 103kN/m)



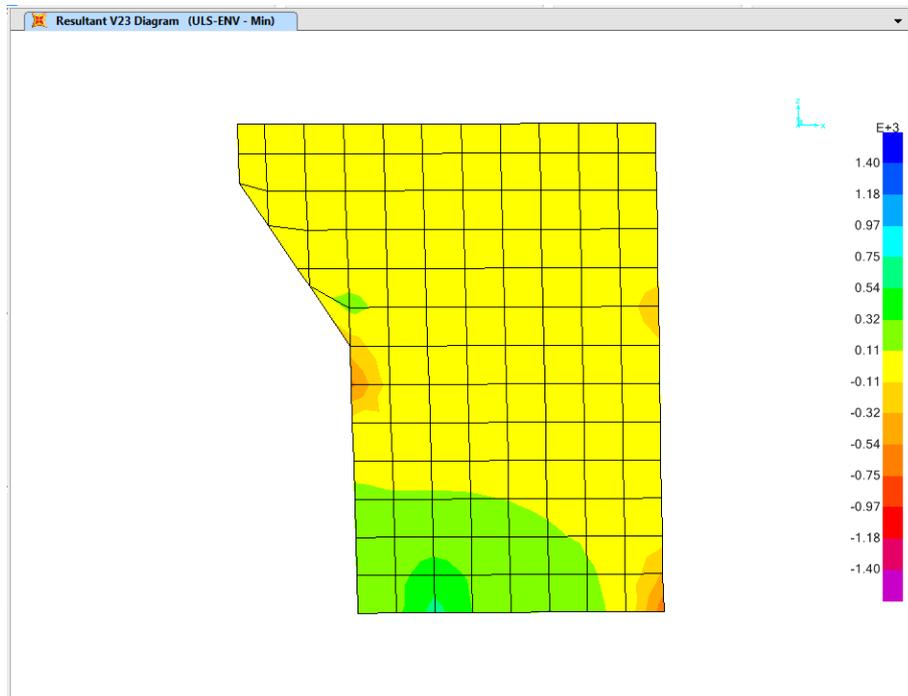
ULS-ENV – Min V13 (= -561kN/m; top: -254kN/m)

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 164



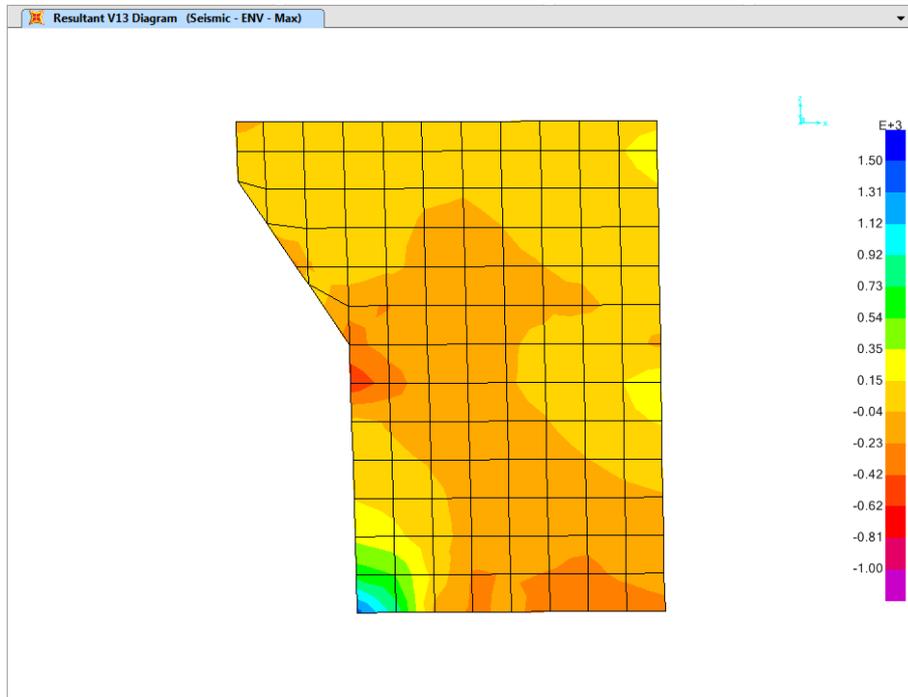
ULS-ENV – Max V23 (=1288kN/m; top: 443kN/m)



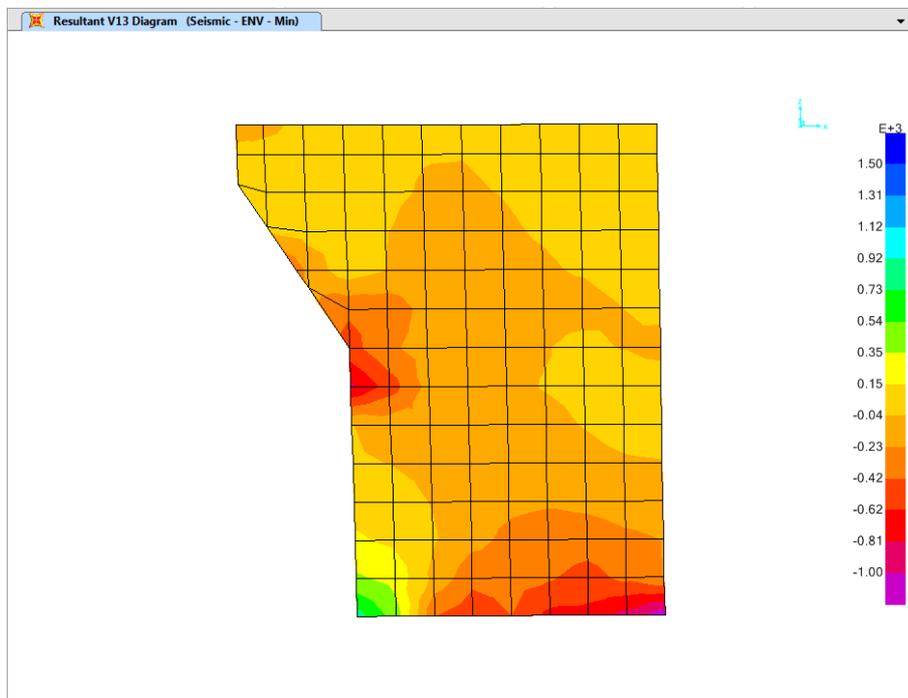
ULS-ENV – Min V23 (= -694kN/m; top: -243kN/m)

Relazione di calcolo Spalle, plinti e pali di fondazione

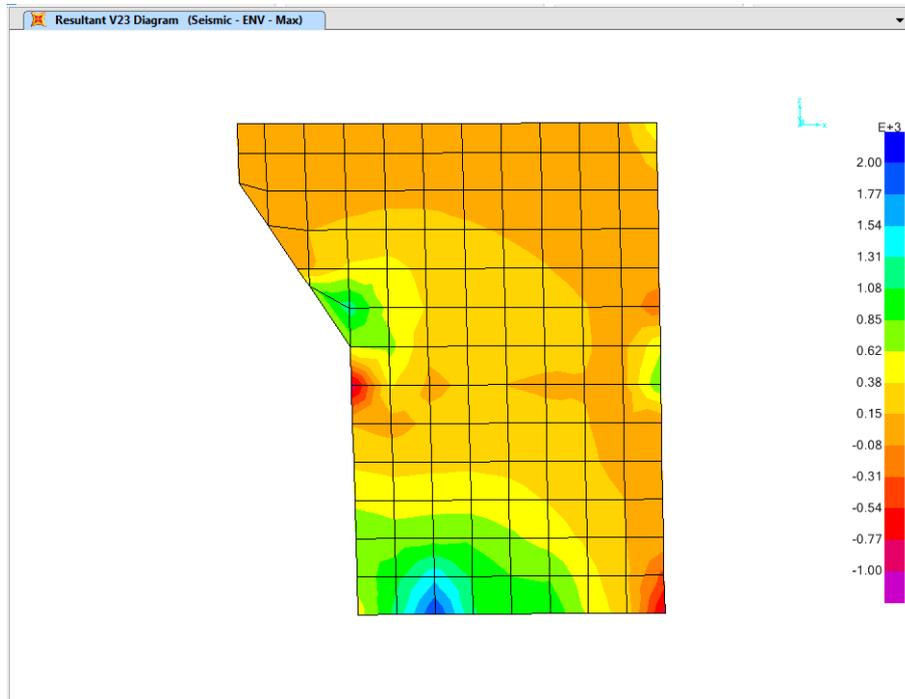
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN1A	20	D26CL	CL 09 00 002	A	67 di 164



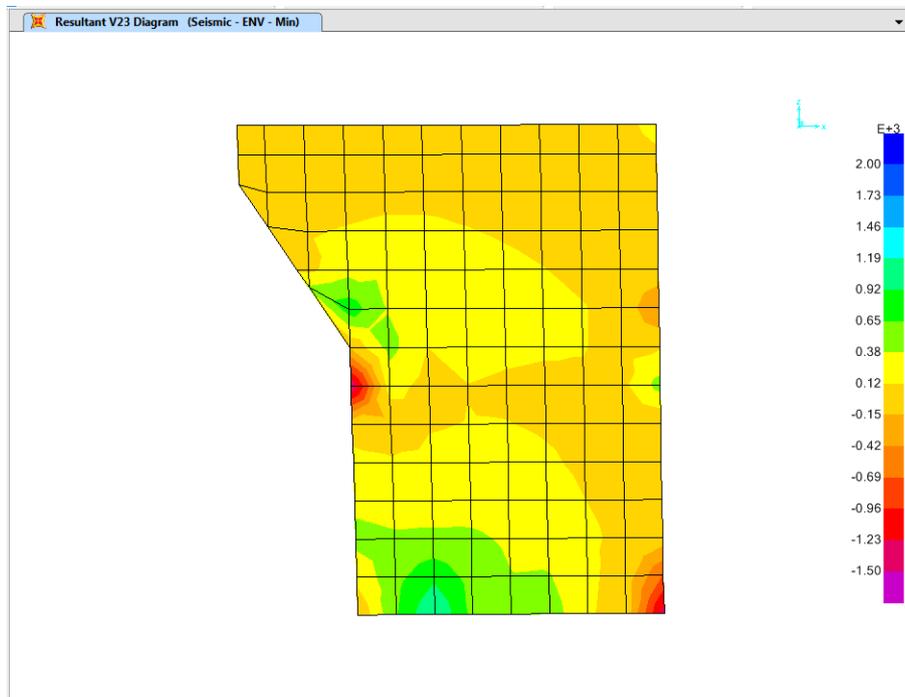
Seismic-ENV – Max V13 (=1379kN/m; top: 227kN/m)



Seismic-ENV – Min V13 (= -1157kN/m; top: -506kN/m)

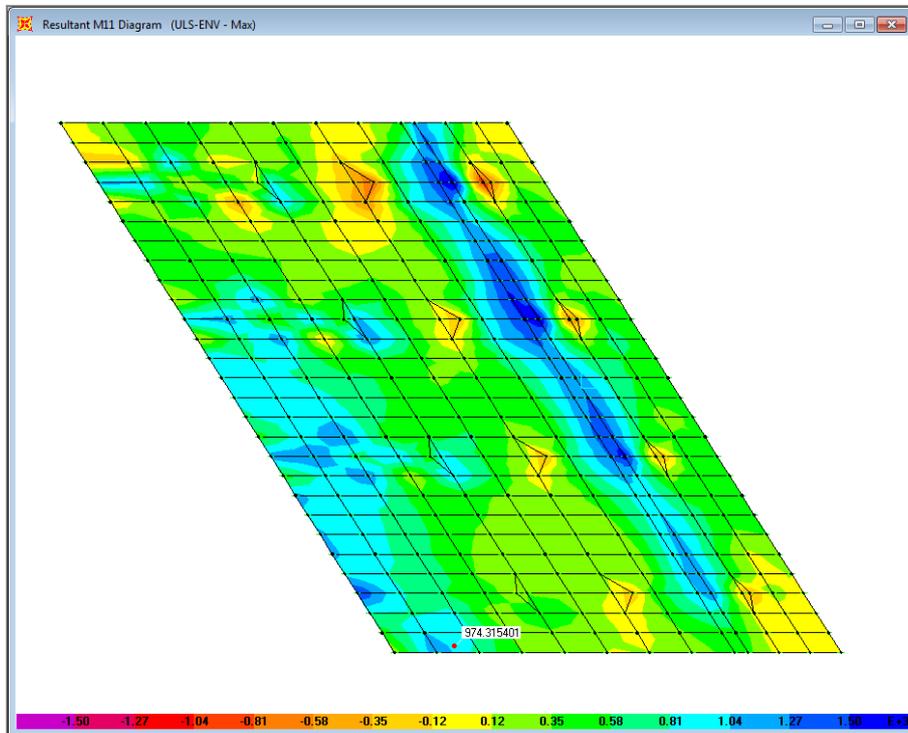


Seismic-ENV – Max V23 (=2007kN/m; top: 1204kN/m)

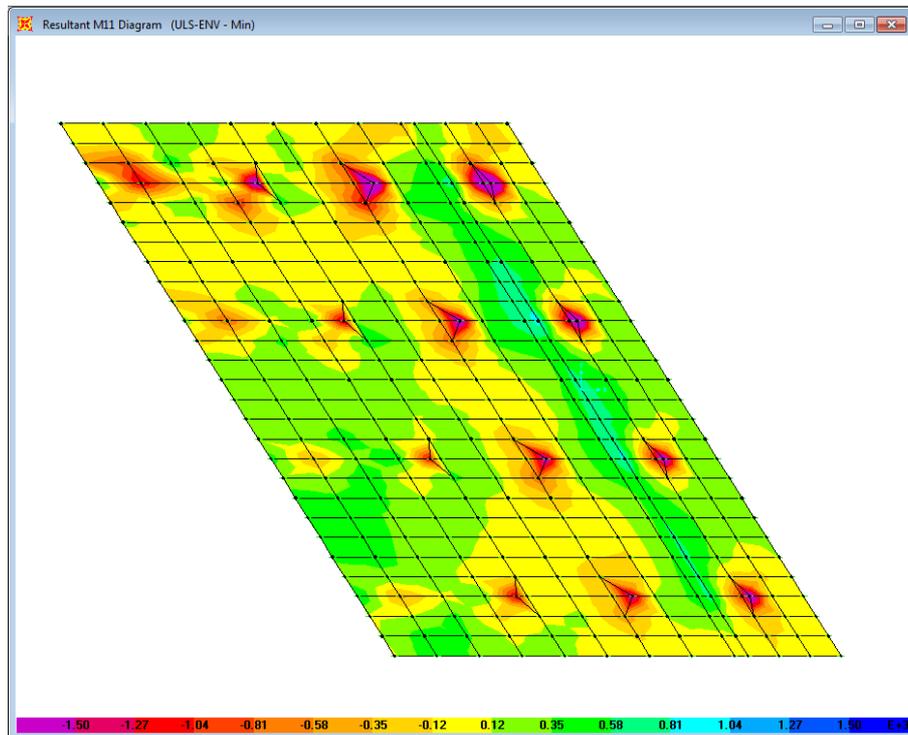


Seismic-ENV – Min V23 (= -1480kN/m; top: -448kN/m).

6.6.3 Sollecitazioni platea



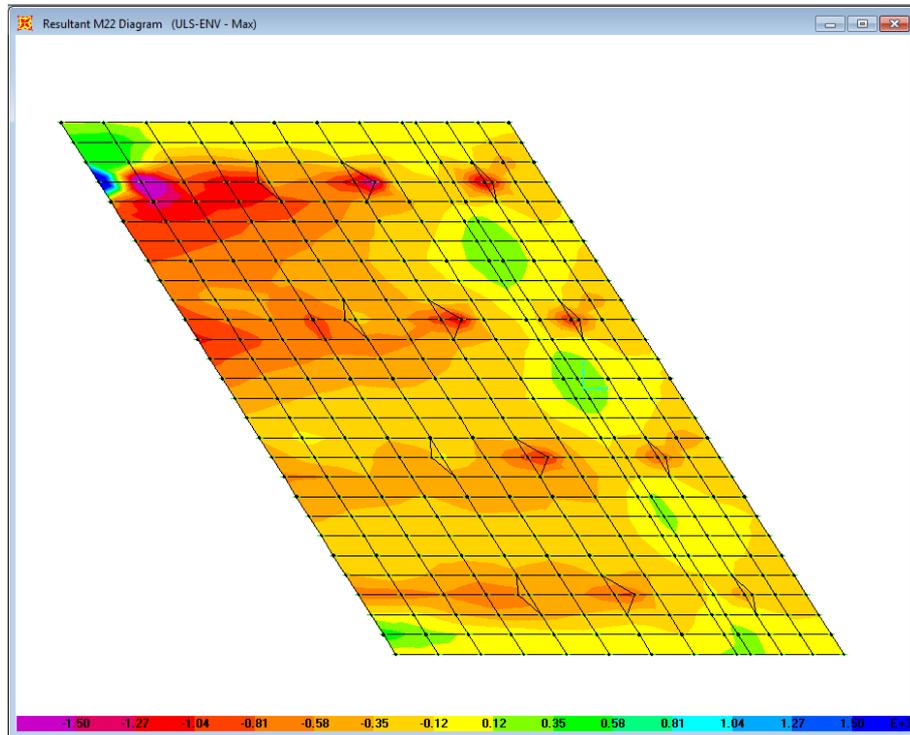
ULS-ENV – Max Mx (=1893kN.m/m)



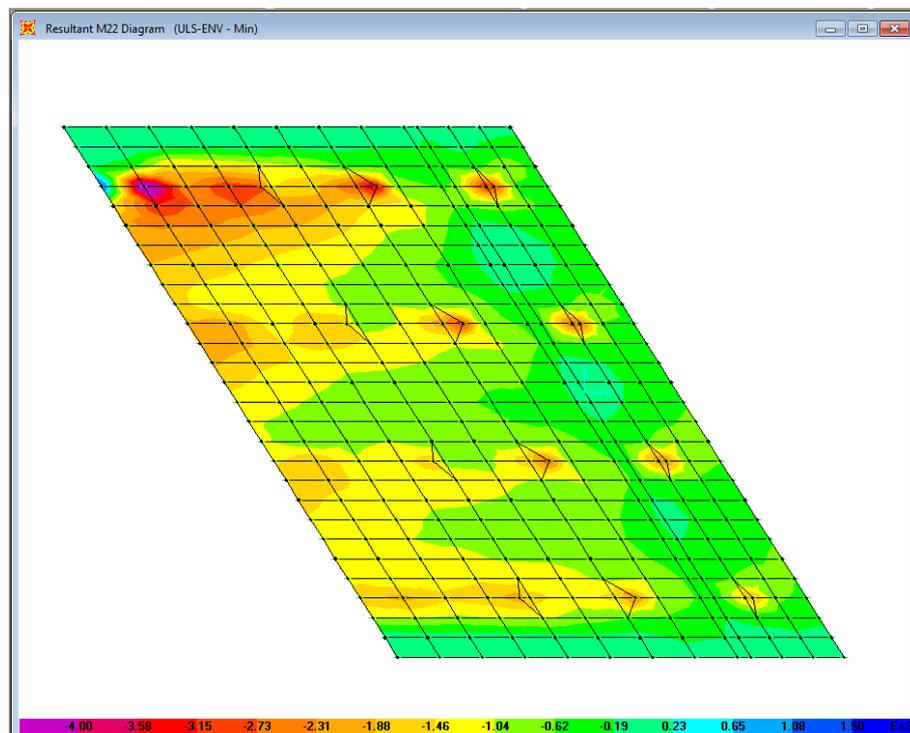
ULS-ENV – Min Mx (= -3098kN.m/m)

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 164



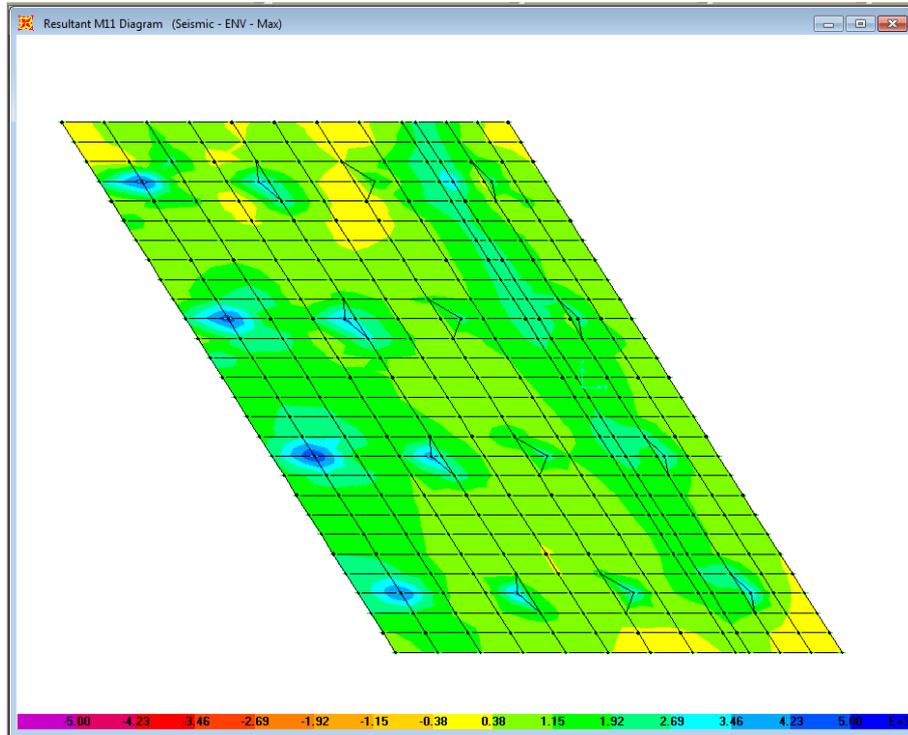
ULS-ENV – Max M_y (=1815kN.m/m)



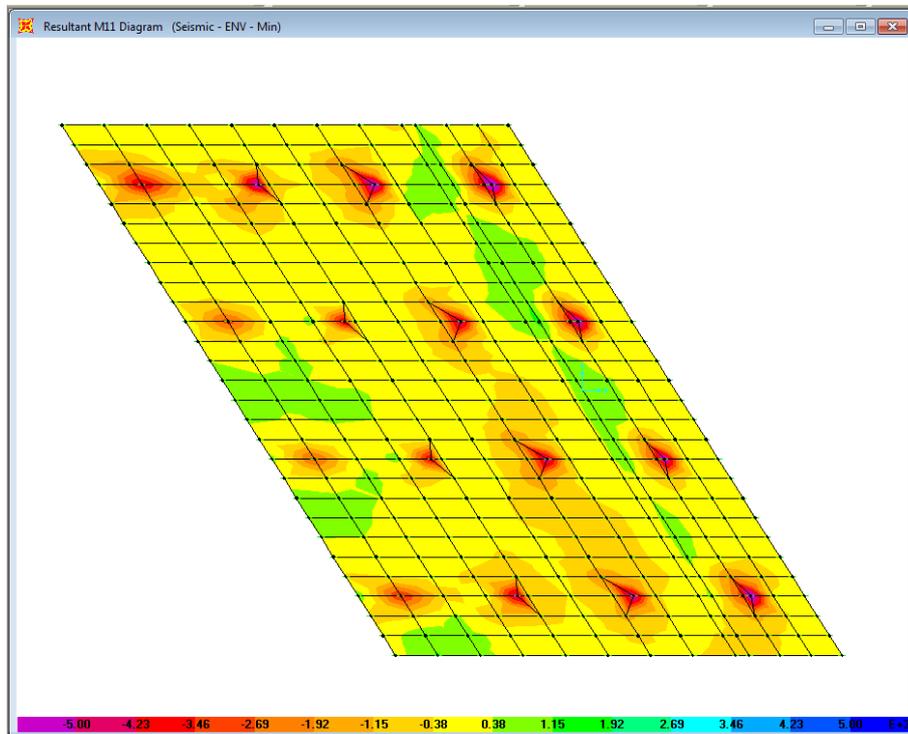
ULS-ENV – Min M_y (=5036kN.m/m)

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 164



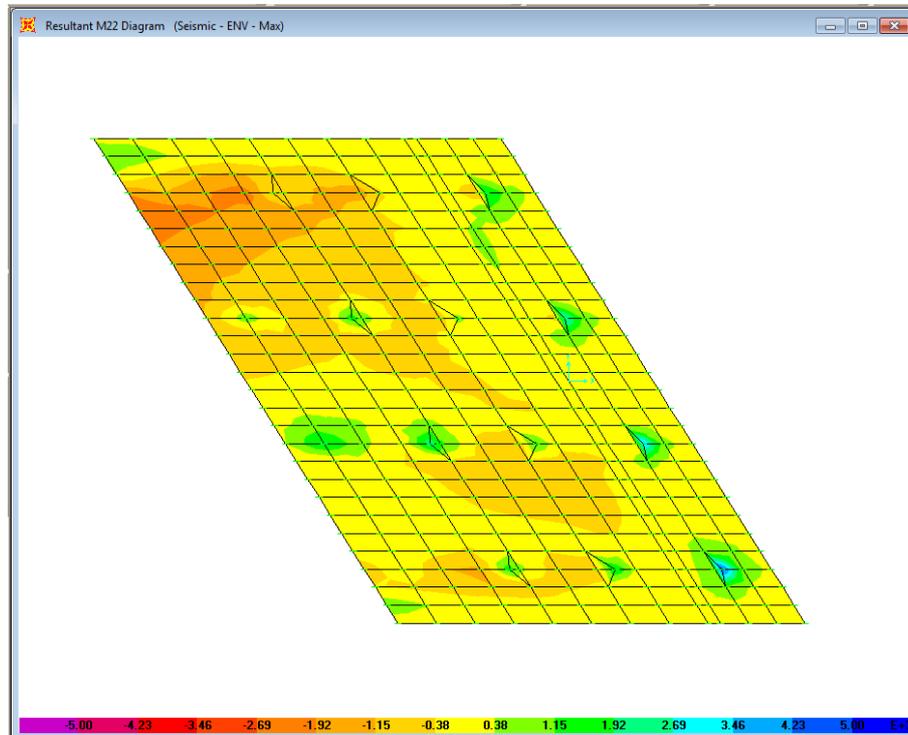
Seismic-ENV – Max Mx (=5103kN.m/m)



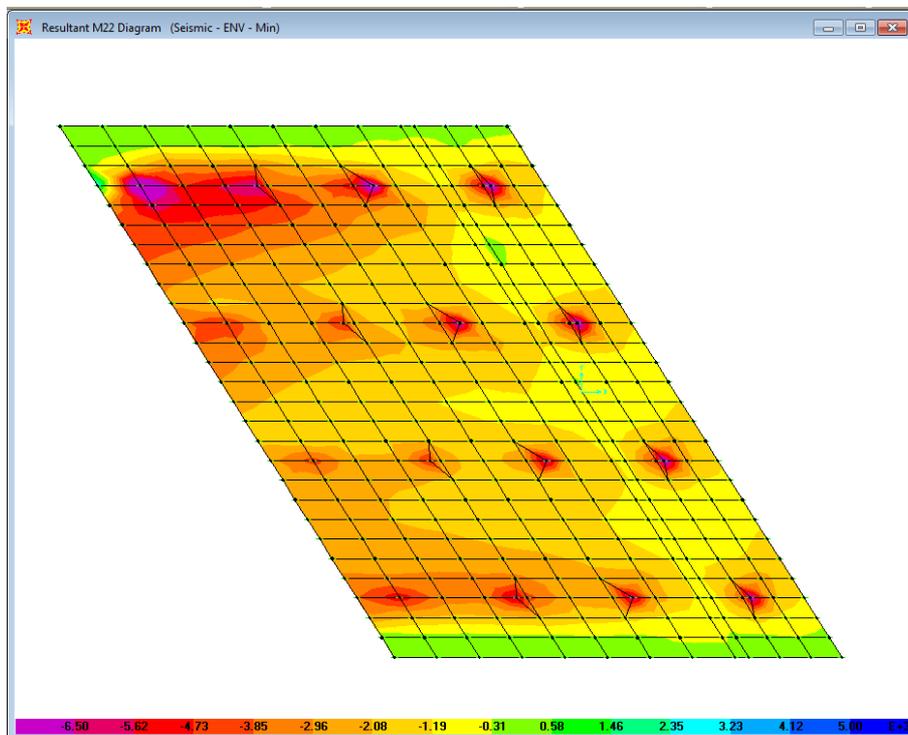
Seismic-ENV – Min Mx (=5798kN.m/m)

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 164



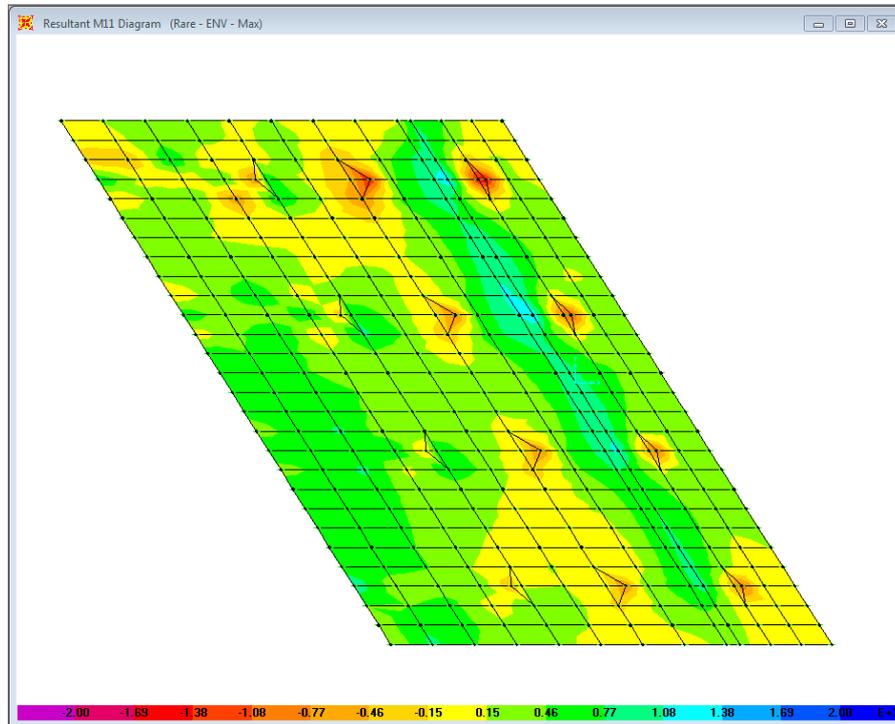
Seismic-ENV – Max M_y ($=-4571\text{kN.m/m}$)



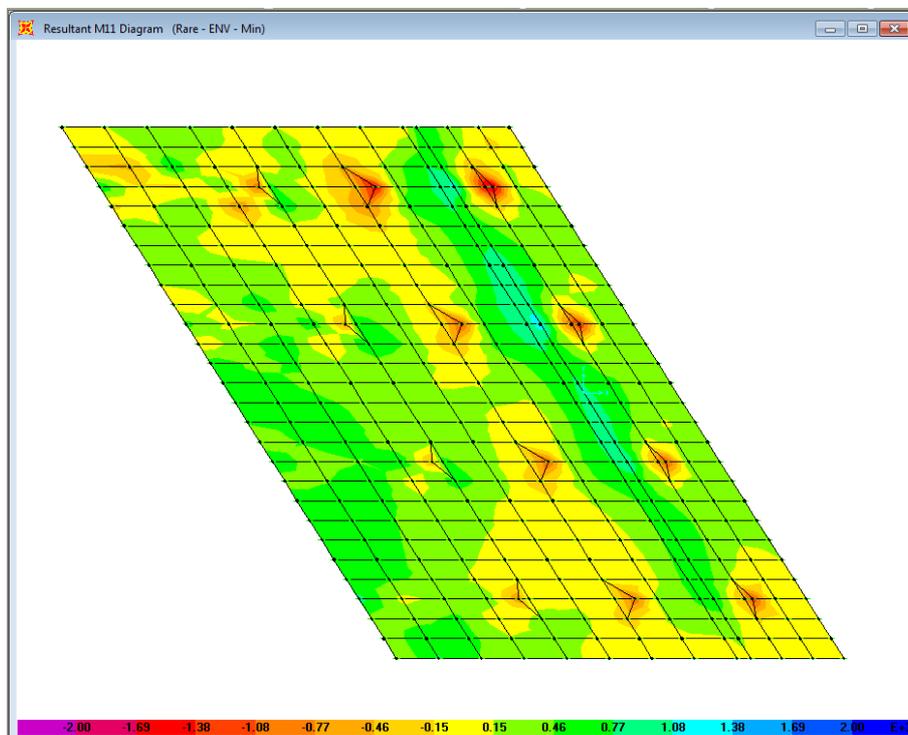
Seismic-ENV – Min M_y ($=-6361\text{kN.m/m}$)

Relazione di calcolo Spalle, plinti e pali di fondazione

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN1A	20	D26CL	CL 09 00 002	A	73 di 164



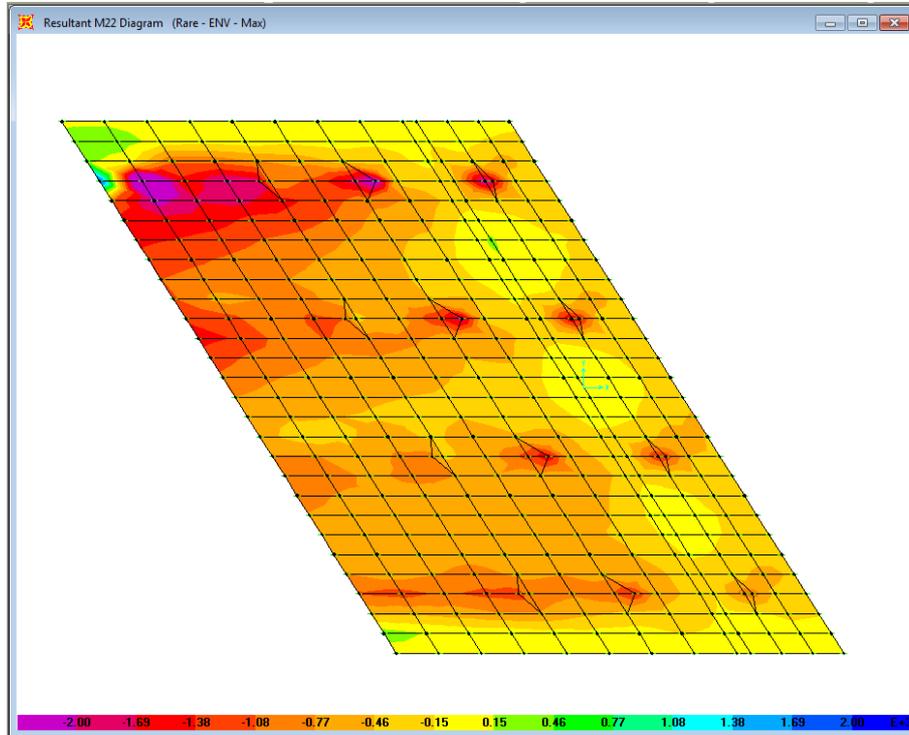
Rare-ENV – Max Mx (=1324kN.m/m)



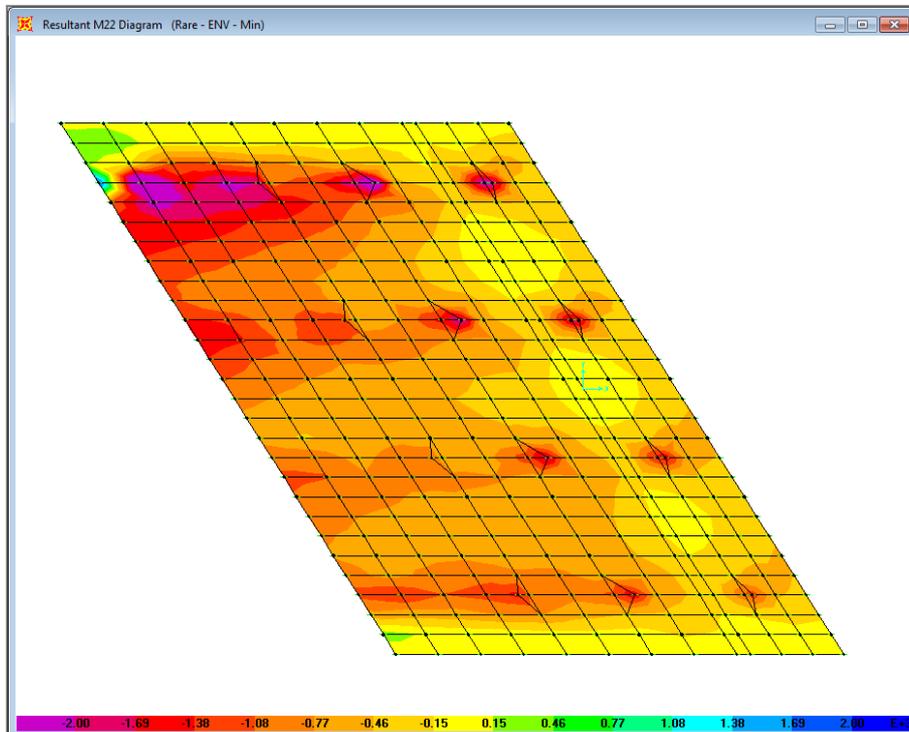
Rare-ENV – Min Mx (=1893kN.m/m)

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 164



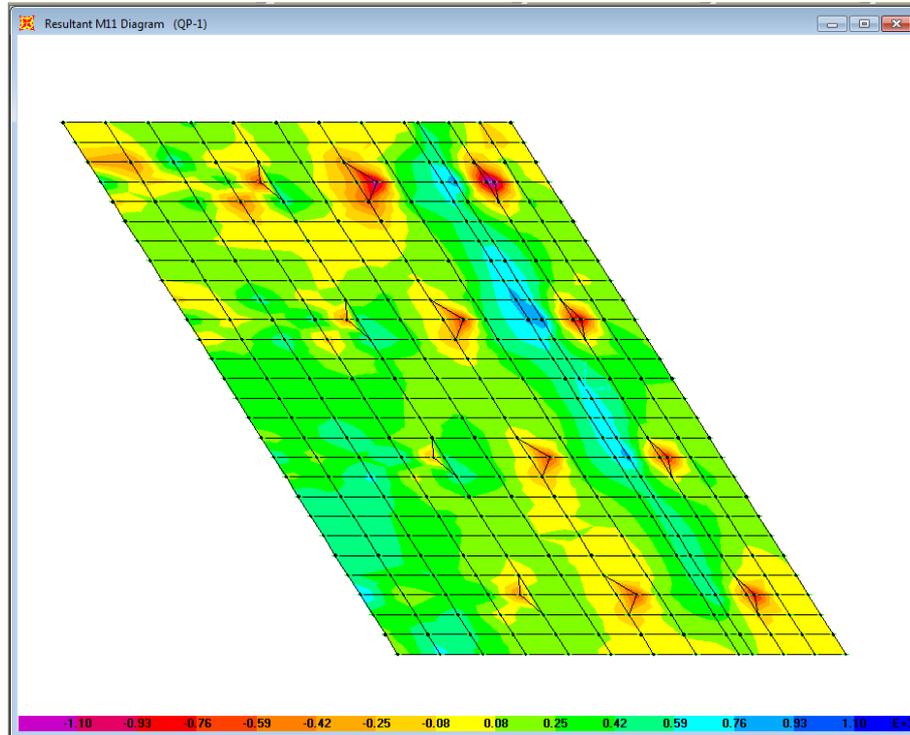
Rare-ENV – Max My (=1797kN.m/m)



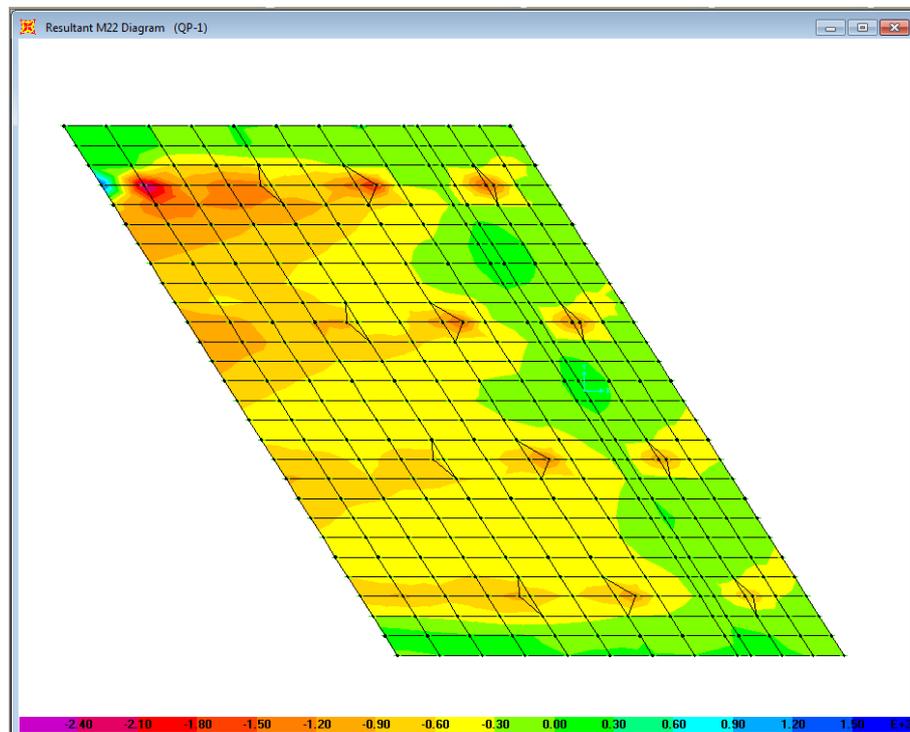
Rare-ENV – Min My (= -3578kN.m/m)

Relazione di calcolo Spalle, plinti e pali di fondazione

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN1A	20	D26CL	CL 09 00 002	A	75 di 164



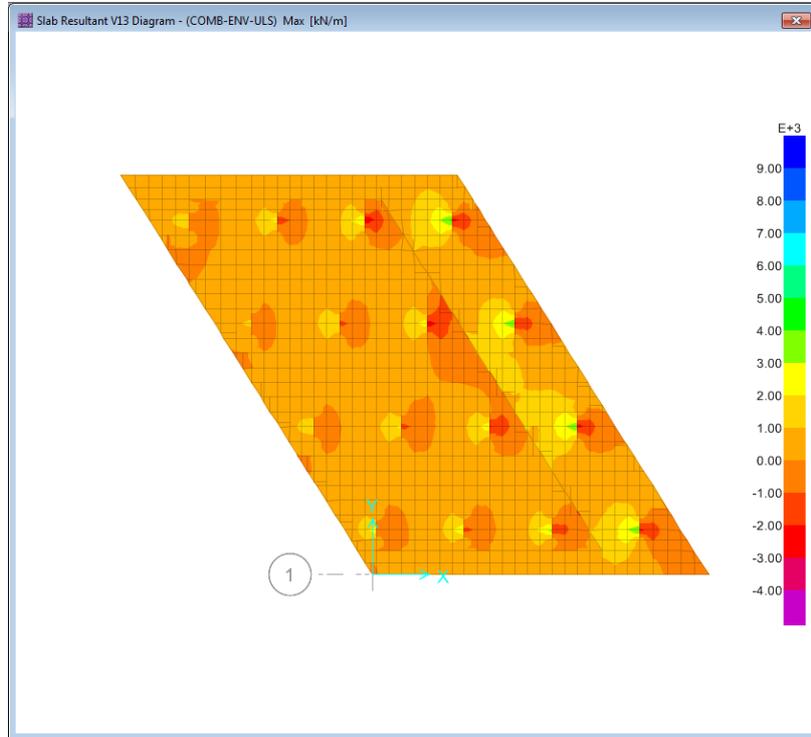
Quasi-permanent – M_x (=951kN.m/m; =-1348kN.m/m)



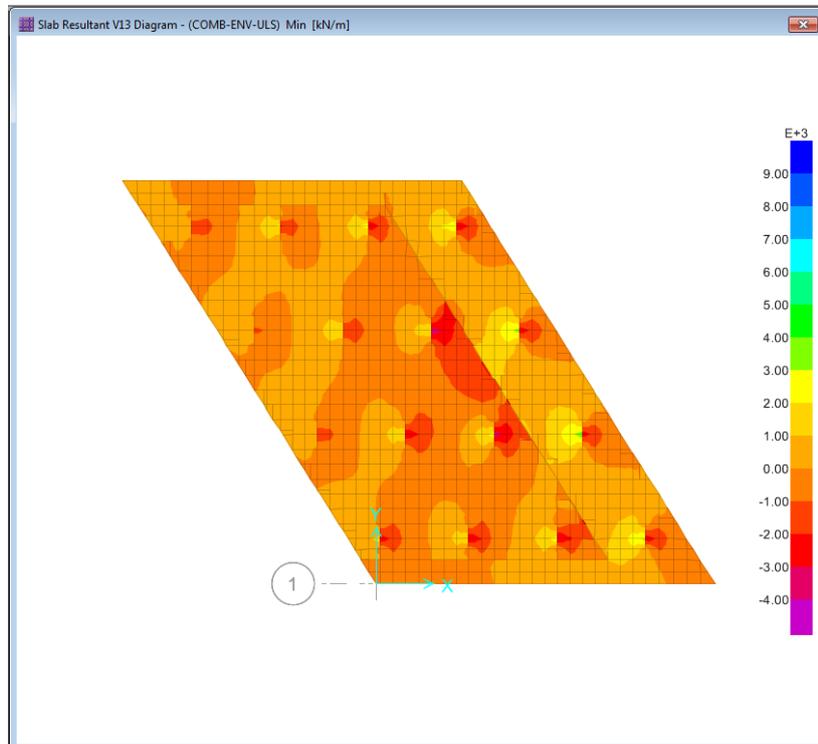
Quasi-permanent – M_y (=1360kN.m/m; =-2561kN.m/m)

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 164



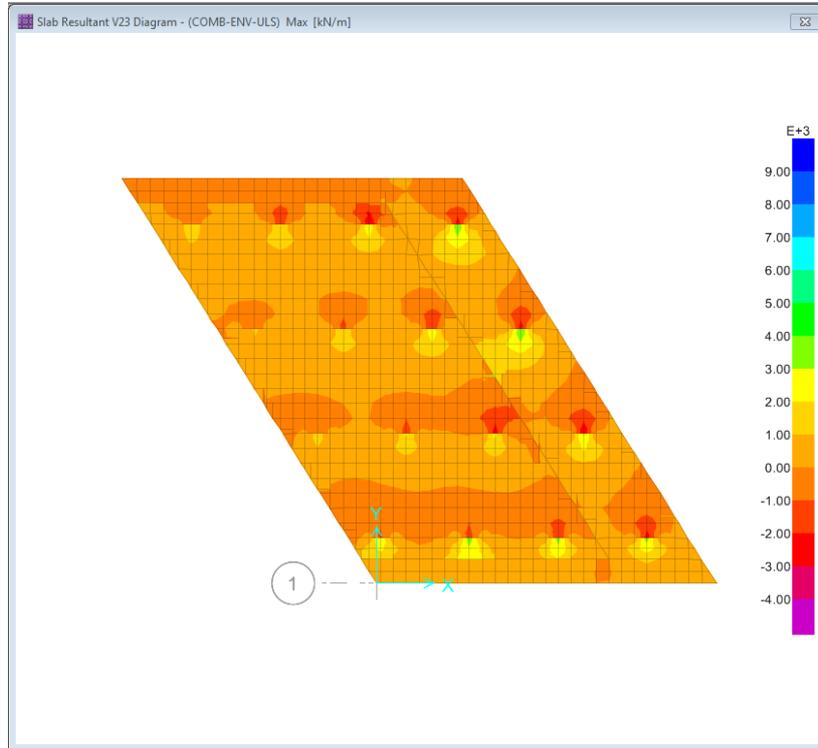
ULS-ENV – Max V13 (=4027kN/m)



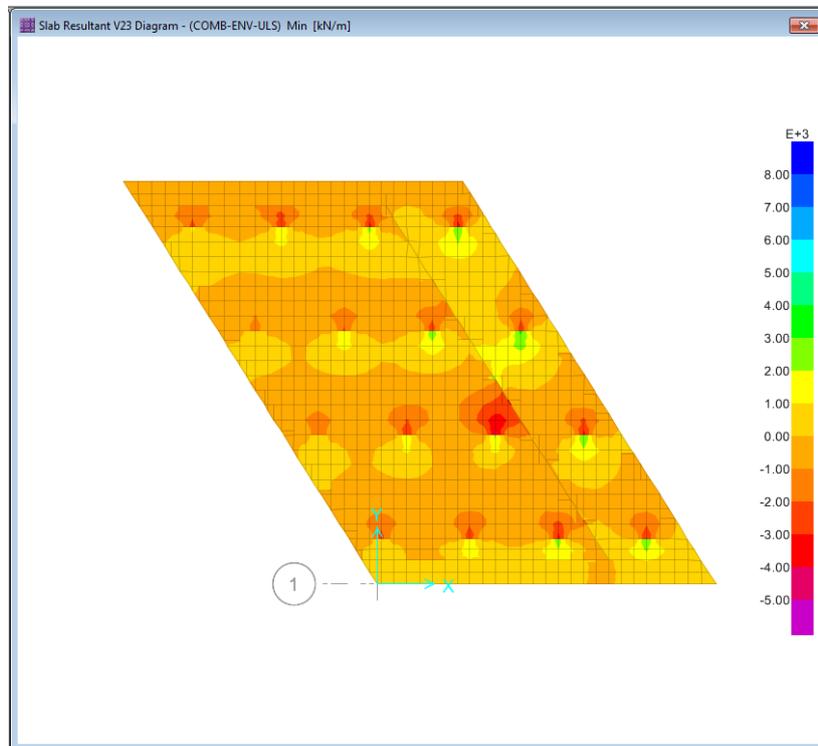
ULS-ENV – Min V13 (=-3424kN/m)

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 164



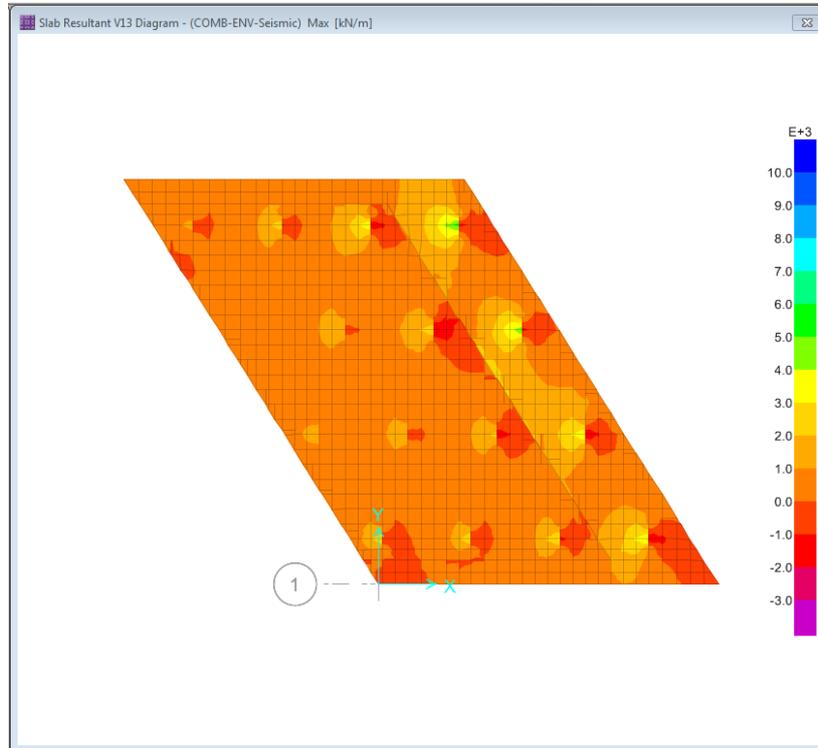
ULS-ENV – Max V23 (=3848kN/m)



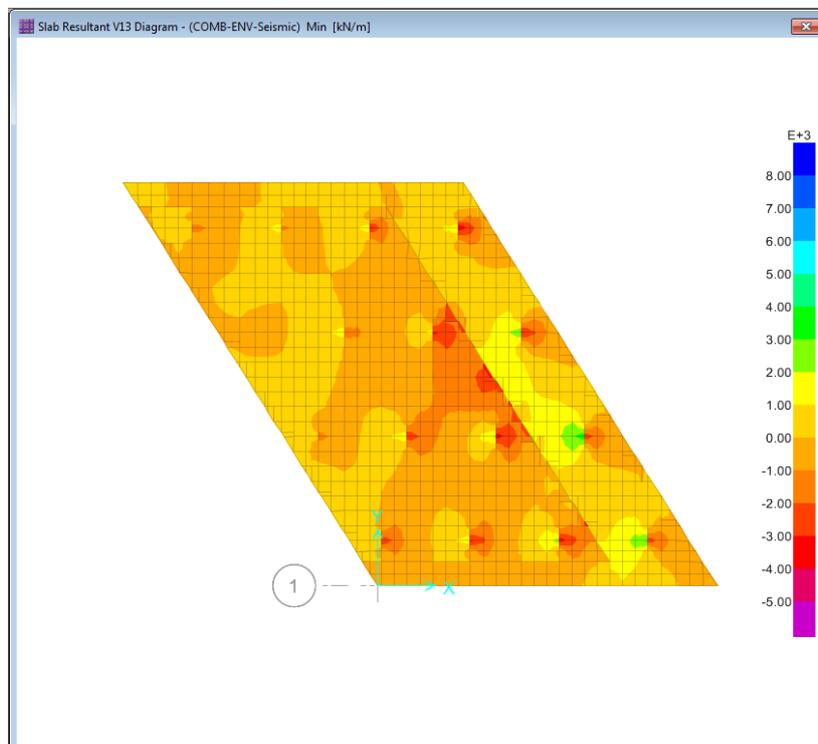
ULS-ENV – Min V23 (= -3211kN/m)

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 164



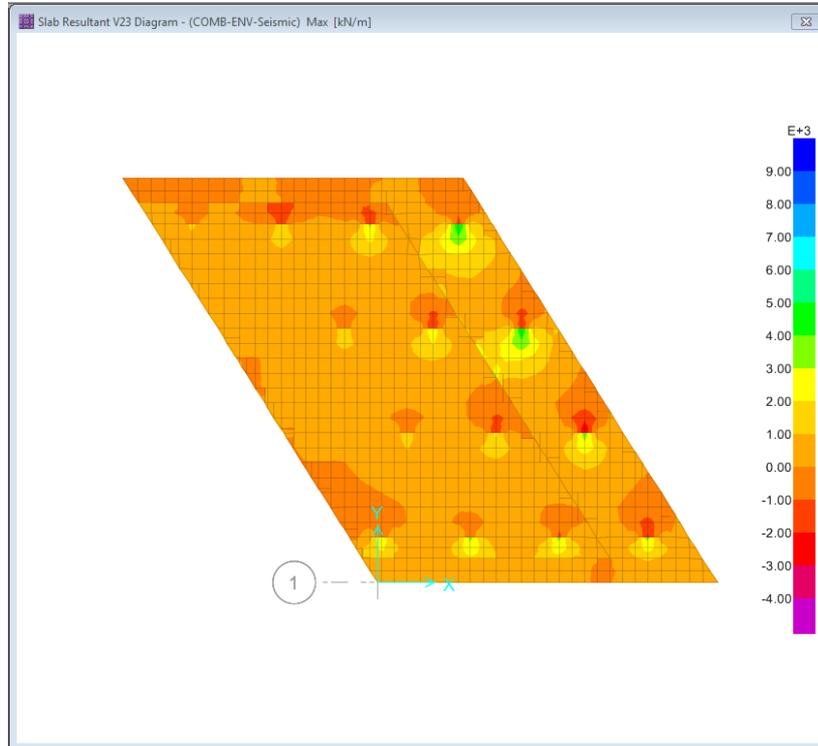
Seismic-ENV – Max V13 (=4501kN/m)



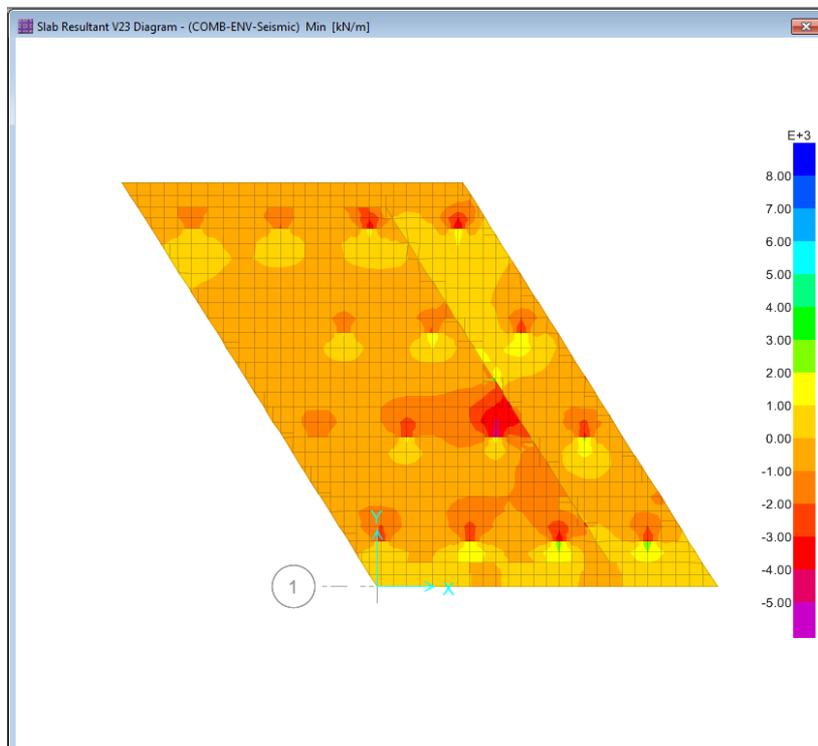
Seismic-ENV – Min V13 (=3439kN/m)

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 164



Seismic-ENV – Max V23 (=4617kN/m)

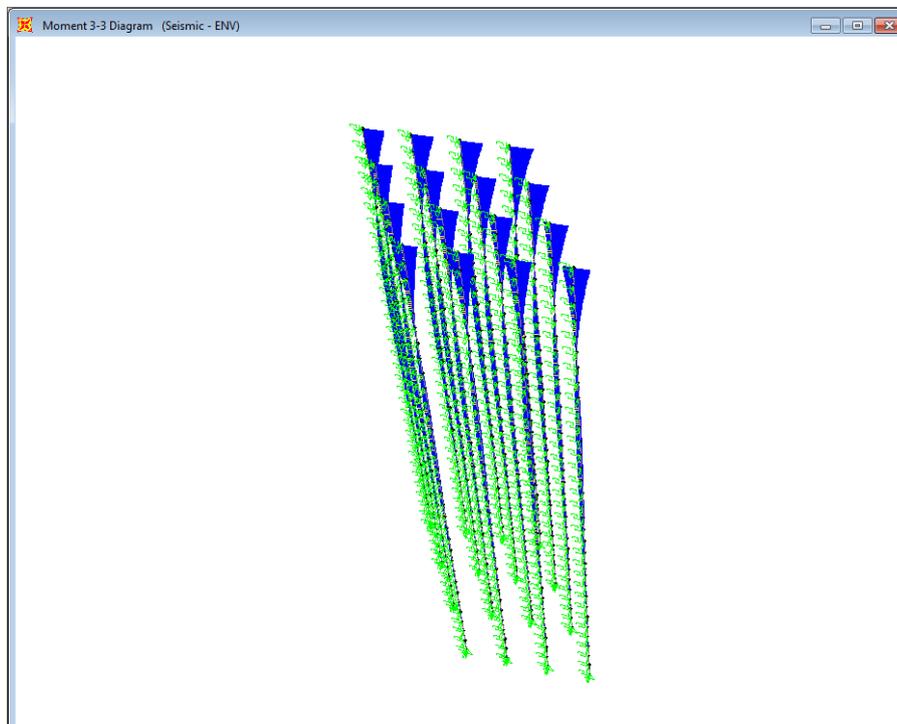
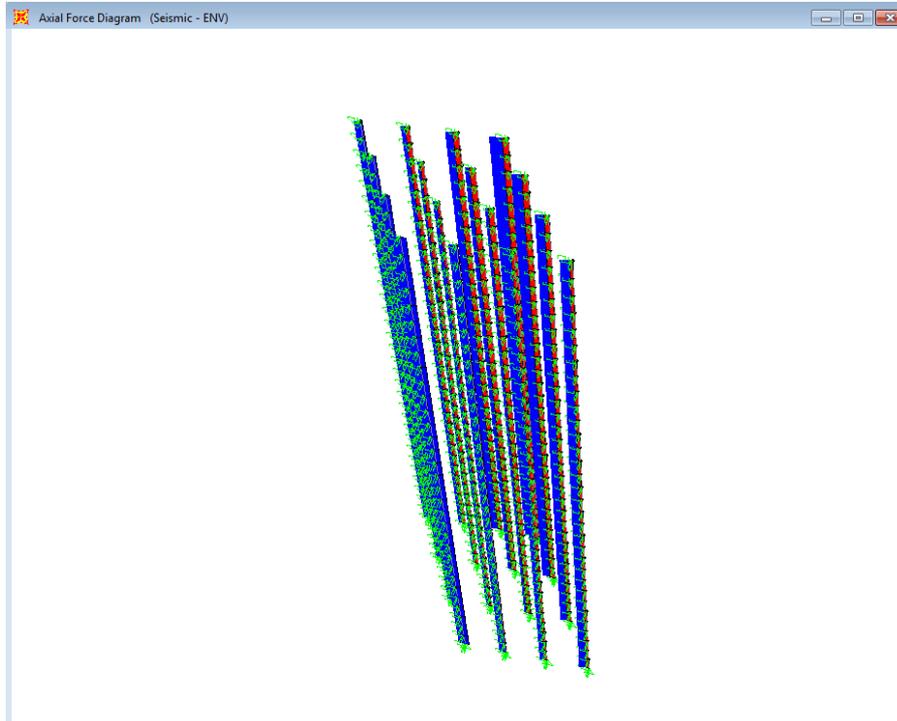


Seismic-ENV – Min V23 (=2724kN/m)

Relazione di calcolo Spalle, plinti e pali di fondazione

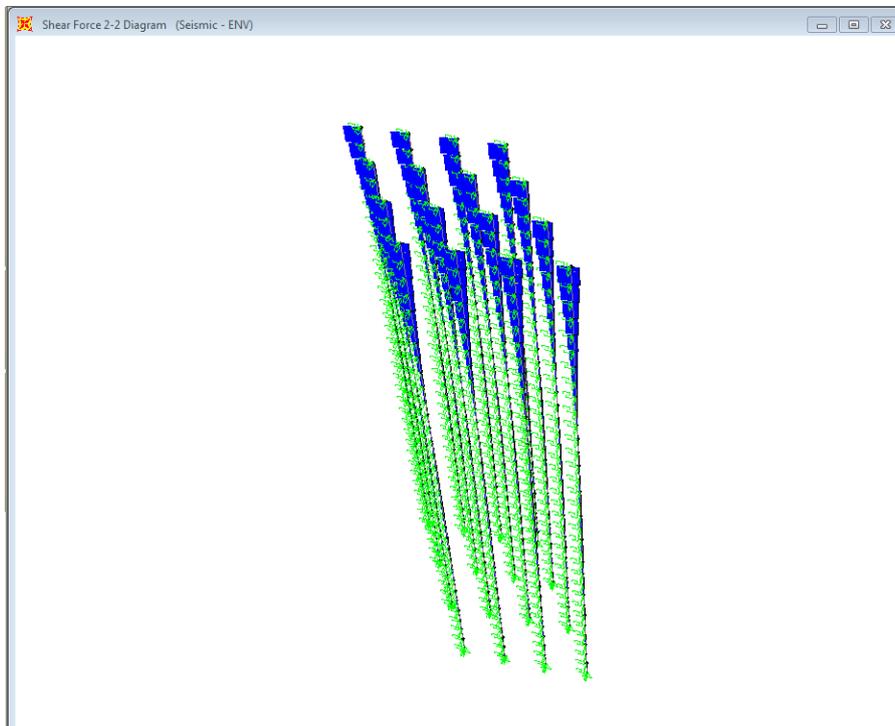
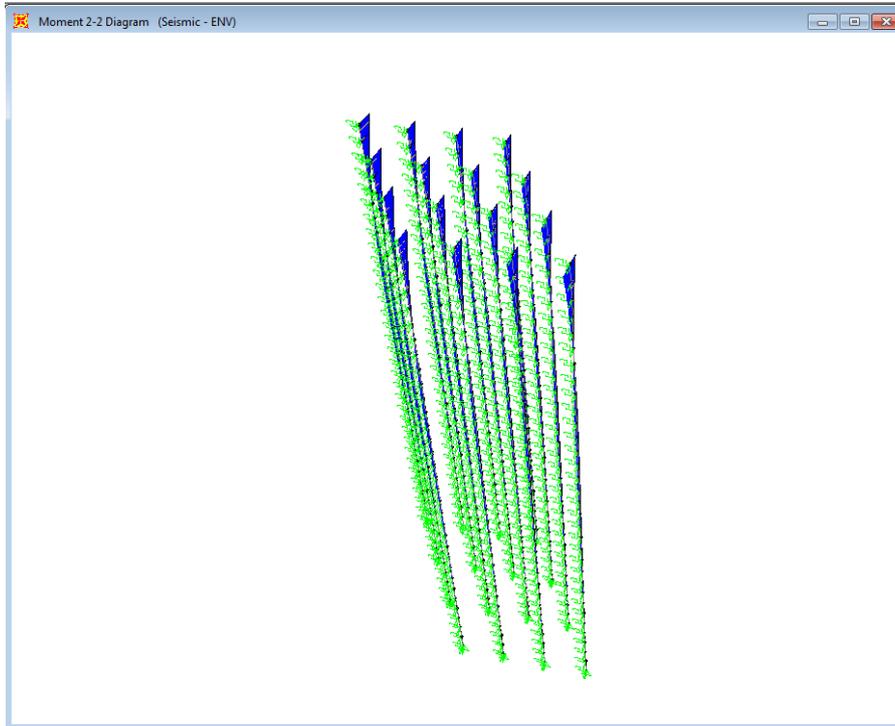
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN1A	20	D26CL	CL 09 00 002	A	80 di 164

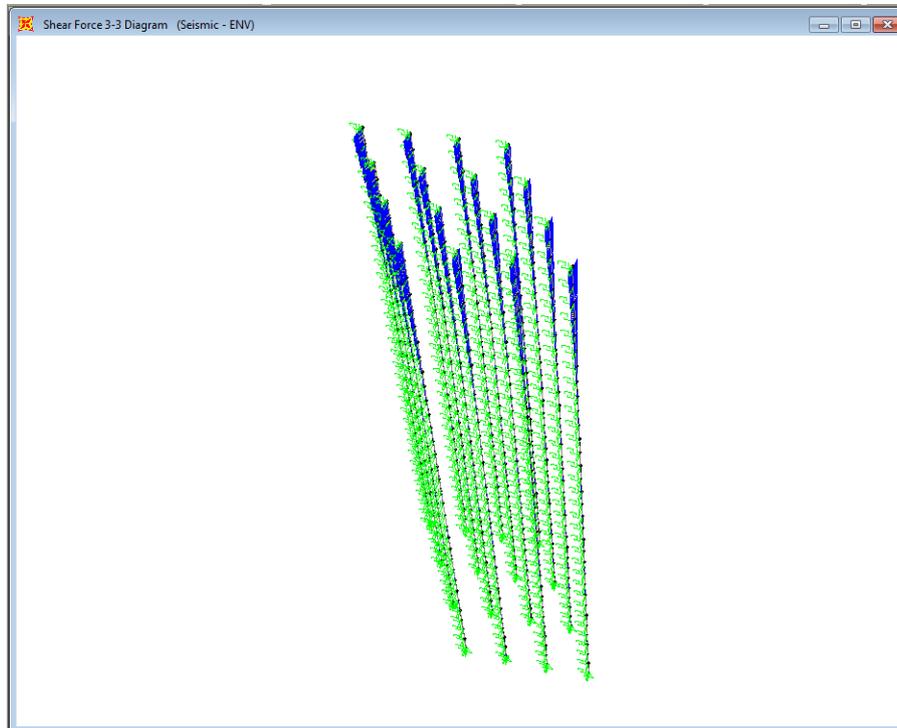
6.6.4 Sollecitazioni pali di fondazione



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 164





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 involuppo (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;

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 164

- 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”);
- 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: 100x200 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.

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 164

 Armatura lato interno (terra): $\phi 32/15$ 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^a 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

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 164

Nome sezione: sezione

Tipo sezione Rettangolare

Base 100.0 [cm]

Altezza 200.0 [cm]

Caratteristiche geometriche

Area sezione 20000.00 [cmq]

Inerzia in direzione X 16666666.7 [cm⁴]

Inerzia in direzione Y 66666666.7 [cm⁴]

Inerzia in direzione XY 0.0 [cm⁴]

Ascissa baricentro sezione $X_G = 50.00$ [cm]

Ordinata baricentro sezione $Y_G = 100.00$ [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	4.60	6.60	32	8.04
2	19.73	6.60	32	8.04
3	34.87	6.60	32	8.04
4	50.00	6.60	32	8.04
5	65.13	6.60	32	8.04
6	80.27	6.60	32	8.04
7	95.40	6.60	32	8.04
8	96.00	194.00	20	3.14
9	80.67	194.00	20	3.14
10	65.33	194.00	20	3.14
11	50.00	194.00	20	3.14
12	34.67	194.00	20	3.14
13	19.33	194.00	20	3.14
14	4.00	194.00	20	3.14

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 164

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	2423.0000	212.0000	0.0000	0.0000	305.0000	0.0000	SI	NO
2	2423.0000	1620.0000	0.0000	0.0000	856.0000	0.0000	SI	NO
3	1308.0000	212.0000	0.0000	0.0000	305.0000	0.0000	SI	NO
4	1308.0000	1620.0000	0.0000	0.0000	856.0000	0.0000	SI	NO
5	2868.0000	289.0000	0.0000	0.0000	9.0000	0.0000	SI	NO
6	2868.0000	3793.0000	0.0000	0.0000	1583.0000	0.0000	SI	NO
7	1545.0000	289.0000	0.0000	0.0000	9.0000	0.0000	SI	NO
8	1545.0000	3793.0000	0.0000	0.0000	1583.0000	0.0000	SI	NO
9	1791.0000	777.0000	0.0000	0.0000	498.0000	0.0000	NO	SLER
10	1790.0000	958.0000	0.0000	0.0000	570.0000	0.0000	NO	SLER
11	1614.0000	777.0000	0.0000	0.0000	498.0000	0.0000	NO	SLER

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 164
12	1614.0000	958.0000	0.0000	0.0000	570.0000	0.0000	NO	SLER	
13	1247.0000	594.0000	0.0000	0.0000	414.0000	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	178.51	0.00	(0.00; 21.49)	(100.00; 21.49)
10	155.88	0.00	(0.00; 44.12)	(100.00; 44.12)
11	167.44	0.00	(0.00; 32.56)	(100.00; 32.56)
12	144.56	0.00	(0.00; 55.44)	(100.00; 55.44)
13	168.59	0.00	(0.00; 31.41)	(100.00; 31.41)

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	1.952	0.000	0.072	28.300	-2.443
10	2.264	0.000	0.121	32.647	-8.173
11	1.886	0.000	0.087	27.272	-4.385
12	2.223	0.000	0.145	31.967	-11.266
13	1.446	0.000	0.071	20.920	-3.193

Sollecitazioni ultime

Simbologia adottata

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 164

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>35272.6807</u>	0.0000	<u>3086.1776</u>	14.56
<u>39016.5947</u>	0.0000	212.0000	16.10
2423.0000	0.0000	<u>6179.4440</u>	29.15

Combinazione n° 2

N_u	M_{Xu}	M_{Yu}	FS
<u>17894.6702</u>	0.0000	<u>11964.2450</u>	7.39
<u>37234.0717</u>	0.0000	1620.0000	15.37
2423.0000	0.0000	<u>6179.4440</u>	3.81

Combinazione n° 3

N_u	M_{Xu}	M_{Yu}	FS
<u>32274.0431</u>	0.0000	<u>5230.9611</u>	24.67
<u>39016.5951</u>	0.0000	212.0000	29.83
1308.0000	0.0000	<u>5248.4458</u>	24.76

Combinazione n° 4

N_u	M_{Xu}	M_{Yu}	FS
<u>7888.3550</u>	0.0000	<u>9769.9809</u>	6.03
<u>37234.0685</u>	0.0000	1620.0000	28.47
1308.0000	0.0000	<u>5248.4457</u>	3.24

Combinazione n° 5

N_u	M_{Xu}	M_{Yu}	FS
<u>34708.1325</u>	0.0000	<u>3497.4373</u>	12.10
<u>38922.5152</u>	0.0000	289.0000	13.57
2868.0000	0.0000	<u>6538.5828</u>	22.62

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 164

Combinazione n° 6

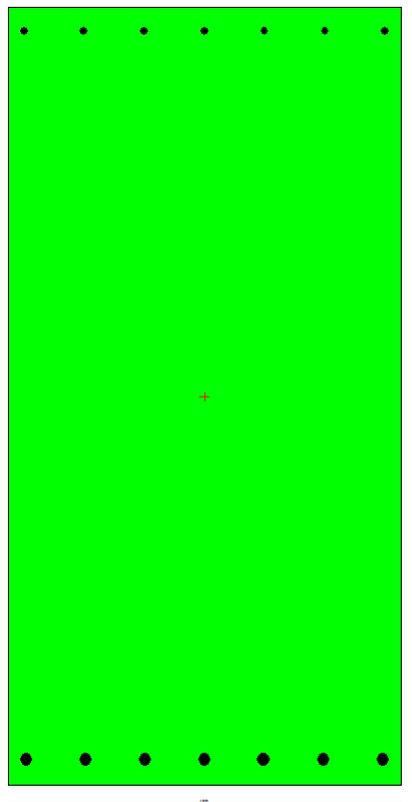
N_u	M_{Xu}	M_{Yu}	FS
<u>7064.5367</u>	0.0000	<u>9343.0222</u>	2.46
<u>34299.0758</u>	0.0000	3793.0000	11.96
2868.0000	0.0000	<u>6538.5828</u>	1.72

Combinazione n° 7

N_u	M_{Xu}	M_{Yu}	FS
<u>31362.5600</u>	0.0000	<u>5866.5242</u>	20.30
<u>38922.5215</u>	0.0000	289.0000	25.19
1545.0000	0.0000	<u>5449.8118</u>	18.86

Combinazione n° 8

N_u	M_{Xu}	M_{Yu}	FS
<u>2563.6327</u>	0.0000	<u>6293.7597</u>	1.66
<u>34299.0788</u>	0.0000	3793.0000	22.20
1545.0000	0.0000	<u>5449.8118</u>	1.44



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 164

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: 200.0 [cm]

Caratteristiche geometriche

Area sezione: 20000.00 [cmq]

Inerzia in direzione X: 16666666.7 [cm⁴]

Inerzia in direzione Y: 66666666.7 [cm⁴]

Inerzia in direzione XY: 0.0 [cm⁴]

Ascissa baricentro sezione: $X_G = 50.00$ [cm]

Ordinata baricentro sezione: $Y_G = 100.00$ [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]

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 164

N°	X	Y	d	ϕ
1	4.60	10.00	22	3.80
2	19.73	10.00	22	3.80
3	34.87	10.00	22	3.80
4	50.00	10.00	22	3.80
5	65.13	10.00	22	3.80
6	80.27	10.00	22	3.80
7	95.40	10.00	22	3.80
8	96.00	190.00	22	3.80
9	80.67	190.00	22	3.80
10	65.33	190.00	22	3.80
11	50.00	190.00	22	3.80
12	34.67	190.00	22	3.80
13	19.33	190.00	22	3.80
14	4.00	190.00	22	3.80

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]

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 164

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	-60.0000	524.0000	0.0000	0.0000	122.0000	0.0000	SI	NO
2	-60.0000	-200.0000	0.0000	0.0000	514.0000	0.0000	SI	NO
3	-343.0000	524.0000	0.0000	0.0000	122.0000	0.0000	SI	NO
4	-343.0000	-200.0000	0.0000	0.0000	514.0000	0.0000	SI	NO
5	-366.0000	1148.0000	0.0000	0.0000	649.0000	0.0000	SI	NO
6	-366.0000	-48.0000	0.0000	0.0000	994.0000	0.0000	SI	NO
7	-663.0000	1148.0000	0.0000	0.0000	649.0000	0.0000	SI	NO
8	-663.0000	-48.0000	0.0000	0.0000	994.0000	0.0000	SI	NO
9	-164.0000	224.0000	0.0000	0.0000	284.0000	0.0000	NO	SLER
10	-164.0000	81.0000	0.0000	0.0000	330.0000	0.0000	NO	SLER
11	-203.0000	224.0000	0.0000	0.0000	284.0000	0.0000	NO	SLER
12	-203.0000	81.0000	0.0000	0.0000	330.0000	0.0000	NO	SLER
13	-139.0000	89.0000	0.0000	0.0000	235.0000	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	15.43	0.00	(0.00; 184.57)	(100.00; 184.57)
10	64.00	0.00	(100.00; 264.00)	(0.00; 264.00)
11	11.39	0.00	(0.00; 188.61)	(100.00; 188.61)
12	103.00	0.00	(100.00; 303.00)	(0.00; 303.00)
13	26.51	0.00	(100.00; 226.51)	(0.00; 226.51)

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]

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 164

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	0.455	0.000	0.156	2.402	-77.228
10	-0.802	0.000	0.183	-13.905	-47.728
11	0.360	0.000	0.155	0.658	-84.646
12	-1.290	0.000	0.183	-21.233	-55.056
13	-0.365	0.000	0.131	-7.537	-44.700

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>-198.9683</u>	0.0000	<u>1737.6564</u>	3.32
<u>-1500.2352</u>	0.0000	524.0000	25.00
-60.0000	0.0000	<u>1865.9854</u>	3.56

Combinazione n° 2

N _u	M _{Xu}	M _{Yu}	FS
<u>-451.0410</u>	0.0000	<u>-1503.4699</u>	7.52
<u>-1860.2426</u>	0.0000	-200.0000	31.00
-60.0000	0.0000	<u>-1865.9854</u>	9.33

Combinazione n° 3

N _u	M _{Xu}	M _{Yu}	FS
<u>-781.4409</u>	0.0000	<u>1193.8047</u>	2.28
<u>-1500.2354</u>	0.0000	524.0000	4.37
-343.0000	0.0000	<u>1604.0675</u>	3.06

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 164

Combinazione n° 4

N_u	M_{Xu}	M_{Yu}	FS
<u>-1263.7257</u>	0.0000	<u>-736.8663</u>	3.68
<u>-1860.2401</u>	0.0000	-200.0000	5.42
-343.0000	0.0000	<u>-1604.0675</u>	8.02

Combinazione n° 5

N_u	M_{Xu}	M_{Yu}	FS
<u>-472.8441</u>	0.0000	<u>1483.1286</u>	1.29
<u>-830.0454</u>	0.0000	1148.0000	2.27
-366.0000	0.0000	<u>1582.6800</u>	1.38

Combinazione n° 6

N_u	M_{Xu}	M_{Yu}	FS
<u>-1817.6056</u>	0.0000	<u>-238.3745</u>	4.97
<u>-2029.1292</u>	0.0000	-48.0000	5.54
-366.0000	0.0000	<u>-1582.6800</u>	32.97

Combinazione n° 7

N_u	M_{Xu}	M_{Yu}	FS
<u>-721.8402</u>	0.0000	<u>1249.8833</u>	1.09
<u>-830.0480</u>	0.0000	1148.0000	1.25
-663.0000	0.0000	<u>1305.1550</u>	1.14

Combinazione n° 8

N_u	M_{Xu}	M_{Yu}	FS
<u>-1927.4191</u>	0.0000	<u>-139.5417</u>	2.91
<u>-2029.1305</u>	0.0000	-48.0000	3.06
-663.0000	0.0000	<u>-1305.1551</u>	27.19

Risultati fessurazione
Simbologia adottata

N° numero d'ordine della combinazione

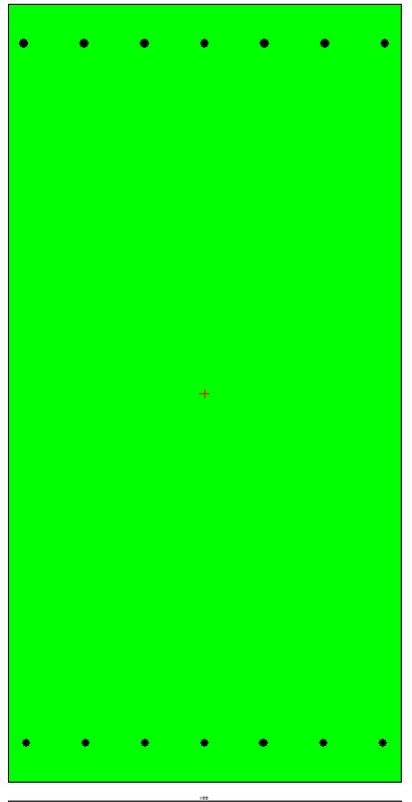
Mx Momento di prima fessurazione in direzione X, espresso in [kNm]

Relazione di calcolo Spalle, plinti e pali di fondazione

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN1A	20	D26CL	CL 09 00 002	A	96 di 164

- 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	1033.7616	-519.208	-36.213	8674.72	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}	1573 kN
N _{Ed}	0 kN

Cross section

h	200	cm
b _w	100	cm
c	6.5	cm
d	193.5	cm

Steel properties

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

Longitudinal reinforcement

Φ	20	mm
n	6.67	
A _s	20.954	cm ²

Stirrups

Diameter	12	mm
Number across b _w	3.333	
A _{sw}	3.770	cm ²
s	30	cm
Angle, α	90	°

k	1.321	
v _{min}	0.301	
ρ	0.003	
α_{cw}	1	
θ	21.8	°

V _{Rdc}	581.99	kN
V _{Rdc.max}	8261.11	kN
V_{Rds}	1967.76	kN

V_{Ed} <

Tabella 6.3 Verifica a taglio muro frontale

La verifica risulta soddisfatta utilizzando spille $\phi 12$ a passo 30x30 cm, ancorate all'intersezione tra barre verticali e barre orizzontali.

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 164

1	4.60	6.60	20	3.14
2	19.73	6.60	20	3.14
3	34.87	6.60	20	3.14
4	50.00	6.60	20	3.14
5	65.13	6.60	20	3.14
6	80.27	6.60	20	3.14
7	95.40	6.60	20	3.14
8	96.00	24.00	20	3.14
9	80.67	24.00	20	3.14
10	65.33	24.00	20	3.14
11	50.00	24.00	20	3.14
12	34.67	24.00	20	3.14
13	19.33	24.00	20	3.14
14	4.00	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

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 164

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 _I	T _Y	T _X	VD	VT
SLU								
1	-1.0000	67.0000	0.0000	0.0000	29.0000	0.0000	SI	NO
2	-1.0000	11.0000	0.0000	0.0000	133.0000	0.0000	SI	NO
3	-35.0000	67.0000	0.0000	0.0000	29.0000	0.0000	SI	NO
4	-35.0000	11.0000	0.0000	0.0000	133.0000	0.0000	SI	NO
Sisma								
5	-59.0000	150.0000	0.0000	0.0000	207.0000	0.0000	SI	NO
6	-59.0000	79.0000	0.0000	0.0000	329.0000	0.0000	SI	NO
7	-105.0000	150.0000	0.0000	0.0000	207.0000	0.0000	SI	NO
8	-105.0000	79.0000	0.0000	0.0000	329.0000	0.0000	SI	NO
Rara								
9	-12.0000	51.0000	0.0000	0.0000	70.0000	0.0000	NO	SLER
10	-12.0000	29.0000	0.0000	0.0000	96.0000	0.0000	NO	SLER
11	-24.0000	51.0000	0.0000	0.0000	70.0000	0.0000	NO	SLER
12	-24.0000	29.0000	0.0000	0.0000	96.0000	0.0000	NO	SLER
QP								
13	-1.0000	14.0000	0.0000	0.0000	27.0000	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	8.67	0.00	(0.00; 21.33)	(100.00; 21.33)
10	8.56	0.00	(0.00; 21.44)	(100.00; 21.44)
11	8.53	0.00	(0.00; 21.47)	(100.00; 21.47)
12	8.32	0.00	(0.00; 21.68)	(100.00; 21.68)
13	8.77	0.00	(0.00; 21.23)	(100.00; 21.23)

Risultati tensionali

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 164

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	4.691	0.000	0.352	21.662	-119.577
10	2.663	0.000	0.483	11.949	-69.238
11	4.680	0.000	0.352	20.805	-122.460
12	2.652	0.000	0.483	11.080	-72.132
13	1.290	0.000	0.136	6.109	-32.276

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
-2.7039	0.0000	181.1631	2.70
-1113.2735	0.0000	67.0000	1113.27
-1.0000	0.0000	181.3263	2.71

Combinazione n° 2

N_u	M_{Xu}	M_{Yu}	FS
-16.3505	0.0000	179.8550	16.35
-1541.4511	0.0000	11.0000	1541.45
-1.0000	0.0000	181.3264	16.48

Combinazione n° 3

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	103 di 164

<u>-90.2353</u>	0.0000	<u>172.7361</u>	2.58
<u>-1113.2708</u>	0.0000	67.0000	31.81
-35.0000	0.0000	<u>178.0639</u>	2.66

Combinazione n° 4

N_u	M_{Xu}	M_{Yu}	FS
<u>-439.6926</u>	0.0000	<u>138.1891</u>	12.56
<u>-1541.4548</u>	0.0000	11.0000	44.04
-35.0000	0.0000	<u>178.0639</u>	16.19

Combinazione n° 5

N_u	M_{Xu}	M_{Yu}	FS
<u>-68.7593</u>	0.0000	<u>174.8117</u>	1.17
<u>-321.9142</u>	0.0000	150.0000	5.46
-59.0000	0.0000	<u>175.7532</u>	1.17

Combinazione n° 6

N_u	M_{Xu}	M_{Yu}	FS
<u>-126.3872</u>	0.0000	<u>169.2303</u>	2.14
<u>-1003.6884</u>	0.0000	79.0000	17.01
-59.0000	0.0000	<u>175.7532</u>	2.22

Combinazione n° 7

N_u	M_{Xu}	M_{Yu}	FS
<u>-118.9658</u>	0.0000	<u>169.9512</u>	1.13
<u>-321.9146</u>	0.0000	150.0000	3.07
-105.0000	0.0000	<u>171.3061</u>	1.14

Combinazione n° 8

N_u	M_{Xu}	M_{Yu}	FS
<u>-213.6014</u>	0.0000	<u>160.7096</u>	2.03
<u>-1003.6835</u>	0.0000	79.0000	9.56
-105.0000	0.0000	<u>171.3061</u>	2.17

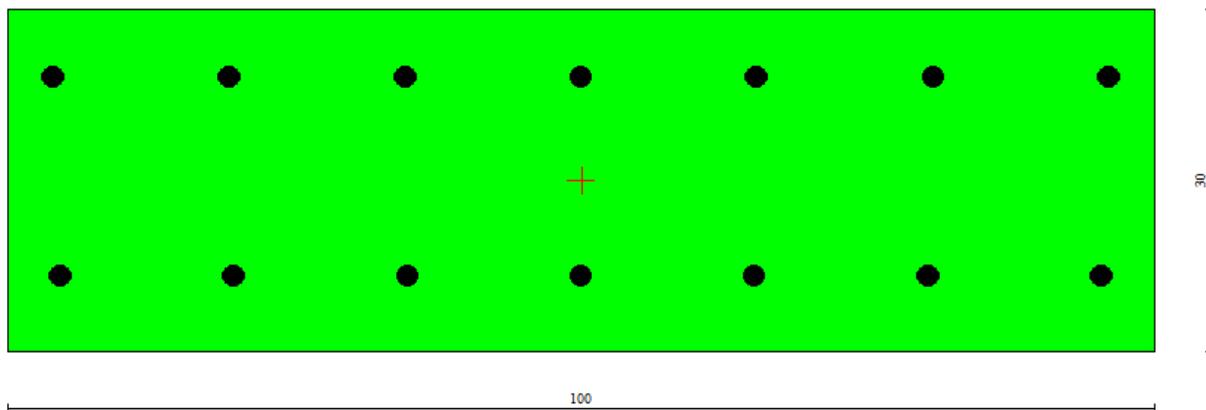
Relazione di calcolo Spalle, plinti e pali di fondazione

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN1A	20	D26CL	CL 09 00 002	A	104 di 164

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	39.8565	-91.885	-8.889	1061.55	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; 100x140 cm

Copriferro: 50 mm

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

Relazione di calcolo Spalle, plinti e pali di fondazione

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN1A	20	D26CL	CL 09 00 002	A	105 di 164

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): $2\phi 32/10$ cm; $\phi 32/10 + \phi 32/20$ cm

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

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 164

Dati

Nome sezione:

sezione

Tipo sezione

Rettangolare

Base

100.0 [cm]

Altezza

150.0 [cm]

Caratteristiche geometriche

Area sezione	15000.00 [cmq]
Inerzia in direzione X	12500000.0 [cm ⁴]
Inerzia in direzione Y	28125000.0 [cm ⁴]
Inerzia in direzione XY	0.0 [cm ⁴]
Ascissa baricentro sezione	$X_G = 50.00$ [cm]
Ordinata baricentro sezione	$Y_G = 75.00$ [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	6.20	32	8.04
2	15.00	6.20	32	8.04
3	25.00	6.20	32	8.04
4	35.00	6.20	32	8.04
5	45.00	6.20	32	8.04
6	55.00	6.20	32	8.04
7	65.00	6.20	32	8.04
8	75.00	6.20	32	8.04
9	85.00	6.20	32	8.04

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 164

10	95.00	6.20	32	8.04
11	5.00	143.40	20	3.14
12	25.00	143.40	20	3.14
13	45.00	143.40	20	3.14
14	65.00	143.40	20	3.14
15	85.00	143.40	20	3.14
16	5.00	10.50	32	8.04
17	15.00	10.50	32	8.04
18	25.00	10.50	32	8.04
19	35.00	10.50	32	8.04
20	45.00	10.50	32	8.04
21	55.00	10.50	32	8.04
22	65.00	10.50	32	8.04
23	75.00	10.50	32	8.04
24	85.00	10.50	32	8.04
25	95.00	10.50	32	8.04

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]

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 164

Tx 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	581.0000	2428.0000	0.0000	0.0000	441.0000	0.0000	SI	NO
2	581.0000	873.0000	0.0000	0.0000	983.0000	0.0000	SI	NO
3	-384.0000	2428.0000	0.0000	0.0000	441.0000	0.0000	SI	NO
4	-384.0000	873.0000	0.0000	0.0000	983.0000	0.0000	SI	NO
5	634.0000	5037.0000	0.0000	0.0000	911.0000	0.0000	SI	NO
6	634.0000	2765.0000	0.0000	0.0000	1520.0000	0.0000	SI	NO
7	-1864.0000	5037.0000	0.0000	0.0000	911.0000	0.0000	SI	NO
8	-1864.0000	2765.0000	0.0000	0.0000	1520.0000	0.0000	SI	NO
9	91.0000	1654.0000	0.0000	0.0000	670.0000	0.0000	NO	SLER
10	91.0000	1593.0000	0.0000	0.0000	688.0000	0.0000	NO	SLER
11	-74.0000	1654.0000	0.0000	0.0000	670.0000	0.0000	NO	SLER
12	-74.0000	1593.0000	0.0000	0.0000	688.0000	0.0000	NO	SLER
13	214.0000	1007.0000	0.0000	0.0000	473.0000	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	62.47	-0.51	(-6935.26; 150.00)	(9957.78; 0.00)
10	62.52	-0.51	(-6939.07; 150.00)	(9947.41; 0.00)
11	59.71	-0.50	(-6755.30; 150.00)	(10465.49; 0.00)
12	59.66	-0.50	(-6752.22; 150.00)	(10474.50; 0.00)
13	66.81	-0.52	(-7221.42; 150.00)	(9216.49; 0.00)

Risultati tensionali

Simbologia adottata

N° numero d'ordine della combinazione

 σ_{c-max} Tensione massima 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	109 di 164

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	4.277	0.000	0.547	57.240	-84.393
10	4.122	0.000	0.562	55.170	-81.198
11	4.148	0.000	0.547	55.205	-88.478
12	3.993	0.000	0.562	53.134	-85.283
13	2.721	0.000	0.385	36.702	-47.568

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>2104.8640</u>	0.0000	<u>8796.2301</u>	3.62
<u>24897.9636</u>	0.0000	2428.0000	42.85
581.0000	0.0000	<u>8238.2984</u>	3.39

Combinazione n° 2

N_u	M_{Xu}	M_{Yu}	FS
<u>6449.2554</u>	0.0000	<u>9690.5335</u>	11.10
<u>27643.7249</u>	0.0000	873.0000	47.58
581.0000	0.0000	<u>8238.2984</u>	9.44

Combinazione n° 3

N_u	M_{Xu}	M_{Yu}	FS
<u>-1174.7123</u>	0.0000	<u>7427.6082</u>	3.06
<u>-4903.1091</u>	0.0000	2428.0000	12.77
-384.0000	0.0000	<u>7816.5267</u>	3.22

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 164

Combinazione n° 4

N_u	M_{Xu}	M_{Yu}	FS
<u>-2850.5254</u>	0.0000	<u>6480.4913</u>	7.42
<u>-2571.2659</u>	0.0000	873.0000	6.70
-384.0000	0.0000	<u>7816.5267</u>	8.95

Combinazione n° 5

N_u	M_{Xu}	M_{Yu}	FS
<u>1060.7750</u>	0.0000	<u>8427.6398</u>	1.67
<u>19836.3175</u>	0.0000	5037.0000	31.29
634.0000	0.0000	<u>8259.8324</u>	1.64

Combinazione n° 6

N_u	M_{Xu}	M_{Yu}	FS
<u>2009.7993</u>	0.0000	<u>8765.1340</u>	3.17
<u>24290.9207</u>	0.0000	2765.0000	38.31
634.0000	0.0000	<u>8259.8324</u>	2.99

Combinazione n° 7

N_u	M_{Xu}	M_{Yu}	FS
<u>-2480.1975</u>	0.0000	<u>6702.1216</u>	1.33
<u>-5093.2862</u>	0.0000	5037.0000	2.73
-1864.0000	0.0000	<u>7059.0688</u>	1.40

Combinazione n° 8

N_u	M_{Xu}	M_{Yu}	FS
<u>-3918.7867</u>	0.0000	<u>5813.0070</u>	2.10
<u>-5408.4729</u>	0.0000	2765.0000	2.90
-1864.0000	0.0000	<u>7059.0688</u>	2.55

Risultati fessurazione

Simbologia adottata

N° numero d'ordine della combinazione

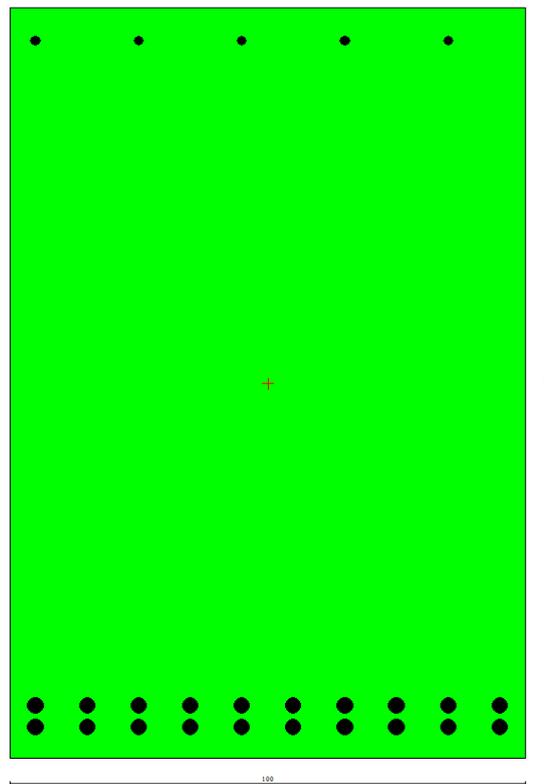
M_x Momento di prima fessurazione in direzione X, espresso in [kNm]

Relazione di calcolo Spalle, plinti e pali di fondazione

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN1A	20	D26CL	CL 09 00 002	A	111 di 164

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	1334.2999	-63.029	-4.539	3235.10	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

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 164

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 [cm ²]

N°	X	Y	d	ω
1	5.00	6.20	32	8.04
2	15.00	6.20	32	8.04
3	25.00	6.20	32	8.04
4	35.00	6.20	32	8.04
5	45.00	6.20	32	8.04
6	55.00	6.20	32	8.04
7	65.00	6.20	32	8.04
8	75.00	6.20	32	8.04
9	85.00	6.20	32	8.04
10	95.00	6.20	32	8.04
11	5.00	53.00	20	3.14
12	25.00	53.00	20	3.14
13	45.00	53.00	20	3.14
14	65.00	53.00	20	3.14
15	85.00	53.00	20	3.14
16	5.00	10.00	32	8.04
17	25.00	10.00	32	8.04
18	45.00	10.00	32	8.04
19	65.00	10.00	32	8.04
20	85.00	10.00	32	8.04

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	114 di 164

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	311.0000	663.0000	0.0000	0.0000	153.0000	0.0000	SI	NO
2	311.0000	199.0000	0.0000	0.0000	426.0000	0.0000	SI	NO
3	-4.0000	663.0000	0.0000	0.0000	153.0000	0.0000	SI	NO
4	-4.0000	199.0000	0.0000	0.0000	426.0000	0.0000	SI	NO
5	239.0000	1744.0000	0.0000	0.0000	759.0000	0.0000	SI	NO
6	299.0000	1325.0000	0.0000	0.0000	1098.0000	0.0000	SI	NO
7	-317.0000	1744.0000	0.0000	0.0000	759.0000	0.0000	SI	NO
8	-317.0000	1325.0000	0.0000	0.0000	1098.0000	0.0000	SI	NO
9	138.0000	461.0000	0.0000	0.0000	299.0000	0.0000	NO	SLER
10	138.0000	459.0000	0.0000	0.0000	299.0000	0.0000	NO	SLER
11	89.0000	461.0000	0.0000	0.0000	299.0000	0.0000	NO	SLER
12	89.0000	459.0000	0.0000	0.0000	299.0000	0.0000	NO	SLER
13	161.0000	203.0000	0.0000	0.0000	153.0000	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	115 di 164

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	29.67	0.51	(-3429.20; 0.00)	(3354.30; 60.00)
10	29.67	0.51	(-3431.03; 0.00)	(3357.18; 60.00)
11	29.27	0.54	(-3285.86; 0.00)	(3130.76; 60.00)
12	29.28	0.54	(-3286.95; 0.00)	(3132.45; 60.00)
13	31.48	0.38	(-4301.54; 0.00)	(4748.71; 60.00)

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	7.045	0.000	0.686	80.581	-88.940
10	7.015	0.000	0.686	80.247	-88.533
11	6.966	0.000	0.686	79.334	-90.703
12	6.936	0.000	0.686	78.999	-90.295
13	3.260	0.000	0.350	37.981	-35.649

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 164

 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>938.2681</u>	0.0000	<u>2000.2306</u>	3.02
<u>9325.4022</u>	0.0000	663.0000	29.99
311.0000	0.0000	<u>1994.6433</u>	3.01

Combinazione n° 2

N_u	M_{Xu}	M_{Yu}	FS
<u>2759.6196</u>	0.0000	<u>1765.8016</u>	8.87
<u>11591.9812</u>	0.0000	199.0000	37.27
311.0000	0.0000	<u>1994.6432</u>	10.02

Combinazione n° 3

N_u	M_{Xu}	M_{Yu}	FS
<u>-11.9033</u>	0.0000	<u>1972.9697</u>	2.98
<u>-4237.3237</u>	0.0000	663.0000	1059.33
-4.0000	0.0000	<u>1973.5682</u>	2.98

Combinazione n° 4

N_u	M_{Xu}	M_{Yu}	FS
<u>-39.6150</u>	0.0000	<u>1970.8443</u>	9.90
<u>-2256.6273</u>	0.0000	199.0000	564.16
-4.0000	0.0000	<u>1973.5682</u>	9.92

Combinazione n° 5

N_u	M_{Xu}	M_{Yu}	FS
<u>273.0398</u>	0.0000	<u>1992.3908</u>	1.14
<u>2900.2117</u>	0.0000	1744.0000	12.13
239.0000	0.0000	<u>1990.3040</u>	1.14

Combinazione n° 6

N_u	M_{Xu}	M_{Yu}	FS
<u>451.8427</u>	0.0000	<u>2002.3128</u>	1.51

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 164

<u>5539.4449</u>	0.0000	1325.0000	18.53
299.0000	0.0000	<u>1993.9397</u>	1.50

Combinazione n° 7

N_u	M_{Xu}	M_{Yu}	FS
<u>-353.3274</u>	0.0000	<u>1943.8581</u>	1.11
<u>-1823.5911</u>	0.0000	1744.0000	5.75
-317.0000	0.0000	<u>1947.2583</u>	1.12

Combinazione n° 8

N_u	M_{Xu}	M_{Yu}	FS
<u>-462.5102</u>	0.0000	<u>1933.2049</u>	1.46
<u>-3741.5928</u>	0.0000	1325.0000	11.80
-317.0000	0.0000	<u>1947.2583</u>	1.47

Risultati fessurazione

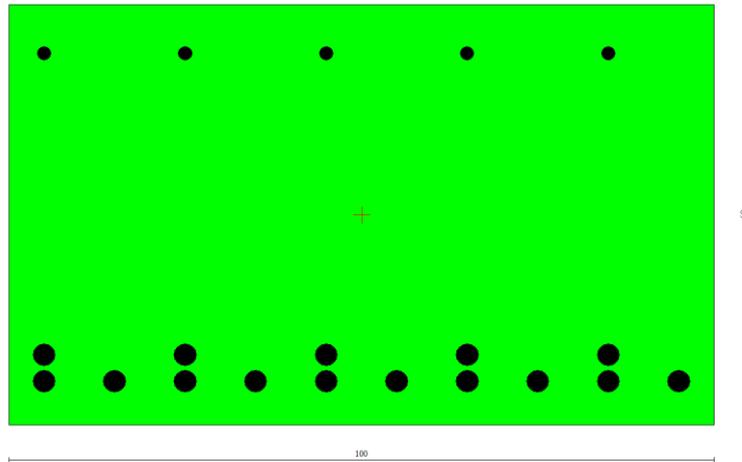
Simbologia adottata

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	247.0963	-43.392	-3.679	1425.89	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 164



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): $\phi 24/15$ cm; $\phi 20/15$

Armatura lato esterno: $\phi 24/15$ cm; $\phi 20/15$

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

Relazione di calcolo Spalle, plinti e pali di fondazione

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN1A	20	D26CL	CL 09 00 002	A	120 di 164

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	10.00	24	4.52
2	20.00	10.00	24	4.52
3	35.00	10.00	24	4.52
4	50.00	10.00	24	4.52
5	65.00	10.00	24	4.52
6	80.00	10.00	24	4.52
7	95.00	10.00	24	4.52
8	5.00	140.00	24	4.52
9	20.00	140.00	24	4.52
10	35.00	140.00	24	4.52
11	50.00	140.00	24	4.52
12	65.00	140.00	24	4.52
13	80.00	140.00	24	4.52
14	95.00	140.00	24	4.52

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

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 164

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	-15.0000	343.0000	0.0000	0.0000	359.0000	0.0000	SI	NO
2	-15.0000	743.0000	0.0000	0.0000	175.0000	0.0000	SI	NO
3	-138.0000	343.0000	0.0000	0.0000	359.0000	0.0000	SI	NO
4	-138.0000	743.0000	0.0000	0.0000	175.0000	0.0000	SI	NO
5	55.0000	830.0000	0.0000	0.0000	533.0000	0.0000	SI	NO
6	55.0000	1337.0000	0.0000	0.0000	270.0000	0.0000	SI	NO
7	-406.0000	830.0000	0.0000	0.0000	533.0000	0.0000	SI	NO
8	-406.0000	1337.0000	0.0000	0.0000	270.0000	0.0000	SI	NO
9	-65.0000	522.0000	0.0000	0.0000	254.0000	0.0000	NO	SLER
10	-65.0000	528.0000	0.0000	0.0000	247.0000	0.0000	NO	SLER
11	-88.0000	522.0000	0.0000	0.0000	254.0000	0.0000	NO	SLER
12	-88.0000	528.0000	0.0000	0.0000	247.0000	0.0000	NO	SLER
13	-43.0000	353.0000	0.0000	0.0000	188.0000	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	27.30	0.00	(0.00; 122.70)	(100.00; 122.70)
10	27.32	0.00	(0.00; 122.68)	(100.00; 122.68)
11	26.57	0.00	(0.00; 123.43)	(100.00; 123.43)
12	26.60	0.00	(0.00; 123.40)	(100.00; 123.40)
13	27.34	0.00	(0.00; 122.66)	(100.00; 122.66)

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 164

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	2.203	0.000	0.195	20.937	-136.405
10	2.229	0.000	0.190	21.194	-137.860
11	2.185	0.000	0.195	20.438	-139.888
12	2.211	0.000	0.190	20.695	-141.343
13	1.490	0.000	0.144	14.179	-92.099

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>-70.8818</u>	0.0000	<u>1620.8306</u>	4.73
<u>-1950.6120</u>	0.0000	343.0000	130.04
-15.0000	0.0000	<u>1658.3307</u>	4.83

Combinazione n° 2

N_u	M_{Xu}	M_{Yu}	FS
<u>-33.2322</u>	0.0000	<u>1646.1032</u>	2.22
<u>-1335.2276</u>	0.0000	743.0000	89.02
-15.0000	0.0000	<u>1658.3306</u>	2.23

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 164

Combinazione n° 3

N_u	M_{Xu}	M_{Yu}	FS
<u>-527.7527</u>	0.0000	<u>1311.7332</u>	3.82
<u>-1950.6110</u>	0.0000	343.0000	14.13
-138.0000	0.0000	<u>1575.7007</u>	4.59

Combinazione n° 4

N_u	M_{Xu}	M_{Yu}	FS
<u>-275.4398</u>	0.0000	<u>1482.9839</u>	2.00
<u>-1335.2250</u>	0.0000	743.0000	9.68
-138.0000	0.0000	<u>1575.7006</u>	2.12

Combinazione n° 5

N_u	M_{Xu}	M_{Yu}	FS
<u>115.6829</u>	0.0000	<u>1745.7601</u>	2.10
<u>29356.9599</u>	0.0000	830.0000	533.76
55.0000	0.0000	<u>1705.2086</u>	2.05

Combinazione n° 6

N_u	M_{Xu}	M_{Yu}	FS
<u>70.5754</u>	0.0000	<u>1715.6248</u>	1.28
<u>28470.4213</u>	0.0000	1337.0000	517.64
55.0000	0.0000	<u>1705.2087</u>	1.28

Combinazione n° 7

N_u	M_{Xu}	M_{Yu}	FS
<u>-613.1465</u>	0.0000	<u>1253.4769</u>	1.51
<u>-1228.1620</u>	0.0000	830.0000	3.03
-406.0000	0.0000	<u>1394.5357</u>	1.68

Combinazione n° 8

N_u	M_{Xu}	M_{Yu}	FS
<u>-420.4851</u>	0.0000	<u>1384.7008</u>	1.04
<u>-490.6480</u>	0.0000	1337.0000	1.21
-406.0000	0.0000	<u>1394.5357</u>	1.04

Relazione di calcolo Spalle, plinti e pali di fondazione

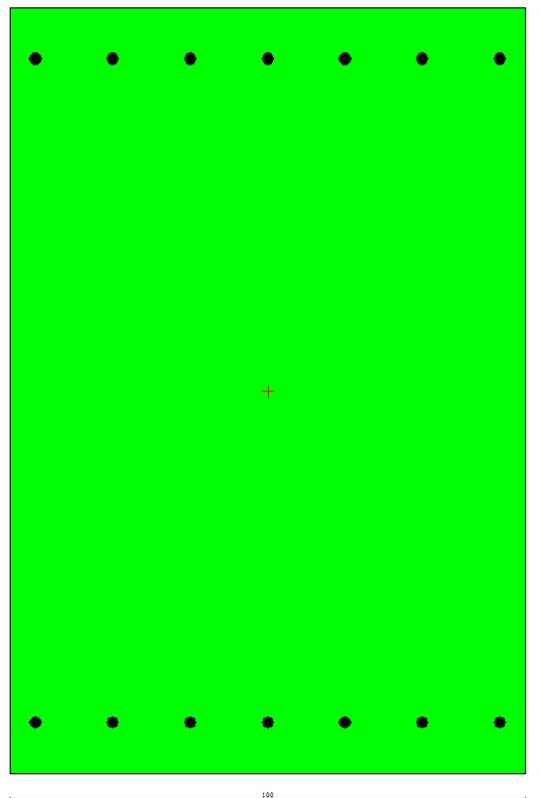
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN1A	20	D26CL	CL 09 00 002	A	124 di 164

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	908.6401	-237.066	-17.207	2800.00	0.0000	0	0.0000



Impostazioni verifiche SLU

Coefficienti di sicurezza del c.a.

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 164

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	10.00	20	3.14
2	20.00	10.00	20	3.14
3	35.00	10.00	20	3.14
4	50.00	10.00	20	3.14
5	65.00	10.00	20	3.14
6	80.00	50.00	20	3.14
7	95.00	50.00	20	3.14
8	5.00	50.00	20	3.14
9	20.00	50.00	20	3.14
10	35.00	50.00	20	3.14
11	50.00	50.00	20	3.14
12	65.00	50.00	20	3.14
13	80.00	10.00	20	3.14
14	95.00	10.00	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		

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 164

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, TAMB - Verifica a tensioni ammissibili)

N°	N	M _Y	M _X	M _t	T _Y	T _X	VD	VT
1	23.0000	66.0000	0.0000	0.0000	163.0000	0.0000	SI	NO
2	23.0000	201.0000	0.0000	0.0000	64.0000	0.0000	SI	NO
3	16.0000	66.0000	0.0000	0.0000	163.0000	0.0000	SI	NO
4	16.0000	201.0000	0.0000	0.0000	64.0000	0.0000	SI	NO
5	27.0000	371.0000	0.0000	0.0000	363.0000	0.0000	SI	NO
6	27.0000	407.0000	0.0000	0.0000	245.0000	0.0000	SI	NO
7	7.0000	371.0000	0.0000	0.0000	363.0000	0.0000	SI	NO
8	7.0000	407.0000	0.0000	0.0000	245.0000	0.0000	SI	NO
9	17.0000	141.0000	0.0000	0.0000	114.0000	0.0000	NO	SLER
10	17.0000	141.0000	0.0000	0.0000	114.0000	0.0000	NO	SLER
11	15.0000	141.0000	0.0000	0.0000	114.0000	0.0000	NO	SLER
12	15.0000	141.0000	0.0000	0.0000	114.0000	0.0000	NO	SLER
13	17.0000	67.0000	0.0000	0.0000	67.0000	0.0000	NO	SLEQP

Risultati analisi
Caratteristiche asse neutro
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	128 di 164

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	14.67	0.00	(0.00; 45.33)	(100.00; 45.33)
10	14.67	0.00	(0.00; 45.33)	(100.00; 45.33)
11	14.63	0.00	(0.00; 45.37)	(100.00; 45.37)
12	14.63	0.00	(0.00; 45.37)	(100.00; 45.37)
13	15.01	0.00	(0.00; 44.99)	(100.00; 44.99)

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	3.873	0.000	0.256	18.490	-139.924
10	3.873	0.000	0.256	18.490	-139.924
11	3.872	0.000	0.256	18.387	-140.384
12	3.872	0.000	0.256	18.387	-140.384
13	1.844	0.000	0.150	9.236	-64.442

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>157.4659</u>	0.0000	<u>451.8587</u>	6.85
<u>12721.5574</u>	0.0000	66.0000	553.11

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 164

23.0000	0.0000	<u>421.2423</u>	6.38
---------	--------	-----------------	------

Combinazione n° 2

N_u	M_{Xu}	M_{Yu}	FS
<u>48.8800</u>	0.0000	<u>427.1691</u>	2.13
<u>12104.9320</u>	0.0000	201.0000	526.30
23.0000	0.0000	<u>421.2422</u>	2.10

Combinazione n° 3

N_u	M_{Xu}	M_{Yu}	FS
<u>106.7549</u>	0.0000	<u>440.3640</u>	6.67
<u>12721.5583</u>	0.0000	66.0000	795.10
16.0000	0.0000	<u>419.6363</u>	6.36

Combinazione n° 4

N_u	M_{Xu}	M_{Yu}	FS
<u>33.7274</u>	0.0000	<u>423.7009</u>	2.11
<u>12104.9403</u>	0.0000	201.0000	756.56
16.0000	0.0000	<u>419.6363</u>	2.09

Combinazione n° 5

N_u	M_{Xu}	M_{Yu}	FS
<u>30.7863</u>	0.0000	<u>423.0271</u>	1.14
<u>11295.1610</u>	0.0000	371.0000	418.34
27.0000	0.0000	<u>422.1593</u>	1.14

Combinazione n° 6

N_u	M_{Xu}	M_{Yu}	FS
<u>28.0212</u>	0.0000	<u>422.3934</u>	1.04
<u>11119.8571</u>	0.0000	407.0000	411.85
27.0000	0.0000	<u>422.1593</u>	1.04

Combinazione n° 7

N_u	M_{Xu}	M_{Yu}	FS
<u>7.8825</u>	0.0000	<u>417.7725</u>	1.13

Relazione di calcolo Spalle, plinti e pali di fondazione

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN1A	20	D26CL	CL 09 00 002	A	130 di 164

<u>11295.1620</u>	0.0000	371.0000	1613.59
7.0000	0.0000	<u>417.5697</u>	1.13

Combinazione n° 8

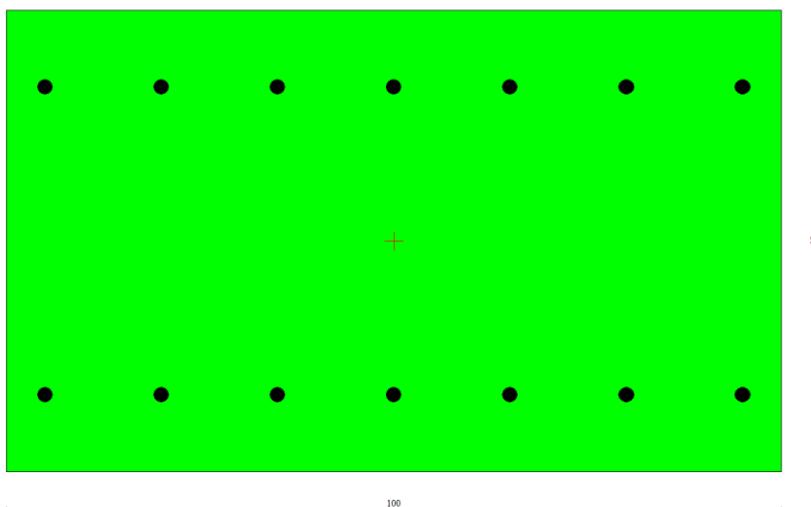
N_u	M_{Xu}	M_{Yu}	FS
<u>7.1825</u>	0.0000	<u>417.6117</u>	1.03
<u>11119.8529</u>	0.0000	407.0000	1588.55
7.0000	0.0000	<u>417.5698</u>	1.03

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]
 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_f	σ_c	A_{eff}	ϵ	S_{rm}	w
13	0.0000	154.7069	-148.801	-12.755	2249.30	0.0000	0	0.0000



6.7.5 Verifiche a taglio muro andatore

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 164

La verifica risulta soddisfatta utilizzando spille $\phi 16$ a passo 20×30 cm, ancorate all'intersezione tra barre verticali e barre orizzontali.

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}	1204	kN
N _{Ed}	0	kN

Cross section

h	60	cm
b _w	100	cm
c	8.5	cm
d	51.5	cm

Steel properties

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

Longitudinal reinforcement

ϕ	20	mm
n	5	
A _s	15.708	cm ²

Stirrups

Diameter	16	mm
Number across b _w	5	
A _{sw}	10.053	cm ²
s	30	cm
Angle, α	90	°

k	1.623	
v _{min}	0.409	
ρ	0.014	
α_{cw}	1	
θ	21.8	°

V_{Ed} <

VR _{dc}	214.39	kN
VR _{dc.max}	2198.69	kN
VR _{ds}	1396.59	kN

Concrete properties

Class C32/40

R _{ck}	40	MPa
f _{ck}	32	MPa
γ _c	1.5	
α _{cc}	0.85	
f _{cd}	18.133	MPa

Steel properties

f _{yk}	450	MPa
γ _s	1.15	
f _{ywd}	360	MPa

Shear Force

V _{Ed}	2007	kN
N _{Ed}	0	kN

Cross section

h	140	cm
b _w	100	cm
c	8.5	cm
d	131.5	cm

Longitudinal reinforcement

Φ	20	mm
n	5	
A _s	15.708	cm ²

Stirrups

Diameter	16	mm
Number across b _w	5	
A _{sw}	10.053	cm ²
s	30	cm
Angle, α	90°	

k	1.391	
v _{min}	0.324	
ρ	0.006	
α _{cw}	1	
θ	21.8°	

V _{Rdc}	426.66	kN
V _{Rdc.max}	5614.14	kN
V _{Rds}	3871.63	kN

V_{Ed} <

Tabella 6.4 Verifica a taglio muro andatore

Relazione di calcolo Spalle, plinti e pali di fondazione

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN1A	20	D26CL	CL 09 00 002	A	133 di 164

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: 100x200 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: $\phi 32/15$ cm + $\phi 32/30$ cm

Armatura lato inferiore: $\phi 32/15$ cm + $\phi 32/30$ 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 1° Formulazione

Sensibilità delle armature Poco sensibile

Valori limite delle aperture delle fessure $w_1 = 0.10$

Relazione di calcolo Spalle, plinti e pali di fondazione

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN1A	20	D26CL	CL 09 00 002	A	134 di 164

$$w_2 = 0.20$$

$$w_3 = 0.20$$

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	200.0 [cm]

Caratteristiche geometriche

Area sezione	20000.00 [cmq]
Inerzia in direzione X	16666666.7 [cm ⁴]
Inerzia in direzione Y	66666666.7 [cm ⁴]
Inerzia in direzione XY	0.0 [cm ⁴]
Ascissa baricentro sezione	$X_G = 50.00$ [cm]
Ordinata baricentro sezione	$Y_G = 100.00$ [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
----	---	---	---	----------

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 164

1	5.00	6.00	32	8.04
2	20.00	6.00	32	8.04
3	35.00	6.00	32	8.04
4	50.00	6.00	32	8.04
5	65.00	6.00	32	8.04
6	80.00	6.00	32	8.04
7	95.00	6.00	32	8.04
8	95.00	194.00	32	8.04
9	80.00	194.00	32	8.04
10	65.00	194.00	32	8.04
11	50.00	194.00	32	8.04
12	35.00	194.00	32	8.04
13	20.00	194.00	32	8.04
14	5.00	194.00	32	8.04
15	5.00	10.00	32	8.04
16	35.00	10.00	32	8.04
17	65.00	10.00	32	8.04
18	95.00	10.00	32	8.04
19	5.00	190.00	32	8.04
20	35.00	190.00	32	8.04
21	65.00	190.00	32	8.04
22	95.00	190.00	32	8.04

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	136 di 164

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	153.0000	3920.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	SI	NO
2	423.0000	1787.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	SI	NO
3	47.0000	3760.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	SI	NO
4	867.0000	5103.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	SI	NO
5	-53.0000	-2161.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	SI	NO
6	-111.0000	-1817.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	SI	NO
7	149.0000	-5030.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	SI	NO
8	-320.0000	-5798.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	SI	NO
9	-251.0000	947.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	NO	SLER
10	-281.0000	1107.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	NO	SLER
11	-71.0000	-1457.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	NO	SLER
12	-81.0000	-1533.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	NO	SLER
13	204.0000	727.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	NO	SLEQP
14	58.0000	-357.0000	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	40.08	0.00	(0.00; 159.92)	(100.00; 159.92)
10	40.52	0.00	(0.00; 159.48)	(100.00; 159.48)
11	48.91	0.00	(100.00; 48.91)	(0.00; 48.91)
12	48.74	0.00	(100.00; 48.74)	(0.00; 48.74)
13	63.97	0.00	(0.00; 136.03)	(100.00; 136.03)
14	58.29	0.00	(100.00; 58.29)	(0.00; 58.29)

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	1.278	0.000	0.000	16.300	-73.620
10	1.503	0.000	0.000	19.209	-85.400
11	2.176	0.000	0.000	28.635	-96.813
12	2.286	0.000	0.000	30.065	-102.185
13	1.197	0.000	0.000	16.277	-36.510
14	0.571	0.000	0.000	7.687	-19.950

Sollecitazioni ultime

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	138 di 164

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>259.1764</u>	0.0000	<u>6640.3364</u>	1.69
<u>39857.3184</u>	0.0000	3920.0000	260.51
153.0000	0.0000	<u>6545.3651</u>	1.67

Combinazione n° 2

N_u	M_{Xu}	M_{Yu}	FS
<u>1917.5886</u>	0.0000	<u>8101.0184</u>	4.53
<u>42526.2086</u>	0.0000	1787.0000	100.53
423.0000	0.0000	<u>6786.5344</u>	3.80

Combinazione n° 3

N_u	M_{Xu}	M_{Yu}	FS
<u>81.0109</u>	0.0000	<u>6480.8758</u>	1.72
<u>40064.6202</u>	0.0000	3760.0000	852.44
47.0000	0.0000	<u>6450.3808</u>	1.72

Combinazione n° 4

N_u	M_{Xu}	M_{Yu}	FS
<u>1282.1440</u>	0.0000	<u>7546.4600</u>	1.48
<u>38296.2654</u>	0.0000	5103.0000	44.17
867.0000	0.0000	<u>7180.6927</u>	1.41

Combinazione n° 5

N_u	M_{Xu}	M_{Yu}	FS
<u>-153.7761</u>	0.0000	<u>-6270.0046</u>	2.90
<u>-4592.1166</u>	0.0000	-2161.0000	86.64
-53.0000	0.0000	<u>-6360.6173</u>	2.94

Combinazione n° 6

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 164

N_u	M_{Xu}	M_{Yu}	FS
<u>-371.0656</u>	0.0000	<u>-6074.1103</u>	3.34
<u>-4963.7491</u>	0.0000	-1817.0000	44.72
-111.0000	0.0000	<u>-6308.4854</u>	3.47

Combinazione n° 7

N_u	M_{Xu}	M_{Yu}	FS
<u>195.0020</u>	0.0000	<u>-6582.9550</u>	1.31
<u>38393.9248</u>	0.0000	-5030.0000	257.68
149.0000	0.0000	<u>-6541.7838</u>	1.30

Combinazione n° 8

N_u	M_{Xu}	M_{Yu}	FS
<u>-336.9395</u>	0.0000	<u>-6104.9230</u>	1.05
<u>-676.0091</u>	0.0000	-5798.0000	2.11
-320.0000	0.0000	<u>-6120.2113</u>	1.06

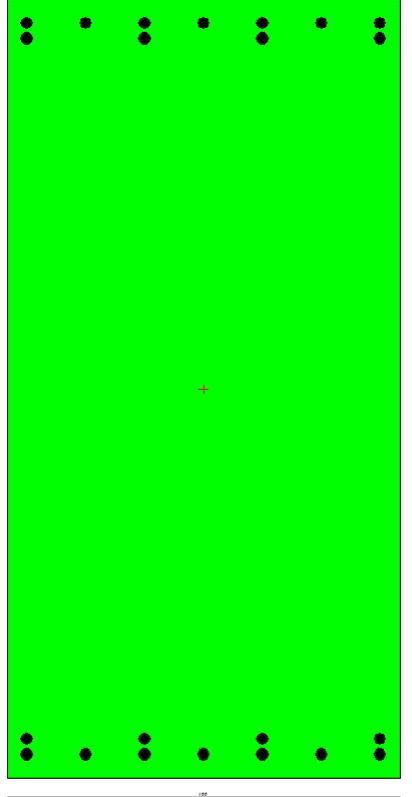
Risultati fessurazione
Simbologia adottata

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	2201.6835	-110.568	-7.711	3145.45	0.0000	0	0.0000
14	0.0000	-2091.9954	-116.904	-8.138	3145.45	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 164



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 164

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: $\phi 32/15 \text{ cm} + \phi 32/30 \text{ cm}$

Armatura lato inferiore: $\phi 32/15 \text{ cm} + \phi 32/30 \text{ cm}$

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	142 di 164

Dati

Nome sezione:

sezione

Tipo sezione

Rettangolare

Base

100.0 [cm]

Altezza

200.0 [cm]

Caratteristiche geometriche

Area sezione	20000.00 [cmq]
Inerzia in direzione X	16666666.7 [cm ⁴]
Inerzia in direzione Y	66666666.7 [cm ⁴]
Inerzia in direzione XY	0.0 [cm ⁴]
Ascissa baricentro sezione	$X_G = 50.00$ [cm]
Ordinata baricentro sezione	$Y_G = 100.00$ [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	12.00	32	8.04
2	20.00	12.00	32	8.04
3	35.00	12.00	32	8.04
4	50.00	12.00	32	8.04
5	65.00	12.00	32	8.04
6	80.00	12.00	32	8.04
7	95.00	12.00	32	8.04
8	95.00	187.00	32	8.04
9	80.00	187.00	32	8.04

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 164

10	65.00	187.00	32	8.04
11	50.00	187.00	32	8.04
12	35.00	187.00	32	8.04
13	20.00	187.00	32	8.04
14	5.00	187.00	32	8.04
15	5.00	15.50	32	8.04
16	35.00	15.50	32	8.04
17	65.00	15.50	32	8.04
18	95.00	15.50	32	8.04
19	5.00	183.00	32	8.04
20	35.00	183.00	32	8.04
21	65.00	183.00	32	8.04
22	95.00	183.00	32	8.04

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)

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 164

N°	N	M _Y	M _X	M _I	T _Y	T _X	VD	VT
1	-14.0000	941.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	SI	NO
2	-74.0000	1333.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	SI	NO
3	135.0000	1020.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	SI	NO
4	-244.0000	4571.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	SI	NO
5	97.0000	-1998.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	SI	NO
6	212.0000	-3541.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	SI	NO
7	124.0000	-2594.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	SI	NO
8	393.0000	-6361.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	SI	NO
9	-34.0000	1830.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	NO	SLER
10	-45.0000	2070.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	NO	SLER
11	144.0000	-1179.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	NO	SLER
12	153.0000	-2469.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	NO	SLER
13	-33.0000	1517.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	NO	SLEQP
14	103.0000	-1587.0000	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	50.47	0.00	(0.00; 149.53)	(100.00; 149.53)
10	50.35	0.00	(0.00; 149.65)	(100.00; 149.65)
11	55.74	0.00	(100.00; 55.74)	(0.00; 55.74)
12	53.27	0.00	(100.00; 53.27)	(0.00; 53.27)
13	50.35	0.00	(0.00; 149.65)	(100.00; 149.65)
14	53.38	0.00	(100.00; 53.38)	(0.00; 53.38)

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	3.041	0.000	0.000	33.866	-124.292
10	3.437	0.000	0.000	38.240	-140.934
11	2.036	0.000	0.000	23.963	-71.917
12	4.202	0.000	0.000	48.834	-158.264
13	2.519	0.000	0.000	28.024	-103.285
14	2.703	0.000	0.000	31.433	-101.486

Sollecitazioni ultime

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	146 di 164

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>-89.7929</u>	0.0000	<u>6035.3638</u>	6.41
<u>-5875.2885</u>	0.0000	941.0000	419.66
-14.0000	0.0000	<u>6100.5593</u>	6.48

Combinazione n° 2

N_u	M_{Xu}	M_{Yu}	FS
<u>-323.8403</u>	0.0000	<u>5833.5010</u>	4.38
<u>-5417.1648</u>	0.0000	1333.0000	73.20
-74.0000	0.0000	<u>6048.9556</u>	4.54

Combinazione n° 3

N_u	M_{Xu}	M_{Yu}	FS
<u>911.8908</u>	0.0000	<u>6889.8417</u>	6.75
<u>43315.8599</u>	0.0000	1020.0000	320.86
135.0000	0.0000	<u>6228.4735</u>	6.11

Combinazione n° 4

N_u	M_{Xu}	M_{Yu}	FS
<u>-311.9412</u>	0.0000	<u>5843.7834</u>	1.28
<u>-1767.7699</u>	0.0000	4571.0000	7.24
-244.0000	0.0000	<u>5902.4533</u>	1.29

Combinazione n° 5

N_u	M_{Xu}	M_{Yu}	FS
<u>308.2739</u>	0.0000	<u>-6349.8065</u>	3.18
<u>42198.0526</u>	0.0000	-1998.0000	435.03
97.0000	0.0000	<u>-6167.4667</u>	3.09

Combinazione n° 6

Relazione di calcolo Spalle, plinti e pali di fondazione

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN1A	20	D26CL	CL 09 00 002	A	147 di 164

N_u	M_{Xu}	M_{Yu}	FS
<u>384.0701</u>	0.0000	<u>-6415.0569</u>	1.81
<u>40199.2018</u>	0.0000	-3541.0000	189.62
212.0000	0.0000	<u>-6266.8012</u>	1.77

Combinazione n° 7

N_u	M_{Xu}	M_{Yu}	FS
<u>303.3340</u>	0.0000	<u>-6345.5508</u>	2.45
<u>41438.5427</u>	0.0000	-2594.0000	334.18
124.0000	0.0000	<u>-6190.8066</u>	2.39

Combinazione n° 8

N_u	M_{Xu}	M_{Yu}	FS
<u>397.0285</u>	0.0000	<u>-6426.2036</u>	1.01
<u>36330.5455</u>	0.0000	-6361.0000	92.44
393.0000	0.0000	<u>-6422.7386</u>	1.01

Risultati fessurazione

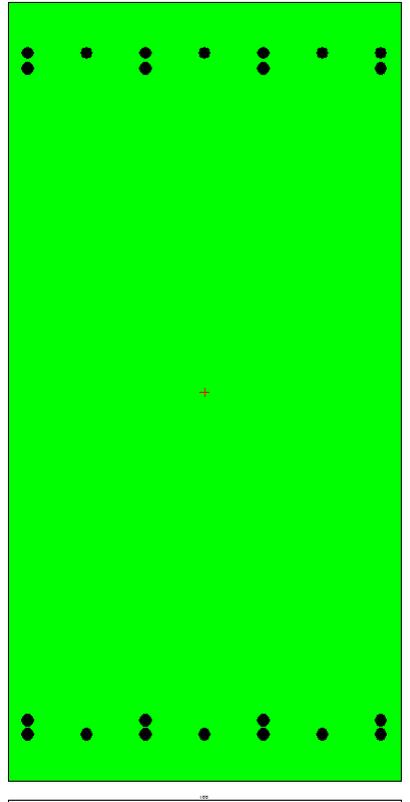
Simbologia adottata

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	1877.0554	-127.799	-9.263	3727.27	0.0000	0	0.0000
14	0.0000	-1937.9937	-123.931	-9.066	3845.45	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	148 di 164



6.7.7 Verifiche a taglio platea

La verifica risulta soddisfatta utilizzando spille $\phi 20$ a passo 30×30 cm nell'intorno dei pali, ancorate all'intersezione tra barre longitudinali e barre trasversali.

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}	4617 kN
NEd	0 kN

Cross section

h	200	cm
bw	100	cm
c	13.5	cm
d	186.5	cm

Steel properties

fyk	450	MPa
γ_s	1.15	
fywd	360	MPa

Longitudinal reinforcement

ϕ	32	mm
n	10	
A _s	80.425	cm ²

Stirrups

Diameter	20	mm
Number across bw	3.333	
A _{sw}	10.471	cm ²
s	30	cm
Angle, α	90	°

k	1.328	
v _{min}	0.303	
ρ	0.01	
α_{cw}	1	
θ	21.8	°

VR _{dc}	712.6	kN
VR _{dc.max}	7962.3	kN
VR_{ds}	5268.3	kN

V_{Ed} <

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.

I pali presentano le seguenti caratteristiche:

Lunghezza: 30 m

Diametro: 1200 mm

Copriferro: 60 mm

Il soddisfacimento delle verifiche richiede le seguenti armature:

Nei primi 10 m da intradosso platea:

Armatura longitudinale: 56 $\phi 32$

Staffe: $\phi 12/10$ cm

Nei rimanenti 22 m:

Armatura longitudinale: 56 $\phi 32$ (tale armatura rispetta il minimo di normativa dello 0.3% della sezione, par. 7.2.5 DM2018)

Staffe: $\phi 12/10$ 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

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 164

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 $w_1 = 0.10$

$w_2 = 0.20$

$w_3 = 0.40$

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 120.0 [cm]

Caratteristiche geometriche

Area sezione 11291.57 [cmq]

Inerzia in direzione X 10146105.5 [cm⁴]

Inerzia in direzione Y 10146105.5 [cm⁴]

Inerzia in direzione XY 0.0 [cm⁴]

Ascissa baricentro sezione $X_G = 60.00$ [cm]

Ordinata baricentro sezione $Y_G = 60.00$ [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]

Relazione di calcolo Spalle, plinti e pali di fondazione

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN1A	20	D26CL	CL 09 00 002	A	152 di 164

 ω Area del ferro espresso in [cmq]

N°	X	Y	d	ω
1	112.40	60.00	32	8.04
2	111.75	68.20	32	8.04
3	109.84	76.19	32	8.04
4	106.69	83.79	32	8.04
5	102.39	90.80	32	8.04
6	97.05	97.05	32	8.04
7	90.80	102.39	32	8.04
8	83.79	106.69	32	8.04
9	76.19	109.84	32	8.04
10	68.20	111.75	32	8.04
11	60.00	112.40	32	8.04
12	51.80	111.75	32	8.04
13	43.81	109.84	32	8.04
14	36.21	106.69	32	8.04
15	29.20	102.39	32	8.04
16	22.95	97.05	32	8.04
17	17.61	90.80	32	8.04
18	13.31	83.79	32	8.04
19	10.16	76.19	32	8.04
20	8.25	68.20	32	8.04
21	7.60	60.00	32	8.04
22	8.25	51.80	32	8.04
23	10.16	43.81	32	8.04
24	13.31	36.21	32	8.04
25	17.61	29.20	32	8.04
26	22.95	22.95	32	8.04
27	29.20	17.61	32	8.04
28	36.21	13.31	32	8.04
29	43.81	10.16	32	8.04
30	51.80	8.25	32	8.04
31	60.00	7.60	32	8.04
32	68.20	8.25	32	8.04
33	76.19	10.16	32	8.04
34	83.79	13.31	32	8.04
35	90.80	17.61	32	8.04
36	97.05	22.95	32	8.04
37	102.39	29.20	32	8.04
38	106.69	36.21	32	8.04

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 164

39	109.84	43.81	32	8.04
40	111.75	51.80	32	8.04
41	108.90	60.00	32	8.04
42	105.18	78.71	32	8.04
43	94.58	94.58	32	8.04
44	78.71	105.18	32	8.04
45	60.00	108.90	32	8.04
46	41.29	105.18	32	8.04
47	25.42	94.58	32	8.04
48	14.82	78.71	32	8.04
49	11.10	60.00	32	8.04
50	14.82	41.29	32	8.04
51	25.42	25.42	32	8.04
52	41.29	14.82	32	8.04
53	60.00	11.10	32	8.04
54	78.71	14.82	32	8.04
55	94.58	25.42	32	8.04
56	105.18	41.29	32	8.04

Materiale impiegato : Calcestruzzo armato

Caratteristiche calcestruzzo

Resistenza caratteristica calcestruzzo	45.000	[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]



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	154 di 164

- 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	-3487.0000	6036.0000	0.0000	0.0000	1668.0000	0.0000	SI	NO
2	-3487.0000	2683.0000	0.0000	0.0000	679.0000	0.0000	SI	NO
3	-3487.0000	4844.0000	0.0000	0.0000	1218.0000	0.0000	SI	NO
4	12971.0000	6036.0000	0.0000	0.0000	679.0000	0.0000	SI	NO
5	12971.0000	2683.0000	0.0000	0.0000	1668.0000	0.0000	SI	NO
6	12971.0000	4844.0000	0.0000	0.0000	1785.0000	0.0000	SI	NO
7	12971.0000	6704.0000	0.0000	0.0000	1218.0000	0.0000	SI	NO
8	777.0000	1960.0000	0.0000	0.0000	557.0000	0.0000	NO	SLEQP
9	5884.0000	2235.0000	0.0000	0.0000	598.0000	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)
8	52.25	0.00	(-1319.07; 67.75)	(1439.07; 67.75)
9	82.11	0.00	(-1611.30; 37.89)	(1731.30; 37.89)

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}
8	7.938	0.000	0.588	101.749	-137.067
9	10.814	0.000	-0.468	147.191	-59.848

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
-3532.1406	0.0000	6114.1384	1.01

Relazione di calcolo Spalle, plinti e pali di fondazione

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN1A	20	D26CL	CL 09 00 002	A	156 di 164

-3791.1917	0.0000	6036.0000	1.09
-3487.0000	0.0000	<u>6127.7274</u>	1.02

Combinazione n° 2

N_u	M_{Xu}	M_{Yu}	FS
-6545.0332	0.0000	<u>5035.9403</u>	1.88
-11952.0314	0.0000	2683.0000	3.43
-3487.0000	0.0000	<u>6127.7274</u>	2.28

Combinazione n° 3

N_u	M_{Xu}	M_{Yu}	FS
-4243.1531	0.0000	<u>5894.4175</u>	1.22
-7011.5897	0.0000	4844.0000	2.01
-3487.0000	0.0000	<u>6127.7274</u>	1.27

Combinazione n° 4

N_u	M_{Xu}	M_{Yu}	FS
<u>16157.9357</u>	0.0000	<u>7519.0270</u>	1.25
<u>23496.0407</u>	0.0000	6036.0000	1.81
12971.0000	0.0000	<u>7996.1633</u>	1.32

Combinazione n° 5

N_u	M_{Xu}	M_{Yu}	FS
<u>26096.6309</u>	0.0000	<u>5397.9848</u>	2.01
<u>34807.2623</u>	0.0000	2683.0000	2.68
12971.0000	0.0000	<u>7996.1632</u>	2.98

Combinazione n° 6

N_u	M_{Xu}	M_{Yu}	FS
<u>18808.3739</u>	0.0000	<u>7023.9583</u>	1.45
<u>28129.0759</u>	0.0000	4844.0000	2.17
12971.0000	0.0000	<u>7996.1633</u>	1.65

Combinazione n° 7

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	157 di 164

<u>14961.2908</u>	0.0000	<u>7732.6724</u>	1.15
<u>20400.1007</u>	0.0000	6704.0000	1.57
12971.0000	0.0000	<u>7996.1633</u>	1.19

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]

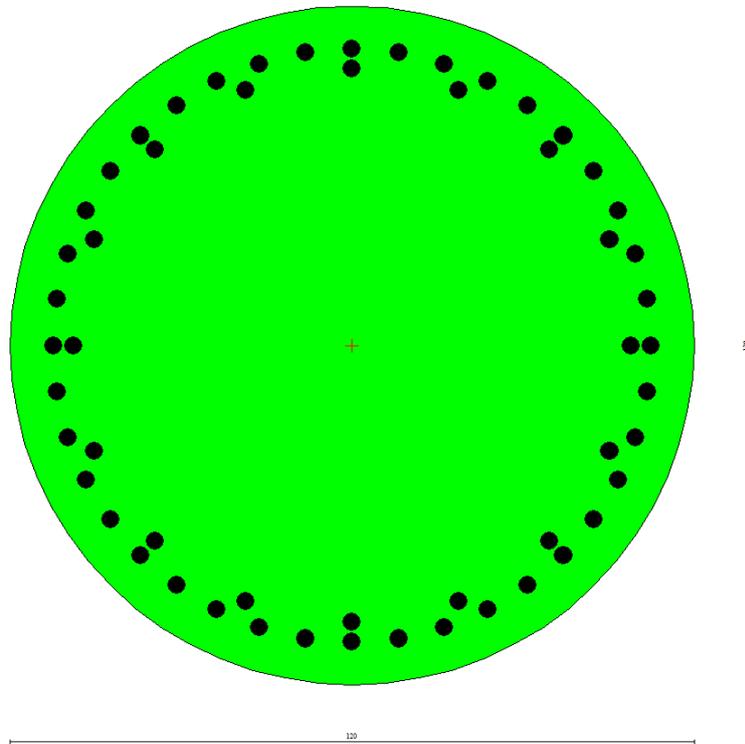
N°	T	V _{Rd}	V _{Red}	V _{Rsd}	Diametro e passo staffe
1	1668.0000	291.5152	3609.5895	4116.3131	φ12.00 - 10.00 [cm]
2	679.0000	291.5152	3609.5895	4116.3131	φ12.00 - 10.00 [cm]
3	1218.0000	291.5152	3609.5895	4116.3131	φ12.00 - 10.00 [cm]
4	679.0000	1463.7485	4134.0664	4116.3131	φ12.00 - 10.00 [cm]
5	1668.0000	1463.7485	4134.0664	4116.3131	φ12.00 - 10.00 [cm]
6	1785.0000	1463.7485	4134.0664	4116.3131	φ12.00 - 10.00 [cm]
7	1218.0000	1463.7485	4134.0664	4116.3131	φ12.00 - 10.00 [cm]

Risultati fessurazione

Simbologia adottata

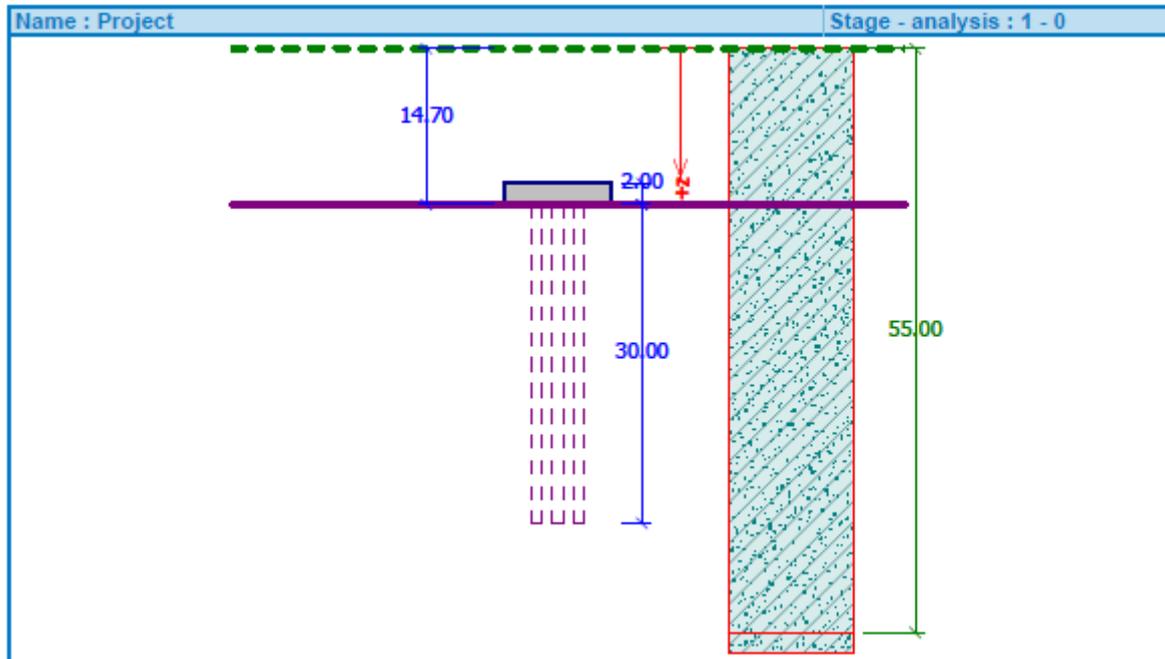
N° numero d'ordine della combinazione
 M_X Momento di prima fessurazione in direzione X, espresso in [kNm]
 M_Y Momento di prima fessurazione in direzione Y, espresso in [kNm]
 σ_f Tensione nell'acciaio, espressa in [MPa]
 σ_c Tensione nel calcestruzzo, espressa in [MPa]
 A_{eff} Area efficace a trazione, 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 _f	σ _c	A _{eff}	ε	S _{rm}	w
8	0.0000	809.7536	-56.628	-4.252	2615.47	0.0609	173	0.1785
9	0.0000	1404.8293	-37.618	-3.137	1141.15	0.0233	161	0.0639



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 32 m. I pali, di diametro 120 cm, sono di tipo trivellato.



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

Relazione di calcolo Spalle, plinti e pali di fondazione

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN1A	20	D26CL	CL 09 00 002	A	160 di 164

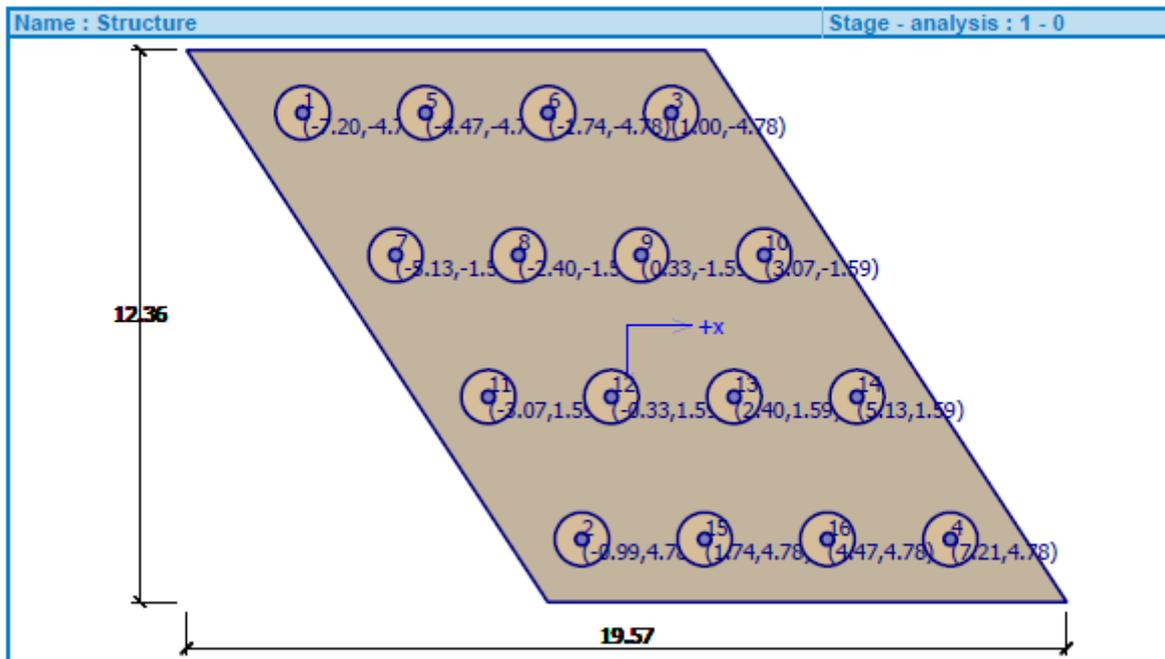
Oedometric modulus : $E_{oed} = 6.00 \text{ MPa}$
 Saturated unit weight : $\gamma_{sat} = 19.00 \text{ kN/m}^3$
 Angle of internal friction : $\varphi_{ef} = 45.00^\circ$

Construction

Pile diameter $d = 1.20 \text{ m}$
 Cap overlap $o = 0.80 \text{ m}$

Coordinates of piles

No.	x [m]	y [m]
1	-7.20	-4.78
2	-0.99	4.78
3	1.00	-4.78
4	7.21	4.78
5	-4.47	-4.78
6	-1.74	-4.78
7	-5.13	-1.59
8	-2.40	-1.59
9	0.33	-1.59
10	3.07	-1.59
11	-3.07	1.59
12	-0.33	1.59
13	2.40	1.59
14	5.13	1.59
15	1.74	4.78
16	4.47	4.78



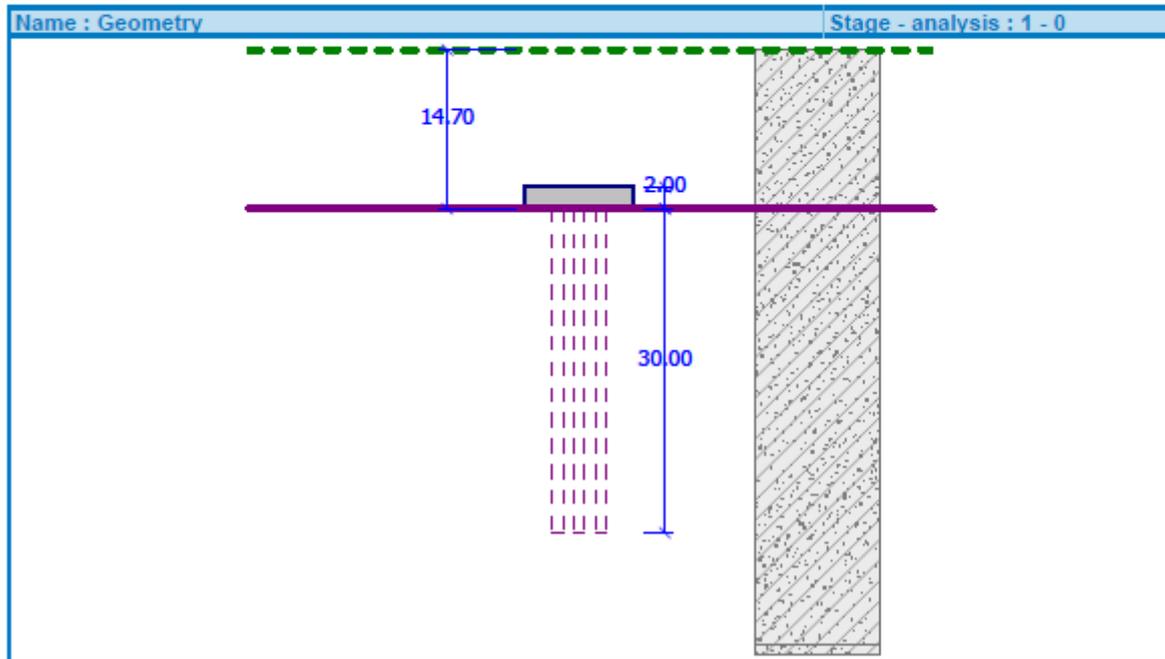
Geometry

Depth from ground surface $h_z = 14.70 \text{ m}$

Relazione di calcolo Spalle, plinti e pali di fondazione

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN1A	20	D26CL	CL 09 00 002	A	161 di 164

Pile head offset	h = 0.00 m
Thickness of pile cap	t = 2.00 m
Length of piles	l = 30.00 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 35/45

 Cylinder compressive strength $f_{ck} = 35.00 \text{ MPa}$

 Tensile strength $f_{ctm} = 3.20 \text{ MPa}$

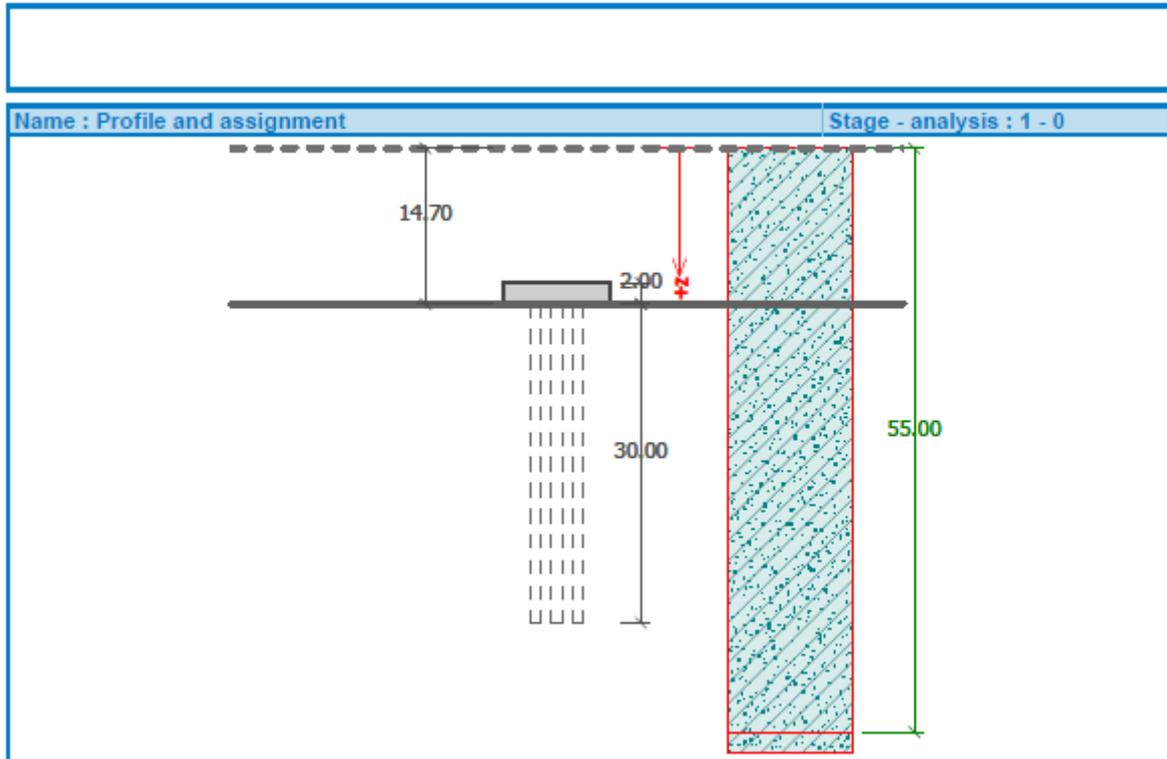
 Elasticity modulus $E_{cm} = 34000.00 \text{ MPa}$

 Shear modulus $G = 14167.00 \text{ MPa}$

Longitudinal steel : B500

 Yield strength $f_{yk} = 500.00 \text{ MPa}$
Geological profile and assigned soils

No.	Layer [m]	Assigned soil	Pattern
1	55.00	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. 5	Service	51157.00	42078.00	-55497.00	3447.00	2297.00	42675.00
2	YES		Load No. 6	Service	46925.00	797.00	-81404.00	9841.00	7594.00	31228.00
3	YES		Load No. 5 - service	Service	47571.67	35065.00	-46247.50	2872.50	1914.17	42675.00
4	YES		Load No. 6 - service	Service	39104.17	664.17	-67836.67	8200.83	6328.33	31228.00

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.

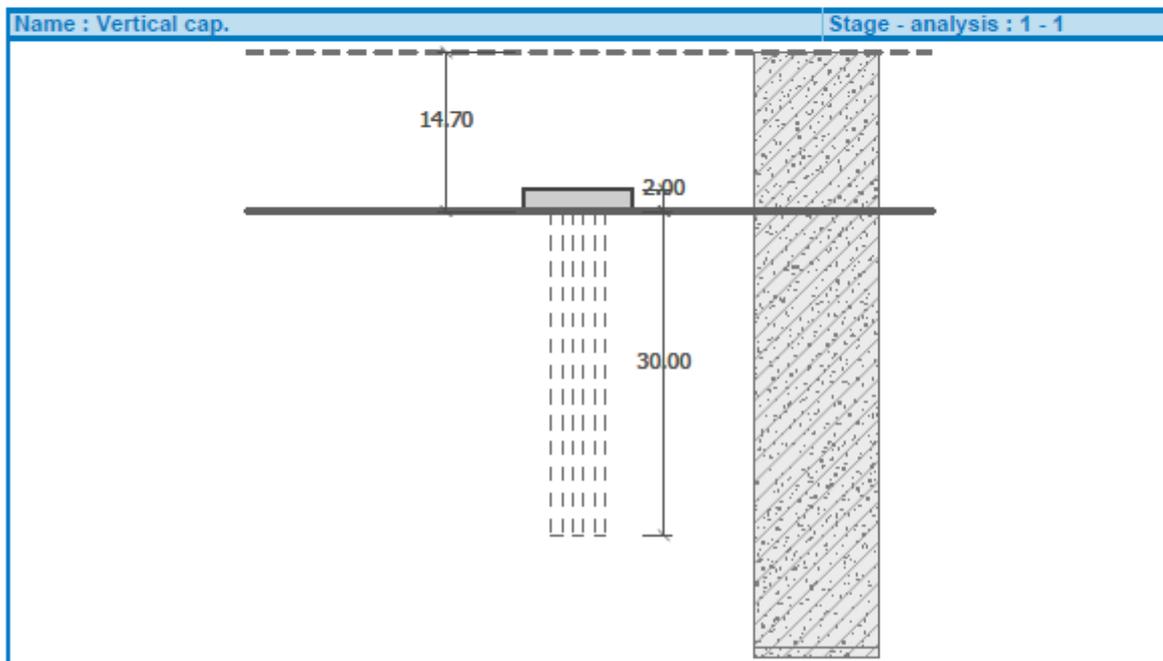
Analysis of bearing capacity of pile group in cohesionless soils

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

 Pile skin bearing capacity $R_s = 3219.90$ kN
 Pile base bearing capacity $R_b = 42195.59$ kN

Vertical bearing capacity of single pile $R_c = 45415.49$ kN
 Efficiency of pile group $\eta_g = 0.70$
 Vertical bearing capacity of pile group $R_g = 508653.46$ kN
 Maximum vertical force $V_d = 79107.96$ kN
 $R_g = 508653.46$ kN > 79107.96 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	30.00

Type of pile : floating pile

Maximum pile settlement $s_{lim} = 50.0$ mm

Analysis of load settlement curve - partial results

Influence coefficients of settlement :

Basic - dependent on ratio l/d $I_0 = 0.07$
 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 $g_f = 3.21$
 Load at the onset of mobilization of skin friction $R_{yu} = 51518.39$ kN
 The settlement for the force R_{yu} $s_y = 23.4$ mm

Relazione di calcolo Spalle, plinti e pali di fondazione

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN1A	20	D26CL	CL 09 00 002	A	164 di 164

Total resistance $R_c = 51518.39 \text{ kN}$
Maximum settlement $s_{lim} = 46.7 \text{ mm}$
The settlement for maximum service load $V = 51157.00 \text{ kN}$ is 23.2 mm.