



ANAS S.p.A.

DIREZIONE REGIONALE PER LA SICILIA

PA17/08

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotatoria Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 - Svincolo Manganaro incluso) compresi raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121

Bolognetta S.c.p.a.

- PERIZIA DI VARIANTE N.3 -

Il Responsabile Ambientale:
Dott. Maurizio D'Angelo



Titolo elaborato:

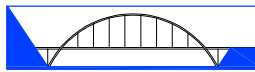
OPERE D'ARTE NUOVI VIADOTTI - VIADOTTO BAUCINA Relazione sottostrutture

Codice Unico Progetto (CUP) : F41B03000230001

Codice elaborato:	OPERA	ARGOMENTO	DOC. E PROG.	FASE	REVISIONE
PA17/08	P V	V 7	R E 0 4	6	0

CARTELLA:	FILE NAME:	NOTE:	PROT.	SCALA:	
	PVV7RE04_60_4137	1=1	4 1 3 7	-	
5					
4					
3					
2					
1					
0	Prima emissione		Maggio 2021	F. Bianchi S. Fortino N. Behaman	
REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO

Progettisti :



ENSER srl
SOCIETA' DI INGEGNERIA



Viale Baccarini, 29 - 48018 FAENZA (RA) tel. 0546-663423
Via Zacconi, 16 - 40127 BOLOGNA (BO) tel. 051-245663
Via Andrea Costa, 115 - 47822 SANTARCANGELO DI ROMAGNA (RN) tel. 0541-1832933
ingegneria@enser.it - www.enser.it - P.E.C.: ensersrl-ra@legalmail.it

Il Progettista Responsabile
Prof. Ing. Gianfranco Marchi



Il Geologo
Dott. Stefano Ferro



Il Coordinatore per la Sicurezza
in fase di esecuzione:
Arch. Francesco Rondelli

Il Coordinatore per la
Esecuzione dei Lavori
arch. Francesco Rondelli



Il Direttore dei Lavori:
Ing. Sandro Favero



ANAS S.p.A.

DATA:	PROTOCOLLO:	VISTO: IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO
CODICE PROGETTO	LO410C E 1101	Dott. Ing. Luigi Mupo

INDICE

INDICE	1
1 PREMESSA.....	8
2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....	9
3 ELABORATI DI PROGETTO DI RIFERIMENTO.....	9
4 SIMBOLOGIA.....	9
5 DESCRIZIONE DELL'OPERA.....	10
6 MATERIALI.....	18
6.1 ACCIAIO.....	20
6.1.1 Acciaio per armatura strutture in c.a.....	20
6.2 CALCESTRUZZO.....	21
6.2.1 Calcestruzzo per pali fondazioni.....	21
6.2.2 Calcestruzzo per fondazioni e travi di coronamento.....	21
6.2.3 Elevazioni pile e spalle.....	21
6.3 APERTURA LIMITE FESSURE.....	21
6.4 PROCEDURE E PROVE DI ACCETTAZIONE.....	23
7 CARATTERIZZAZIONE SISMICA DELL'AREA.....	24
7.1 PERIODO DI RIFERIMENTO PER L'AZIONE SISMICA.....	24
7.2 AZIONE SISMICA DI RIFERIMENTO.....	24
8 MODELLAZIONE DELLE SOTTOSTRUTTURE.....	26
8.1 MODELLO GLOBALE.....	26
8.1.1 Modellazione del sistema di vincolamento.....	27
8.1.2 Modellazione dell'interazione terreno struttura.....	28
9 ANALISI DEI CARICHI.....	30
9.1 Peso proprio degli elementi strutturali (PP).....	30
9.2 Carichi permanenti portati (SP, SL, CR, TR).....	30
9.3 Coazioni - ritiro (RT).....	30
9.4 Coazioni - variazioni termiche (TMP 1, TMP 2, TMN 1, TMN 2).....	31
9.4.1 Escursione termica giornaliera.....	31
9.4.2 Escursione termica annuale.....	31
9.5 Distorsioni - cedimenti vincolari (CSP, CPI).....	32
9.6 Carichi mobili (ML).....	32
9.7 Azione di frenatura (FR).....	32
9.8 Azione centrifuga (CF).....	32
9.9 Urto di veicolo in svio.....	33

9.10	Azione del vento (VN)	33
9.11	Azione sismica (SLV-X, SLV-Y, SLV-Z).....	34
9.12	Altre azioni variabili	35
9.13	Combinazione dei carichi	35
10	FUSTI PILA	38
10.1	Tipologie di analisi eseguite	38
10.2	Combinazioni di carico	39
10.3	Diagrammi principali delle sollecitazioni	48
10.4	Verifiche di resistenza in condizione ultima SLU e SLV del fusto.....	55
10.5	Verifiche a fessurazione del fusto.....	62
11	PLINTI DI FONDAZIONE.....	65
11.1.1	Descrizione del modello di calcolo	65
11.1.2	Verifica a flessione.....	65
11.1.3	Verifica a taglio	69
11.1.4	Verifica a punzonamento	70
11.1.5	Verifica a fessurazione.....	73
12	SPALLE.....	78
12.1	SPALLA “A”.....	78
12.1.1	Descrizione del modello di calcolo	78
12.1.1.1	Modellazione dell’interazione terreno struttura.....	78
12.1.2	Analisi dei carichi	79
12.1.2.1	Scarichi sugli appoggi.....	80
12.1.2.2	Peso proprio (DEAD).....	81
12.1.2.3	Carichi permanenti portati.....	81
12.1.2.4	Spinta idrostatica	82
12.1.2.5	Spinta del terreno sul paramento frontale e muri di risvolto laterali	82
12.1.2.6	Carichi mobili agenti sulla Spalla	83
12.1.2.7	Azione Sismica – Spinta del terreno	83
12.1.2.8	Azione Sismica – Azioni inerziali	85
12.1.3	Combinazioni di carico.....	85
12.1.3.1	Condizioni di carico elementari e coefficienti parziali di sicurezza.....	85
12.1.3.2	Riassunto delle combinazioni di carico	87
12.1.4	Verifica delle strutture in elevazione.....	91
12.1.4.1	Verifica a pressoflessione.....	91
12.1.4.2	Verifica a taglio.....	110

12.1.4.3	Verifica a fessurazione	117
12.1.5	Verifica della platea di fondazione.....	133
12.1.5.1	Verifica a pressoflessione.....	133
12.1.5.2	Verifica a punzonamento	136
12.1.5.3	Verifica a fessurazione	138
12.2	SPALLA “B”	140
12.2.1	Descrizione del modello di calcolo	140
12.2.1.1	Modellazione dell’interazione terreno struttura.....	140
12.2.2	Analisi dei carichi	141
12.2.2.1	Scarichi sugli appoggi.....	142
12.2.2.2	Peso proprio (DEAD).....	143
12.2.2.3	Carichi permanenti portati.....	143
12.2.2.4	Spinta idrostatica	143
12.2.2.5	Spinta del terreno sul paramento frontale e muri di risvolto laterali	143
12.2.2.6	Carichi mobili agenti sulla Spalla	144
12.2.2.7	Azione Sismica – Spinta del terreno	144
12.2.2.8	Azione Sismica – Azioni inerziali	144
12.2.3	Combinazioni di carico	144
12.2.4	Verifica delle strutture in elevazione	144
12.2.4.1	Verifica a pressoflessione.....	145
12.2.4.2	Verifica a taglio	153
12.2.4.3	Verifica a fessurazione	156
12.2.5	Verifica della platea di fondazione.....	160
12.2.5.1	Verifica a pressoflessione.....	160
12.2.5.2	Verifica a punzonamento	163
12.2.5.3	Verifica a fessurazione	165
13	BAGGIOLI	166
14	PALI DI FONDAZIONE	173
14.1	CARATTERIZZAZIONE STRATIGRAFICA E GEOTECNICA DEI TERRENI	173
14.1.1	Unità stratigrafiche di riferimento.....	173
14.1.2	Sezioni stratigrafiche di riferimento	173
14.1.3	Falda di progetto	175
14.2	APPROCCI PROGETTUALI E CRITERI DI VERIFICA	176
14.2.1	Verifiche agli stati limite ultimi (SLU) di tipo strutturale (STRU)	176

14.2.2	Verifiche agli stati limite ultimi (SLU) di tipo geotecnico (GEO) – Capacità portante verticale della palificata	176
14.2.3	Verifiche agli stati limite ultimi (SLU) di tipo geotecnico (GEO) – Capacità portante orizzontale della palificata	181
14.2.4	Verifiche agli stati limite di esercizio (SLE).....	185
14.2.4.1	Verifica degli spostamenti verticali del gruppo di pali	185
14.2.4.2	Verifica degli spostamenti orizzontali del gruppo di pali	185
14.2.4.3	Verifica dello stato tensionale dei materiali	186
14.2.4.4	Verifica di fessurazione	186
14.3	DETERMINAZIONE DELLE SOLLECITAZIONI E DEGLI SPOSTAMENTI NEI PALI DI FONDAZIONE	187
14.3.1	Spalle: determinazione delle sollecitazioni e degli spostamenti nei pali di fondazione	187
14.3.2	Pile: determinazione delle sollecitazioni e degli spostamenti nei pali di fondazione	188
14.4	SPALLA A: ANALISI E VERIFICA DELLA PALIFICATA.....	189
14.4.1	Modello di calcolo, dati di input e stratigrafia di riferimento.....	189
14.4.2	Combinazione dei carichi	190
14.4.3	Azioni di progetto agenti a intradosso fondazione	193
14.4.4	Sintesi dei risultati allo SLE	196
14.4.5	Sintesi dei risultati allo SLU-A1	199
14.4.6	Sintesi dei risultati allo SLV	200
14.4.7	Verifiche di tipo STRU dei pali (SLU A1+M1+R3/SLV).....	202
14.4.7.1	Condizioni di verifica.....	202
14.4.7.2	Verifica allo SLU in condizioni statiche a pressoflessione	203
14.4.7.3	Verifica allo SLU in condizioni sismiche a pressoflessione	205
14.4.7.4	Verifica a taglio	207
14.4.8	Verifiche di tipo SLE dei pali	208
14.4.8.1	Condizioni di verifica.....	208
14.4.8.2	Verifiche allo SLE di tipo strutturale	209
14.4.8.3	Verifiche allo SLE in termini di spostamenti	210
14.4.9	Verifiche agli SLU di tipo geotecniche (GEO).....	211
14.4.9.1	Verifica di capacità portante dei pali per carichi verticali	211
14.4.9.2	Verifica di capacità portante dei pali per carichi orizzontali	217
14.5	SPALLA B: ANALISI E VERIFICA DELLA PALIFICATA.....	219

14.5.1	Modello di calcolo, dati di input e stratigrafia di riferimento.....	219
14.5.2	Combinazione dei carichi.....	220
14.5.3	Azioni di progetto agenti a intradosso fondazione.....	220
14.5.4	Sintesi dei risultati allo SLE.....	222
14.5.5	Sintesi dei risultati allo SLU-A1.....	224
14.5.6	Sintesi dei risultati allo SLV.....	227
14.5.7	Verifiche di tipo STRU dei pali (SLU A1+M1+R3/SLV).....	229
14.5.7.1	Condizioni di verifica.....	229
14.5.7.2	Verifica allo SLU in condizioni statiche a pressoflessione.....	229
14.5.7.3	Verifica allo SLU in condizioni sismiche a pressoflessione.....	231
14.5.7.4	Verifica a taglio.....	232
14.5.8	Verifiche di tipo SLE dei pali.....	233
14.5.8.1	Condizioni di verifica.....	233
14.5.8.2	Verifiche allo SLE di tipo strutturale.....	234
14.5.8.3	Verifiche allo SLE in termini di spostamenti.....	235
14.5.9	Verifiche agli SLU di tipo geotecniche (GEO).....	237
14.5.9.1	Verifica di capacità portante dei pali per carichi verticali.....	237
14.5.9.2	Verifica di capacità portante dei pali per carichi orizzontali.....	241
14.6	PILA 1: ANALISI E VERIFICA DELLA PALIFICATA.....	242
14.6.1	Modello di calcolo, dati di input e stratigrafia di riferimento.....	242
14.6.2	Combinazione dei carichi.....	243
14.6.3	Azioni di progetto agenti a intradosso fondazione.....	243
14.6.4	Sintesi dei risultati allo SLE.....	249
14.6.5	Sintesi dei risultati allo SLU-A1.....	250
14.6.6	Sintesi dei risultati allo SLV.....	250
14.6.7	Verifiche di tipo STRU dei pali (SLU A1+M1+R3/SLV).....	251
14.6.7.1	Condizioni di verifica.....	251
14.6.7.2	Verifica allo SLU in condizioni statiche a pressoflessione.....	252
14.6.7.3	Verifica allo SLU in condizioni sismiche a pressoflessione.....	254
14.6.7.4	Verifica a taglio.....	255
14.6.8	Verifiche di tipo SLE dei pali.....	256
14.6.8.1	Condizioni di verifica.....	256
14.6.8.2	Verifiche allo SLE di tipo strutturale.....	257
14.6.8.3	Verifiche allo SLE in termini di spostamenti.....	260
14.6.9	Verifiche agli SLU di tipo geotecniche (GEO).....	262

14.6.9.1	Verifica di capacità portante dei pali per carichi verticali	262
14.6.9.2	Verifica di capacità portante dei pali per carichi orizzontali	266
14.7	PILA 2: ANALISI E VERIFICA DELLA PALIFICATA.....	267
14.7.1	Modello di calcolo, dati di input e stratigrafia di riferimento.....	267
14.7.2	Combinazione dei carichi	268
14.7.3	Azioni di progetto agenti a intradosso fondazione	268
14.7.4	Sintesi dei risultati allo SLE.....	273
14.7.5	Sintesi dei risultati allo SLU-A1	274
14.7.6	Sintesi dei risultati allo SLV.....	274
14.7.7	Verifiche di tipo STRU dei pali (SLU A1+M1+R3/SLV).....	275
14.7.7.1	Condizioni di verifica.....	275
14.7.7.2	Verifica allo SLU in condizioni statiche a pressoflessione	276
14.7.7.3	Verifica allo SLU in condizioni sismiche a pressoflessione	278
14.7.7.4	Verifica a taglio.....	279
14.7.8	Verifiche di tipo SLE dei pali	280
14.7.8.1	Condizioni di verifica.....	280
14.7.8.2	Verifiche allo SLE di tipo strutturale	281
14.7.8.3	Verifiche allo SLE in termini di spostamenti	284
14.7.9	Verifiche agli SLU di tipo geotecniche (GEO).....	286
14.7.9.1	Verifica di capacità portante dei pali per carichi verticali	286
14.7.9.2	Verifica di capacità portante dei pali per carichi orizzontali	290
14.8	PILA 3: ANALISI E VERIFICA DELLA PALIFICATA.....	291
14.8.1	Modello di calcolo, dati di input e stratigrafia di riferimento.....	291
14.8.2	Combinazione dei carichi	292
14.8.3	Azioni di progetto agenti a intradosso fondazione	292
14.8.4	Sintesi dei risultati allo SLE.....	297
14.8.5	Sintesi dei risultati allo SLU-A1	298
14.8.6	Sintesi dei risultati allo SLV.....	298
14.8.7	Verifiche di tipo STRU dei pali (A1+M1+R3/SLV).....	299
14.8.7.1	Condizioni di verifica.....	299
14.8.7.2	Verifica allo SLU in condizioni statiche a pressoflessione	300
14.8.7.3	Verifica allo SLU in condizioni sismiche a pressoflessione	302
14.8.7.4	Verifica a taglio.....	303
14.8.8	Verifiche di tipo SLE dei pali	304
14.8.8.1	Condizioni di verifica.....	304

14.8.8.2	Verifiche allo SLE di tipo strutturale	305
14.8.8.3	Verifiche allo SLE in termini di spostamenti	308
14.8.9	Verifiche agli SLU di tipo geotecniche (GEO).....	310
14.8.9.1	Verifica di capacità portante dei pali per carichi verticali	310
14.8.9.2	Verifica di capacità portante dei pali per carichi orizzontali	314
14.9	PILA 4: ANALISI E VERIFICA DELLA PALIFICATA.....	315
14.9.1	Modello di calcolo, dati di input e stratigrafia di riferimento.....	315
14.9.2	Combinazione dei carichi	316
14.9.3	Azioni di progetto agenti a intradosso fondazione	316
14.9.4	Sintesi dei risultati allo SLE.....	321
14.9.5	Sintesi dei risultati allo SLU-A1	322
14.9.6	Sintesi dei risultati allo SLV	322
14.9.7	Verifiche di tipo STRU dei pali (SLU A1+M1+R3/SLV).....	323
14.9.7.1	Condizioni di verifica.....	323
14.9.7.2	Verifica allo SLU in condizioni statiche a pressoflessione	324
14.9.7.3	Verifica allo SLU in condizioni sismiche a pressoflessione	326
14.9.7.4	Verifica a taglio	327
14.9.8	Verifiche di tipo SLE dei pali	328
14.9.8.1	Condizioni di verifica.....	328
14.9.8.2	Verifiche allo SLE di tipo strutturale	329
14.9.8.3	Verifiche allo SLE in termini di spostamenti	332
14.9.9	Verifiche agli SLU di tipo geotecniche (GEO).....	334
14.9.9.1	Verifica di capacità portante dei pali per carichi verticali	334
14.9.9.2	Verifica di capacità portante dei pali per carichi orizzontali	338

1 PREMESSA

Nell’ambito delle attività prevista per la progettazione del Viadotto Baucina (Figura 1), la presente relazione illustra i criteri di dimensionamento adottati e i risultati delle verifiche effettuate per la progettazione delle sottostrutture del Viadotto Baucina, consistenti in pile, spalle, plinti e pali di fondazione.



Figura 1: Area in cui ricade il nuovo viadotto V7. Immagine Google Earth 2016.

2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

- [1] L. 5.11.1971, n° 1086 – “Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica”.
- [2] D.M. 17.01.2018 – “Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni”.
- [3] Circolare 21 Gennaio 2019, n. 7 - “Istruzioni per l’applicazione dell’Aggiornamento delle Nuove norme tecniche per le costruzioni di cui al D.M. 17 gennaio 2018”.
- [4] Eurocodice 8 “Indicazioni progettuali per la resistenza sismica delle strutture – Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici”, febbraio 1998.
- [5] UNI EN 1992-1-1: Eurocodice 2 – Progettazione delle strutture in calcestruzzo – Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici.
- [6] D.M. 09.01.1996 – “Norme tecniche per il calcolo, l’esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche”.

3 ELABORATI DI PROGETTO DI RIFERIMENTO

ELABORATI PROGETTO ESECUTIVO APPROVATO

- | | | |
|-----|--|------------------|
| [1] | Relazione geologica geomorfologica idrogeologica (PEA) | PEGERT01_31_4137 |
| [2] | Relazione geotecnica (PEA) | PEGTRT01_31_4137 |
| [3] | Relazione sismica (PEA) | PESIRT01_30_4137 |

4 SIMBOLOGIA

La principale simbologia adottata nella descrizione dei diversi parametri geotecnici e di calcolo è riportata nel seguito:

- γ = peso di volume del terreno;
- c_u = coesione in condizioni non drenate;
- ϕ = angolo di resistenza al taglio in condizioni drenate;
- c' = coesione in condizioni drenate;

Il pedice con il suffisso “,k” indica il valore caratteristico del parametro di resistenza al taglio considerato.

5 DESCRIZIONE DELL'OPERA

La presente relazione di calcolo si riferisce alle verifiche condotte relativamente al nuovo viadotto Baucina. La vita nominale dell'opera è assunta pari a 50 anni e la classe d'uso IV; pertanto, il periodo di riferimento per l'azione sismica è $V_R = V_N \cdot C_U = 100$ anni.

L'opera in oggetto è un viadotto classificato come “ponte per il transito dei carichi mobili” in accordo con §5.1.3.3.4 delle NTC2018.

Esso è costituito da n. 5 campate con luci di calcolo adottate pari rispettivamente a 45 m, 55 m, 55 m, 55 m e 40 m con retro-trave di 0.5 m per una lunghezza totale di 251 m.

L'andamento planimetrico è caratterizzato da due tratti rettilinei raccordati da 3 archi di circonferenza aventi raggio di curvatura rispettivamente 29 m, 70 m e 45 m (Figura 2).

Il profilo longitudinale, illustrato in Figura 3, è sagomato come da progetto stradale.

L'impalcato del viadotto ha una larghezza complessiva di 10.50 m. Sui due cordoli esterni di larghezza 0.75 m ciascuno, è prevista l'installazione di una barriera bordo ponte. Inoltre, il viadotto presenta un'unica carreggiata di larghezza 9.00 m, ospitante le banchine e due corsie di marcia (Figura 4).

La soluzione tecnica prevista è quella di impalcato a sezione mista acciaio-calcestruzzo. L'impalcato è costituito da due travi metalliche continue a sezione “doppio T” costituite da profili saldati ad anime inclinate di 75.4° rispetto all'orizzontale di altezza costante pari a 2.50 m, su cui appoggia una soletta collaborante in c.a., avente funzionamento principale lungo la direzione trasversale. La soletta di spessore costante pari a 30 cm viene gettata su predalles prefabbricate di spessore 7 cm. Il collegamento tra travi principali e soletta è assicurato da connettori a piolo tipo Nelson.

L'interasse tra le due travi principali è pari a 5.50 m all'estradosso e di 4.20 m all'intradosso. I due sbalzi laterali misurano 2.50 m ciascuno.

La sezione è completata dai cordoli in c.a. di posizionamento delle barriere bordo ponte e da tutti gli elementi di arredo del ponte (veletta laterale in c.a., strutture leggere reggi-impianti, impianti, elementi di scolo e di raccolta delle acque meteoriche, ecc...).

Per assicurare il comportamento dell'impalcato a cassone equivalente, le travi sono collegate tra loro da controventi superiori ed inferiori e da diaframmi (o controventi trasversali).

Ad interasse pari ad un minimo di circa 4.0 m (conci in corrispondenza delle pile) ad un massimo di 5.93 m sono previsti dei controventamenti trasversali:

- realizzati in lamiera piena opportunamente irrigidita nel primo tratto della campata laterale di lunghezza 45 m ed in corrispondenza di spalle e pile;

- realizzati con profilati ad L accoppiati per i correnti superiori, per i diagonali di parete e per i correnti inferiori, nel restante sviluppo dell'impalcato.

L'irrigidimento delle anime delle due travi principali è previsto mediante irrigidimenti verticali e longitudinali. Per quanto riguarda i primi, sono previste delle normali costole metalliche con interasse pari a circa 2.00 m ÷ 3.00 m a seconda del concio in oggetto, corrispondente alla metà dell'interasse previsto tra i controventamenti trasversali.

Per quanto riguarda i secondi, si prevede un elemento longitudinale nei conci di pila e nei due adiacenti a ciascuno e due elementi longitudinali nei restanti. Inferiormente e superiormente si prevede la realizzazione di una travatura reticolare costituita da diagonali a croce di "S. Andrea" costituiti da profilati a "L" per ogni campo individuato dai controventamenti trasversali di cui sopra. La struttura metallica di impalcato verrà assemblata in opera mediante apposita officina di saldatura e varata mediante varo dal basso con autogru da 250 tonnellate.

Il sistema di vincolamento dell'impalcato alle sottostrutture è previsto tramite: (a) n. 8 isolatori elastomerici ad elevato indice di smorzamento viscoso equivalente inquadrabili secondo la tipologia di "Isolatori elastomerici" descritta al punto 11.9.7 delle NTC2018 posizionati in corrispondenza delle pile del viadotto; (b) vincoli unidirezionali (n. 2) e multidirezionali a carico negativo (n. 2) posizionati in corrispondenza delle spalle secondo lo schema indicato in Figura 5.

Le pile e spalle (strutture in elevazione) sono realizzate in calcestruzzo realizzato in opera.

I baggioli, anch'essi realizzati in opera hanno altezza variabile da 0,25 m a 0,865 m. Si noti che i baggioli della pila 2 poggiano direttamente sulla ciabatta di fondazione.

Le pile sono a sezione rettangolare e costituite da un fusto di larghezza 6,50 m e spessore 1,50 m. L'altezza di ciascuna pila, al netto della ciabatta, è pari a 5,60 m (pila 1), 7,10 m (pila 3) e 5,60 m (pila 4).

Le spalle del viadotto presentano una geometria irregolare ed altezza complessiva variabile.

In particolare, la spalla A è costituita da una pianta trapezoidale irregolare con pareti laterali rastremate e asimmetriche, per raccordarsi alla spalla di un cavalcavia preesistente (Figura 6).

La spalla B presenta una pianta leggermente trapezoidale, per seguire lo sviluppo curvilineo dell'impalcato sovrastante con pareti laterali a spessore costante di 0,50 m (Figura 7).

Entrambe le spalle sono costituite da un fusto di spessore 2,35 m per la parte antistante il piano di appoggio dell'impalcato.

Le strutture di fondazione del Viadotto sono realizzate mediante pali trivellati di grande diametro

(1,00 m) e ciabatte di fondazione realizzate in opera. Questi ultimi hanno spessore di 2,00 m nel caso della spalla denominata "A" e di 1,50 m in tutti gli altri casi.

Le strutture di fondazione delle pile e delle spalle sono costituite da pali trivellati di diametro 1000mm e ciabatte di fondazione realizzate in opera. Questi ultimi hanno spessore di 2,00 m nel caso della spalla denominata "A" e di 1,50 m in tutti gli altri casi.

In particolare, si prevede:

- **Spalla A:** n°5 pali di lunghezza 32,0 metri disposti lungo il lato più lungo della ciabatta di fondazioni ed evidenziati in verde in Figura 6; n° 11 pali di lunghezza 26,0 metri, evidenziati in giallo. I pali sono disposti ad interasse di circa 3.0m l'uno dall'altro.
- **Spalla B:** n° 9 pali di lunghezza 18,0 metri disposti ad interasse di circa 3,0 m l'uno dall'altro (Figura 7).
- **Pile (1,2,3,4):** n° 9 pali di lunghezza 18,0 metri disposti ad interasse di 3,0 m l'uno dall'altro (Figura 8).

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

V7 – Viadotto Baucina – Relazione sottostrutture

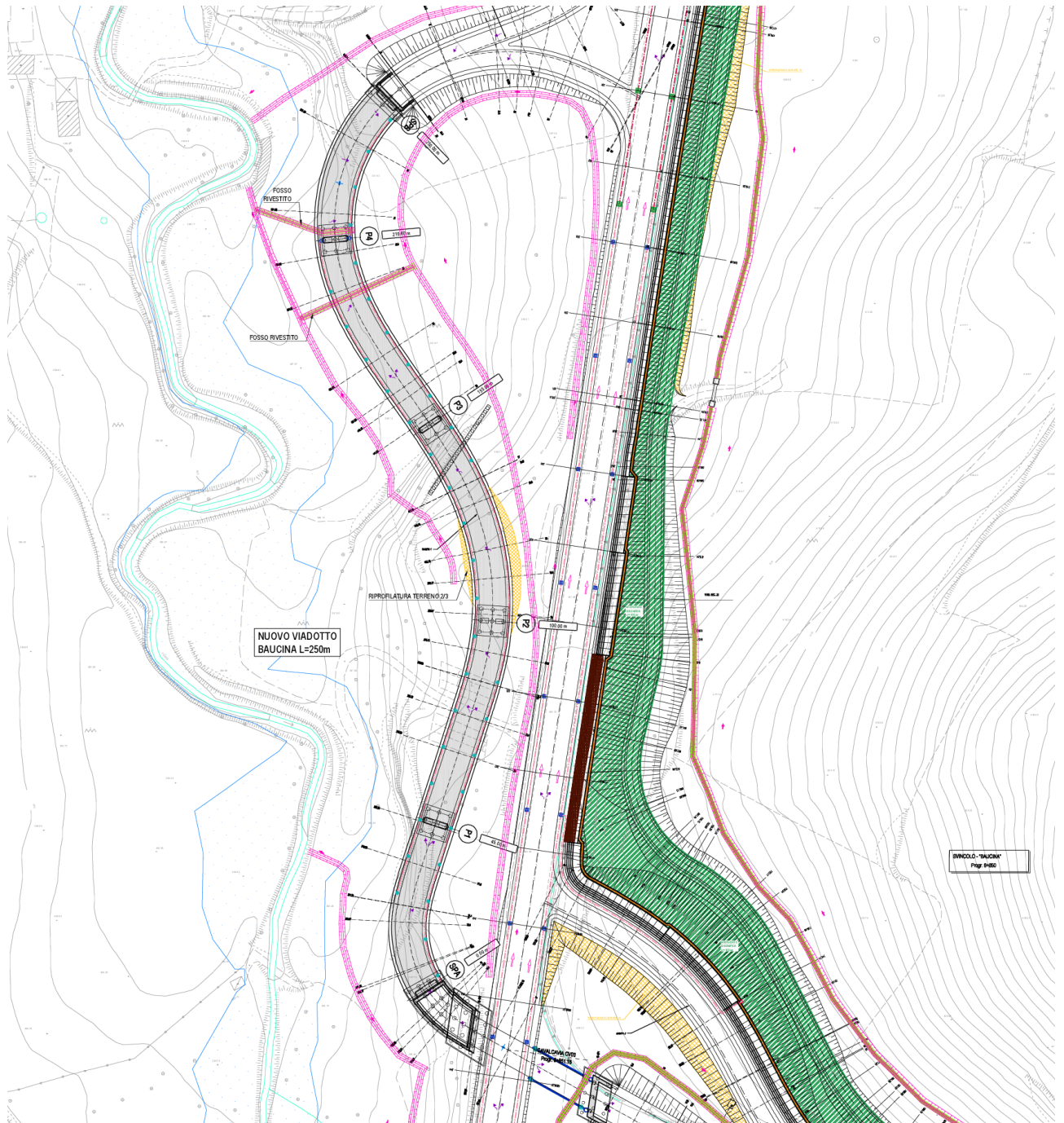


Figura 2: Planimetria dell'opera.

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

V7 – Viadotto Baucina – Relazione sottostruttura

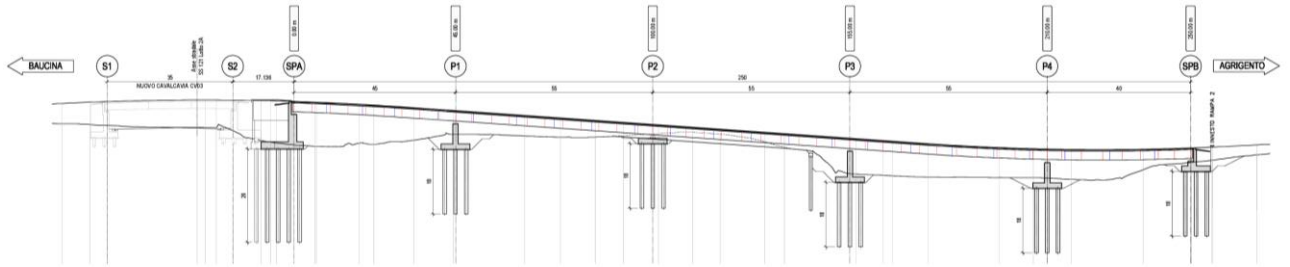


Figura 3: Profilo longitudinale dell'opera.

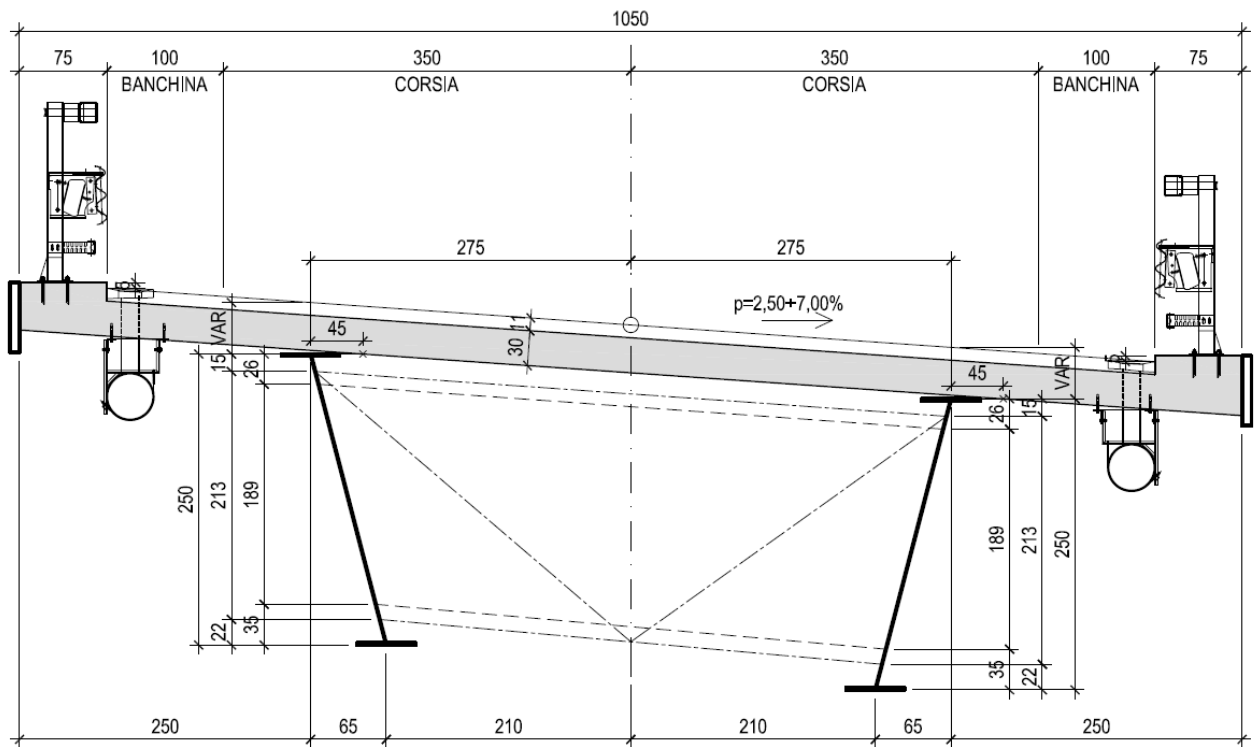


Figura 4: Sezione tipica dell'impalcato.

SCHEMA PLANIMETRICO DEI VINCOLI

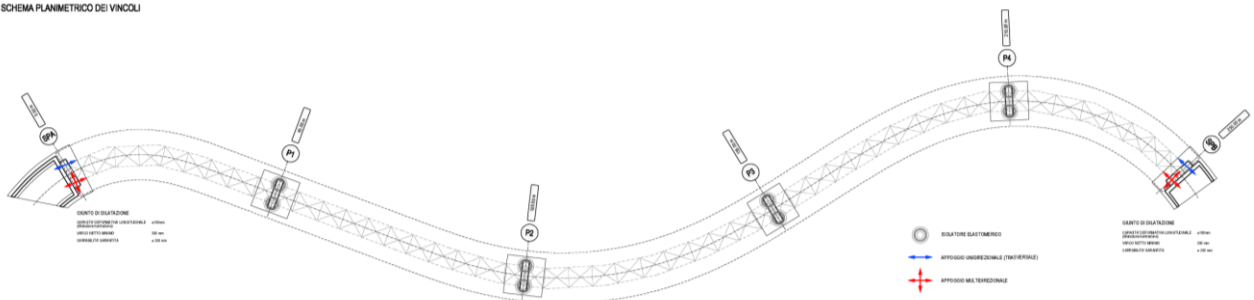


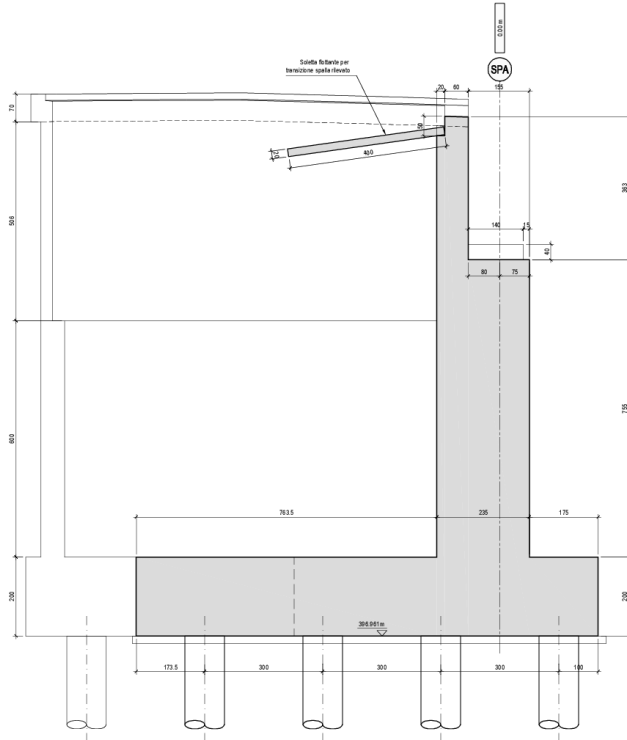
Figura 5: Schema di vincolamento dell'impalcato.

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

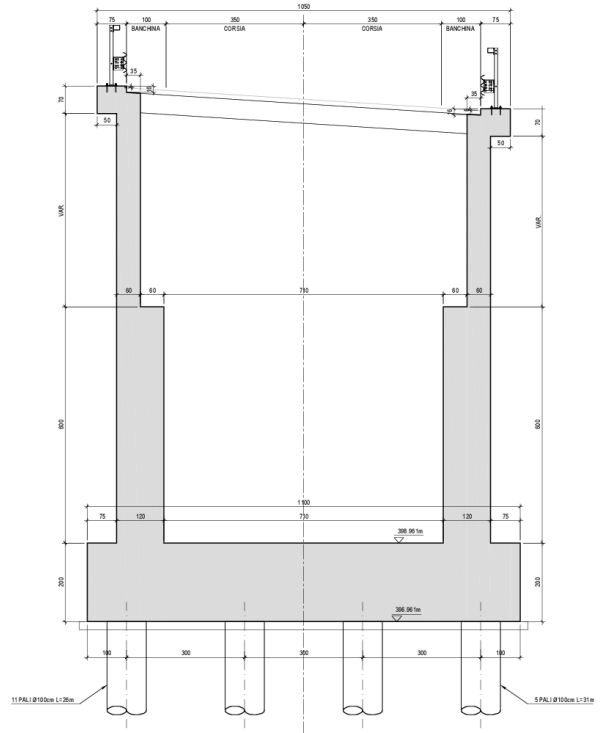
PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

V7 – Viadotto Baucina – Relazione sottostrutture

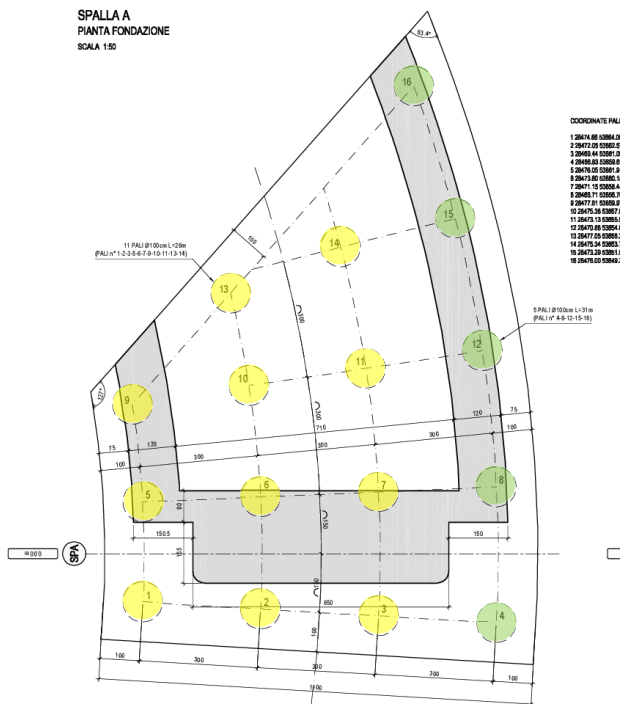
SPALLA A
SEZIONE LONGITUDINALE
SCALA 1:50



SPALLA A
SEZIONE TRASVERSALE
SCALA 1:50



SPALLA A
PIANTA FONDAZIONE
SCALA 1:50



SPALLA A
PIANTA
SCALA 1:50

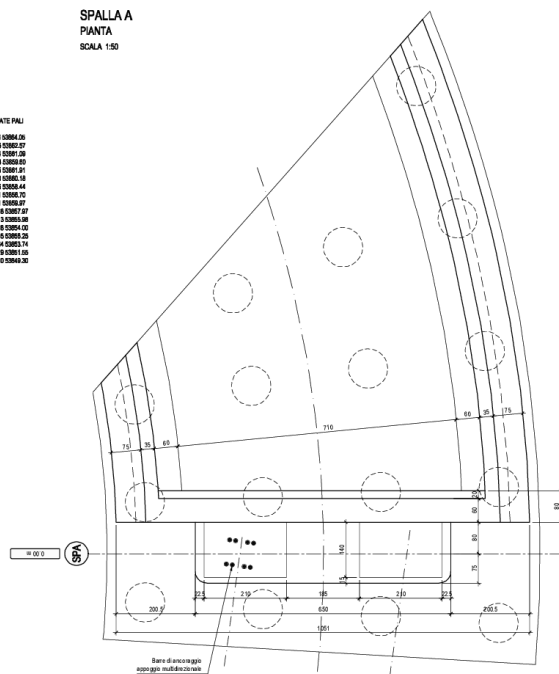


Figura 6: Casseratura Spalla A.

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

V7 – Viadotto Baucina – Relazione sottostrutture

PILA TIPICA
PIANTA FONDAZIONE
SCALA 1:50

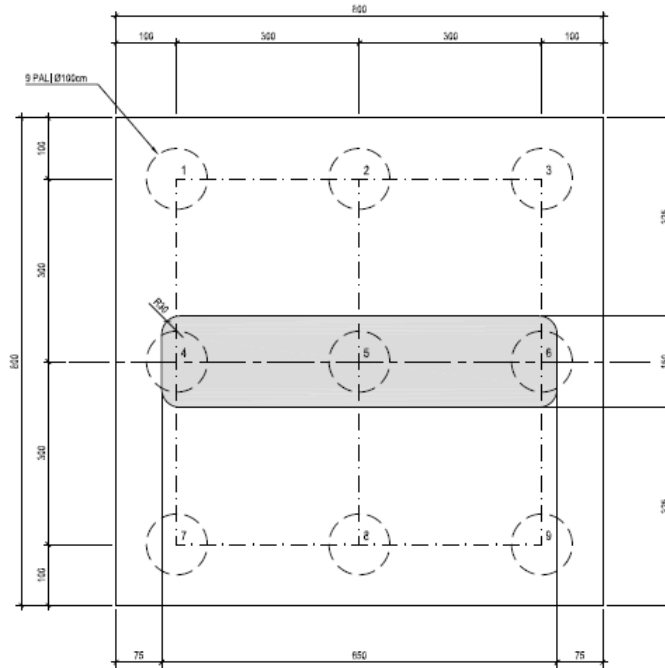


Figura 8: Pali fondazione Pila 1,2,3 e 4.

6 MATERIALI

Il progetto strutturale prevede l'uso dei materiali con le caratteristiche meccaniche minime riportate nei paragrafi seguenti. Per il tipo di materiali utilizzati si fa sempre riferimento alla "tabella materiali" riportata in Figura 9 e in Figura 10 . Le stesse vengono elencate anche nel paragrafo successivo.

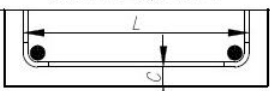
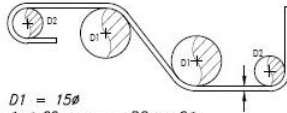
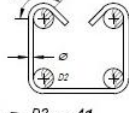
TABELLA MATERIALI NUOVI VIADOTTI					
CALCESTRUZZI conformi alle norme UNI EN 206-1, uni 11104 e al d.m. 17/01/2018		cl. Resistenza	cl. Consistenza	cl. Esposizione	Ø max aggregato (mm)
	GETTI DI PULIZIA	C12/15	S4	-	32
	PALI FONDAZIONE E PARATIE	C30/37	S4	XA1	32
	FONDAZIONI E TRAVI DI CORONAMENTO	C30/37	S4	XA1	32
	RIEMPIMENTO POZZO DI FONDAZIONE	C20/25	S4	XC2	32
	ELEVAZIONI PILE E SPALLE	C32/40	S4	XC4	32
	SOLETTA IMPALCATO	C32/40	S4	XC4	25
	SPRITZ - BETON	C20/25	S4/S5	-	-
	VELETTA	C25/30	S4	XC2	25
	PREDALLES	C32/40	S4	XC4	25
ACCIAIO IN BARRE PER GETTI	ARMATURE	B450C	Controllo entro 30 gg. dalla data di consegna in cantiere per ciascun lotto di spedizione - approvazione sulle scelte dei diametri della D. L.		
	COPRIFERRI		CONVENZIONI		
Pali di fondazione 6.0 cm Fondazione 4.0 cm Elevazione 4.0 cm Soletta impalcato (estradosso) 4.0 cm		 <p>- MISURAZIONE DEL COPRIFERRO NETTO; - LA LUNGHEZZA DELLE PARTI DI BARRE (ESPRESSA IN cm) E' "FUORI TUTTO" NORME ISO/DIN 4066)</p>			
DIAMETRI MINIMI DI PIEGATURA					
Armatura principale			Staffe		
 <p>D1 = 15Ø Ø < 20 mm → D2 = 6Ø Ø > 20 mm → D2 = 8Ø</p>			 <p>Ø < 16 mm → D2 = 4Ø Ø ≥ 16 mm → Vedi armatura princ.</p>		

Figura 9: Tabella materiali.

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

V7 – Viadotto Baucina – Relazione sottostrutture

NOTE GENERALI:

PONTE DI 1[^] CATEGORIA – NORMATIVE DI RIFERIMENTO

D.M. 17/01/2018 G.U. n.42 del 20/02/2018 "Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni"
 C.M. n.7 del 21/01/2019 "Istruzioni per l'applicazione dell'Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 17/01/2018"
 UNI EN 1090

ACCIAIO DA CARPENTERIA

Gli elementi in acciaio da carpenteria devono essere realizzati e qualificati secondo la marcatura CE ai sensi della normativa UNI EN 1090-1 e UNI EN 1090-2.

Classe di esecuzione: EXC3

Elementi saldati – UNI EN 10025

Acciaio S355J0W per spessori < 20 mm;

Acciaio S355J2W+N per spessori > 20 mm e < 40 mm;

Acciaio S355K2W+N per spessori > 40 mm;

Elementi non saldati, profilati e piastre sciolte – UNI EN 10025

Acciaio S355J0W

UNIONI BULLONATE:

NTC2018, UNI EN 15048-1, UNI EN 14399-1, UNI EN ISO 4016 e UNI 5592

Giunzioni a taglio:

Viti classi 10.9 (UNI EN ISO 898-1)

Dadi classe 10 (UNI EN ISO 898-2)

Giunzioni ad attrito:

Viti classi 10.9 (UNI EN 14399-3/4)

Dadi classe 10 (UNI EN 14399-3/4)

Rosette in acciaio C50 UNI EN10083-2 (HRC 32-40)

Pre-carico e coppia di serraggio: UNI EN 1993-1-8 e UNI EN 1090.

I bulloni devono essere disposti in opera con una rosetta posta sotto il dado ed una sotto la testa della vite e dovranno essere contrassegnati con le indicazioni del produttore, la classe di resistenza e la marcatura CE. I bulloni a contatto con acciaio autopatinabile (tipo "W") devono avere finitura superficiale di semplice brunitura, tutti gli altri dovranno essere zincati a caldo.

Classe funzionale K2 – Coppie di serraggio

BULLONE	SERRAGGIO	k
M16-10.9	293 N.m.	0.2
M24-10.9	949 N.m.	0.2
M27-10.9	1.388 N.m.	0.2

N.B. Le superfici di contatto dei giunti bullonati ad attrito, dovranno essere spazzolate e/o sabbiate prima dell'assemblamento del giunto in modo da garantire $um \geq 0,30$;

N.B. I bulloni disposti verticalmente, se possibile, avranno la testa della vite verso l'alto ed il dado verso il basso ed avranno una rosetta sotto la vite ed una sotto il dado.



Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotatoria Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

V7 – Viadotto Baucina – Relazione sottostrutture

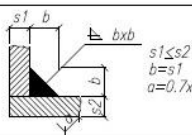
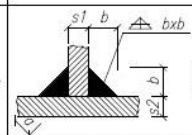
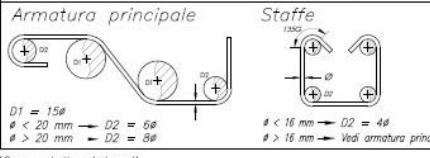
<p>UNIONI SALDATE: Le saldature saranno eseguite ad arco elettrico da personale qualificato, con materiale di apporto di resistenza uguale o superiore a quella degli elementi collegati (UNI EN ISO 4063 – UNI EN 287-1 – UNI EN 1418 – UNI EN 15614-1 – UNI EN 1011 – UNI EN ISO 9692). Salvo diversa indicazione le superfici di contatto tra profili/piatti si intendono unite mediante saldatura a completa penetrazione con adeguata preparazione preliminare dei lembi da saldare (cianfrinatura), estesa all'intero perimetro di contatto. Le unioni saldate tra i conci metallici delle travi si prevedono a completa penetrazione di 1° classe, eseguite con adeguata preparazione dei lembi, molate a regola d'arte nella direzione degli sforzi e soggette a controlli non distruttivi. In alternativa, previa autorizzazione della DL, le saldature potranno essere eseguite a cordone d'angolo rispettando le seguenti indicazioni: i cordoni che uniscono due laminati di spessori t_1 e t_2 ($t_1 \geq t_2$) devono avere spessore $s=t_2$; l'altezza di gola del cordone (hg) deve risultare $hg \geq 0,7*s$. In relazione alla tipologia dei manufatti realizzati mediante giunzioni saldate, il costruttore deve essere certificato secondo la norma UNI EN ISO 3834 parti 2 e 4. I controlli sulle saldature dovranno essere conformi alla classe di esecuzione individuata. Il Produttore è tenuto a concordare preventivamente la campagna di controlli sulle saldature con il D.L. e con il Collaudatore, che potranno prescrivere controlli aggiuntivi rispetto ai minimi previsti per la classe di esecuzione definita, anche in relazione ai controlli di accettazione in cantiere, che potranno essere coordinati con quelli di produzione in fabbrica. Per le modalità di esecuzione dei controlli ed i livelli di accettabilità si può fare utile riferimento alle prescrizioni della norma UNI EN ISO 17635.</p>		
<p>CORDONE SINGOLO</p>  <p>$s_1 \leq s_2$ $b = s_1$ $a = 0,7xs_1$</p>	<p>CORDONI CONTRAPPosti</p>  <p>$s_1 \leq s_2$ $a = 0,7xb$ $b = 0,5xs_1$</p>	<p>PIOLI: Secondo UNI EN ISO 13918 Pioli tipo NELSON $\phi=25$ – H=200 Acciaio S235J2G3+C450 $f_y > 350$ MPa; $f_u > 450$ MPa; Allungamento $> 15\%$; Strizione $> 50\%$</p>
<p>CEMENTO ARMATO SOLETTA</p>		
<p>CALCESTRUZZO PER IMPALCATO CLASSE C32/40 – Rck 40 MPa a 28 g.g. – Contenuto minimo cemento/mc=340 CLASSE DI ESPOSIZIONE XC4 LAVORABILITA' SLUMP S4 DIMENSIONE MASSIMA DELL'INERTE 25 mm</p>	<p>DIAMETRI MINIMI DI PIEGATURA</p>  <p>Armadura principale Staffe</p> <p>$D1 = 15\phi$ $\phi < 20$ mm → $D2 = 5\phi$ $\phi > 20$ mm → $D2 = 8\phi$</p> <p>$\phi < 16$ mm → $D2 = 4\phi$ $\phi > 16$ mm → $D2 = 5\phi$ (vedi armatura princ.)</p>	
<p>ACCIAIO PER ARMATURA TIPO B450C CONTROLLATO (* controllo entro 30g.g. dalla data di consegna in cantiere per ciascun lotto di spedizione – approvazione sulle scelte dei diametri della Direzione Lavori) $f_{y,k} > 450$ N/mm² $f_{t,k} > 540$ N/mm² $e_{su,k} > 7,5\%$ $1,15 \leq F_t/F_y < 1,35$ $f_{y,eff}/f_{y,nom} \leq 1,25$</p>		
<p>NOTE :</p> <ul style="list-style-type: none"> – Saldature a piena penetrazione I CLASSE – secondo UNI 5132, tutte le saldature dovranno essere continue – Le specifiche e la sequenza esecutiva delle saldature saranno concordate con l'ISTITUTO ITALIANO DELLA SALDATURA – I bulloni dovranno essere montati in opera con una rondella sotto la testa della vite e una sotto il dado; – Slots circolari su nervature R=40, salvo diversamente indicato; – Le superfici di contatto dei bulloni devono essere spazzolate a fondo e sgrassate all'atto del montaggio; – Prima di procedere al disegno costruttivo degli elementi strutturali sia metallici sia in c.a., verificare la corretta geometria stradale dal punto di vista piano-altimetrico. 		
<p>COPRIFERRO STRUTTURE IN OPERA</p> <p>Per solette impalcati => 40 mm (estradosso)</p>		
<p>NOTE GENERALI SULL'ARMATURA</p> <p>Sovrapposizione minima come da prescrizione Eurocodice 2/2005</p>		

Figura 10: Note generali.

6.1 ACCIAIO

6.1.1 Acciaio per armatura strutture in c.a.

Barre ad aderenza migliorata, saldabile, tipo B450C dotato delle seguenti caratteristiche meccaniche:

tensione caratteristica di rottura:

$$f_{tk} \geq 540 \text{ MPa}$$

tensione caratteristica di snervamento:	$f_{yk} \geq 450 \text{ MPa}$
allungamento caratteristico:	$\geq 7.5 \%$
rapporto tensione di rottura/ tensione di snervamento:	$1.15 \leq f_{tk}/f_{yk} < 1.35$

6.2 CALCESTRUZZO

6.2.1 Calcestruzzo per pali fondazioni

Classe di resistenza:	C30/37
dimensione massima dell'inerte:	$D_{max} = 32 \text{ mm}$
classe di esposizione:	XA1
classe di consistenza:	S4
copriferro minimo:	$C_{f,min} \geq 60 \text{ mm}$

6.2.2 Calcestruzzo per fondazioni e travi di coronamento

Classe di resistenza:	C30/37
dimensione massima dell'inerte:	$D_{max} = 32 \text{ mm}$
classe di esposizione:	XA1
classe di consistenza:	S4
copriferro minimo:	$C_{f,min} \geq 40 \text{ mm}$

6.2.3 Elevazioni pile e spalle

Classe di resistenza:	C32/40
dimensione massima dell'inerte:	$D_{max} = 32 \text{ mm}$
classe di esposizione:	XC4
classe di consistenza:	S4
copriferro minimo:	$C_{f,min} \geq 40 \text{ mm}$

6.3 APERTURA LIMITE FESSURE

Con riferimento a quanto descritto ai paragrafi precedenti viene determinata per ogni tipologia di getto in conglomerato cementizio armato la classe di esposizione: ciò, ai sensi della Tab. 4.1.III delle NTC2018, qualifica automaticamente la "Condizione ambientale".

Tabella 1: classe di esposizione in funzione delle condizioni ambientali

Condizioni ambientali	Classe di esposizione
Ordinarie	X0, XC1, XC2, XC3, XF1
Aggressive	XC4, XD1, XS1, XA1, XA2, XF2, XF3
Molto aggressive	XD2, XD3, XS2, XS3, XA3, XF4

In relazione alle classi di esposizione adottate, per tutti i conglomerati che costituiscono le sottostrutture ci si riferirà alla condizione ambientale “Aggressiva”. Nella Tabella 2 sono indicati i criteri di scelta dello stato limite di fessurazione con riferimento alle condizioni ambientale e al tipo di armatura secondo le NTC2018. Essendo classificati gli acciai ordinari come armature poco sensibili, l’apertura limite delle fessure è da considerarsi 0,3 mm per le combinazioni di azioni agli SLE frequenti (Eq. §2.5.3 NTC2018) e 0,2 mm per le combinazioni di azioni agli SLE quasi permanenti (Eq. §2.5.4 NTC2018).

Tabella 2: Criteri dello stato limite di fessurazione

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

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

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

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

6.4 PROCEDURE E PROVE DI ACCETTAZIONE

Le procedure e le prove sperimentali di accettazione dei materiali devono essere conformi a quanto richiesto nel cap.11 delle NTC2018 e relativa circolare esplicativa. Nello specifico:

- Calcestruzzo in opera: dev'essere conforme a quanto riportato nei par. 11.2.4, 11.2.5 e relativi sottoparagrafi;
- Componenti prefabbricati in c.a.: devono essere conformi a quanto riportato nei par. 11.8.3, e relativi sottoparagrafi;
- Acciaio da c.a. ordinario – barre e rotoli: dev'essere conforme a quanto riportato nel par. 11.3.2.10 e relativi sottoparagrafi;
- Acciaio da c.a. ordinario – reti e tralicci elettrosaldati: dev'essere conforme a quanto riportato nel par. 11.3.2.10 e relativi sottoparagrafi;
- Acciai per strutture metalliche e per strutture composte: devono essere conformi a quanto riportato nel par. 11.3.4.11 e relativi sottoparagrafi.

7 CARATTERIZZAZIONE SISMICA DELL'AREA

7.1 PERIODO DI RIFERIMENTO PER L'AZIONE SISMICA

Come stabilito nel C.S.A. la progettazione delle strutture farà riferimento a:

- vita nominale: $V_N = 50$ anni
- classe d'uso: IV

da cui risulta:

- coefficiente d'uso: $C_U = 2.0$
- periodo di riferimento per l'azione sismica: $V_R = V_N \times C_U = 100$ anni

7.2 AZIONE SISMICA DI RIFERIMENTO

Il calcolo delle azioni sismiche, di seguito descritte, viene condotto nel rispetto delle "Aggiornamento delle Norme Tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 17/01/2018 e s.m.i..

Le coordinate geografiche di riferimento (secondo sistema ED50) per l'opera in esame sono:

Longitudine: $13^\circ.500633$
Latitudine: $37^\circ.920207$

Tabella 3: Parametri sismici per la definizione dello spettro di progetto

SLATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_C^* [s]
SLO	60	0.061	2.365	0.262
SLD	101	0.078	2.374	0.276
SLV	949	0.187	2.476	0.318
SLC	1950	0.236	2.533	0.328

Per le analisi in condizioni sismiche è stato preso a riferimento lo stato limite di salvaguardia della vita (SLV) e dunque i seguenti parametri:

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotatoria Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

V7 – Viadotto Baucina – Relazione sottostrutture

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
a_g	0.187 g
F_o	2.476
T_C^*	0.318 s
S_S	1.200
C_C	1.383
S_T	1.000
q	1.000

Parametri dipendenti

S	1.200
η	1.000
T_B	0.147 s
T_C	0.440 s
T_D	2.348 s

Pertanto, per le analisi in condizioni sismiche dell'opera in oggetto sono stati utilizzati i seguenti valori:

- categoria di sottosuolo: B
- Coefficiente topografico: $S_t=1.00$
- fattore di sito: $S_s = 1.200$;
- accelerazione orizzontale su sito di riferimento rigido: $a_g = 0.187$ g;
- massima accelerazione su sottosuolo tipo B: $a_{max} = 0.224$ g.

8 MODELLAZIONE DELLE SOTTOSTRUTTURE

Per la modellazione delle sottostrutture del viadotto (spalle, pile, plinti e pali) sono stati sviluppati più modelli, utilizzando il codice di calcolo strutturale agli elementi finiti SAP2000 v. 19.0.0 della “Computers & Structures Inc.”.

Si è partito da un “modello globale” in cui è stato modellato l’impalcato, il sistema di vincolamento le pile e le relative fondazioni (plinti e pali), come illustrato in Figura 11. A questo sono stati aggiunti dei modelli secondari integrativi che verranno illustrati nei paragrafi specifici.

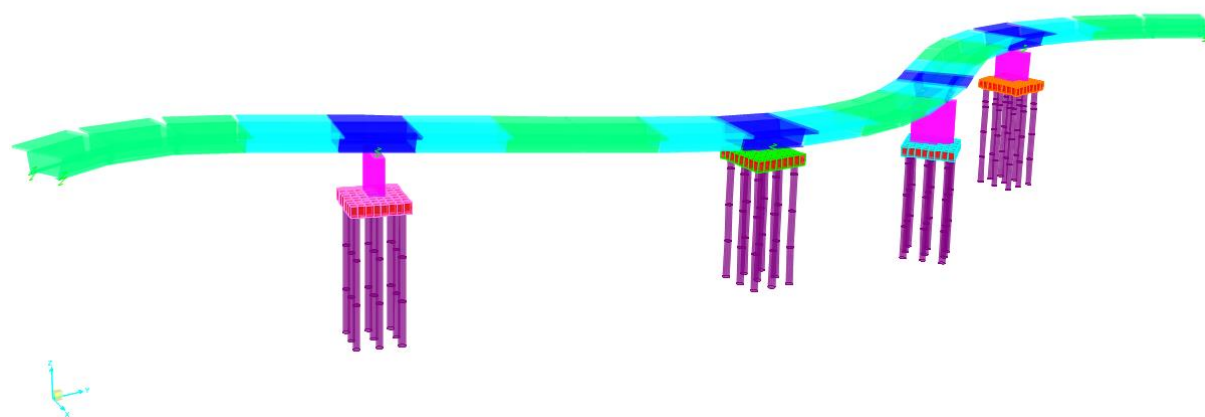


Figura 11: “Modello globale”: vista globale con ingombro solido degli elementi.

8.1 MODELLO GLOBALE

Per quanto concerne il “modello globale”, si sottolineano i seguenti dettagli relativi alla modellazione:

- L’impalcato è schematizzato con una serie di elementi finiti di trave (“frames”) che ne rappresentano la sezione e la suddivisione in conci. In particolare, si è schematizzato l’insieme delle due travi, della reticolare inferiore e della soletta come una sezione a cassone equivalente per la quale si è determinato lo spessore della piattabanda inferiore secondo criteri di equivalenza statica noti in letteratura tecnica (si veda, ad esempio, “Torsion in structures: an engineering approach” di C.F. Kollbrunner e K. Basler). Lo spessore della piattabanda inferiore equivalente alla struttura reticolare (valore che ha poi un’importanza e una variabilità modesta nello studio globale dell’impalcato) si è fissato per tutte le sezioni pari a 10.0 mm; Si sottolinea che alla serie di elementi “frames” schematizzanti l’intero impalcato è stato assegnato loro un “insertion point” in modo da impostare a tale quota l’estradosso delle travi metalliche;

- Per i conci in pila e intermedi (per ulteriori dettagli si veda l’elaborato relativo al dimensionamento dell’impalcato PVV7RE03_52_4137) si è ridotto il momento d’inerzia rispetto all’asse d’inerzia orizzontale per trascurare il contributo della soletta in c.a. ipotizzata fessurata in tali zone e si è invece considerata l’armatura metallica di soletta.
- Il vincolamento dell’impalcato alle sottostrutture è modellato rispettando la reale differenza di quota tra i nodi dovuta all’altezza dell’impalcato tramite vincolamenti interni a corpo rigido (“joint constrains”). Il vincolamento è modellato tramite elementi di collegamento “link” di tipo elastico-lineare che schematizzano gli isolatori sismici elastomerici e gli apparecchi d’appoggio multidirezionali e monodirezionali. Le pile sono schematizzate con elementi “frames” verticali alla cui sommità si collegano gli isolatori sismici tramite vincolamenti interni a corpo rigido denominati “joint constrains”.
- La sezione trasversale della pila è schematizzata come un elemento trave a sezione rettangolare opportunamente orientato.
- Le spalle non sono schematizzate in quanto analizzate con una modellazione dedicata; il modello termina con due elementi di collegamento “link” schematizzanti il vincolo unidirezionale e multidirezionale ed incastrati alla base.
- I plinti fondazione sono schematizzati con elementi a piastra spessa, aventi comportamento membranale e flessionale (“Shell – Thick”).
- I pali di fondazione sono schematizzati con elementi a trave su suolo elastico. Le molle adottate sono di tipo elastico lineare distribuite su due direzioni ortogonali. La dimensione della mesh degli elementi (0.5 m) è stata scelta in modo tale da assicurare una corretta rappresentazione delle sollecitazioni e dei relativi spostamenti. Per la determinazione delle rigidezze delle molle schematizzanti l’interazione terreno struttura ci si riferisca al paragrafo 8.1.2.
- Il collegamento tra i pali di fondazione, il plinto di fondazione e fusto pila è assicurato mediante link rigidi.

8.1.1 Modellazione del sistema di vincolamento

L’impalcato è previsto dotato di un sistema di protezione sismica costituito da isolatori elastomerici posti in corrispondenza delle pile e da vincoli multi e monodirezionali posti in corrispondenza delle spalle. Il sistema di isolamento previsto è modellabile come “lineare equivalente” ai sensi del punto 7.10.5.2 delle NTC2018. Per maggiori dettagli si faccia riferimento alla relazione di calcolo riguardante l’impalcato (PVV7RE03_52_4137).

8.1.2 Modellazione dell'interazione terreno struttura

I pali di fondazione sono schematizzati con elementi a trave su suolo elastico. Le molle adottate sono di tipo elastico lineare distribuite su due direzioni ortogonali. La dimensione della mesh degli elementi (0.5 m) è stata scelta in modo tale da assicurare una corretta rappresentazione delle sollecitazioni e dei relativi spostamenti. La rigidità delle molle orizzontali è stata determinata attraverso il software di calcolo L-Pile, in particolare:

- è stata determinata per ogni cambio di unità stratigrafica la curva p-y del palo;
- è stato calcolato il modulo di reazione del terreno (rigidità della molla):

$$E_{sh}=p_y/y$$

dove lo spostamento orizzontale y è stato preso pari a 0.01m.

La rigidità delle molle verticali è stata ottenuta secondo la seguente relazione:

$$E_{sv}=Q_{II}/z$$

dove:

Q_{II} portata laterale limite di calcolo valutata in accordo a quanto riportato al paragrafo 14.2.2;

z spostamento verticale pari a 0.01m.

Nelle seguenti tabelle si riassumono rispettivamente i valori di rigidità orizzontale e verticale implementati nel modello.

Tabella 4: Rigidezza delle molle orizzontali.

	Profondità z [m]	E_{sh} [kN/m/m]
PILA 1	0.0	30100
	18.0	135700
PILA 2	0.0	11800
	1.4	16500
	1.4	33400
	18.0	130000
PILA 3	0.0	18700
	1.4	25500
	1.4	34100
	18.0	132100
PILA 4	0.0	12000
	2.7	20800
	2.7	29200
	3.7	32400
	3.7	46800.0
	18.0	130800

Tabella 5: Rigidezza delle molle verticali.

	E_{sv} [kN/m]
Pila1	547000
Pila2	489000
Pila3	498000
Pila4	483000

9 ANALISI DEI CARICHI

Il dimensionamento e la verifica degli elementi strutturali relativi alle sottostrutture sono stati svolti in relazione ai carichi sotto riportati.

9.1 PESO PROPRIO DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI (PP)

Il peso proprio delle strutture viene assegnato in maniera automatica dal programma di calcolo (in funzione della geometria degli elementi che le schematizzano) come carico uniformemente distribuito. In particolare, si è considerato il peso proprio degli isolatori sismici e degli apparecchi di appoggio unidirezionali e multidirezionali come forze concentrate. Il peso proprio assegnato ai pali dal programma di calcolo è considerato al netto del peso del terreno.

9.2 CARICHI PERMANENTI PORTATI (SP, SL, CR, TR)

Il peso della soletta gettata in opera di spessore 0,3 m è stato assunto pari a 81.90 kN/m (“SL”) ed il peso di irrigidimenti, diagonali inferiori, controventamenti trasversali, piolature ed unioni per un totale di 10.5 kN/m (“CR”).

Inoltre, è stato assegnato il peso proprio della pavimentazione stradale, dei cordoli di impalcato, dei guard-rail, delle velette laterali, delle strutture leggere reggi-impianti, per un totale pari a 50 kN/m (“SP”). I pesi propri e i carichi permanenti portati assunti sull’impalcato sono riassunti in Tabella 6.

A questi si aggiunge il peso del terreno imbarcato da valutarsi nei casi specifici.

Tabella 6: peso proprio e carichi permanenti portati

Elementi	n.	Area [m ²]	Larghezza [m]	Spessore [m]	Peso specifico [kN/m ³]	Peso al m [kN/m]	Peso al mq [kN/m ²]	Carico al m [kN/m]	
Pesi strutturali	Travi in acciaio	2	0.107	-	-	78.5	8.39	-	16.78
	Travi in CAP	0	0.00	-	-	25.0	0.00	-	0.00
	Soletta	-	-	10.50	0.30	26.0	-	7.80	81.90
Carichi permanenti portati	Pavimentazione	-	-	9.00	-	-	-	3.50	31.50
	Cordoli	2	-	0.75	0.16	25.0	-	-	6.00
	Barriere antirumore	0	-	-	-	-	0.00	-	0.00
	Guard rail/bordo ponte	2	-	-	-	-	2.00	-	4.00
	Tubi + veletta	2	-	-	-	-	4.00	-	8.00
	Traversi e crociere	1	-	-	-	-	8.50	-	8.50
	Altro	0	-	-	-	-	0.00	-	0.00
	Unioni	1	-	-	-	-	2.00	-	2.00

9.3 COAZIONI - RITIRO (RT)

Il ritiro della soletta d’impalcato è stato considerato partendo dalle indicazioni riportate al punto 11.2.10.6 delle NTC2018. In particolare, si è assunto quanto segue:

- $f_{ck} = 32.0$ MPa

- $\epsilon_{c0} = - 0.0003$
- $h_0 = 2*(10.5*0.30)/(10.5+2*0.30) = 568 \text{ mm}$
- $k_h = 0.7$
- $\epsilon_{cd,\infty} = - 0.00021$
- $\epsilon_{ca,\infty} = - 0.00006$
- $\epsilon_{cs,\infty} = - 0.00027$

Tale deformazione indotta dal ritiro va considerata agente nel lungo termine e pertanto associata ad un modulo elastico E del conglomerato cementizio che in prima analisi è possibile assumere pari ad 1/3 del modulo elastico istantaneo.

Ipotizzando che il getto della soletta avvenga per fasi e per conci non adiacenti in modo da realizzare porzioni di dimensioni sufficientemente ridotte di volume di getto, è ragionevole adottare un valore di progetto non superiore al 70% di quello sopra calcolato. Pertanto:

$$\epsilon_{cs,c,\infty} = -0.00027*0.7 = -0.000189$$

In sede di progettazione, per il coefficiente di dilatazione termica del calcestruzzo si assume un valore medio pari a $\alpha_T = 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$; il ritiro viene considerato come una contrazione termica derivante da un valore di temperatura agente in soletta pari a:

$$\Delta T_R = -19 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Per quanto riguarda gli effetti del ritiro sul dimensionamento della struttura nel suo comportamento globale, si rimanda alla Relazione di calcolo dell'impalcato (PVV7RE03_52_4137).

9.4 COAZIONI - VARIAZIONI TERMICHE (TMP 1, TMP 2, TMN 1, TMN 2)

9.4.1 Escursione termica giornaliera

Gli effetti delle differenze di temperatura tra la soletta di impalcato e la struttura metallica sottostante sono stati analizzati prevedendo una variazione termica uniforme pari a $\Delta T = +/- 10^\circ$ applicata alla soletta.

9.4.2 Escursione termica annuale

Si considera una variazione termica uniforme su tutto l'impalcato, rispetto alla temperatura media

annuale pari a $\Delta T = +/- 27^\circ$; per il calcolo della dilatazione termica dell'impalcato a favore di sicurezza è assunto pari a $1,2 \times 10^{-5} \text{ C}^{-1}$.

9.5 DISTORSIONI - CEDIMENTI VINCOLARI (CSP, CPI)

Cedimenti differenziali tra i diversi sistemi di fondazioni sono implicitamente valutati nella modellazione in quanto è stato modellato anche il sistema fondale stesso.

9.6 CARICHI MOBILI (ML)

I carichi mobili sono stati considerati in base alle indicazioni previsti per i ponti stradali indicati al punto 5.1.3.3.3 delle NTC2018. Data la larghezza massima della carreggiata di 9.00 m, si sono assegnate 3 corsie convenzionali di larghezza pari a 3.0 m secondo lo Schema di Carico 1.

Le sollecitazioni dovute ai carichi mobili sono calcolate secondo la teoria delle linee di influenza (si veda la relazione di calcolo dell'impalcato PVV7RE03_52_4137).

9.7 AZIONE DI FRENATURA (FR)

L'azione di frenatura indotta dai veicoli è stata considerata in base alle indicazioni previste per i ponti stradali indicate al punto 5.1.3.5 delle NTC2018. Data la lunghezza dell'impalcato si ha:

$$FFR = 0.6 \cdot (2 \cdot 300) + 0.1 \cdot 9 \cdot 3 \cdot 251 = 1038 \text{ kN} > 900 \text{ kN} \rightarrow 900 \text{ kN}$$

S'intende che gli isolatori sismici hanno il compito di assorbire l'azione della frenatura. Considerando che ai sensi di quanto indicato nella Tabella 5.1.IV riportata nelle NTC2018 l'azione di frenatura va considerata solo in combinazione con il valore frequente dei carichi mobili verticali (pari al 75% del loro valore caratteristico) e in assenza di sisma (azione dimensionante le sottostrutture), l'azione della frenatura non risulta vincolante nel caso in oggetto.

9.8 AZIONE CENTRIFUGA (CF)

L'azione centrifuga agente sull'impalcato è calcolata secondo quanto descritto nel punto 5.1.3.6 delle NTC2018. Tutti i raggi di curvatura del tracciato stradale risultano minori di 200 m, pertanto:

$$Q4 = 0.2 \cdot 2 \cdot (300 + 200 + 100) = 240 \text{ kN}$$

Il punto di applicazione dell'azione centrifuga (a livello della pavimentazione) risulta a 47 cm dall'estradosso della trave metallica.

Considerando che ai sensi di quanto indicato nella Tabella 5.1.IV riportata nelle NTC2018 l'azione centrifuga va considerata solo in combinazione con il valore frequente dei carichi mobili verticali (pari al 75% del loro valore caratteristico) e in assenza di sisma (azione dimensionante le sottostrutture), l'azione centrifuga non risulta vincolante nel caso in oggetto.

9.9 URTO DI VEICOLO IN SVIO

Nel progetto della soletta d'impalcato viene considerata una condizione di carico eccezionale nella quale alla forza orizzontale d'urto su sicurvia si associa un carico verticale isolato sulla sede stradale costituito dal Secondo Schema di Carico, posizionato in adiacenza al sicurvia stesso e disposto nella posizione più gravosa. Per ulteriori dettagli si faccia riferimento agli elaborati specifici (PVV7RE03_52_4137).

9.10 AZIONE DEL VENTO (VN)

Per il calcolo delle sottostrutture, a favore di sicurezza si adotta una pressione pari a 2,50 kN/mq.

Per quanto riguarda la modellazione, il vento è stato assegnato come forza per unità di lunghezza agente ortogonale all'asse dell'impalcato e in entrambi i versi. L'intensità della forza è stata calcolata assumendo una superficie di impatto del vento di altezza pari alla somma tra l'altezza della trave metallica, l'altezza della soletta, altezza della pavimentazione stradale e l'altezza convenzionale di ingombro dei veicoli (3 m), per un totale pari a:

$$h_{\text{tot}} = 5.97 \text{ m}$$

$$q_v \cong 15 \text{ kN/m}$$

Il piano di applicazione dell'azione del vento si considera a 2.985 m dall'intradosso dell'impalcato e quindi si è assegnato un momento torcente (asse vettore coincidente con l'asse impalcato) uniformemente distribuito lungo l'impalcato di intensità pari a (l'impalcato è stato modellato a quota estradosso travi metalliche che hanno altezza pari a 2.50 m):

$$m_v = 15 \cdot (2.985 - 2.50) = 7.275 \text{ kNm/m.}$$

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

V7 – Viadotto Baucina – Relazione sottostrutture

9.11 AZIONE SISMICA (SLV-X, SLV-Y, SLV-Z)

Per la determinazione dell'azione sismica si faccia riferimento al Cap. 7 del presente elaborato. Per la verifica delle sottostrutture dell'impalcato si considera solo lo stato limite di salvaguardia della vita (SLV).

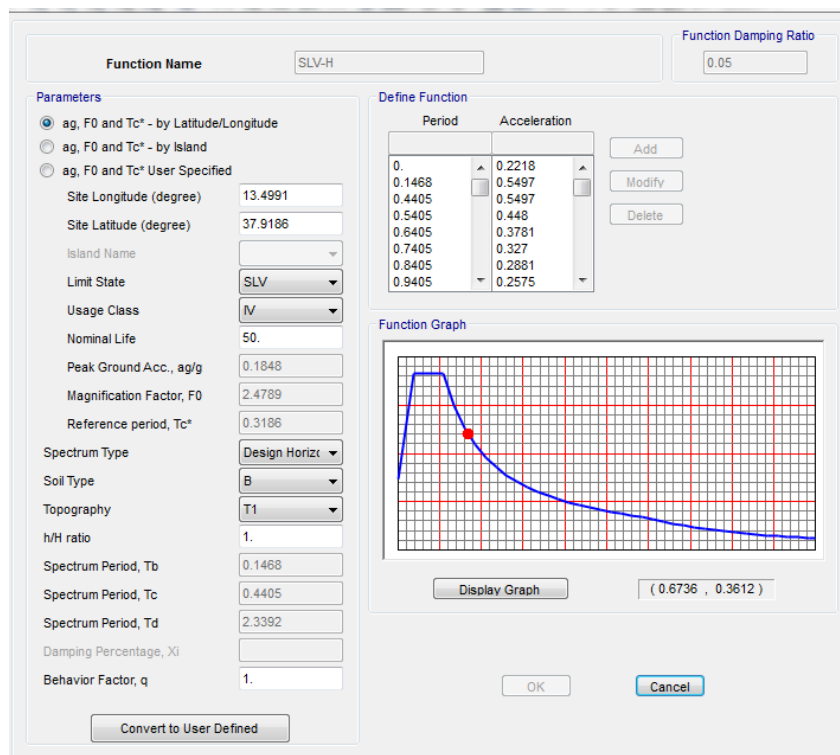


Figura 12: Azione sismica orizzontale SLV.

Affidamento a Contraente Generale dei “Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121”.

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

V7 – Viadotto Baucina – Relazione sottostrutture

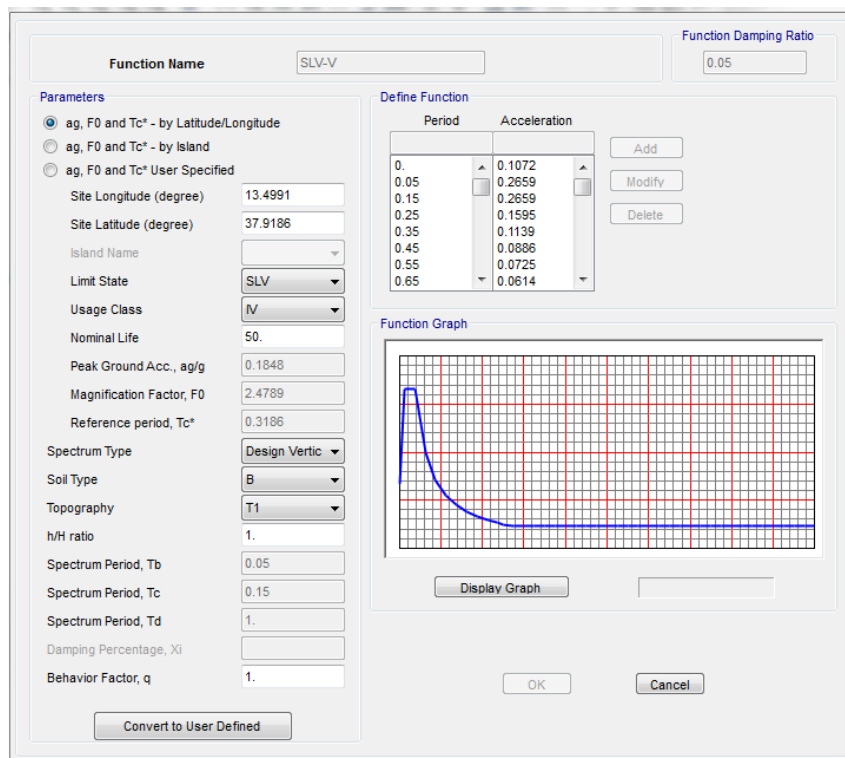


Figura 13: Azione sismica verticale SLV.

9.12 ALTRE AZIONI VARIABILI

Altre azioni variabili quali azioni idrauliche sulle pile poste in alveo, urto di un veicolo contro le strutture, urto di ghiacci e natanti su pile non sono considerate per le verifiche globali della struttura in esame.

9.13 COMBINAZIONE DEI CARICHI

Le combinazioni dei carichi da implementare per le verifiche di resistenza allo SLU e le verifiche allo SLE in condizioni statiche e sismiche sono riportate sotto, mentre i coefficienti parziali di sicurezza sono riportati nelle Tabelle seguenti.

Combinazioni SLU-SLE

- Combinazione fondamentale, generalmente impiegata per gli stati limite ultimi (SLU):
$$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \gamma_{Q2} \cdot \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \gamma_{Q3} \cdot \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots \quad (2.5.1)$$
- Combinazione caratteristica (rara), generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) irreversibili, da utilizzarsi nelle verifiche alle tensioni ammissibili di cui al § 2.7:
$$G_1 + G_2 + P + Q_{k1} + \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots \quad (2.5.2)$$
- Combinazione frequente, generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) reversibili:
$$G_1 + G_2 + P + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots \quad (2.5.3)$$
- Combinazione quasi permanente (SLE), generalmente impiegata per gli effetti a lungo termine:
$$G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots \quad (2.5.4)$$

Combinazione SLD-SLV-SLC

$$G_1 + G_2 + P + E + \sum_j \psi_{2j} Q_{kj}$$

Carichi gravitazionali per valutazione delle masse in fase sismica

$$G_1 + G_2 + \sum_j \psi_{2j} Q_{kj} .$$

Ai fini del calcolo della massa attivabile in condizione sismica si è adottato $\psi_{2j} = 0$. Nell'opera in oggetto i carichi permanenti non strutturali sono compiutamente definiti.

In particolare, con riferimento alle verifiche strutturali condotte nei riguardi delle combinazioni SLU, si fa riferimento ai coefficienti parziali di sicurezza identificati dalla combinazione "A1 STR"; con riferimento alle verifiche geotecniche condotte nei riguardi delle combinazioni SLU, si fa riferimento ai coefficienti parziali di sicurezza identificati dalla combinazione "A2 GEO".

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

V7 – Viadotto Baucina – Relazione sottostrutture

Tabella 5.1.V – Coefficienti parziali di sicurezza per le combinazioni di carico agli SLU

		Coefficiente	EQU ⁽¹⁾	A1 STR	A2 GEO
Carichi permanenti	favorevoli	γ_{G1}	0,90	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,10	1,35	1,00
Carichi permanenti non strutturali ⁽²⁾	favorevoli	γ_{G2}	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30
Carichi variabili da traffico	favorevoli	γ_Q	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,35	1,35	1,15
Carichi variabili	favorevoli	γ_{Qi}	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30
Distorsioni e presollecitazioni di progetto	favorevoli	γ_{e1}	0,90	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,00 ⁽³⁾	1,00 ⁽⁴⁾	1,00
Ritiro e viscosità, Variazioni termiche, Cedimenti vincolari	favorevoli	$\gamma_{e2}, \gamma_{e3}, \gamma_{e4}$	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,20	1,20	1,00

⁽¹⁾ Equilibrio che non coinvolga i parametri di deformabilità e resistenza del terreno; altrimenti si applicano i valori di GEO.
⁽²⁾ Nel caso in cui i carichi permanenti non strutturali (ad es. carichi permanenti portati) siano compiutamente definiti si potranno adottare gli stessi coefficienti validi per le azioni permanenti.
⁽³⁾ 1,30 per instabilità in strutture con precompressione esterna
⁽⁴⁾ 1,20 per effetti locali

Tabella 5.1.VI - Coefficienti ψ per le azioni variabili per ponti stradali e pedonali

Azioni	Gruppo di azioni (Tabella 5.1.IV)	Coefficiente ψ_0 di combinazione	Coefficiente ψ_1 (valori frequenti)	Coefficiente ψ_2 (valori quasi permanenti)
Azioni da traffico (Tabella 5.1.IV)	Schema 1 (Carichi tandem)	0,75	0,75	0,0
	Schemi 1, 5 e 6 (Carichi distribuiti)	0,40	0,40	0,0
	Schemi 3 e 4 (carichi concentrati)	0,40	0,40	0,0
	Schema 2	0,0	0,75	0,0
	2	0,0	0,0	0,0
	3	0,0	0,0	0,0
	4 (folla)	----	0,75	0,0
Vento q_5	Vento a ponte scarico SLU e SLE	0,6	0,2	0,0
	Esecuzione	0,8	----	0,0
	Vento a ponte carico	0,6		
Neve q_5	SLU e SLE	0,0	0,0	0,0
	esecuzione	0,8	0,6	0,5
Temperatura	T_k	0,6	0,6	0,5

10 FUSTI PILA

Le pile sono costituite da elementi a fusto unico a sezione rettangolare di fusto di larghezza 6,50 m e spessore 1,50 m avente altezza netta di calcolo (intradosso baggiolo – estradosso plinto di fondazione) pari a:

- Pila 1: H = 5.60 m;
- Pila 2: H = 0 m;
- Pila 3: H = 7.10 m;
- Pila 4: H = 5.60 m;

Pertanto, si procederà al dimensionamento e verifica solo dei fusti pila 1, 3 e 4. Le sollecitazioni sui fusti pila sono state ottenute dal “Modello globale” descritto al punto 8.1. Le combinazioni di carico adottate sono dettagliate nel paragrafo 10.2.

10.1 TIPOLOGIE DI ANALISI ESEGUITE

La tabella seguente riporta la tipologia di analisi eseguita per ognuno dei casi di carico indagati.

L’opera è prevista munita di sistema di protezione sismica costituito da isolatori elastomerici inquadabili secondo la tipologia di “Isolatori elastomerici” descritta al punto 11.9.7 delle NTC2018 in corrispondenza delle pile e da apparecchi d’appoggio unidirezionali e multidirezionali in corrispondenza delle spalle (Figura 5). Tale sistema di isolamento può essere modellato come lineare equivalente secondo le indicazioni del punto 7.10.5.2 delle NTC2018; pertanto, si è adottata l’analisi lineare dinamica (analisi con spettro di risposta) come metodologia di analisi sismica.

Tabella 7: Tipologie di analisi eseguite.

CASO DI ANALISI	TIPOLOGIA
PP	STATICA LINEARE
SL	STATICA LINEARE
CR	STATICA LINEARE
SP	STATICA LINEARE
TR	STATICA LINEARE
Ritiro	STATICA LINEARE
DT estate	STATICA LINEARE
DT inverno	STATICA LINEARE
Veicoli	STATICA LINEARE
Vento	STATICA LINEARE
SLV-X	DINAMICA LINEARE
SLV-Y	DINAMICA LINEARE
SLV-Z	DINAMICA LINEARE

10.2 COMBINAZIONI DI CARICO

In base a quanto riportato al punto 9.13, per l'analisi delle sollecitazioni sui fusti pila si adottano le seguenti combinazioni di carico. Il carico elementare G1+G2 è da intendersi PP+SL+CR+SP+TR, dove per TR si intende il peso del terreno imbarcato sulle pile.

SLU

Combo	Carico Elementare	Coeff.
SLU01	G1+G2	1.35
SLU01	Ritiro	1
SLU01	DT estate	0
SLU01	DT inverno	0
SLU01	Veicoli	1.35
SLU01	Vento	0
SLU02	G1+G2	1.35
SLU02	Ritiro	0.72
SLU02	DT estate	0
SLU02	DT inverno	0
SLU02	Veicoli	1.35
SLU02	Vento	0
SLU03	G1+G2	1.35
SLU03	Ritiro	1

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

V7 – Viadotto Baucina – Relazione sottostrutture

SLU03	DT estate	0
SLU03	DT inverno	0
SLU03	Veicoli	1.35
SLU03	Vento	0.9
SLU04	G1+G2	1.35
SLU04	Ritiro	1
SLU04	DT estate	0.72
SLU04	DT inverno	0
SLU04	Veicoli	1.35
SLU04	Vento	0.9
SLU05	G1+G2	1.35
SLU05	Ritiro	1
SLU05	DT estate	1.2
SLU05	DT inverno	0
SLU05	Veicoli	0
SLU05	Vento	0
SLU06	G1+G2	1.35
SLU06	Ritiro	1
SLU06	DT estate	1.2
SLU06	DT inverno	0
SLU06	Veicoli	1.01
SLU06	Vento	0
SLU07	G1+G2	1.35
SLU07	Ritiro	1
SLU07	DT estate	1.2
SLU07	DT inverno	0
SLU07	Veicoli	0
SLU07	Vento	0.9
SLU08	G1+G2	1.35
SLU08	Ritiro	1
SLU08	DT estate	1.2
SLU08	DT inverno	0
SLU08	Veicoli	1.01
SLU08	Vento	0.9
SLU09	G1+G2	1.35
SLU09	Ritiro	1
SLU09	DT estate	0
SLU09	DT inverno	0
SLU09	Veicoli	0
SLU09	Vento	1.5

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

V7 – Viadotto Baucina – Relazione sottostrutture

SLU10	G1+G2	1.35
SLU10	Ritiro	1
SLU10	DT estate	0
SLU10	DT inverno	0
SLU10	Veicoli	1.01
SLU10	Vento	1.5
SLU11	G1+G2	1.35
SLU11	Ritiro	1
SLU11	DT estate	0.72
SLU11	DT inverno	0
SLU11	Veicoli	0
SLU11	Vento	1.5
SLU12	G1+G2	1.35
SLU12	Ritiro	1
SLU12	DT estate	0.72
SLU12	DT inverno	0
SLU12	Veicoli	1.01
SLU12	Vento	1.5
SLU13	G1+G2	1.35
SLU13	Ritiro	1
SLU13	DT estate	0
SLU13	DT inverno	0.72
SLU13	Veicoli	1.35
SLU13	Vento	0
SLU14	G1+G2	1.35
SLU14	Ritiro	1
SLU14	DT estate	0
SLU14	DT inverno	0.72
SLU14	Veicoli	1.35
SLU14	Vento	0.9
SLU15	G1+G2	1.35
SLU15	Ritiro	1
SLU15	DT estate	0
SLU15	DT inverno	1.2
SLU15	Veicoli	0
SLU15	Vento	0
SLU16	G1+G2	1.35
SLU16	Ritiro	1
SLU16	DT estate	0
SLU16	DT inverno	1.2

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

V7 – Viadotto Baucina – Relazione sottostrutture

SLU16	Veicoli	1.01
SLU16	Vento	0
SLU17	G1+G2	1.35
SLU17	Ritiro	1
SLU17	DT estate	0
SLU17	DT inverno	1.2
SLU17	Veicoli	0
SLU17	Vento	0.9
SLU18	G1+G2	1.35
SLU18	Ritiro	1
SLU18	DT estate	0
SLU18	DT inverno	1.2
SLU18	Veicoli	1.01
SLU18	Vento	0.9
SLU19	G1+G2	1.35
SLU19	Ritiro	1
SLU19	DT estate	0
SLU19	DT inverno	0.72
SLU19	Veicoli	0
SLU19	Vento	1.5
SLU20	G1+G2	1.35
SLU20	Ritiro	1
SLU20	DT estate	0
SLU20	DT inverno	0.72
SLU20	Veicoli	1.01
SLU20	Vento	1.5
SLU21	G1+G2	1.35
SLU21	Ritiro	1.2
SLU21	DT estate	0
SLU21	DT inverno	0
SLU21	Veicoli	1.35
SLU21	Vento	0
SLU22	G1+G2	1.35
SLU22	Ritiro	1.2
SLU22	DT estate	0
SLU22	DT inverno	0
SLU22	Veicoli	1.35
SLU22	Vento	0.9
SLU23	G1+G2	1.35
SLU23	Ritiro	1.2

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

V7 – Viadotto Baucina – Relazione sottostrutture

SLU23	DT estate	0
SLU23	DT inverno	0
SLU23	Veicoli	0
SLU23	Vento	1.5
SLU24	G1+G2	1.35
SLU24	Ritiro	1.2
SLU24	DT estate	0
SLU24	DT inverno	0
SLU24	Veicoli	1.01
SLU24	Vento	1.5
SLU25	G1+G2	1
SLU25	Ritiro	1.2
SLU25	DT estate	0
SLU25	DT inverno	0
SLU25	Veicoli	0
SLU25	Vento	1.5
SLU26	G1+G2	1.35
SLU26	Ritiro	1.2
SLU26	DT estate	0
SLU26	DT inverno	0.72
SLU26	Veicoli	1.35
SLU26	Vento	0
SLU27	G1+G2	1.35
SLU27	Ritiro	1.2
SLU27	DT estate	0
SLU27	DT inverno	0.72
SLU27	Veicoli	1.35
SLU27	Vento	0.9
SLU28	G1+G2	1.35
SLU28	Ritiro	1.2
SLU28	DT estate	0
SLU28	DT inverno	1.2
SLU28	Veicoli	0
SLU28	Vento	0
SLU29	G1+G2	1.35
SLU29	Ritiro	1.2
SLU29	DT estate	0
SLU29	DT inverno	1.2
SLU29	Veicoli	1.01
SLU29	Vento	0

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

V7 – Viadotto Baucina – Relazione sottostrutture

SLU30	G1+G2	1.35
SLU30	Ritiro	1.2
SLU30	DT estate	0
SLU30	DT inverno	1.2
SLU30	Veicoli	0
SLU30	Vento	0.9
SLU31	G1+G2	1.35
SLU31	Ritiro	1.2
SLU31	DT estate	0
SLU31	DT inverno	1.2
SLU31	Veicoli	1.01
SLU31	Vento	0.9
SLU32	G1+G2	1.35
SLU32	Ritiro	1.2
SLU32	DT estate	0
SLU32	DT inverno	0.72
SLU32	Veicoli	0
SLU32	Vento	1.5
SLU33	G1+G2	1.35
SLU33	Ritiro	1.2
SLU33	DT estate	0
SLU33	DT inverno	0.72
SLU33	Veicoli	1.01
SLU33	Vento	1.5
SLU34	G1+G2	1
SLU34	Ritiro	1
SLU34	DT estate	0
SLU34	DT inverno	0
SLU34	Veicoli	1.35
SLU34	Vento	0
SLU35	G1+G2	1
SLU35	Ritiro	1
SLU35	DT estate	0
SLU35	DT inverno	0
SLU35	Veicoli	0
SLU35	Vento	1.5
SLU36	G1+G2	1
SLU36	Ritiro	1
SLU36	DT estate	0
SLU36	DT inverno	0

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

V7 – Viadotto Baucina – Relazione sottostrutture

SLU36	Veicoli	1.35
SLU36	Vento	0.9
SLU37	G1+G2	1
SLU37	Ritiro	1
SLU37	DT estate	0
SLU37	DT inverno	0
SLU37	Veicoli	1.01
SLU37	Vento	1.5

SLV

Combo	Carico Elementare	Coeff.
SLV01	G1+G2	1
SLV01	SLV-X	1
SLV01	SLV-Y	0.3
SLV01	SLV-Z	0.3
SLV01	Ritiro	1
SLV02	G1+G2	1
SLV02	SLV-X	0.3
SLV02	SLV-Y	1
SLV02	SLV-Z	0.3
SLV02	Ritiro	1
SLV03	G1+G2	1
SLV03	SLV-X	0.3
SLV03	SLV-Y	0.3
SLV03	SLV-Z	1
SLV03	Ritiro	1
SLV04	G1+G2	1
SLV04	SLV-X	1
SLV04	SLV-Y	0.3
SLV04	SLV-Z	0.3
SLV04	Ritiro	1
SLV04	DT estate	0.5
SLV05	G1+G2	1
SLV05	SLV-X	0.3
SLV05	SLV-Y	1
SLV05	SLV-Z	0.3
SLV05	Ritiro	1
SLV05	DT estate	0.5

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotatoria Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

V7 – Viadotto Baucina – Relazione sottostrutture

SLV06	G1+G2	1
SLV06	SLV-X	0.3
SLV06	SLV-Y	0.3
SLV06	SLV-Z	1
SLV06	Ritiro	1
SLV06	DT estate	0.5
SLV07	G1+G2	1
SLV07	SLV-X	1
SLV07	SLV-Y	0.3
SLV07	SLV-Z	0.3
SLV07	Ritiro	1
SLV07	DT inverno	0.5
SLV08	G1+G2	1
SLV08	SLV-X	0.3
SLV08	SLV-Y	1
SLV08	SLV-Z	0.3
SLV08	Ritiro	1
SLV08	DT inverno	0.5
SLV09	G1+G2	1
SLV09	SLV-X	0.3
SLV09	SLV-Y	0.3
SLV09	SLV-Z	1
SLV09	Ritiro	1
SLV09	DT inverno	0.5

SLEfr

Combo	Carico Elementare	Coeff.
SLE-FR1	G1+G2	1
SLE-FR1	Ritiro	1
SLE-FR1	DT estate	0
SLE-FR1	DT inverno	0
SLE-FR1	Veicoli	0.75
SLE-FR1	Vento	0
SLE-FR2	G1+G2	1
SLE-FR2	Ritiro	1
SLE-FR2	DT estate	0.6
SLE-FR2	DT inverno	0
SLE-FR2	Veicoli	0.75

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotatoria Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

V7 – Viadotto Baucina – Relazione sottostrutture

SLE-FR2	Vento	0
SLE-FR3	G1+G2	1
SLE-FR3	Ritiro	1
SLE-FR3	DT estate	0.6
SLE-FR3	DT inverno	0
SLE-FR3	Veicoli	0
SLE-FR3	Vento	0
SLE-FR4	G1+G2	1
SLE-FR4	Ritiro	1
SLE-FR4	DT estate	0
SLE-FR4	DT inverno	0
SLE-FR4	Veicoli	0
SLE-FR4	Vento	0.2
SLE-FR5	G1+G2	1
SLE-FR5	Ritiro	1
SLE-FR5	DT estate	0.6
SLE-FR5	DT inverno	0
SLE-FR5	Veicoli	0
SLE-FR5	Vento	0.2
SLE-FR6	G1+G2	1
SLE-FR6	Ritiro	1
SLE-FR6	DT estate	0
SLE-FR6	DT inverno	0.6
SLE-FR6	Veicoli	0.75
SLE-FR6	Vento	0
SLE-FR7	G1+G2	1
SLE-FR7	Ritiro	1
SLE-FR7	DT estate	0
SLE-FR7	DT inverno	0.6
SLE-FR7	Veicoli	0
SLE-FR7	Vento	0
SLE-FR8	G1+G2	1
SLE-FR8	Ritiro	1
SLE-FR8	DT estate	0
SLE-FR8	DT inverno	0.6
SLE-FR8	Veicoli	0
SLE-FR8	Vento	0.2

SLEqp

Combo	Carico Elementare	Coeff.
SLE-QP1	G1+G2	1
SLE-QP1	Ritiro	1
SLE-QP1	DT estate	0
SLE-QP1	DT inverno	0
SLE-QP1	Veicoli	0
SLE-QP1	Vento	0
SLE-QP2	G1+G2	1
SLE-QP2	Ritiro	1
SLE-QP2	DT estate	0.5
SLE-QP2	DT inverno	0
SLE-QP2	Veicoli	0
SLE-QP2	Vento	0
SLE-QP3	G1+G2	1
SLE-QP3	Ritiro	1
SLE-QP3	DT estate	0
SLE-QP3	DT inverno	0.5
SLE-QP3	Veicoli	0
SLE-QP3	Vento	0

10.3 DIAGRAMMI PRINCIPALI DELLE SOLLECITAZIONI

Nel seguito si riportano le figure estratte dal programma di calcolo SAP2000 che mostrano l'andamento delle sollecitazioni nei fusti pila dell'involuppo delle sollecitazioni delle combinazioni di carico allo Stato Limite Ultimo ("ENV-SLU") dell'involuppo delle sollecitazioni delle combinazioni di carico allo Stato Limite di Salvaguardia della vita ("ENV-SLV") che derivano dal modello globale esposto nel paragrafo 8.1.

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotatoria Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

V7 – Viadotto Baucina – Relazione sottostrutture

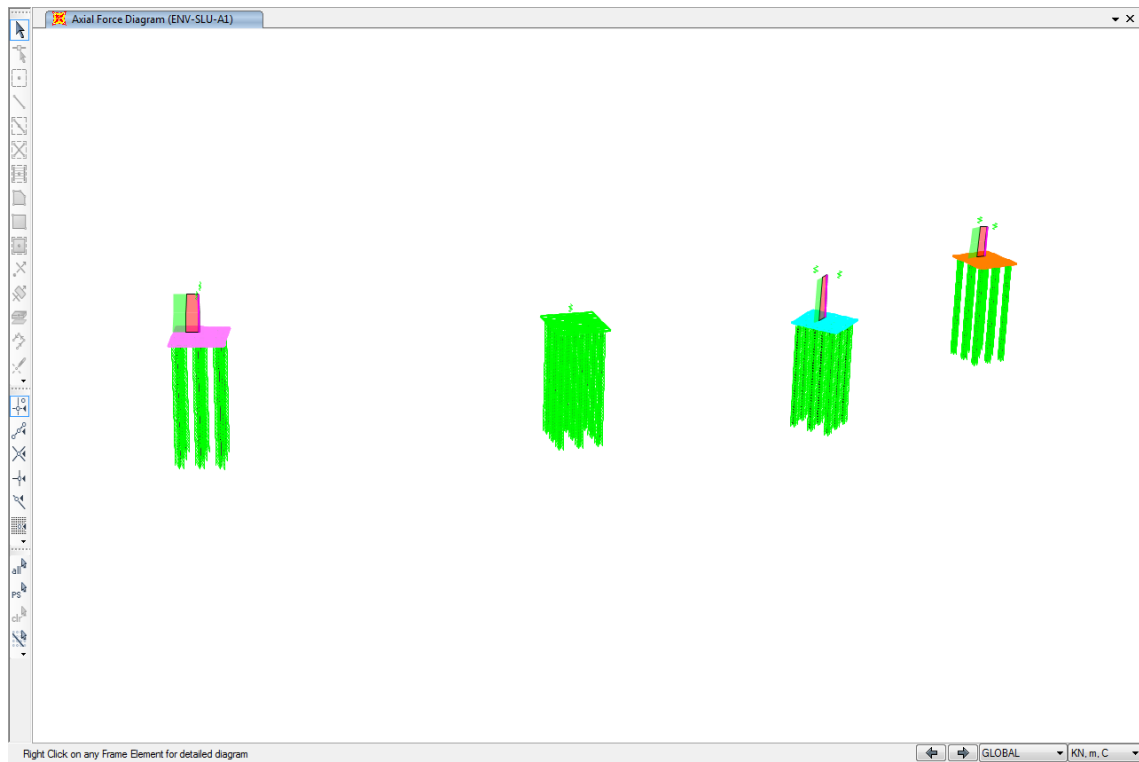


Figura 14: Sforzo normale P combinazione ENV-SLU

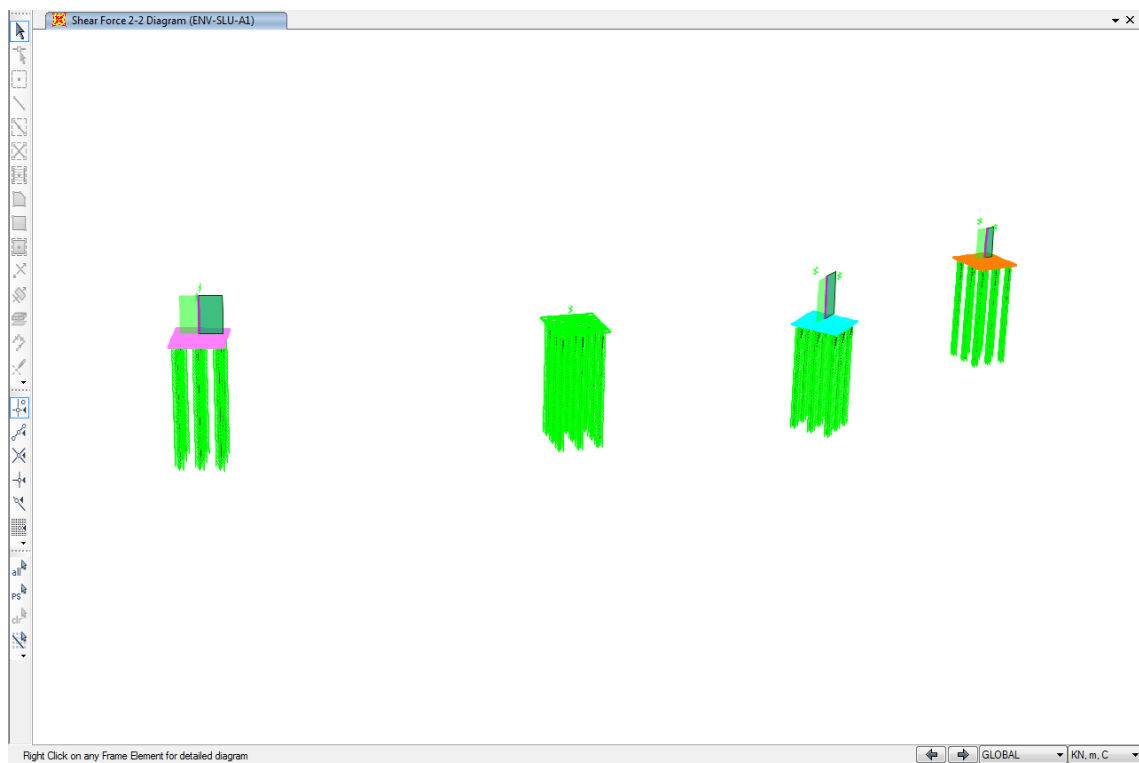


Figura 15: Taglio direzione longitudinale V2 combinazione ENV-SLU

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotatoria Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

V7 – Viadotto Baucina – Relazione sottostrutture

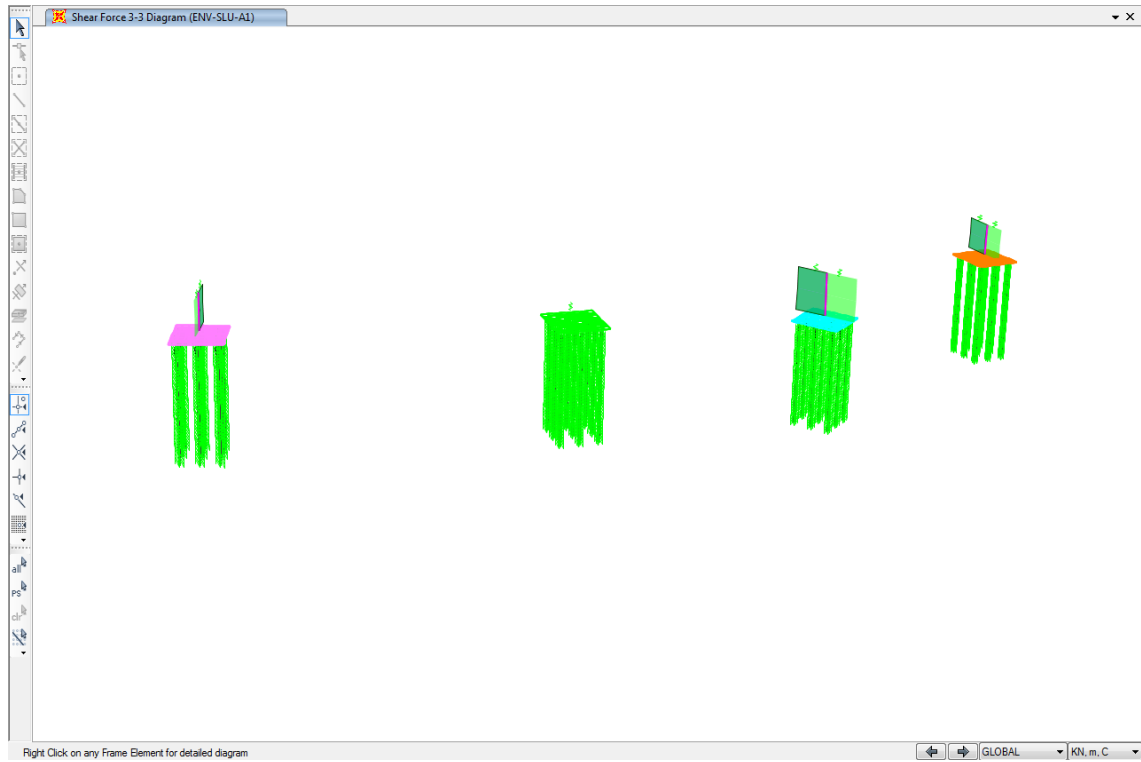


Figura 16: Taglio direzione trasversale V3 combinazione ENV-SLU

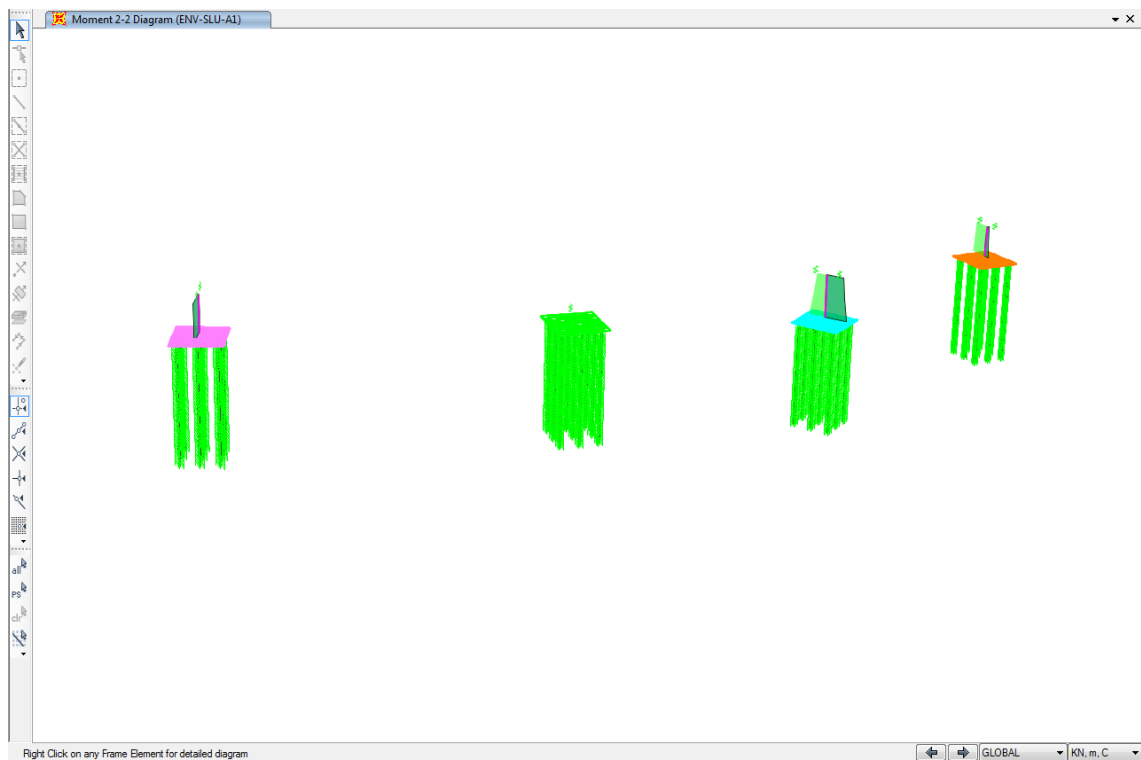


Figura 17: Momento direzione trasversale M2 combinazione ENV-SLU

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotatoria Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

V7 – Viadotto Baucina – Relazione sottostrutture

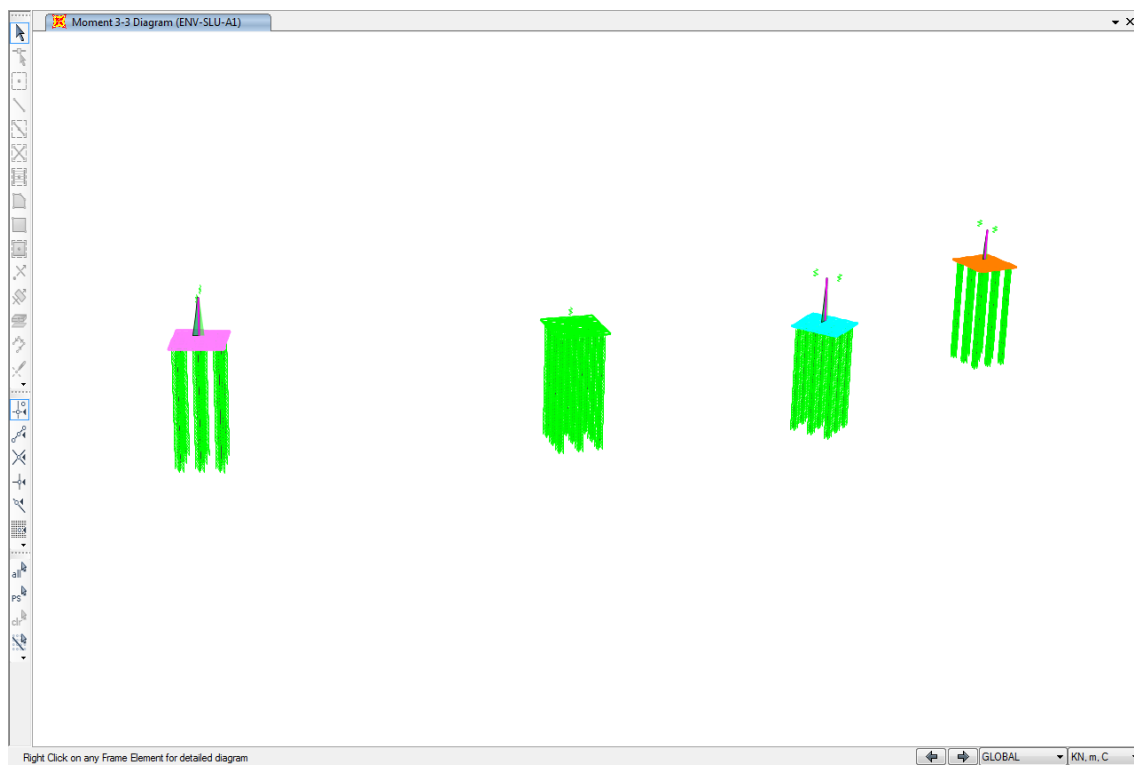


Figura 18: Momento direzione longitudinale M3 combinazione ENV-SLU

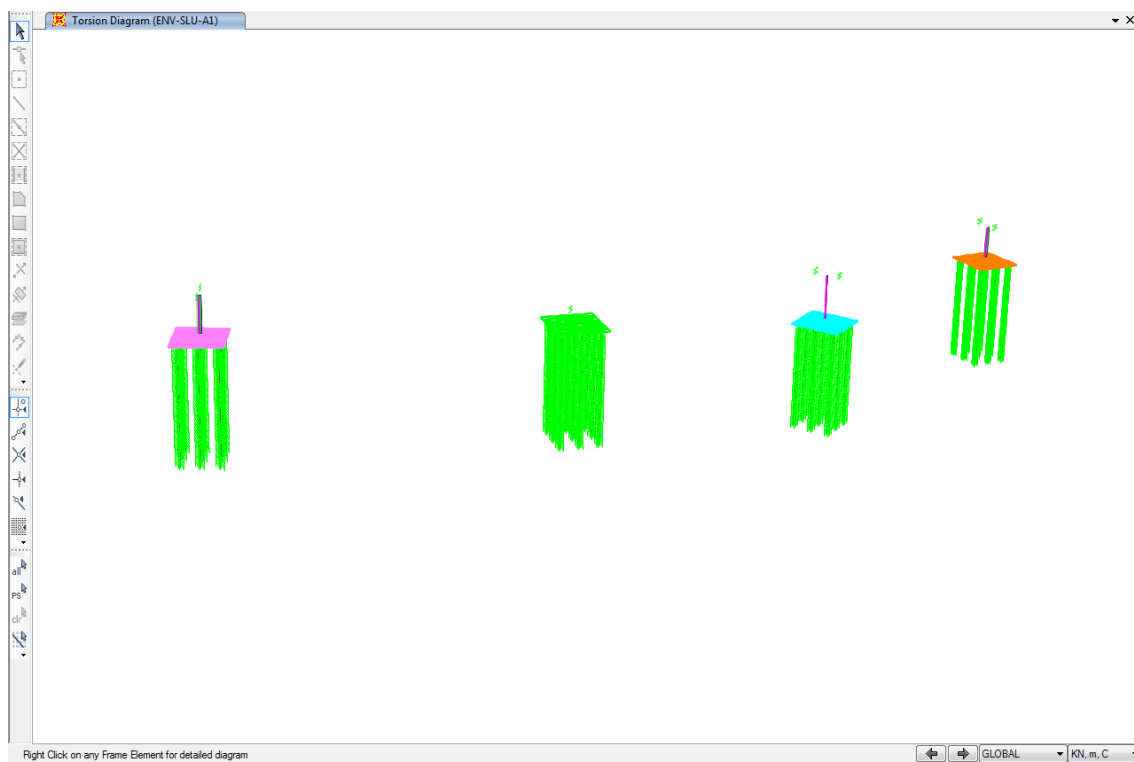


Figura 19: Torsione T combinazione ENV-SLU

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

V7 – Viadotto Baucina – Relazione sottostrutture

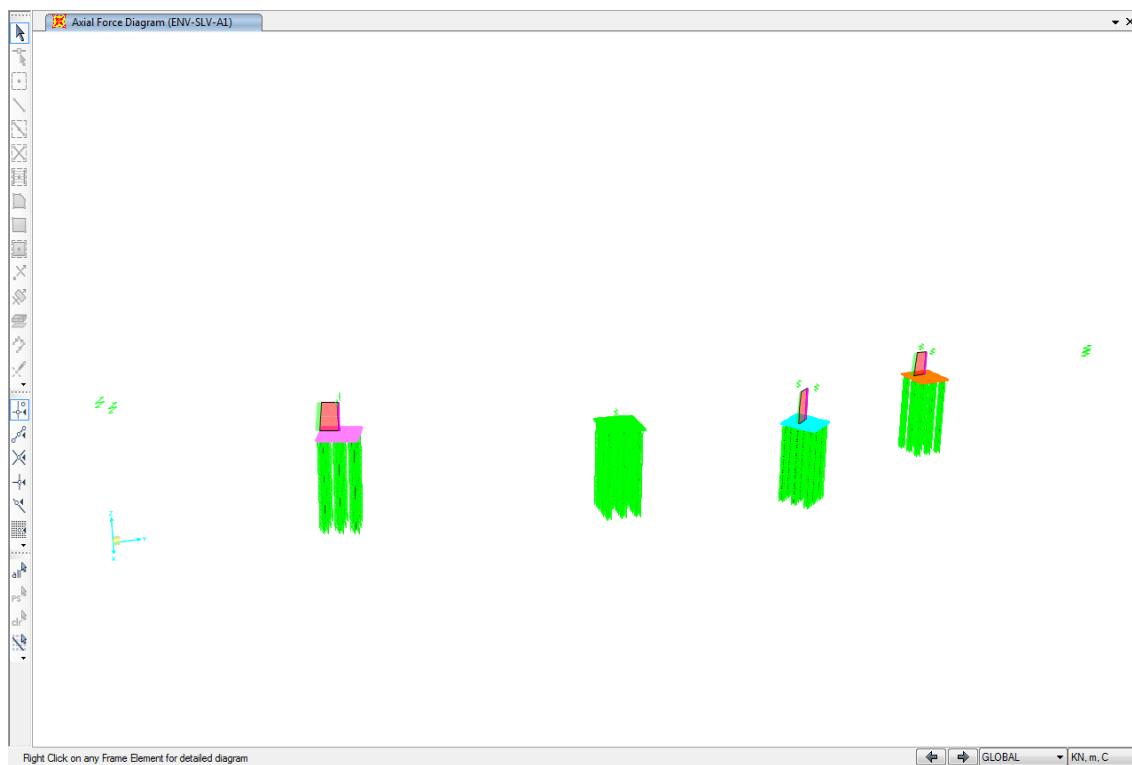


Figura 20: Sforzo normale P combinazione ENV-SLV

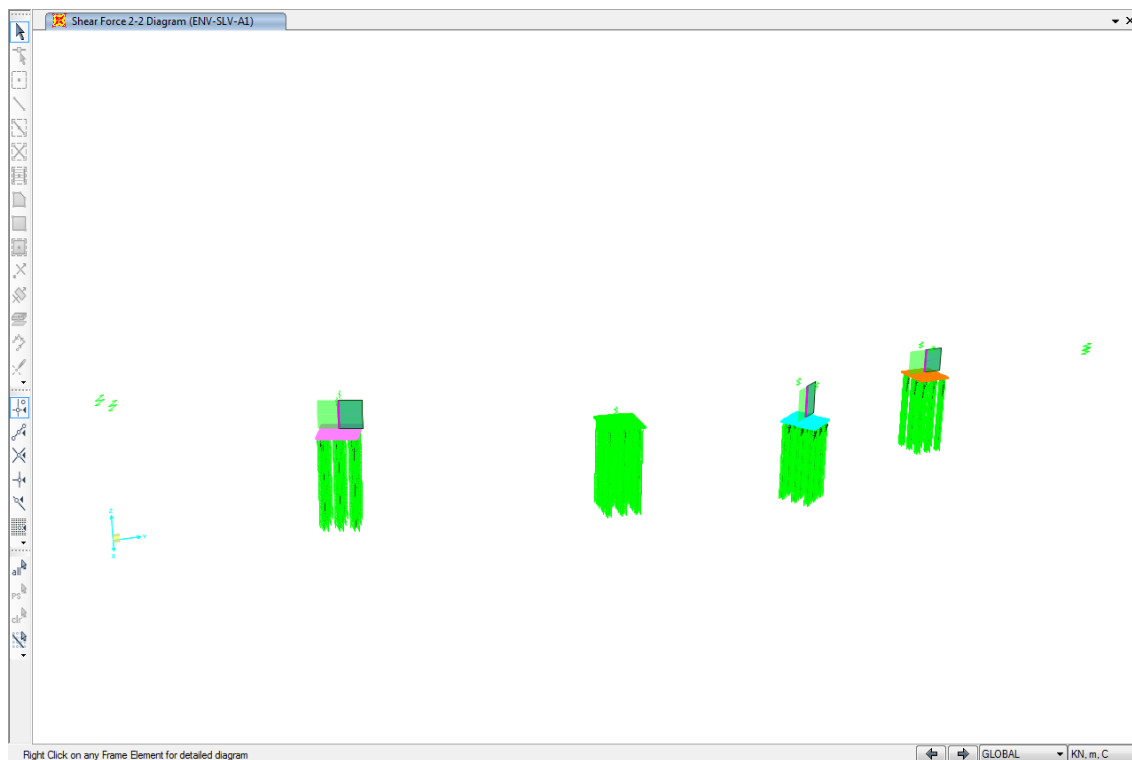


Figura 21: Taglio direzione longitudinale V2 combinazione ENV-SLV

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

V7 – Viadotto Baucina – Relazione sottostrutture

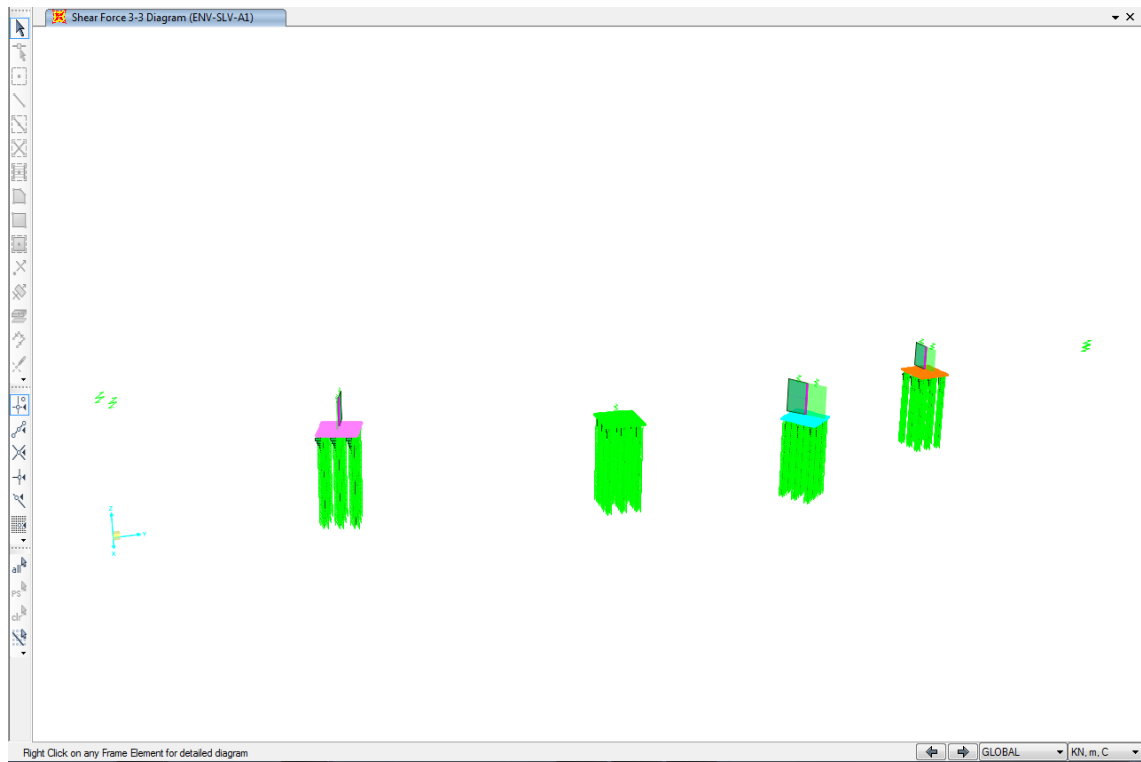


Figura 22: Taglio direzione trasversale V3 combinazione ENV-SLV

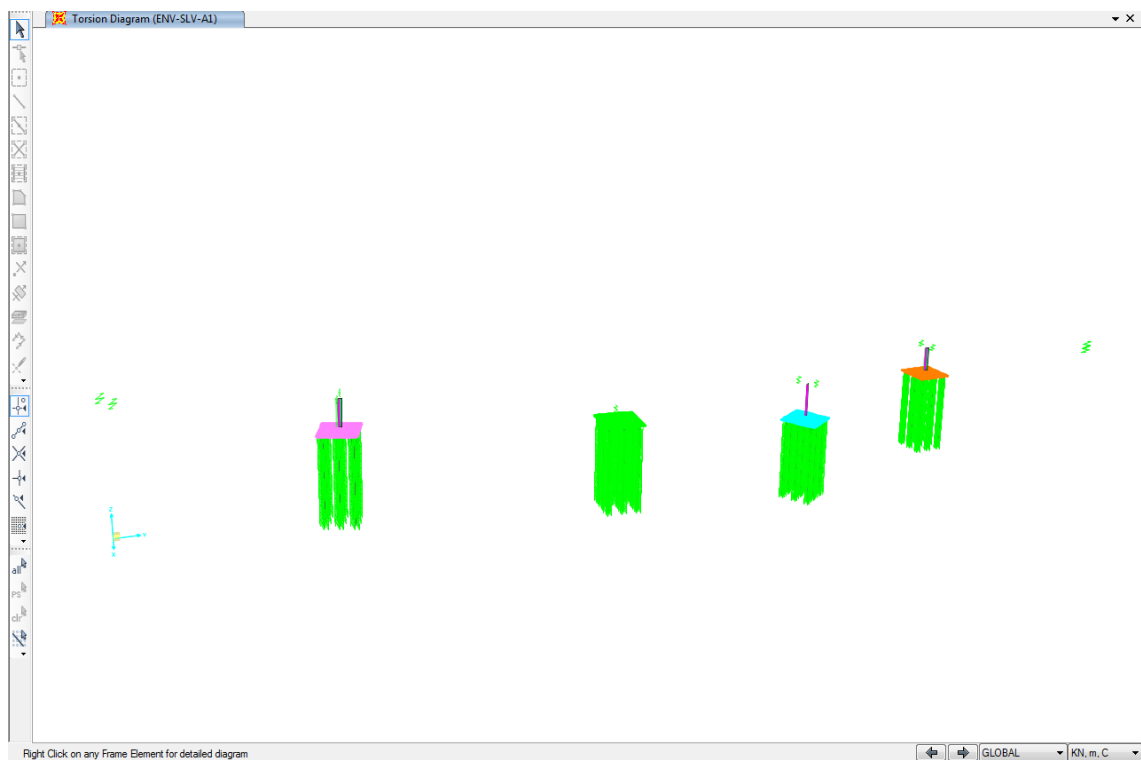


Figura 23: Momento direzione trasversale M2 combinazione ENV-SLV

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

V7 – Viadotto Baucina – Relazione sottostrutture

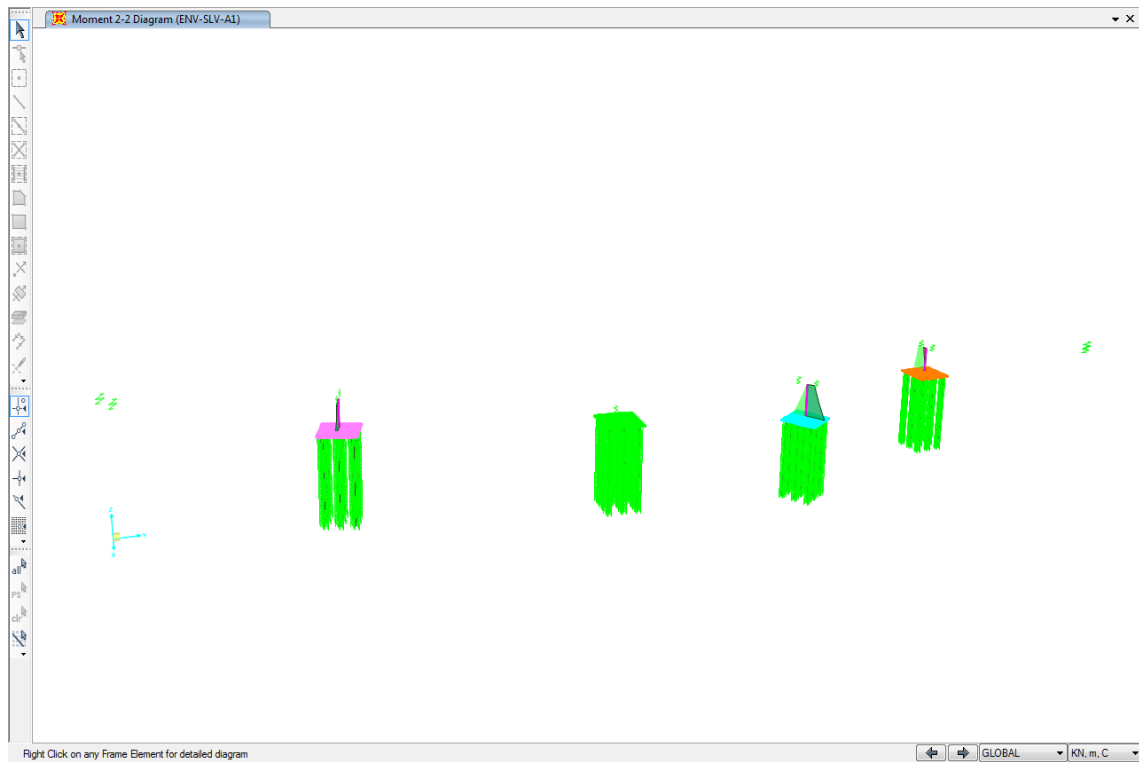


Figura 24: Momento direzione longitudinale M3 combinazione ENV-SLV

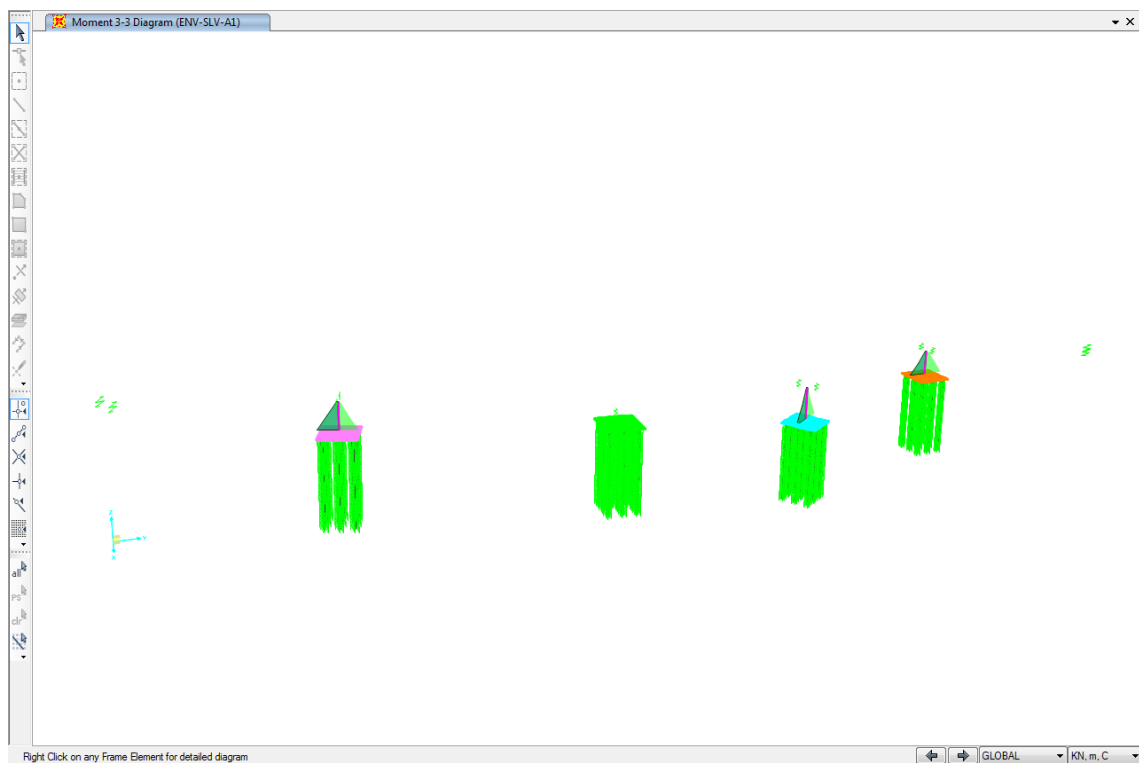


Figura 25: Torsione T combinazione ENV-SLV

10.4 VERIFICHE DI RESISTENZA IN CONDIZIONE ULTIMA SLU E SLV DEL FUSTO

Data la geometria del fusto delle pile è possibile evitare qualsiasi verifica di instabilità in quanto risultano elementi piuttosto tozzi e quindi non sensibili agli effetti di instabilità elastica e agli effetti del second'ordine.

Il fusto delle pile è stato dimensionato eseguendo le verifiche allo Stato Limite Ultimo in condizioni di presso-flessione deviata e di taglio in diverse sezioni lungo il fusto.

I criteri generali seguiti sono conformi a quanto previsto al punto 4.1.2 delle NTC2018 sia per quanto riguarda la presso-flessione sia per l'azione di taglio.

La capacità resistente delle sezioni in condizione statica è stata determinata in accordo a quanto riportato al punto 4.1.2.3 delle NTC2018. In condizione sismica, la capacità delle membrature è valutata in accordo con le regole di cui al punto 4.1 delle NTC2018, senza nessun requisito aggiuntivo, a condizione che in nessuna sezione si superi il momento resistente massimo in campo sostanzialmente elastico, come definito al punto 4.1.2.3.4.2. delle NTC2018.

Per la determinazione della resistenza a taglio del fusto della pila si sono assunte le formulazioni riportate ai punti 4.1.2.3.5.1 e 4.1.2.3.5.2 a seconda che la sezione in esame sia non dotata o dotata di apposita armatura a taglio; tali formulazioni si sono utilizzate per le due direzioni principali in modo separato (longitudinale e trasversale) e la verifica è stata poi eseguita utilizzando il criterio semplificato e cautelativo sotto riportato:

$$V_{Ed,2}/V_{Rd,2} + V_{Ed,3}/V_{Rd,3} \leq 1.$$

Poiché il viadotto è dotato di sistema di protezione sismica non è necessario rispettare i criteri di gerarchia delle resistenze riportati al punto 7.9.5 della normativa NTC2018 e nemmeno i riferimenti ai dettagli costruttivi riportati al punto 7.9.6. Il fusto pila sarà armato con 72 ϕ 20 esterni e 12 ϕ 24+6 ϕ 20 interni, come da Figura 26.

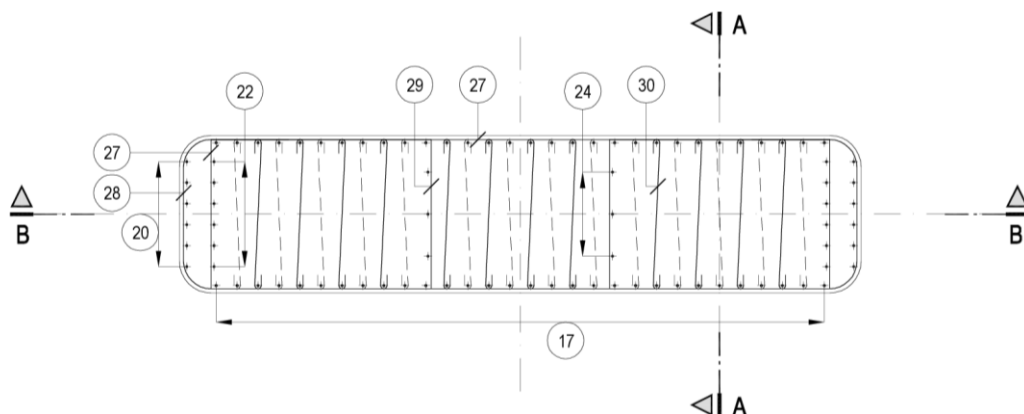


Figura 26: caratteristiche geometrico-inerziali della sezione dei fusti di pila

Nelle seguenti tabelle si riportano i valori massimi e minimi delle sei sollecitazioni agenti tra tutte le sezioni di tutte le pile indagate (P indica l'azione assiale ed è positiva se di trazione, M2 indica il momento flettente trasversale avente asse vettore tangente all'asse stradale del viadotto, M3 indica il momento flettente longitudinale avente asse vettore ortogonale all'asse stradale al viadotto, V2 e V3 le azioni di taglio in direzione longitudinale e trasversale e T il momento torcente).

CONDIZIONE STATICA SLU						
	P	V2	V3	T	M2	M3
	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
MIN	-7882.4	702.7	1055.4	83.6	22985.8	4984.6
MAX	-19610.8	-598.7	-1065.4	-74.9	-17349.6	-4644.8

Tabella 8: massime e minime sollecitazioni in fusto pile in condizione statica SLU

CONDIZIONE SISMICA SLV						
	P	V2	V3	T	M2	M3
	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
MIN	-7294.2	1171.3	1125.3	79.0	11353.1	7753.6
MAX	-11833.1	-1237.0	-1133.3	-71.6	-10497.0	-7814.2

Tabella 9: massime e minime sollecitazioni in fusto pile in condizione sismica SLV

In Figura 27 si riporta la verifica a presso-flessione deviata in via grafica in condizione statica SLU. Si precisa quanto segue:

- per le combinazioni di carico statiche SLU si è costruito il diagramma resistente M_2 - M_3 per il caso di $N_{Ed,min}$ e di $N_{Ed,max}$ tra tutte le combinazioni di carico in condizione statica e si sono plottate al loro interno le coppie di sollecitazioni $M_{Ed,2}$ - $M_{Ed,3}$ fornite dalla combinazione "ENV-SLU" (ottenuta dall'involuppo di tutte le combinazioni in condizione statica SLU).

La verifica risulta soddisfatta.

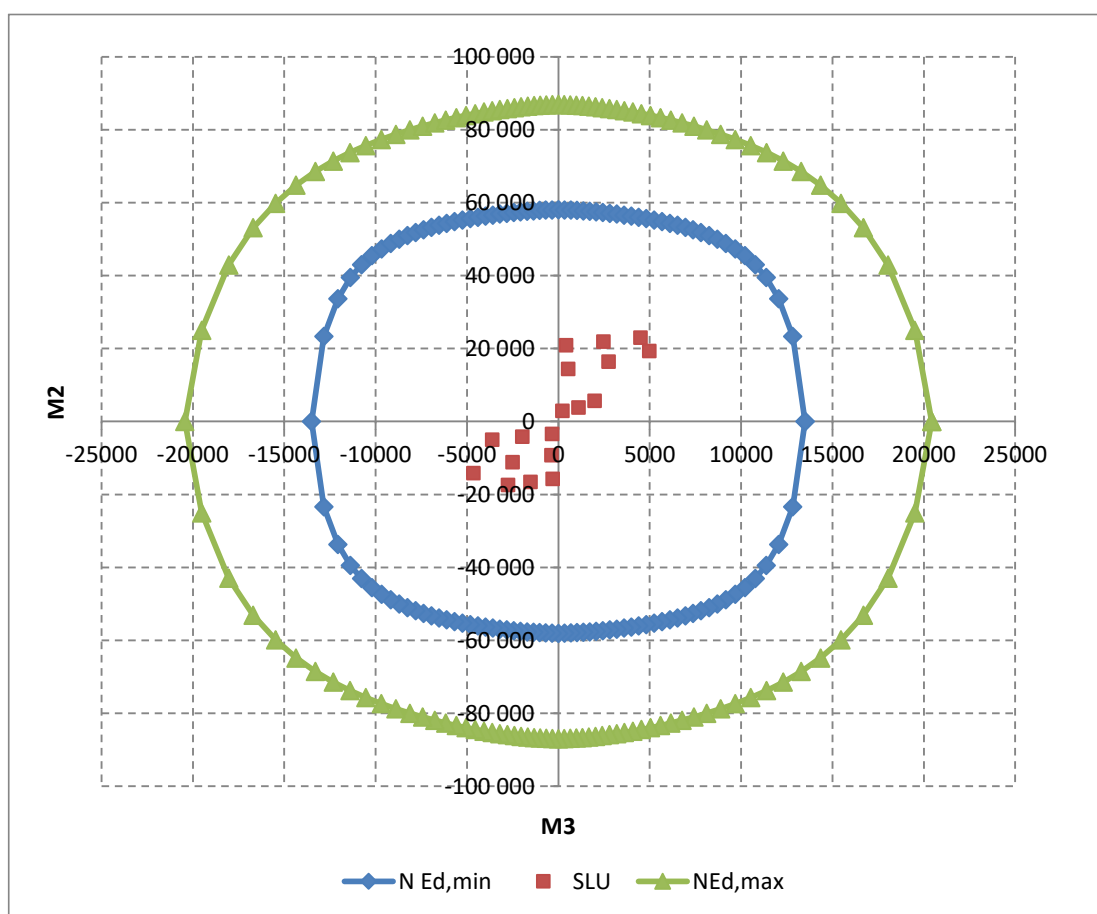


Figura 27: verifica a presso-flessione deviata in condizione statica SLU

In Figura 28 si riporta la verifica a presso-flessione deviata in via grafica in condizione sismica SLV. Si precisa quanto segue:

- per le combinazioni di carico sismiche SLV si è costruito il diagramma resistente M_2 - M_3 al limite sostanzialmente elastico per il caso di $N_{Ed,min}$ e di $N_{Ed,max}$ tra tutte le combinazioni di carico in condizione sismica e si sono plottate al loro interno le coppie di sollecitazioni $M_{Ed,2}$ -

$M_{Ed,3}$ fornite dalla combinazione "ENV-SLV" (ottenuta dall'involuppo di tutte le combinazioni in condizione sismica SLV).

- le 4 coppie di sollecitazioni $M_{Ed,2}$ - $M_{Ed,3}$, fornite dalla combinazione "ENV-SLV" ed evidenziate con pallini di colore rosso, risultano avere uno sforzo normale di compressione minimo $N_{Ed, \min} = -9443$ kN, il cui dominio di resistenza al limite sostanzialmente elastico è rappresentato con una linea arancione.

La verifica risulta pertanto soddisfatta.

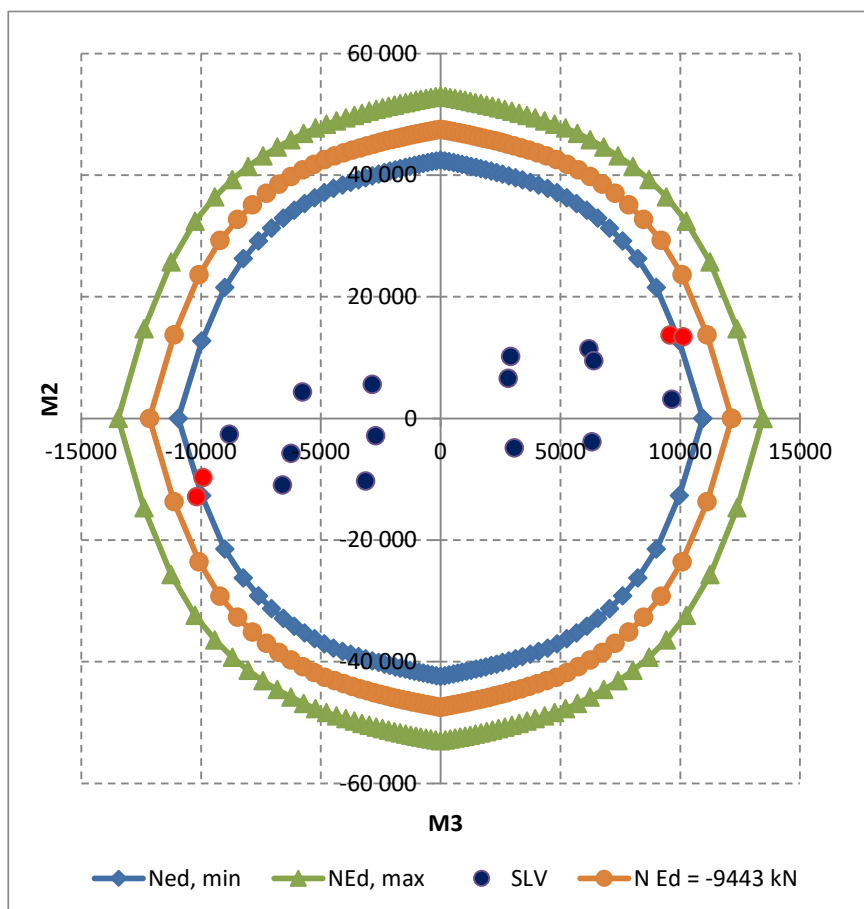


Figura 28: verifica a presso-flessione deviata in condizione sismica SLV

Per quanto riguarda la verifica alle azioni taglianti, secondo le indicazioni riportate al punto 4.1.2.3.5.1 delle NTC2018, ipotizzando la sezione di indagine sprovvista di apposita armatura a taglio e assumendo l'altezza utile della sezione secondo il criterio riportato al punto 7.9.5.2.2 delle NTC2018 si avrebbe quanto segue (si ipotizza che circa il 50% dell'armatura longitudinale sia tesa e cautelativamente si suppone l'azione assiale nulla).

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

V7 – Viadotto Baucina – Relazione sottostrutture

Tabella 10: Resistenza al taglio in direzione longitudinale $V_{2,Rd}$ del fusto pila in assenza di armatura apposita

Dati		
b (mm)	6500.0	larghezza dell'anima resistente a taglio
h (mm)	1500.0	altezza della sezione
d (mm)	1438.0	altezza utile
f_{ck} (MPa)	32.0	resistenza caratt. a compressione del calcestruzzo
f_{yd} (MPa)	391.0	resistenza di progetto dell'acciaio
f_{cd} (MPa)	18.13	resistenza di progetto del calcestruzzo
f'_{cd} (MPa)	9.07	resistenza a compressione ridotta del cls d'anima
A_{sl} (mmq)	9420.0	armatura longitudinale
k	1.37	fattore di ingranamento
v_{min}	0.32	tensione resistente minima
ρ_l	0.0010	rapporto geom. di armatura longit.
N_{Ed} (N)	0.0	sforzo di compressione di progetto nella sezione
σ_{cp} (MPa)	0.00	tensione media di compressione nella sezione
α_c	1.00	coefficiente maggiorativo
Resist. a taglio dell'elemento non armato e armatura minima		
V_{Rd} (KN)	2977	resist. a taglio del pilastro in assenza di apposita armatura

Tabella 11: Resistenza al taglio in direzione trasversale $V_{3,Rd}$ del fusto pila in assenza di armatura apposta

Dati		
b (mm)	1500.0	larghezza dell'anima resistente a taglio
h (mm)	6500.0	altezza della sezione
d (mm)	6200.0	altezza utile
f_{ck} (MPa)	32.0	resistenza caratt. a compressione del calcestruzzo
f_{yd} (MPa)	391.0	resistenza di progetto dell'acciaio
f_{cd} (MPa)	18.13	resistenza di progetto del calcestruzzo
f'_{cd} (MPa)	9.07	resistenza a compressione ridotta del cls d'anima
A_{sl} (mmq)	4596.0	armatura longitudinale
k	1.18	fattore di ingranamento
v_{min}	0.25	tensione resistente minima
ρ_l	0.0005	rapporto geom. di armatura longit.
N_{Ed} (N)	0.0	sforzo di compressione di progetto nella sezione
σ_{cp} (MPa)	0.00	tensione media di compressione nella sezione
α_c	1.00	coefficiente maggiorativo
Resist. a taglio dell'elemento non armato e armatura minima		
V_{Rd} (KN)	2359	resist. a taglio del pilastro in assenza di apposta armatura

Considerando cautelativamente il criterio lineare sopra esposto, il caso maggiormente vincolante per la condizione statica e sismica è riportato in Tabella 12.

Tabella 12: resistenza al taglio del fusto pila

VERIFICA A TAGLIO	
CONDIZIONE STATICA	CONDIZIONE SISMICA
$V_{Ed,2}/V_{Rd,2} + V_{Ed,3}/V_{Rd,3}$	$V_{Ed,2}/V_{Rd,2} + V_{Ed,3}/V_{Rd,3}$
0.66	0.82

La verifica alle azioni di taglio risulta soddisfatta anche in assenza di apposta armatura trasversale; si prevede in ogni caso un'armatura trasversale costituita da ferri di diametro pari a 16 mm con interasse di 200 mm che risulta superiore a quella minima richiesta dalla normativa NTC2018 per i pilastri in c.a. in condizione statica. L'armatura adottata rispetta i limiti geometrici prescritti dalla

normativa come specificato di seguito. I limiti adottati corrispondono a quelli prescritti dalla norma per pilastri in c.a. e per le costruzioni in zona sismica al di fuori delle zone critiche.

Armatura Pile - Limiti Geometrici			
Caratteristiche geometriche armatura			
b	600	cm	
h	150	cm	
Ned	19613.99	kN	
Armatura longitudinale			
Ac	90000	cmq	
As	286.6	cmq	
ϕ_{max}	24	mm	
ϕ_{min}	20	mm	
interasse	20	cm	
Armatura trasversale			
Ac	15000	cmq	Riferita ad un'altezza di 1 m
ϕ	16	mm	
interasse	20	cm	
As	20.1	cmq	Riferita ad un'altezza di 1 m
Legature			
	40x40	cm	sfalsate
	9.0	1/mq	

Prescrizioni per armatura longitudinale			
<i>NTC2008 4.1.6.1.2</i>			
As, min1	50	cmq	
As, min2	270	cmq	
As, min	270	cmq	OK
As, max	3600	cmq	OK
φmin	12	mm	OK
int, max	30	cm	OK
<i>NTC2008 7.4.6.2.4</i>			
φmax	150	mm	OK
int, max	30	cm	OK
As, min	180	cmq	OK
Prescrizioni per armatura trasversale			
<i>NTC2008 4.1.6.1.2</i>			
int, max1	24	cm	
int, max2	25	cm	
int, max	24	cm	OK
φmin	6	mm	OK
<i>NTC2008 7.4.6.2.4</i>			
φmax	150	mm	OK
int, max	30	cm	OK

10.5 VERIFICHE A FESSURAZIONE DEL FUSTO

La verifica a fessurazione è stata eseguita limitando la tensione massima di trazione nelle barre di armatura nel fusto pile in funzione al loro diametro e all'ampiezza massima delle fessure accettabile. Al riguardo si fa riferimento alla condizione ambientale "aggressiva" e ad armatura poco sensibili, ottenendo i seguenti valori limite di apertura delle fessure (si veda anche il punto 6.3):

 Combinazione frequente: $w_2 = 0.3 \text{ mm}$

Combinazione quasi permanente: $w_1 = 0.2 \text{ mm}$.

Si riportano le sollecitazioni massime e minime tra tutte le sezioni di tutte le pile indagate

Tabella 13: massime sollecitazioni in fusto pile in condizione statica SLE "frequente"

	P	V2	V3	T	M2	M3
	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
MIN	-8190.7	256.5	202.7	22.7	12621.4	899.1
MAX	-13574.7	-207.7	-162.6	-14.9	-10557.3	-1352.7

A favore di sicurezza si riporta il calcolo della massima tensione di trazione nel conglomerato cementizio in ipotesi di sezioni interamente reagente considerando i massimi valori (in valore assoluto) dei momenti flettenti e il minimo valore di compressione per le combinazioni "frequenti" dei carichi.

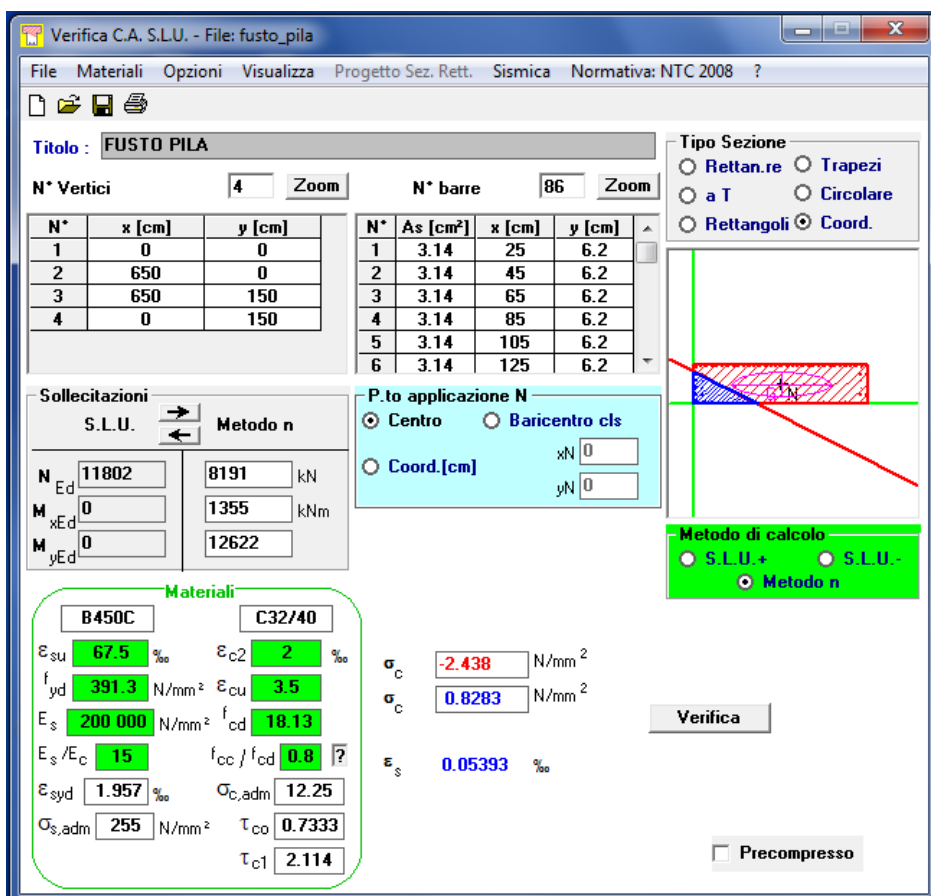


Figura 29: massima tensione di trazione nel conglomerato del fusto pile in condizione SLE

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotatoria Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

V7 – Viadotto Baucina – Relazione sottostrutture

Poiché la massima tensione di trazione nel conglomerato risulta essere inferiore alla tensione di progetto per lo stato limite di formazione delle fessure, si ha che le verifiche a fessurazione risultano automaticamente soddisfatte anche per le combinazioni quasi permanenti che risultano meno gravose:

$$\sigma_{t,max} = 0.83 < \sigma_t = f_{ctm}/1.2 = 2.51 \text{ MPa.}$$

11 PLINTI DI FONDAZIONE

Per l’analisi dei plinti di fondazione si è utilizzato un modello integrativo agli elementi finiti.

11.1.1 Descrizione del modello di calcolo

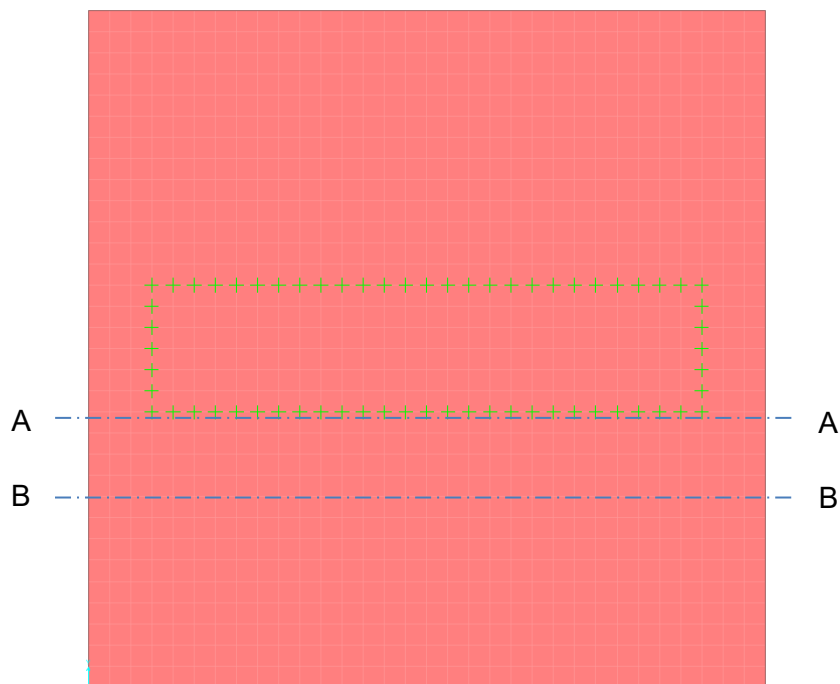


Figura 30: Modello FEM plinto di fondazione

Il plinto è stato modellato con elementi “Shell” di spessore 1,5 m. Il plinto è stato incastrato in corrispondenza del perimetro del fusto pila e in corrispondenza dei pali sono stati applicati le sollecitazioni di sforzo normale derivanti dal modello globale nelle combinazioni di carico più gravose. In particolare, sono state considerate agli stati limite ultimi le seguenti combinazioni di carico definite al punto 10.2: SLU04, SLU27, SLV05. Inoltre, è stato considerato l’involuppo allo stato limite di esercizio in condizione frequente e quasi permanente.

11.1.2 Verifica a flessione

Le sollecitazioni flessionali massime lette con riferimento all’involuppo delle combinazioni statiche (SLU04, SLU27) e di quelle sismiche (SLV05) considerate vengono riassunte nella tabella seguente e confrontate con i relativi momenti resistenti ultimi. In particolare, le sollecitazioni dovute alle

combinazioni sismiche vengono confrontate con i momenti resistenti massimi della sezione in campo sostanzialmente elastico, così come previsto ai punti 7.4.1. e 7.9.2 delle NTC18.

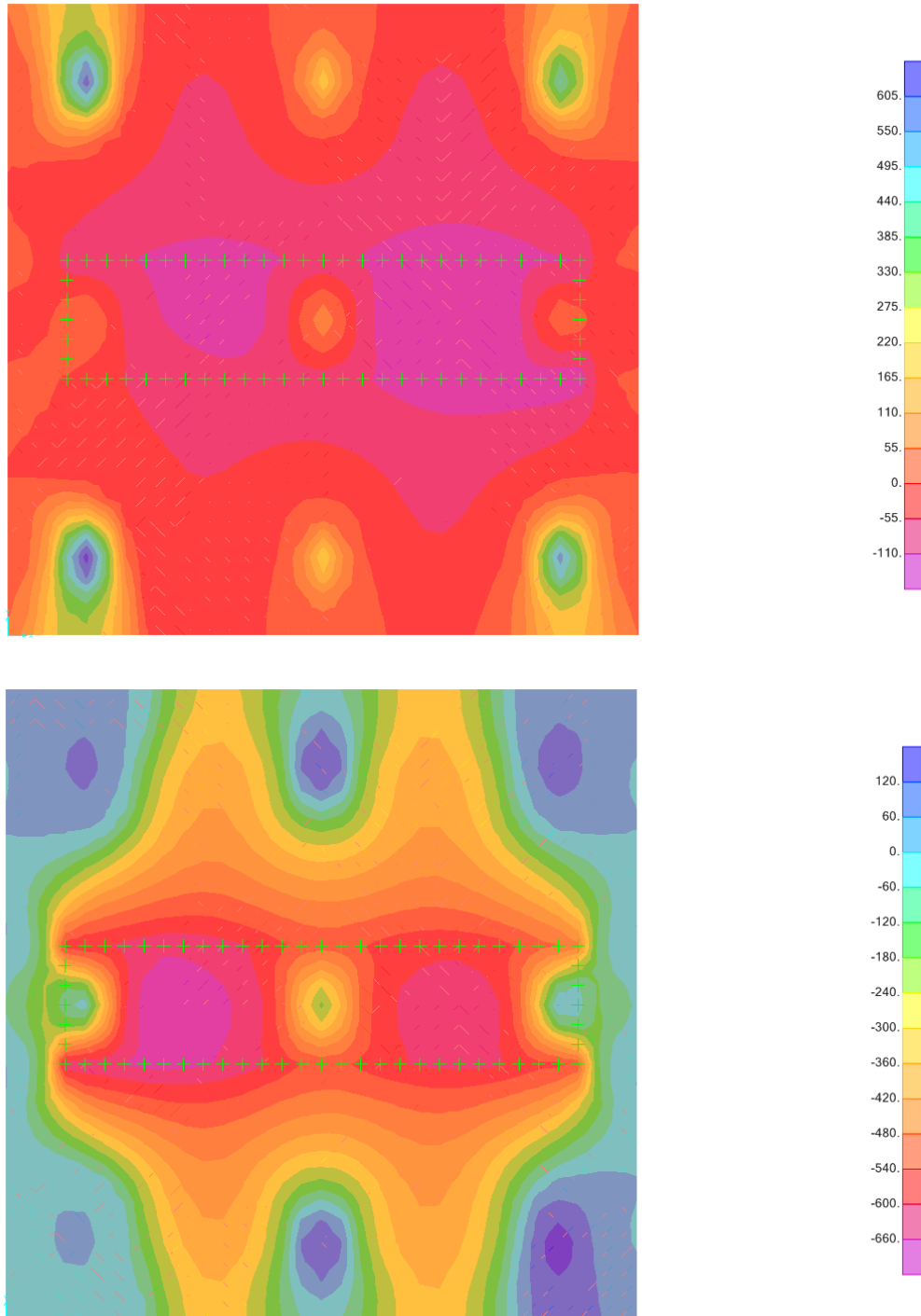


Figura 31: M11 e Involuppo Max e Min – [kNm/m]

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotatoria Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

V7 – Viadotto Baucina – Relazione sottostrutture

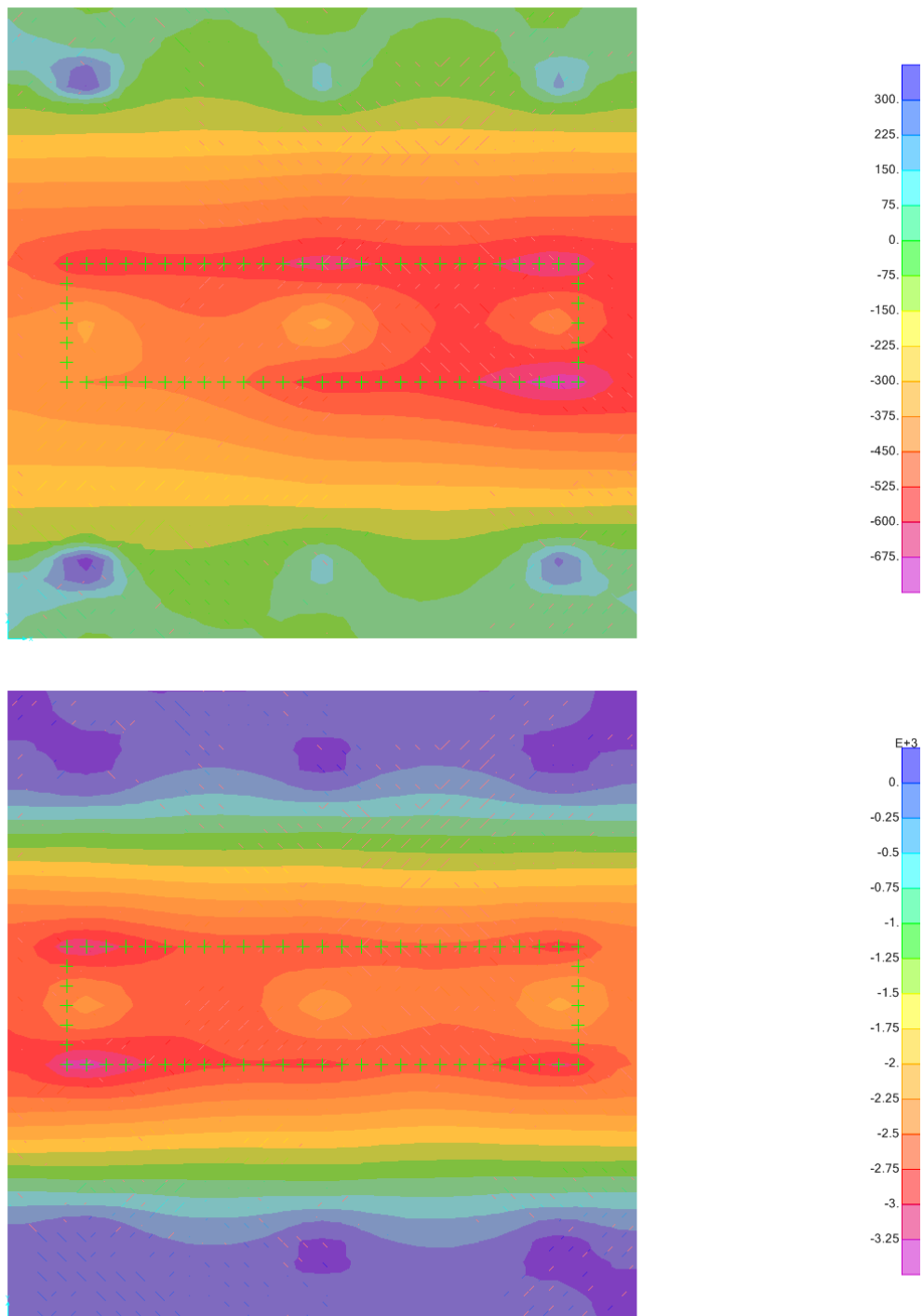


Figura 32: M22 e Involuppo Max e Min – [kNm/m]

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

V7 – Viadotto Baucina – Relazione sottostrutture

	M11+ [kNm]	M11- [kNm]	M11Rd+ [kNm]	M11Rd- [kNm]	As,inf	As,sup
H=1.5 m	650	-720	879	-879	Φ20/20	Φ20/20

Tabella 14: Azioni di progetto SLU e azioni resistenti nel piano XZ.

	M22+ [kNm]	M22- [kNm]	M22Rd+ [kNm]	M22Rd- [kNm]	As,inf	As,sup
H=1.5 m	360	-3457	958	-3474	Φ20/10+ Φ24/40+ Φ24/20	Φ20/20

Tabella 15: Sezione AA - Azioni di progetto SLU e azioni resistenti nel piano YZ.

	M22+ [kNm]	M22- [kNm]	M22Rd+ [kNm]	M22Rd- [kNm]	As,inf	As,sup
H=1.5 m	360	-1630	894	-2339	Φ20/10+ Φ24/40	Φ20/20

Tabella 16: Sezione BB - Azioni di progetto SLU e azioni resistenti nel piano YZ.

	M11+ [kNm]	M11- [kNm]	M11Rd+ [kNm]	M11Rd- [kNm]	As,inf	As,sup
H=1.5 m	162	-160	822	-822	Φ20/20	Φ20/20

Tabella 17: Azioni di progetto SLV e azioni resistenti in campo sostanzialmente elastico nel piano XZ.

	M22+ [kNm]	M22- [kNm]	M22Rd+ [kNm]	M22Rd- [kNm]	As,inf	As,sup
H=1.5 m	106	-735	851	-3188	Φ20/10+ Φ24/40+ Φ24/20	Φ20/20

Tabella 18: Sezione AA - Azioni di progetto SLV e azioni resistenti in campo sostanzialmente elastico nel piano YZ.

	M22+ [kNm]	M22- [kNm]	M22Rd+ [kNm]	M22Rd- [kNm]	As,inf	As,sup
H=1.5 m	106	-345	851	-2184	Φ20/10+ Φ24/40	Φ20/20

Tabella 19: Sezione BB - Azioni di progetto SLV e azioni resistenti in campo sostanzialmente elastico nel piano YZ.

11.1.3 Verifica a taglio

Le sollecitazioni taglianti massime lette con riferimento all'involuppo delle combinazioni statiche e sismiche considerate risultano pari a 10400 kN. Essendo tale valore superiore alla resistenza dell'elemento non armato a taglio, si dispone 1 ϕ 20/40 piegato a serpentina. Le verifiche sono riportate in Tabella 20.

Dati		
b (mm)	8000.0	larghezza dell'anima resistente a taglio
h (mm)	1500.0	altezza della sezione
d (mm)	1400.0	altezza utile
f _{ck} (MPa)	30.0	resistenza caratt. a compressione del calcestruzzo
f _{yd} (MPa)	391.0	resistenza di progetto dell'acciaio
f _{cd} (MPa)	17.00	resistenza di progetto del calcestruzzo
f' _{cd} (MPa)	8.50	resistenza a compressione ridotta del cls d'anima
A _{sl} (mmq)	43200.0	armatura longitudinale
k	1.38	fattore di ingranamento
v _{min}	0.31	tensione resistente minima
ρ_l	0.0039	rapporto geom. di armatura longit.
N _{Ed} (N)	0.0	sforzo di compressione di progetto nella sezione
σ_{cp} (MPa)	0.00	tensione media di compressione nella sezione
α_c	1.00	coefficiente maggiorativo
Resist. a taglio dell'elemento non armato e armatura minima		
V _{Rd} (kN)	4188.9	resist. a taglio in assenza di apposita armatura

Resist. a taglio della trave armata a taglio	
A _{st} (mmq)	3768.0
s (mm)	440.0
ctg $\theta_{calcolato}$	4.394
ctg θ	2.50
Rottura	duttile lato acc
V _{Rd3} (kN)	10547.4
V _{Rd2} (kN)	29544.8
V_{Rd} (kN)	10547.4

Tabella 20: Verifica a taglio

11.1.4 Verifica a punzonamento

Di seguito sono riportate le verifiche a punzonamento condotte secondo le indicazioni di cui alle UNI EN 1992-1-1 considerando le massime sollecitazioni allo SLU ed SLV, con riferimento al palo d'angolo più caricato ed alla pila. In particolare:

- punzonamento del palo d'angolo
la verifica è stata eseguita utilizzando un valore del taglio (V_{Ed}) corrispondente alla massima reazione verticale del palo d'angolo maggiormente sollecitato. Tale valore è stato scontato del peso del plinto compresi all'interno del perimetro di verifica.
- punzonamento della pila
la verifica è stata eseguita utilizzando un valore del taglio (V_{Ed}) corrispondente al solo contributo dello scarico derivante dalla sovrastruttura (alla base della pila); ed è stato scontato del corrispondente contributo dei pali compresi all'interno del perimetro di verifica (determinato, per coerenza, senza considerare il peso proprio del plinto).

L'armatura a punzonamento, dove necessaria, è stata conteggiata in termini di quantità di ganci presenti all'interno del perimetro di verifica.

La definizione dei perimetri critici di verifica è condotta come illustrato nel seguito:

- punzonamento palo d'angolo:
 - perimetro u_0 che definisce la minima superficie di rottura tangente al perimetro del palo;
 - perimetro u che definisce la superficie di rottura generalmente passante a metà dell'interasse tra i pali. Qualora tale distanza risulti superiore alla distanza tra bordo palo e bordo pila il perimetro di verifica è assunto tangente al bordo della pila.
- punzonamento pila:
 - perimetro u_0 che definisce la minima superficie di rottura tangente al perimetro esterno della sezione cava ellittica della pila;
 - perimetro u che definisce la superficie di rottura più gravosa generalmente tangente ai pali esterni all'ingombro in pianta della pila.

In Tabella 21 e Tabella 22 sono illustrate le verifiche a punzonamento per palo d'angolo e pila, rispettivamente.

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

V7 – Viadotto Baucina – Relazione sottostruttura

Tabella 21: Verifica a punzonamento del palo d'angolo

Materiali		
Resistenza caratteristica calcestruzzo	f_{ck}	30 MPa
Resistenza di progetto calcestruzzo	f_{cd}	17.00 MPa
Resistenza caratteristica acciaio	f_{yk}	450 MPa
Resistenza di progetto acciaio	f_{ywd}	391 MPa

Geometria		
Ascissa interasse palo angolo dal bordo plinto	y	1 m
Ordinata interasse palo angolo dal bordo plinto	z	1 m
Interasse pali direzione y	Δy	3 m
Interasse pali direzione z	Δz	3 m
Altezza plinto	h	1.5 m
Diametro palo	D	1 m
Distanza dal bordo del palo del perimetro di verifica	a	1 m

Armatura		
Larghezza della sezione	b	1 m
Area dell'armatura tesa disposta in direzione y	$A_{s,y}$	15.7 cmq
Area dell'armatura tesa disposta in direzione z	$A_{s,z}$	15.7 cmq
Altezza utile armature direzione y	d_y	1.45 m
Altezza utile armature direzione z	d_z	1.43 m
Altezza utile media del plinto	d_{eff}	1.44 m
Rapporto geometrico d'armatura in direzione x	$\rho_{ly} = A_{s,y}/bd_y$	0.00108
Rapporto geometrico d'armatura in direzione y	$\rho_{lz} = A_{s,z}/bd_z$	0.00110
Rapporto ideale	$\rho_i = (\rho_{lx} \rho_{ly})^{0.5}$	0.00109

Sollecitazioni		
Forza di taglio agente sul plinto	V_{Ed}	3960 kN

Verifica a punzonamento		
Perimetro di verifica sulla faccia del palo	u_0	2.79 m
Perimetro di verifica di base	u_1	7.31 m
Perimetro di verifica	u	4.36 m
	k	1.37
VERIFICA LUNGO IL PERIMETRO u_0		
Forza netta all'interno del perimetro di verifica considerato	ΔV_{Ed}	0 kN
Forza netta applicata	$V_{Ed,red} = V_{Ed} - \Delta V_{Ed}$	3960 kN
Coefficiente che tiene conto dell'eccentricità del carico	β	1.5
	$v_{Ed} = \beta V_{Ed,red} / (u_0 d_{eff})$	1.481 MPa
Resistenza massima a punzonamento	$v_{Rd,max}$	3.40 MPa
	$IS = v_{Ed} / v_{Rd,max}$	0.44 verificato
VERIFICA LUNGO IL PERIMETRO u		
Forza netta all'interno del perimetro di verifica considerato	ΔV_{Ed}	292 kN
Forza netta applicata	$V_{Ed,red} = V_{Ed} - \Delta V_{Ed}$	3668 kN
Coefficiente che tiene conto dell'eccentricità del carico	β	1.5
	$v_{Ed} = \beta V_{Ed,red} / (u * d_{eff})$	0.877 MPa
Resistenza di progetto a punzonamento (con effetto scala)	$v_{Rd,c}$	0.89 MPa
	$IS = v_{Ed} / v_{Rd,c}$	0.99 verificato

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotatoria Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

V7 – Viadotto Baucina – Relazione sottostrutture

Tabella 22: Verifica a punzonamento della pila

Materiali		
Resistenza caratteristica calcestruzzo	f_{ck}	30 MPa
Resistenza di progetto calcestruzzo	f_{cd}	17.00 MPa
Resistenza caratteristica acciaio	f_{ywk}	450 MPa
Resistenza di progetto acciaio	f_{ywd}	391 MPa
Geometria		
Altezza plinto	h	1.5 m
Semiassse pila in direzione y	a_y	0.75 m
Semiassse pila in direzione z	a_z	3.25 m
Distanza dal bordo della pila del perimetro di verifica u	a	1.75 m
Armatura		
Larghezza della sezione	b	1 m
Area dell'armatura tesa disposta in direzione y	$A_{s,y}$	15.71 cm ²
Area dell'armatura tesa disposta in direzione z	$A_{s,z}$	65.35 cm ²
Altezza utile armature direzione y	d_y	1.43 m
Altezza utile armature direzione z	d_z	1.4 m
Altezza utile media del plinto	d_{eff}	1.42 m
Rapporto geometrico d'armatura in direzione x	$\rho_{ly}=A_{s,y}/bd_y$	0.00110
Rapporto geometrico d'armatura in direzione y	$\rho_{lz}=A_{s,z}/bd_z$	0.00467
Rapporto ideale	$\rho_l=(\rho_{lx} \rho_{ly})^{0.5}$	0.00226
Sollecitazioni		
Momento attorno all'asse y	$M_{Ed,y}$	22986 kNm
Momento attorno all'asse z	$M_{Ed,z}$	4985 kNm
Forza di taglio agente sul plinto	V_{Ed}	19610 kN
Verifica a punzonamento		
Perimetro di verifica sulla faccia del palo	u_0	16.00 m
Perimetro di verifica di base	u_1	16.00 m
Perimetro di verifica	u	16.00 m
	k	1.38
VERIFICA LUNGO IL PERIMETRO u_0		
Forza netta all'interno del perimetro di verifica considerato	ΔV_{Ed}	6537 kN
Forza netta applicata	$V_{Ed,red} = V_{Ed} - \Delta V_{Ed}$	13073 kN
Eccentricità secondo l'asse y	$e_y = M_{Ed,z}/V_{Ed,red}$	0.38 m
Eccentricità secondo l'asse z	$e_z = M_{Ed,y}/V_{Ed,red}$	1.76 m
	β_1	3.11
Coefficiente che tiene conto dell'eccentricità del carico	β_2	1.15
	$\beta = \max(\beta_1; \beta_2)$	3.11
Dimensione minore del perimetro di verifica u	b_y	1.50 m
Dimensione maggiore del perimetro di verifica u	b_z	6.50 m
Tensione tangenziale a punzonamento	$v_{Ed} = \beta V_{Ed,red}/(u_0 d_{eff})$	1.80 MPa
Resistenza massima a punzonamento	$v_{Rd,max}$	3.40 MPa
Verifica a punzonamento	$IS = v_{Ed}/v_{Rd,max}$	0.53 verificato

Affidamento a Contraente Generale dei “Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121”.

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

V7 – Viadotto Baucina – Relazione sottostrutture

VERIFICA LUNGO IL PERIMETRO u		
Forza netta all'interno del perimetro di verifica considerato	ΔV_{Ed}	6537 kN
Forza netta applicata	$V_{Ed,red} = V_{Ed} - \Delta V_{Ed}$	13073 kN
Eccentricità secondo l'asse y	$e_y = M_{Ed,z}/V_{Ed,red}$	0.38 m
Eccentricità secondo l'asse z	$e_z = M_{Ed,y}/V_{Ed,red}$	1.76 m
Coefficiente che tiene conto dell'eccentricità del carico	β_1	1.64
	β_2	1.15
	$\beta = \max(\beta_1; \beta_2)$	1.64
Dimensione minore del perimetro di verifica u	b_y	5.00 m
Dimensione maggiore del perimetro di verifica u	b_z	10.00 m
Tensione tangenziale a punzonamento	$v_{Ed} = \beta V_{Ed,red}/(u d_{eff})$	0.95 MPa
Resistenza di progetto a punzonamento (con effetto scala)	$V_{Rd,c}$	0.51 MPa
Verifica a punzonamento	$IS = v_{Ed}/V_{Rd,c}$	1.87 necessaria armatura
Progetto armatura a punzonamento		
Resistenza di progetto efficace armatura taglio-punzonamento	$f_{ywd,ef} = 250 + 0.25d \leq f_{ywd}$	391 MPa
Angolo compreso fra l'armatura a taglio e la piastra	α	45 °
Diametro barre armatura a taglio	\varnothing_w	24 mm
Area di un perimetro di armatura a taglio a punzonamento	A_{sw}	361.91 cm ²
Resistenza di progetto a punzonamento in presenza di armatura $v_{Rd,cs} = 0.75 \times v_{Rd,c} + 1.5 \times A_{sw} \times f_{ywd,ef} \times (1/(u \times d_{eff})) \times \sin \alpha$	$v_{Rd,cs}$	1.04 MPa
	$IS = v_{Ed}/v_{Rd,cs}$	0.91 verificato

La sezione critica per la verifica a punzonamento della pila risulta quella posta a 1.75 m dal bordo della pila. La verifica è soddisfatta considerando un'armatura a punzonamento costituita da armature inclinate di 45° in ragione di Ø24/20”.

In particolare, vengono assunte efficaci le armature presenti tra una distanza pari a 0.3d dal perimetro della pila e il perimetro di verifica u. Si considerano quindi n. 80 ganci corrispondenti ad un'area totale pari a $A_{sw} = 80 \times 4.52 = 361.91 \text{ cm}^2$.

Tale armatura sarà poi estesa fino al limite del perimetro u.

11.1.5 Verifica a fessurazione

In accordo con quanto indicato nel §4.1.2.2.4 delle NTC2018 si sono effettuate le verifiche allo stato limite di formazione delle fessure, nel quale, per la combinazione di azioni prescelta, la tensione normale di trazione nella fibra più sollecitata deve risultare inferiore a:

$$\sigma_t = \frac{f_{ctm}}{1,2} = \frac{2,89}{1,2} = 2,41 \text{ MPa}$$

Nel caso in cui tale condizione non sia risultata soddisfatta, si è effettuata la verifica allo stato limite di apertura delle fessure, nel quale, per la combinazione di azioni prescelta, il valore limite di apertura della fessura calcolato al livello considerato è pari a:

$w_1 = 0,2 \text{ mm}$ per la Combinazione quasi permanente (QP);

$w_2 = 0,3 \text{ mm}$ per la Combinazione frequente (FR);

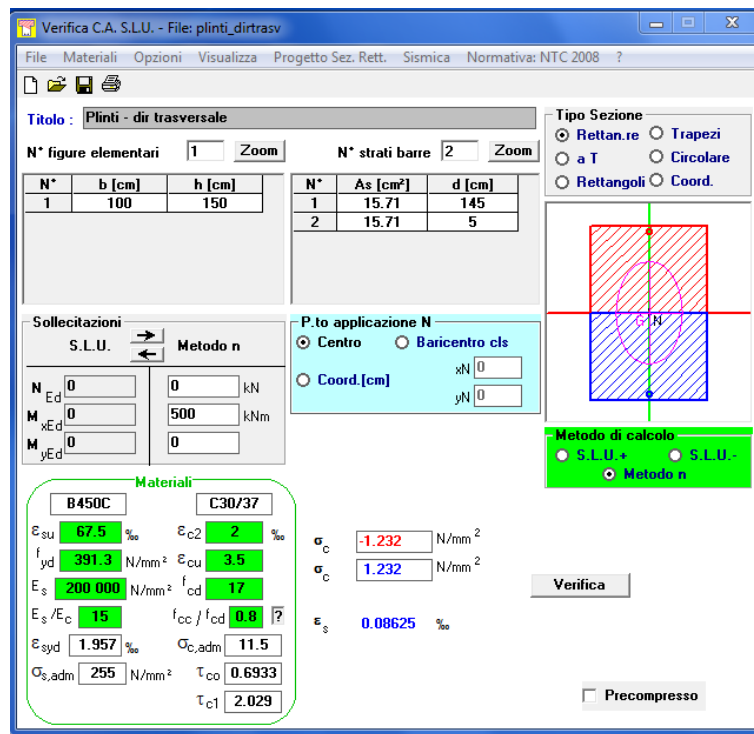
Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

V7 – Viadotto Baucina – Relazione sottostrutture

Per ulteriori approfondimenti si rimanda al punto 6.3 del presente elaborato.

Tabella 23: Plinto di fondazione armature direzione trasversale – verifica allo stato limite di formazione delle fessure (combinazione SLEfr)



La verifica allo stato limite di formazione delle fessure per l'armatura longitudinale nella sezione AA non risulta soddisfatta. Si procede alla verifica allo stato limite di apertura delle fessure. Dai risultati riportati in Tabella 25 si conclude che la verifica a fessurazione risulta soddisfatta anche per la combinazione quasi permanente.

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

V7 – Viadotto Baucina – Relazione sottostruttura

Tabella 24: Plinto di fondazione armature direzione longitudinale sez. AA – calcolo tensione nelle barre (combinazione SLEfr)

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

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

Titolo: Plinti - dir long

N° figure elementari: 1 | Zoom | N° strati barre: 4 | Zoom

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	100	150	1	31.42	145
			2	11.31	141
			3	22.62	137
			4	15.71	5

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

Sollecitazioni: S.L.U. | Metodo n

N_{Ed}: 0 | 0 kN
M_{xEd}: 0 | 1833 kNm
M_{yEd}: 0 | 0

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

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

Materiali: B450C | C30/37

ϵ_{su}	67.5 ‰	ϵ_{c2}	2 ‰
f_{yd}	391.3 N/mm ²	ϵ_{cu}	3.5 ‰
E_s	200 000 N/mm ²	f_{cd}	17
E_s/E_c	15	f_{cc}/f_{cd}	0.8
ϵ_{syd}	1.957 ‰	$\sigma_{c,adm}$	11.5
$\sigma_{s,adm}$	255 N/mm ²	τ_{co}	0.6933
		τ_{c1}	2.029

σ_c : -6.168 N/mm²
 σ_s : 226 N/mm²
 ϵ_s : 1.13 ‰
d: 145 cm
x: 42.12 | x/d: 0.2905
 δ : 0.8031

Verifica | N° iterazioni: 4 | Precompresso

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

V7 – Viadotto Baucina – Relazione sottostruttura

Tabella 25: Plinto di fondazione armature direzione longitudinale sez. AA - verifica allo stato limite di apertura delle fessure (combinazione SLEfr)

NTC2008 - C.M. 617 2/2/09		
f_{ck}	30.0	MPa
γ_c	1.5	-
f_{cd}	17.0	MPa
f_{cfm}	3.476	MPa
σ_t	2.896	MPa
E_c	30000.0	MPa
E_s	210000	MPa
M_{Ed}		KN*m
N_{Ed}		KN
b	1000	mm
h	1500	mm
A'_s	1570	mm ²
A_s	6533	mm ²
d	1450	mm
c ricoprimento netto arm. tesa	50	mm
ricoprimento barra più esterna	40	mm
ϕ_1	20	mm
n_1	10	-
ϕ_2	24	mm
n_2	7.5	-
ϕ_{eq}	21.9	mm
s orizzontale	200	mm
x	421.2	mm
$2.5(h-d)$	125.0	mm
$(h-x)/3$	359.6	mm
$h/2$	750.0	mm
$h_{c,eff}$	125.0	mm
$b_{c,eff}$	1000.0	mm
$A_{c,eff}$	125000	mm ²
$\rho_{p,eff}$	0.05226	-
k_t	0.4	-
k_1	0.8	-
k_2	0.5	-
k_3	3.4	-
k_4	0.425	-
$f_{ct,eff}$	2.896	MPa
α_e	7.000	-
σ_s	226	MPa
ϵ_{sm}	0.000932	-
$5*(c+\phi/2)$	254.7	mm
$1.3*(h-x)$	1402.4	mm
$k_3*c+k_1*k_2*k_4*\phi/r$	207.2	mm
$\Delta_{s,max}$ - zona esterna barra	207.2	mm
w_d - zona esterna alla barra	0.193	mm
$\Delta_{s,max}$ - zona barra	207.2	mm
w_d - zona barra	0.193	mm

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

V7 – Viadotto Baucina – Relazione sottostrutture

Tabella 26: Plinto di fondazione armature direzione longitudinale sez. BB - verifica allo stato limite di formazione delle fessure (combinazione SLEfr)

Verifica C.A. S.L.U. - File: plinti_dirlong2

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

Titolo: Plinti - dir long sez. 1m incastro

N° figure elementari 1 Zoom N° strati barre 4 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	100	150

N°	As [cm²]	d [cm]
1	31.42	145
2	11.31	141
3	0	137
4	15.71	5

Solllecitazioni S.L.U. Metodo n

N_{Ed} 0 0 kN
M_{xEd} 0 950 kNm
M_{yEd} 0 0

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

Materiali

B450C		C30/37	
ε _{su}	67.5 ‰	ε _{c2}	2 ‰
f _{yd}	391.3 N/mm²	ε _{cu}	3.5 ‰
E _s	200 000 N/mm²	f _{cd}	17
E _s /E _c	15	f _{cc} /f _{cd}	0.8 ?
ε _{syd}	1.957 ‰	σ _{c,adm}	11.5
σ _{s,adm}	255 N/mm²	τ _{oo}	0.6933
		τ _{c1}	2.029

σ_c -2.259 N/mm²
σ_c 2.156 N/mm²
ε_s 0.1507 ‰

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

Verifica

Precompresso

12 SPALLE

Per l'analisi delle spalle del viadotto, denominate spalla “A” e spalla “B” sono stati messi a punto due distinti modelli agli elementi finiti finalizzati al dimensionamento degli elementi strutturali e alle corrispondenti verifiche degli elementi in elevazione e delle fondazioni (platea e pali).

12.1 SPALLA “A”

12.1.1 Descrizione del modello di calcolo

La Figura 33 mostra il modello agli elementi finiti adottato per il calcolo delle sollecitazioni degli elementi in elevazione e della platea della spalla A. Il modello è stato realizzato con elementi finiti piani “Shell - Thick”, tranne per quanto riguarda i pali di fondazione che sono stati modellati con elementi a trave su suolo elastico. Le molle adottate sono di tipo elastico lineare distribuite su due direzioni ortogonali. La dimensione della mesh degli elementi (0.5 m) è stata scelta in modo tale da assicurare una corretta rappresentazione delle sollecitazioni e dei relativi spostamenti. Per la determinazione delle rigidità delle molle schematizzanti l'interazione terreno struttura ci si riferisca al paragrafo 12.1.1.1.

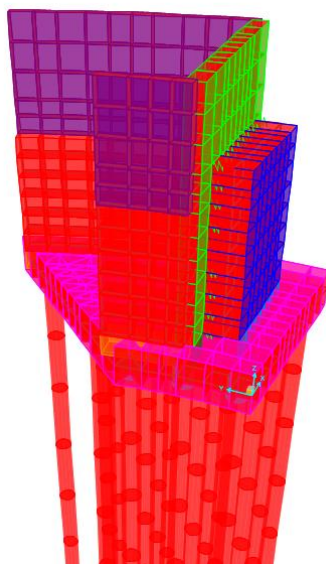


Figura 33: Modello FEM spalla “A”.

12.1.1.1 Modellazione dell'interazione terreno struttura

I pali di fondazione sono schematizzati con elementi a trave su suolo elastico. Le molle adottate sono di tipo elastico lineare distribuite su due direzioni ortogonali. La dimensione della mesh degli elementi (0.5 m) è stata scelta in modo tale da assicurare una corretta rappresentazione delle

sollecitazioni e dei relativi spostamenti

La rigidezza delle molle orizzontali è stata determinata attraverso il software di calcolo L-Pile, in particolare:

- è stata determinata per ogni cambio di unità stratigrafica la curva p-y del palo;
- è stato calcolato il modulo di reazione del terreno (rigidezza della molla):

$$E_{sh} = p_y / y$$

dove lo spostamento orizzontale y è stato preso pari a 0.01m.

La rigidezza delle molle verticali è stata ottenuta secondo la seguente relazione:

$$E_{sv} = Q_{II} / z$$

dove:

Q_{II} portata laterale limite di calcolo valutata in accordo a quanto riportato al paragrafo 14.2.2;

z spostamento verticale pari a 0.01m.

Nelle seguenti tabelle si riassumono rispettivamente i valori di rigidezza orizzontale e verticale implementati nel modello.

Tabella 27: Rigidezza delle molle orizzontali.

Profondità z [m]	E_{sh} [kN/m/m]
0.0	12800
7.4	25600
7.4	65600
26.0	152300

Tabella 28: Rigidezza delle molle verticali.

	E_{sv} [kN/m]
SpallaA	627000

12.1.2 Analisi dei carichi

Il modello di calcolo realizzato è soggetto ad azioni esterne definite con gli usuali criteri di determinazione dei carichi e delle spinte delle terre.

Si elencano di seguito i casi di carico elementari che costituiscono l'input nel programma di calcolo.

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

V7 – Viadotto Baucina – Relazione sottostrutture

12.1.2.1 Scarichi sugli appoggi

I carichi derivanti dall'impalcato sono applicati come forze concentrate in corrispondenza degli appoggi 1 e 2, così come riportato nelle tabelle seguenti; per ogni azione è stato assegnato un caso di carico. In particolare, per SLV-X si intende il sisma in direzione longitudinale rispetto al corpo spalla, per SLV-Y il sisma in direzione trasversale e per SLV-Z il sisma in direzione verticale.

TABLE: Element Forces - Links

Link	LinkElem	Station	OutputCase	CaseType	StepType	P	V2	V3	T	M2	M3
Text	Text	Text	Text	Text	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
1	1	I-End	DT estate	LinStatic		20.179	-0.445	0.00181	0	0.000362	-0.0889
1	1	I-End	DT inverno	LinStatic		-412.386	0.576	-0.00233	0	-0.00047	0.1151
1	1	I-End	Ritiro	LinStatic		-254.934	0.085	-0.00034	0	-6.7E-05	0.017
1	1	I-End	Vento1	LinStatic		-459.437	0.159	-0.0097	0	-0.0019	0.0319
1	1	I-End	Vento2	LinStatic		459.437	-0.159	0.009697	0	0.0019	-0.0319
1	1	I-End	Veicoli	LinMoving	Max Pj	1651.2	-0.051	0.001385	0	0.000277	-0.0102
1	1	I-End	Veicoli	LinMoving	Min Pj	-1550.4	-0.018	-0.00021	0	-4.3E-05	-0.0037
1	1	I-End	SLV-Y	LinRespSpec	Max	631.158	0.593	0.00988	0	0.002	0.1187
1	1	I-End	SLV-X	LinRespSpec	Max	390.298	0.792	0.00439	0	0.000878	0.1583
1	1	I-End	SLV-Z	LinRespSpec	Max	261.308	0.008512	0.000206	0	4.12E-05	0.0017
1	1	I-End	G1+G2	LinStatic		724.095	-0.089	0.00135	0	0.00027	-0.0178

TABLE: Element Forces - Links

Link	LinkElem	Station	OutputCase	CaseType	StepType	P	V2	V3	T	M2	M3
Text	Text	Text	Text	Text	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
2	2	I-End	DT estate	LinStatic		-22.595	0	99.554	0	19.9109	0
2	2	I-End	DT inverno	LinStatic		645.859	0	-132.023	0	-26.4046	0
2	2	I-End	Ritiro	LinStatic		405.121	0	-21.104	0	-4.2209	0
2	2	I-End	Vento1	LinStatic		423.309	0	-654.941	0	-130.988	0
2	2	I-End	Vento2	LinStatic		-423.309	0	654.941	0	130.9882	0
2	2	I-End	Veicoli	LinMoving	Max Pj	608.114	0	-20.245	0	-4.0489	0
2	2	I-End	Veicoli	LinMoving	Min Pj	-3134.08	0	35.77	0	7.154	0
2	2	I-End	SLV-Y	LinRespSpec	Max	585.23	0	946.487	0	189.2974	0
2	2	I-End	SLV-X	LinRespSpec	Max	327.568	0	552.804	0	110.5608	0
2	2	I-End	SLV-Z	LinRespSpec	Max	420.388	0	78.638	0	15.7275	0
2	2	I-End	G1+G2	LinStatic		-3385.27	0	28.982	0	5.7965	0

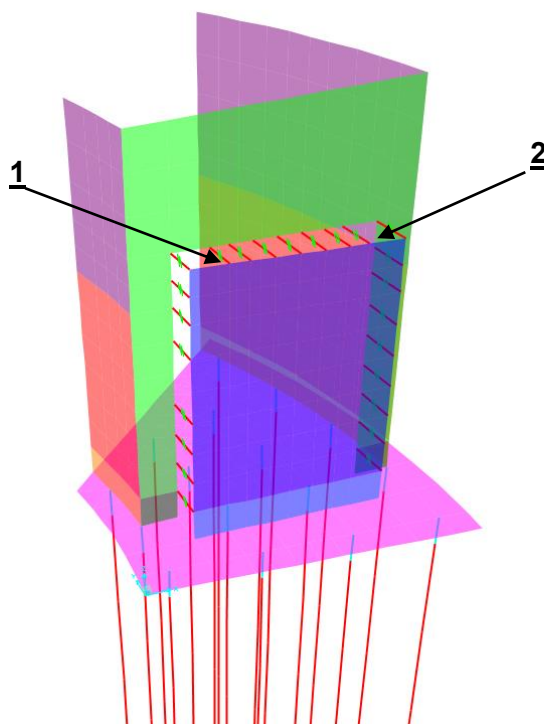


Figura 34: Individuazione appoggi impalcato-spalla “A”.

12.1.2.2 *Peso proprio (DEAD)*

Il peso proprio degli elementi strutturali è valutato in ragione di 25 kN/m³ ed è computato automaticamente dal programma di calcolo sulla base delle dimensioni geometriche degli elementi strutturali.

12.1.2.3 *Carichi permanenti portati*

Il carico permanente sul plinto di fondazione è costituito dal peso del terreno di riempimento valutato in ragione di 20 kN/m³.

L'altezza del terreno di riempimento è valutata in media pari a 11.2 m, dunque:

$$q_{\text{Riempimento_Fondazione}} = \gamma_{\text{Riempimento}} \times h_{\text{Riempimento}} = 20 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \times 11,2 \text{ m} = 224 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

12.1.2.4 Spinta idrostatica

Poiché il livello di falda si attesta ad una quota inferiore rispetto al piano di imposta della struttura non si prendono in considerazione gli effetti prodotti dalla spinta idrostatica sulle pareti e sul plinto di fondazione.

12.1.2.5 Spinta del terreno sul paramento frontale e muri di risvolto laterali

L'entità e la distribuzione delle spinte del terreno sulla spalla dipendono dallo spostamento relativo che lo stesso può subire; le opere in oggetto sono previste su fondazioni dirette con pali trivellati che consentono di considerare le deformazioni del terreno limitate dalla struttura; pertanto, la pressione esercitata dal terreno sull'opera, secondo la teoria di Coulomb è data da:

$$S = \frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot H^2 \cdot k$$

dove:

k è il coefficiente di spinta preso pari a:

- coefficiente di spinta medio, $k_m = \frac{k_a + k_0}{2}$ per la parete frontale, dove:

$$k_a \text{ è il coefficiente di spinta attiva pari a } k_a = \frac{\sin^2(\beta + \varphi)}{\sin^2 \beta \cdot \sin(\beta - \delta) \cdot \left[1 + \left(\frac{\sin(\varphi + \delta) \cdot \sin(\varphi - \varepsilon)}{\sin(\beta - \delta) \cdot \sin(\beta + \varepsilon)} \right)^{0.5} \right]^2};$$

$\beta = 90^\circ$ angolo che la parete forma con l'orizzontale;

$\delta = 0^\circ$ angolo di attrito terreno-muro;

$\varepsilon = 0^\circ$ inclinazione del terrapieno di monte rispetto all'orizzontale;

$\phi = 38^\circ$ angolo di attrito del terreno di riempimento.

k_0 è il coefficiente di spinta a riposo pari a $k_0 = 1 - \sin \varphi$.

- coefficiente di spinta a riposo, k_0 , per le pareti laterali;

H è l'altezza di spinta del terrapieno sull'opera;

γ peso del volume di terreno considerato pari a 20 kN/m³.

Di seguito in Tabella 29 si riportano i coefficienti di spinta utilizzati nelle analisi secondo i coefficienti parziali per i parametri geotecnici.

Tabella 29: Coefficienti di spinta.

	M1	M2
k_0	0.384	0.470
k_a	0.238	0.307
k_m	0.311	0.389

Il diagramma delle pressioni del terreno sulla parete risulta triangolare con il vertice in alto.

12.1.2.6 Carichi mobili agenti sulla Spalla

La presenza dei carichi mobili ai lati della struttura comporta la presenza di una spinta orizzontale sulle pareti della stessa. Per la valutazione di tale spinta si è fatto riferimento, come per la spinta litostatica, al coefficiente di spinta a riposo. Intendendo per q il sovraccarico per metro lineare di proiezione orizzontale del valore di 20 kN/m², la spinta in esame vale:

$$S=q \cdot H \cdot k$$

12.1.2.7 Azione Sismica – Spinta del terreno

L'analisi sismica della struttura è condotta con il metodo pseudo-statico in cui l'azione sismica è rappresentata da una forza statica equivalente pari al prodotto delle forze di gravità per un opportuno coefficiente sismico K .

Il metodo applicato in sede di progettazione è quello di Mononobe-Okabe, basato sull'equilibrio limite globale di un cuneo di terreno soggetto alle forze indotte dal sisma, ipotizzando che l'opera possa subire movimenti tali da produrre nel terreno retrostante un regime di spinta attiva e che il terreno interno al cuneo di spinta si comporta come corpo rigido.

La spinta (statica+ dinamica) vale:

$$S_s = \frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot (1 \pm k_v) \cdot K \cdot H^2$$

dove:

H è l'altezza di spinta del terrapieno sull'opera;

γ è il peso specifico del terreno;

K è il coefficiente di spinta del terreno (statico + dinamico);

k_v è il coefficiente sismico verticale (definito in seguito)

Il coefficiente di spinta del terreno è calcolato mediante la formula di Mononobe-Okabe come segue:

➤ per $\beta \leq \varphi' - \theta$:

$$K = \frac{\text{sen}^2(\psi + \varphi' - \theta)}{\cos\theta \cdot \text{sen}^2\psi \cdot \text{sen}(\psi - \theta - \delta) \cdot \left[1 + \sqrt{\frac{\text{sen}(\varphi' + \delta) \cdot \text{sen}(\varphi' - \beta - \theta)}{\text{sen}(\psi - \theta - \delta) \cdot \text{sen}(\psi + \beta)}} \right]^2} ;$$

➤ per $\beta > \varphi' - \theta$:

$$K = \frac{\text{sen}^2(\psi + \varphi' - \theta)}{\cos\theta \cdot \text{sen}^2\psi \cdot \text{sen}(\psi - \theta - \delta)}$$

φ' è il valore di progetto dell'angolo di resistenza a taglio del terreno;

ψ, β sono gli angoli di inclinazione rispetto all'orizzontale rispettivamente della parete del muro rivolta a monte e della superficie del terrapieno;

δ è il valore di progetto dell'angolo di resistenza a taglio tra terreno e muro;

θ è l'angolo ricavato dalla seguente formulazione, per falda al di sotto della spalla risulta:

$$\tan\theta = \frac{k_h}{1 \mp k_v} ;$$

dove:

$$k_h = \beta_m \cdot \frac{a_{\max}}{g} \quad \text{coefficiente di spinta sismico orizzontale pari a 0.224;}$$

$$k_v = \pm 0.5 \cdot k_h \quad \text{coefficiente di spinta sismico verticale pari a 0.112;}$$

a_{\max} accelerazione massima orizzontale attesa in sito valutata in accordo a quanto riportato al paragrafo 7.2;

g accelerazione di gravità;

β_m coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito in questo caso pari a 1.

Nel caso in esame si può assumere che l'incremento di spinta dovuta al sisma agisca nello stesso punto di quella statica.

12.1.2.8 Azione Sismica – Azioni inerziali

In presenza del sisma l'opera è soggetta alle forze inerziali della parte strutturale e del terreno imbarcato, date dalle seguenti:

- forze di inerzia orizzontali: $F_{ih} = k_h \cdot W$;
- forze di inerzia verticali: $F_{iv} = k_v \cdot W$;

dove W è il peso del corpo spalla.

12.1.3 Combinazioni di carico

12.1.3.1 Condizioni di carico elementari e coefficienti parziali di sicurezza

Nella Tabella 30 si riportano le condizioni di carico precedentemente elencate, ad eccezione degli scarichi dell'impalcato, ed i relativi coefficienti di combinazione.

I coefficienti di amplificazione dei carichi γ e i coefficienti di combinazione ψ per le differenti combinazioni di carico SLU, SLV e SLE implementate sono riportati nelle tabelle seguenti estratte direttamente dalle NTC2018. In particolare, con riferimento alle verifiche strutturali condotte nei riguardi delle combinazioni SLU e SLV, si fa riferimento ai coefficienti parziali di sicurezza identificati dalla combinazione “A1 STR”; con riferimento alle verifiche geotecniche condotte nei riguardi delle combinazioni SLU e SLV, si fa riferimento ai coefficienti parziali di sicurezza identificati dalla combinazione “A2 GEO”. In condizioni statiche sono state considerate le combinazioni SLU tipo A1+M1+R1 per il dimensionamento e la verifica degli elementi strutturali, mentre si considerano le combinazioni SLU tipo A1+M1+R1 e A2+M2+R2 per il dimensionamento e la verifica dei pali di fondazione (si veda capitolo 14). I valori caratteristici dei carichi dovranno essere combinati in modo opportuno per poter massimizzare le varie componenti di sollecitazioni per gli elementi strutturali che costituiscono la spalla. A questi carichi elementari sono state combinate le combinazioni delle azioni derivanti dagli scarichi dell'impalcato. Tali azioni sono state combinate secondo i coefficienti A1+M1 e A2+M2 al fine di massimizzare lo sforzo normale di compressione ed il momento trasversale sul corpo spalla in entrambi i versi derivante dagli scarichi dell'impalcato, in direzione trasversale e longitudinale.

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotatoria Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

V7 – Viadotto Baucina – Relazione sottostrutture

Tabella 30 : Condizioni di carico elementari rappresentative dei valori caratteristici delle azioni e coefficienti.

	Peso proprio		Permanenti portati	Spinta terreno parete frontale		Spinta terreno parete laterale	Sovraccarico - Caso 1		Sovraccarico - Caso 2		Incremento di spinta dovuta al sovraccarico-parete frontale		Incremento di spinta dovuto al sovraccarico- parete laterale	Incremento di spinta sismica parete frontale	Incremento di spinta sismica parete laterale1		Incremento di spinta sismica parete laterale2	Forze inerziali	Forze inerziali permanenti portati				
	1.35	x		1.35	x		1.35	x	1.35	x	1.35	x			1.35	x				1.35	x	1.35	x
A1+M1	S1U01	x	1.35	x	1.35	x (k0)	1.35	x (k0)	1.35	x (k0)	1.35	x (k0)	1.35	x (k0)									
	S1U02	x	1.35	x	1.35	x (k0)	1.35	x (k0)	1.35	x (k0)	1.35	x (k0)	1.35	x (k0)									
	S1U03	x	1.35	x	1.35	x (k0)	1.35	x (k0)	1.35	x (k0)	1.35	x (k0)	1.35	x (k0)									
A2+M2	S1U01	1	x	1	x	1	x (k0)	1.15	x (k0)	1.15	x (k0)	1.15	x (k0)	1.15	x (k0)								
	S1U02	1	x	1	x	1	x (k0)	1.15	x (k0)	1.15	x (k0)	1.15	x (k0)	1.15	x (k0)								
	S1U03	1	x	1	x	1	x (k0)	1.15	x (k0)	1.15	x (k0)	1.15	x (k0)	1.15	x (k0)								
S1E	S1E freq 01	1	x	1	x	1	x (k0)	0.4	x (k0)	0.4	x (k0)	0.4	x (k0)	0.4	x (k0)								
	S1E freq 01	1	x	1	x	1	x (k0)	0.4	x (k0)	0.4	x (k0)	0.4	x (k0)	0.4	x (k0)								
	S1E qp 01	1	x	1	x	1	x (k0)	0	x (k0)	0	x (k0)	0	x (k0)	0	x (k0)								
A1+M1	S1V (X+) [Z+]	1	x	1	x	1	x (k0)	0	x (k0)	0	x (k0)	0	x (k0)	1	x (+Δkae)				1	x	1	x (+)	
	S1V (X+) [Z-]	1	x	1	x	1	x (k0)							1	x (+Δkae)				1	x	1	x (-)	
	S1V (X-) [Z+]	1	x	1	x	1	x (k0)							1	x (kmedio)				1	x	1	x (+)	
A2+M2	S1V (X+) [Z+]	1	x	1	x	1	x (k0)							1	x (-Δkae)	1	x (+Δkae)	1	x	1	x	1	x (-)
	S1V (X+) [Z-]	1	x	1	x	1	x (k0)							1	x (+Δkae)	1	x (-Δkae)	1	x	1	x	1	x (+)
	S1V (X-) [Z+]	1	x	1	x	1	x (k0)							1	x (+Δkae)	1	x (-Δkae)	1	x	1	x	1	x (-)

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

V7 – Viadotto Baucina – Relazione sottostrutture

SLE frequente

Combinazioni scarichi impalcato									
SLEfr_MAXM1L	G1+G2	1		DEAD	1	SLEfr_M1L_02	DEAD	1	
	DT estate	0.6		PP	1		PP	1	
	Vento2	0	SLEfr_M1L_01	SLEfr_MAXM1L	1		SLEfr_MAXM1L	1	
	Veicoli_maxM_1	1.0125		STPF_A1+M1	1		STPF_A1+M1	1	
SLEfr_MAXM2L	G1+G2	1		STPL_A1+M1	1	SLEfr_M2L_02	STPL_A1+M1	1	
	DT inverno	0.6		SCASO1	0.4		ISPF_A1+M1_03	0.4	
	Ritiro	1	SLEfr_M2L_01	ISPF_A1+M1_02	0.4		DEAD	1	
	Vento1	0		ISPL_A1+M1	0.4		PP	1	
SLEfr_MAXNL	G1+G2	1		DEAD	1	SLEfr_M2L_01	SLEfr_MAXM2L	1	
	Vento2	0		PP	1		STPF_A1+M1	1	
	DT inverno	0.6		SLEfr_MAXM2L	1		STPL_A1+M1	1	
	Ritiro	1	SLEfr_M2L_01	STPF_A1+M1	1		ISPF_A1+M1_03	0.4	
Veicoli_maxN	1.0125	STPL_A1+M1		1	SLEfr_NL_02	DEAD	1		
SLEfr_MAXM1T	G1+G2	1		SCASO1		0.4	PP	1	
	DT estate	0.6		ISPF_A1+M1_02		0.4	SLEfr_MAXNL	1	
	Vento2	0	SLEfr_NL_01	ISPL_A1+M1		0.4	STPF_A1+M1	1	
	Veicoli_maxM_1	1.0125		DEAD	1	STPL_A1+M1	1		
SLEfr_MAXM2T	G1+G2_H	1		PP	1	SLEfr_M1T_02	ISPF_A1+M1_03	0.4	
	DT estate_H	0.6		SLEfr_MAXNL	1		DEAD	1	
	Vento2_H	0	SLEfr_NL_01	STPF_A1+M1	1		PP	1	
	SLEfr_MAXM2T	G1+G2		1			STPL_A1+M1	1	SLEfr_MAXM1T
DT inverno		0.6		SCASO1	0.4	STPF_A1+M1	1		
Ritiro		1	SLEfr_M1T_01	ISPF_A1+M1_02	0.4	STPL_A1+M1	1		
Vento1		0		ISPL_A1+M1	0.4	ISPF_A1+M1_03	0.4		
SLEfr_MAXNT	Veicoli_maxM_2	1.0125		DEAD	1	SLEfr_M2T_02	DEAD	1	
	G1+G2_H	1		PP	1		PP	1	
	DT inverno_H	0.6	SLEfr_M1T_01	SLEfr_MAXM1T	1		SLEfr_MAXM2T	1	
	Ritiro_H	1		STPF_A1+M1	1		STPF_A1+M1	1	
SLEfr_MAXNT	Vento1_H	0		STPL_A1+M1	1	SLEfr_M2T_01	STPL_A1+M1	1	
	G1+G2	1		SCASO1	0.4		ISPF_A1+M1_03	0.4	
	DT inverno	0.6	SLEfr_M2T_01	ISPF_A1+M1_02	0.4		DEAD	1	
	Ritiro	1		ISPL_A1+M1	0.4		PP	1	
SLEfr_MAXNT	Veicoli_maxN	1.0125		DEAD	1	SLEfr_NT_02	SLEfr_MAXNT	1	
	G1+G2_H	1		PP	1		STPF_A1+M1	1	
	Vento2_H	0	SLEfr_M2T_01	SLEfr_MAXM2T	1		STPL_A1+M1	1	
	DT inverno_H	0.6		STPF_A1+M1	1		ISPF_A1+M1_03	0.4	
SLEfr_MAXNT	Ritiro_H	1		STPL_A1+M1	1	SLEfr_NT_01	DEAD	1	
	SLEfr_MAXNT	G1+G2	1		SCASO1		0.4	PP	1
		DT inverno	0.6	SLEfr_M2T_01	ISPF_A1+M1_02		0.4	SLEfr_MAXNT	1
		Ritiro	1		ISPL_A1+M1		0.4	STPF_A1+M1	1
SLEfr_MAXNT		Veicoli_maxN	1.0125		DEAD	1	SLEfr_NT_01	STPL_A1+M1	1
	G1+G2	1		PP	1	SCASO1		0.4	
	DT inverno	0.6	SLEfr_M2T_01	SLEfr_MAXM2T	1	ISPF_A1+M1_02		0.4	
	Ritiro	1		ISPL_A1+M1	0.4	ISPL_A1+M1		0.4	

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

V7 – Viadotto Baucina – Relazione sottostrutture

SLE quasi permanente

Combinazioni scarichi impalcato								
SLEqp_MAXM1L	G1+G2	1	SLEqp_M1L_01	DEAD	1	SLEqp_M1L_02	DEAD	1
	DT estate	0.6		PP	1		PP	1
	Vento2	0		SLEqp_MAXM1L	1		SLEqp_MAXM1L	1
	Veicoli_maxM_1	0		STPF_A1+M1	1		STPF_A1+M1	1
SLEqp_MAXM2L	G1+G2	1	SLEqp_M2L_01	STPL_A1+M1	1	SLEqp_M2L_02	STPL_A1+M1	1
	DT inverno	0.6		SCASO1	0		ISPF_A1+M1_03	0
	Ritiro	1		ISPF_A1+M1_02	0		DEAD	1
	Vento1	0		ISPL_A1+M1	0		PP	1
SLEqp_MAXNL	Veicoli_maxM_2	0	SLEqp_M2L_01	DEAD	1	SLEqp_M2L_02	SLEqp_MAXM2L	1
	G1+G2	1		PP	1		STPF_A1+M1	1
	Vento2	0		SLEqp_MAXM2L	1		STPL_A1+M1	1
	DT inverno	0.6		STPF_A1+M1	1		ISPF_A1+M1_03	0
SLEqp_MAXM1T	Ritiro	1	SLEqp_M2L_01	STPL_A1+M1	1	SLEqp_M2L_02	STPL_A1+M1	1
	Veicoli_maxN	0		SCASO1	0		ISPF_A1+M1_03	0
	G1+G2	1		ISPF_A1+M1_02	0		DEAD	1
	DT estate	0.6		ISPL_A1+M1	0		PP	1
SLEqp_MAXM1T	Vento2	0	SLEqp_M2L_01	DEAD	1	SLEqp_M2L_02	SLEqp_MAXM1T	1
	Veicoli_maxM_1	0		PP	1		SLEqp_MAXM1T	1
	G1+G2_H	1		SLEqp_MAXNL	1		STPF_A1+M1	1
	DT estate_H	0.6		STPF_A1+M1	1		STPL_A1+M1	1
SLEqp_MAXM2T	Vento2_H	0	SLEqp_M2L_01	STPL_A1+M1	1	SLEqp_M2L_02	ISPF_A1+M1_03	0
	G1+G2	1		SCASO1	0		DEAD	1
	DT inverno	0.6		ISPF_A1+M1_02	0		PP	1
	Ritiro	1		ISPL_A1+M1	0		SLEqp_MAXM2T	1
SLEqp_MAXM2T	Vento1	0	SLEqp_M2L_01	DEAD	1	SLEqp_M2L_02	STPF_A1+M1	1
	Veicoli_maxM_2	0		PP	1		STPL_A1+M1	1
	G1+G2_H	1		SLEqp_MAXM1T	1		ISPF_A1+M1_03	0
	DT inverno_H	0.6		STPF_A1+M1	1		DEAD	1
SLEqp_MAXNT	Ritiro_H	1	SLEqp_M2L_01	STPL_A1+M1	1	SLEqp_M2L_02	PP	1
	Vento1_H	0		SCASO1	0		SLEqp_MAXNT	1
	G1+G2	1		ISPF_A1+M1_02	0		STPF_A1+M1	1
	Vento2	0		ISPL_A1+M1	0		STPL_A1+M1	1
SLEqp_MAXNT	DT inverno	0.6	SLEqp_M2L_01	DEAD	1	SLEqp_M2L_02	ISPF_A1+M1_03	0
	Ritiro	1		PP	1		DEAD	1
	Veicoli_maxN	0		SLEqp_MAXM2T	1		PP	1
	G1+G2_H	1		STPF_A1+M1	1		SLEqp_MAXNT	1
SLEqp_MAXNT	Vento2_H	0	SLEqp_M2L_01	STPL_A1+M1	1	SLEqp_M2L_02	STPF_A1+M1	1
	DT inverno_H	0.6		SCASO1	0		STPL_A1+M1	1
	Ritiro_H	1		ISPF_A1+M1_02	0		ISPF_A1+M1_03	0
				ISPL_A1+M1	0			
			SLEqp_M2L_01	DEAD	1	SLEqp_M2L_02		
				PP	1			
				SLEqp_MAXNT	1			
				STPF_A1+M1	1			
			SLEqp_M2L_01	STPL_A1+M1	1	SLEqp_M2L_02		
				SCASO1	0			
				ISPF_A1+M1_02	0			
				ISPL_A1+M1	0			
			SLEqp_M2L_01	DEAD	1	SLEqp_M2L_02		
				PP	1			
				SLEqp_MAXNT	1			
				STPF_A1+M1	1			
			SLEqp_M2L_01	STPL_A1+M1	1	SLEqp_M2L_02		
				SCASO1	0			
				ISPF_A1+M1_02	0			
				ISPL_A1+M1	0			

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

V7 – Viadotto Baucina – Relazione sottostrutture

SLV

SLVX+Z+_A1+M1_STR	DEAD	1	SLVY+Z+_A1+M1_STR	DEAD	1
	DT inverno	0.5		DT inverno	0.5
	DT inverno_H	0.5		DT inverno_H	0.5
	sismaX+	1		sismaY+	1
	sismaZ+	1		sismaZ+	1
	Ritiro	1		Ritiro	1
	Ritiro_H	1		Ritiro_H	1
	G1+G2	1		G1+G2	1
	G1+G2_H	1		G1+G2_H	1
	PP	1		PP	1
	STPF_A1+M1	1		STPF_A1+M1	1
	STPL_A1+M1	1		STPL_A1+M1	1
	FIPP_Z+	1		FIPP_Z+	1
	ISSPF_A1+M1_X+Z+	1		ISSPL_A1+M1_Y+Z+	1
FI_X+Z+	1	FI_Y+Z+	1		
SLVX+Z-_A1+M1_STR	DEAD	1	SLVY+Z-_A1+M1_STR	DEAD	1
	DT inverno	0.5		DT inverno	0.5
	DT inverno_H	0.5		DT inverno_H	0.5
	sismaX+	1		sismaY+	1
	sismaZ-	1		sismaZ-	1
	Ritiro	1		Ritiro	1
	Ritiro_H	1		Ritiro_H	1
	G1+G2	1		G1+G2	1
	G1+G2_H	1		G1+G2_H	1
	PP	1		PP	1
	STPF_A1+M1	1		STPF_A1+M1	1
	STPL_A1+M1	1		STPL_A1+M1	1
	FIPP_Z-	1		FIPP_Z-	1
	ISSPF_A1+M1_X+Z-	1		ISSPL_A1+M1_Y+Z-	1
FI_X+Z-	1	FI_Y+Z-	1		
SLVX-Z+_A1+M1_STR	DEAD	1	SLVY-Z+_A1+M1_STR	DEAD	1
	DT inverno	0.5		DT inverno	0.5
	DT inverno_H	0.5		DT inverno_H	0.5
	sismaX-	1		sismaY-	1
	sismaZ+	1		sismaZ+	1
	Ritiro	1		Ritiro	1
	Ritiro_H	1		Ritiro_H	1
	G1+G2	1		G1+G2	1
	G1+G2_H	1		G1+G2_H	1
	PP	1		PP	1
	STPF_A1+M1	1		STPF_A1+M1	1
	STPL_A1+M1	1		STPL_A1+M1	1
	FIPP_Z+	1		FIPP_Z+	1
	FI_X-Z+	1		ISSPL_A1+M1_Y-Z+	1
FI_Y-Z+	1	FI_Y-Z+	1		
SLVX-Z-_A1+M1_STR	DEAD	1	SLVY-Z-_A1+M1_STR	DEAD	1
	DT inverno	0.5		DT inverno	0.5
	DT inverno_H	0.5		DT inverno_H	0.5
	sismaX-	1		sismaY-	1
	sismaZ-	1		sismaZ-	1
	Ritiro	1		Ritiro	1
	Ritiro_H	1		Ritiro_H	1
	G1+G2	1		G1+G2	1
	G1+G2_H	1		G1+G2_H	1
	PP	1		PP	1
	STPF_A1+M1	1		STPF_A1+M1	1
	STPL_A1+M1	1		STPL_A1+M1	1
	FIPP_Z-	1		FIPP_Z-	1
	FI_X-Z-	1		ISSPL_A1+M1_Y-Z-	1
FI_Y-Z-	1	FI_Y-Z-	1		

12.1.4 Verifica delle strutture in elevazione

Ai fini delle verifiche le pareti verranno di seguito identificate con la lettera P seguita dallo spessore espresso in centimetri secondo lo schema riportato in Figura 35.

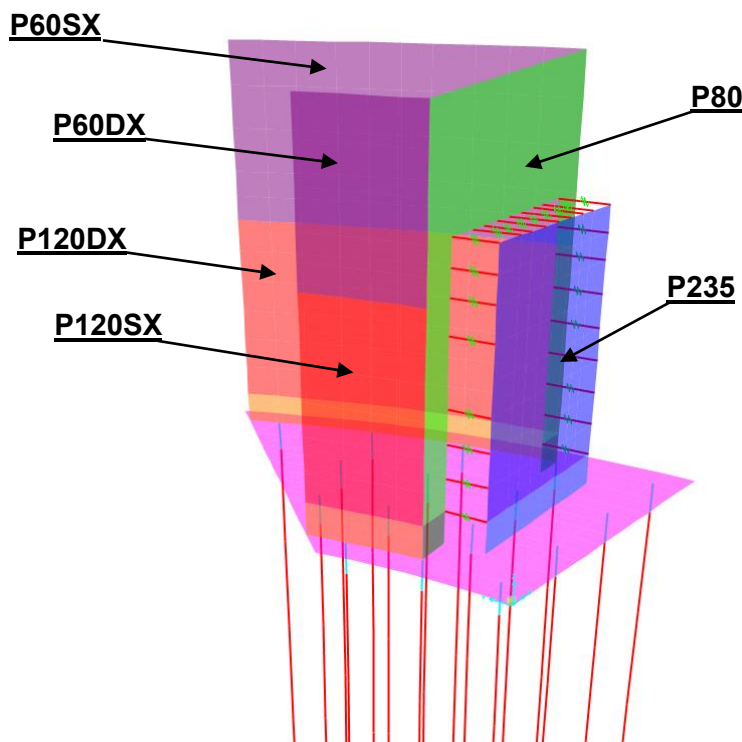


Figura 35: Identificazione pareti verticali

12.1.4.1 Verifica a pressoflessione

Le sollecitazioni sulle strutture in elevazione della spalla sono valutate considerando l'involuppo delle combinazioni sismiche e statiche (ENV-SLU ed ENV-SLV).

La capacità resistente delle sezioni in condizione statica è stata determinata in accordo a quanto riportato al punto 4.1.2.3 delle NTC2018. In condizione sismica, la capacità delle membrature è valutata in accordo con le regole di cui al punto 4.1 delle NTC2018, senza nessun requisito aggiuntivo, a condizione che in nessuna sezione si superi il momento resistente massimo in campo sostanzialmente elastico, come definito al punto 4.1.2.3.4.2. delle NTC2018.

Dalle tabelle di output del software sono stati ricavati i valori per unità di lunghezza delle azioni flettenti e normali nelle pareti citate e relativi all'involuppo delle combinazioni sismiche e statiche.

Si è rappresentato il diagramma di interazione N-M per ogni sezione considerando separatamente le azioni nelle due direzioni, verificando quindi l'armatura orizzontale di ripartizione (F11-M11) e l'armatura verticale (F22-M22).

A favore di sicurezza si eseguono le verifiche considerando una classe di calcestruzzo C30/37.

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotatoria Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

V7 – Viadotto Baucina – Relazione sottostrutture

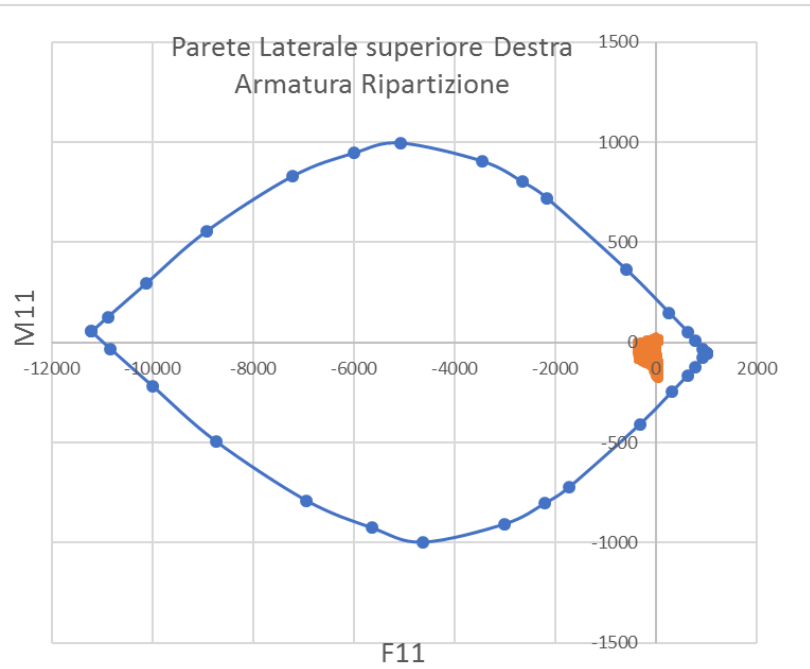
Di seguito si riportano i grafici relativi a tali elaborazioni per le combinazioni in condizione statica (SLU). Le verifiche della sezione sono soddisfatte se i punti cadono all'interno del dominio resistente ad essa associato.

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

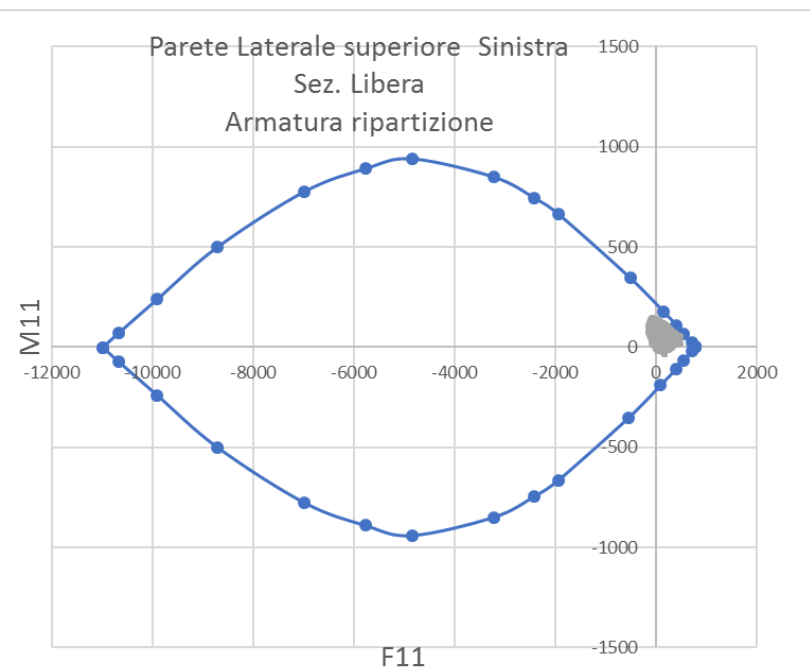
PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

V7 – Viadotto Baucina – Relazione sottostrutture

P60DX	
Parete Laterale superiore destra	
Armatura di ripartizione	
b	100 cm
h	60 cm
d _{ext}	4.8 cm
d _{int}	55 cm
φ _{ext}	16
n _{ext}	5
As _{ext}	10.05 cmq
passo _{ext}	20 cm
φ _{int}	20
n _{int}	5
As _{int}	15.71 cmq
passo _{int}	20 cm



P60SX	
Parete Laterale superiore sinistra sezione libera	
Armatura di ripartizione	
b	100 cm
h	60 cm
d _{ext}	4.8 cm
d _{int}	54.9 cm
φ _{ext}	16
n _{ext}	5
As _{ext}	10.05 cmq
passo _{ext}	20 cm
φ _{int}	16
n _{int}	5
As _{int}	10.05 cmq
passo _{int}	20 cm

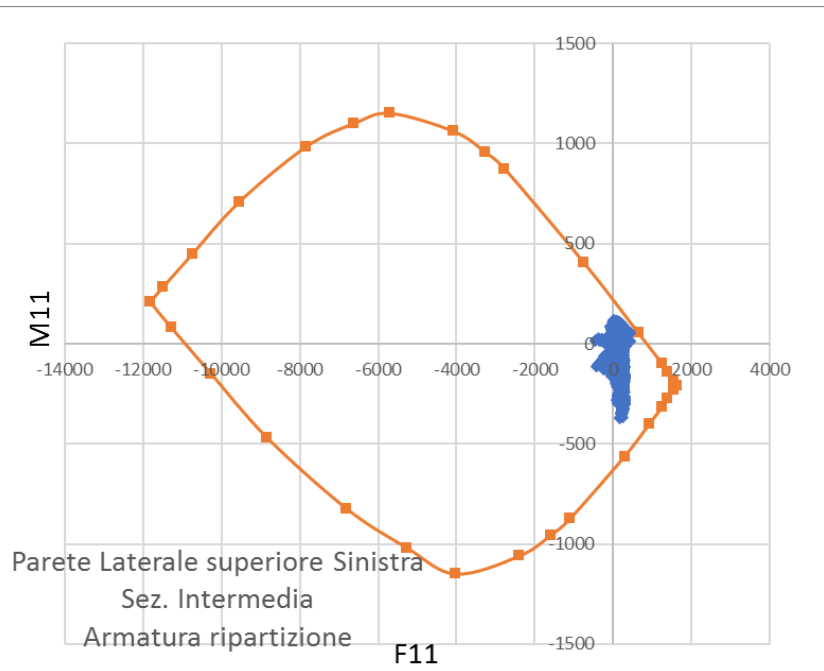


Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

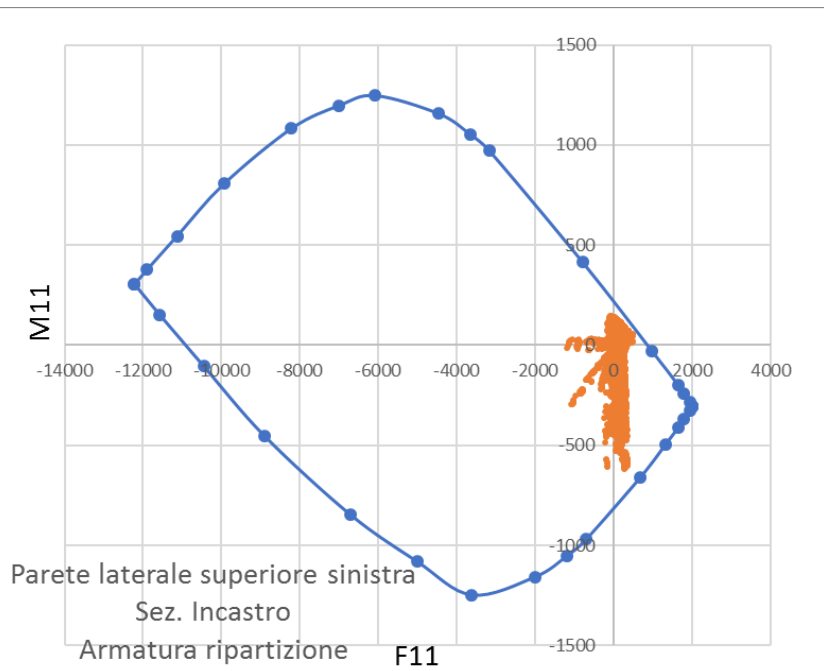
PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

V7 – Viadotto Baucina – Relazione sottostruttura

P60SX	
Parete Laterale superiore sinistra sezione intermedia	
Armatura di ripartizione	
b	100 cm
h	60 cm
d _{ext}	4.8 cm
d _{int}	54.9 cm
φ _{ext}	16
n _{ext}	5
As _{ext}	10.05 cmq
passo _{ext}	20 cm
φ _{int}	20
n _{int}	10
As _{int}	31.42 cmq
passo _{int}	10 cm



P60SX	
Parete Laterale superiore sinistra sezione incastro	
Armatura di ripartizione	
b	100 cm
h	60 cm
d _{ext}	4.8 cm
d _{int}	54.9 cm
φ _{ext}	16
n _{ext}	5
As _{ext}	10.05 cmq
passo _{ext}	20 cm
φ _{int 1}	20
n _{int 1}	10
φ _{int 2}	16
n _{int 2}	5
As _{int}	41.47 cmq
passo _{int1}	10
passo _{int2}	20 cm

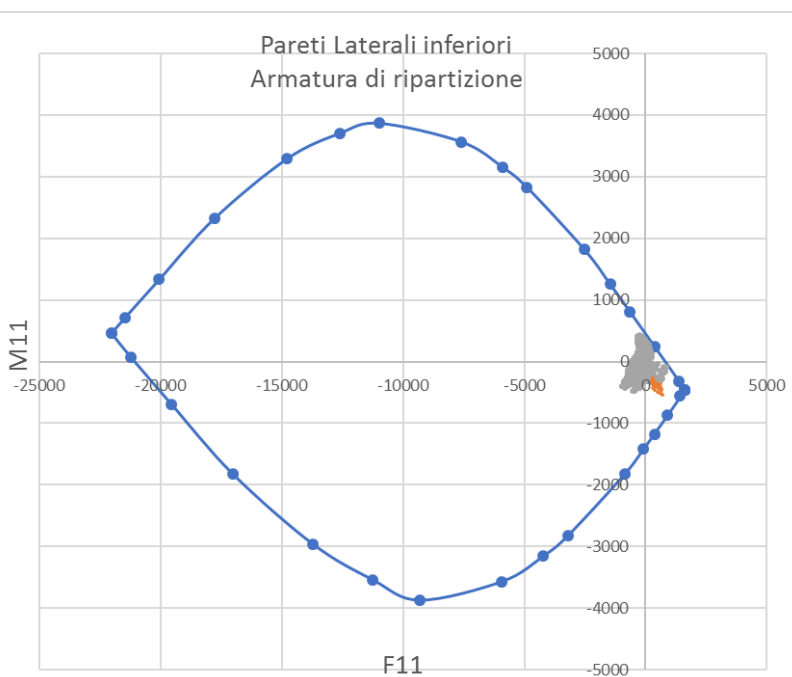


Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

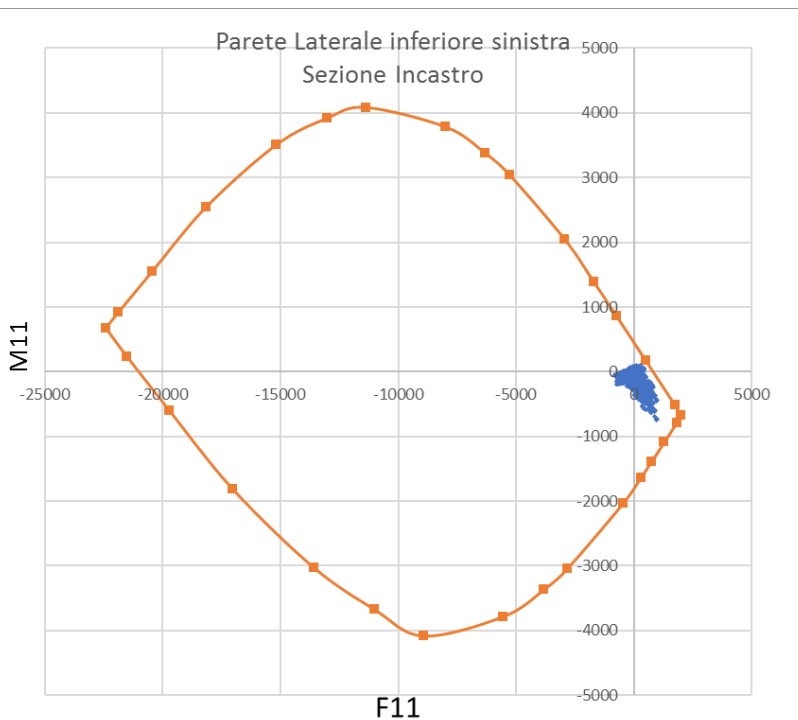
PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

V7 – Viadotto Baucina – Relazione sottostrutture

P120DX - P120SX	
Pareti laterali inferiori	
Armatura di ripartizione	
b	100 cm
h	120 cm
d _{ext}	5 cm
d _{int}	115 cm
φ _{ext}	16
n _{ext}	5
As _{ext}	10.05 cmq
passo _{ext}	20 cm
φ _{int}	20
n _{int}	10
As _{int}	31.42 cmq
passo _{int}	10 cm



P120SX	
Parete Laterale inferiore sinistra sezione incastro	
Armatura di ripartizione	
b	100 cm
h	120 cm
d _{ext}	5 cm
d _{int}	115 cm
φ _{ext}	16
n _{ext}	5
As _{ext}	10.05 cmq
passo _{ext}	20 cm
φ _{int 1}	20
n _{int 1}	10
φ _{int 2}	16
n _{int 2}	5
As _{int}	41.47 cmq
passo _{int1}	10
passo _{int2}	20 cm

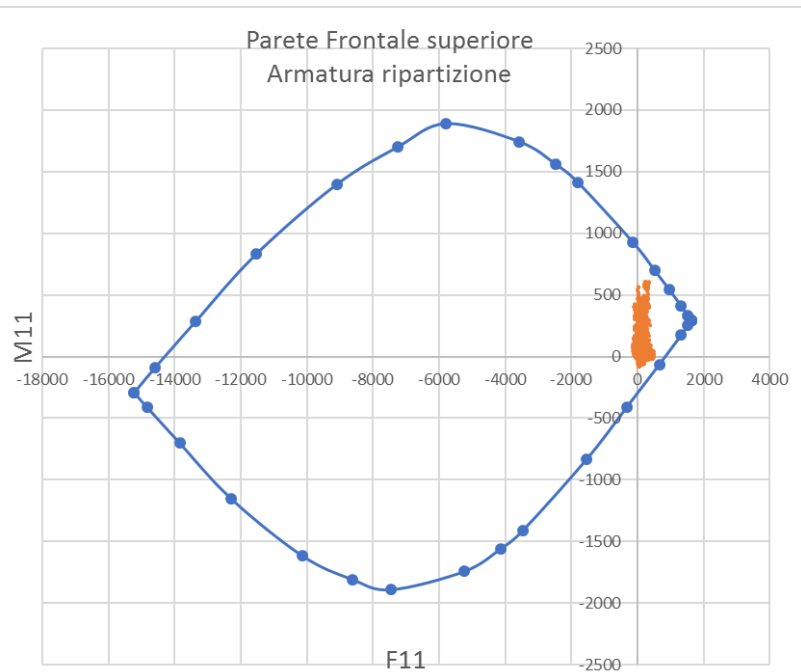


Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotatoria Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

V7 – Viadotto Baucina – Relazione sottostrutture

P80	
Parete frontale superiore	
Armatura di ripartizione	
b	100 cm
h	80 cm
d _{ext}	5 cm
d _{int}	75 cm
φ _{ext}	16
n _{ext}	5
As _{ext}	10.05 cmq
passo _{ext}	20 cm
φ _{int}	20
n _{int}	10
As _{int}	31.42 cmq
passo _{int}	10 cm

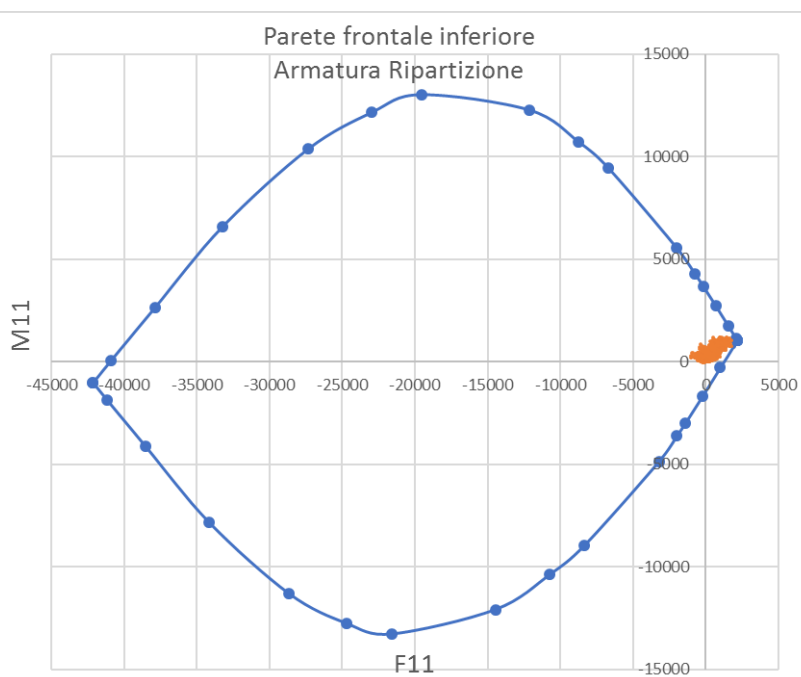


Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

V7 – Viadotto Baucina – Relazione sottostrutture

P235	
Parete Frontale Inferiore	
Armatura di ripartizione	
b	100 cm
h	235 cm
d _{ext}	5 cm
d _m	160 cm
d _{int}	230 cm
ϕ _{ext}	16
n _{ext}	5
As _{ext}	10.05 cmq
passo _{ext}	20 cm
ϕ _m	16
n _m	10
As _m	20.11 cmq
passo _m	10 cm
ϕ _{int 1}	20
n _{int 1}	5
ϕ _{int 2}	16
n _{int 2}	5
As _{int}	25.76 cmq
passo _{int1}	20
passo _{int2}	20 cm

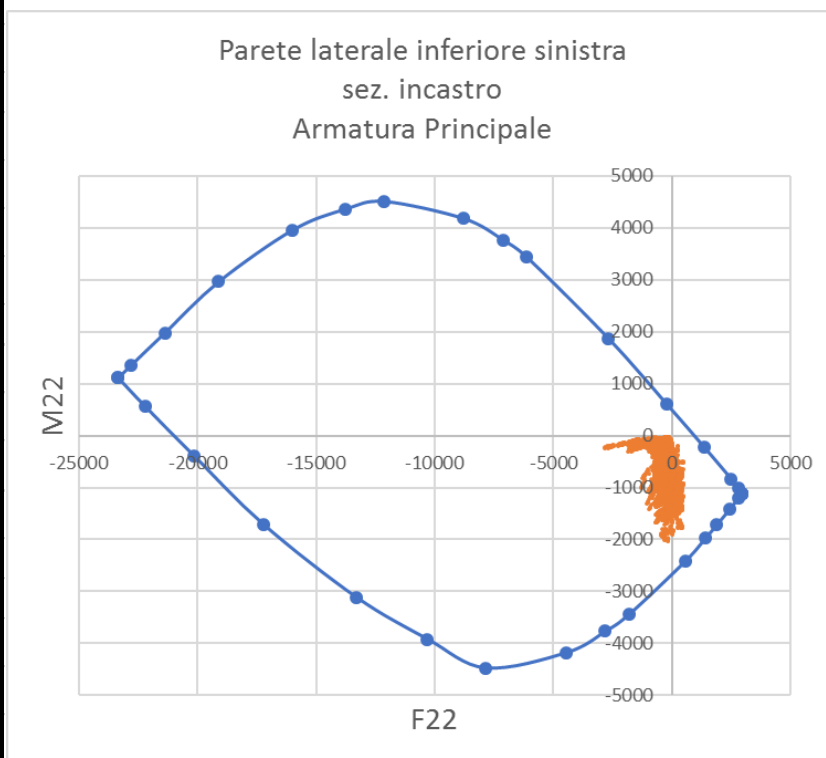


Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotatoria Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

V7 – Viadotto Baucina – Relazione sottostrutture

P120SX	
Parete Laterale inferiore sinistra sezione incastro	
Armatura principale	
b	100 cm
h	120 cm
d _{ext}	6.4 cm
d _m	109.2 cm
d _{int}	112.8 cm
ϕ _{ext}	16
n _{ext}	5
As _{ext}	10.05 cmq
passo _{ext}	20 cm
ϕ _m	16
n _m	10
As _m	20.11 cmq
passo _m	10 cm
ϕ _{int}	24
n _{int}	10
As _{int}	45.24 cmq
passo _{int}	10 cm

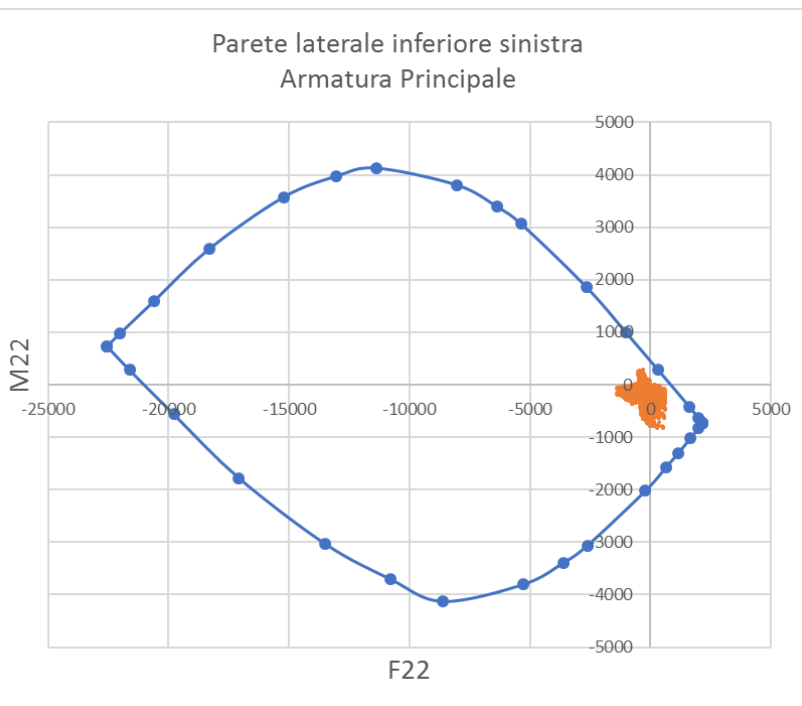


Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

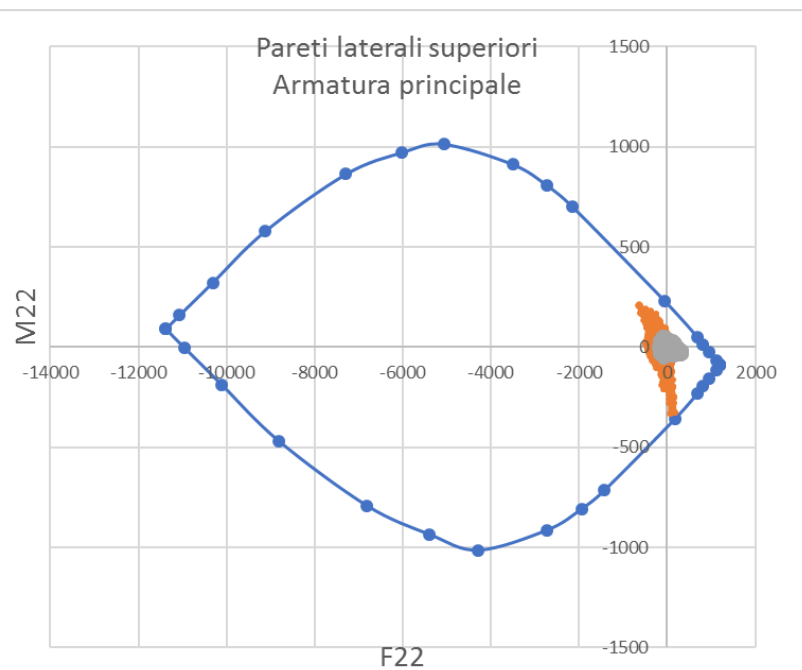
PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

V7 – Viadotto Baucina – Relazione sottostruttura

P120SX	
Parete Laterale inferiore sinistra	
Armatura principale	
b	100 cm
h	120 cm
d _{ext}	6.4 cm
d _{int}	112.8 cm
φ _{ext}	16
n _{ext}	5
As _{ext}	10.05 cmq
passo _{ext}	20 cm
φ _{int}	24
n _{int}	10
As _{int}	45.24 cmq
passo _{int}	10 cm



P60DX-P60SX	
Parete Laterali superiori	
Armatura principale	
b	100 cm
h	60 cm
d _{ext}	7 cm
d _{int}	53 cm
φ _{ext}	16
n _{ext}	5
As _{ext}	10.05 cmq
passo _{ext}	20 cm
φ _{int}	16
n _{int}	10
As _{int}	20.11 cmq
passo _{int}	10 cm

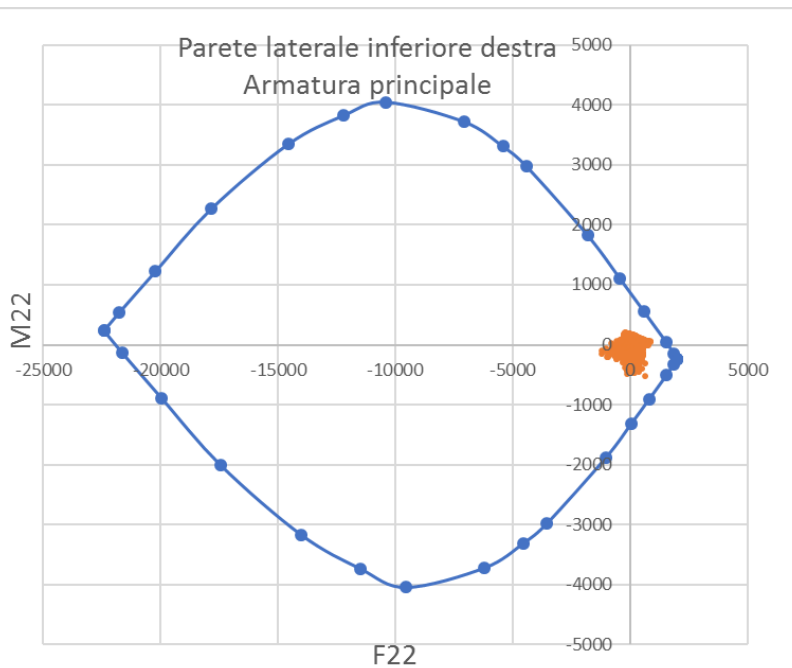


Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

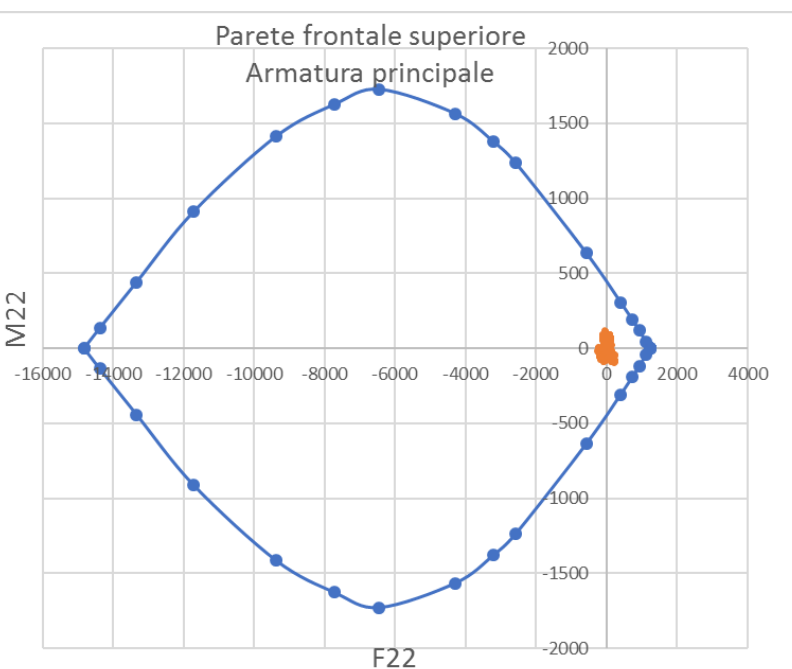
PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

V7 – Viadotto Baucina – Relazione sottostrutture

P120DX	
Parete Laterale inferiore destra	
Armatura principale	
b	100 cm
h	120 cm
d _{ext}	7 cm
d _{int}	113 cm
φ _{ext}	16
n _{ext}	10
As _{ext}	20.11 cmq
passo _{ext}	10 cm
φ _{int}	20
n _{int}	10
As _{int}	31.42 cmq
passo _{int}	20 cm



P80	
Parete frontale superiore	
Armatura principale	
b	100 cm
h	80 cm
d _{ext}	7 cm
d _{int}	73 cm
φ _{ext}	20
n _{ext}	5
As _{ext}	15.71 cmq
passo _{ext}	20 cm
φ _{int}	20
n _{int}	5
As _{int}	15.71 cmq
passo _{int}	20 cm

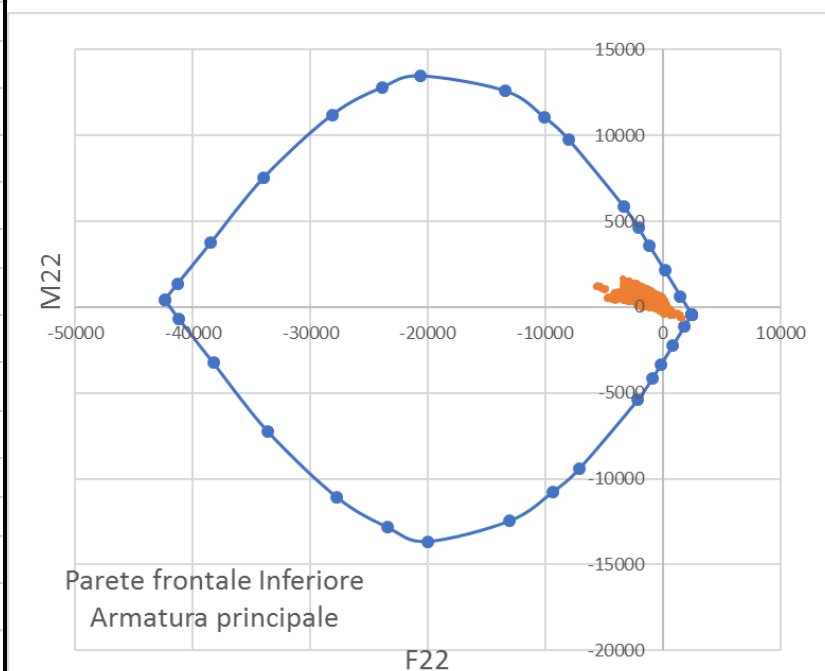


Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

V7 – Viadotto Baucina – Relazione sottostrutture

P235	
Parete frontale inferiore	
Armatura principale	
b	100 cm
h	235 cm
d _{ext}	7 cm
d _m	158 cm
d _{int}	228 cm
ϕ_{ext}	20
n _{ext}	10
As _{ext}	31.42 cmq
passo _{ext}	10 cm
ϕ_m	20
n _m	5
As _m	15.71 cmq
passo _m	20 cm
ϕ_{int}	20
n _{int}	5
As _{int}	15.71 cmq
passo _{int}	20 cm



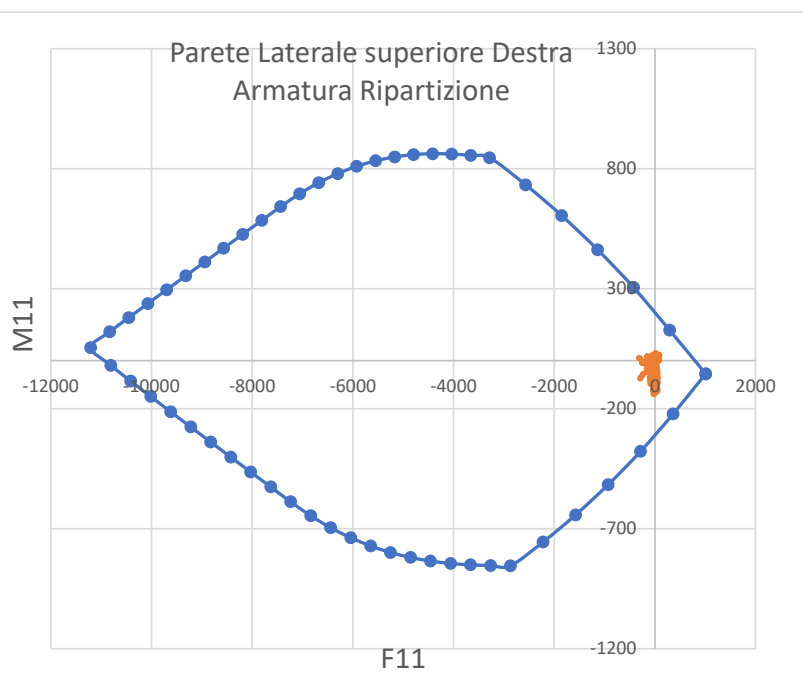
Di seguito si riportano i grafici relativi alle verifiche a presso-flessione per le combinazioni in condizione sismica (SLV), che riportano i domini di interazione al limite sostanzialmente elastico. Le verifiche della sezione sono soddisfatte se i punti cadono all'interno del dominio resistente ad essa associato.

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

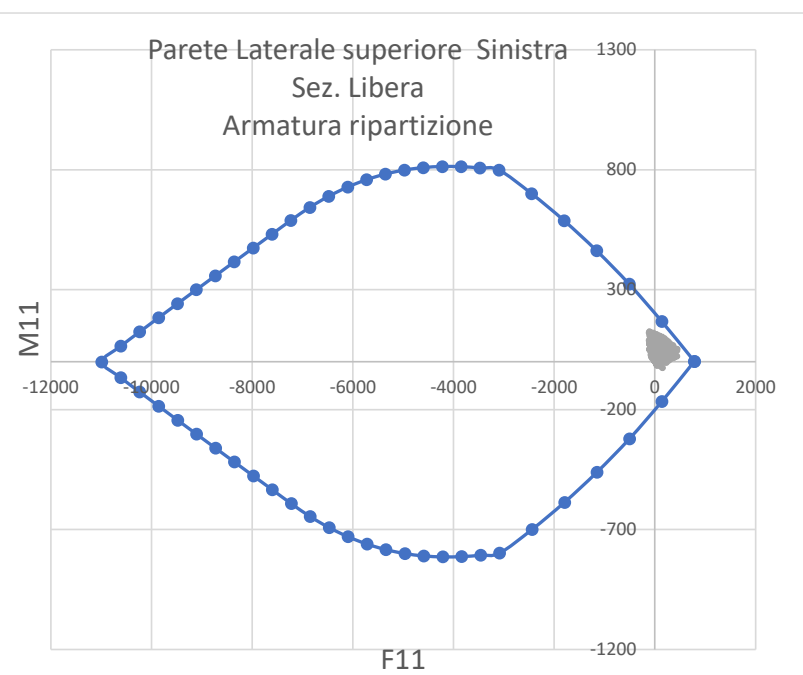
PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

V7 – Viadotto Baucina – Relazione sottostruttura

P60DX	
Parete Laterale superiore destra	
Armatura di ripartizione	
b	100 cm
h	60 cm
d _{ext}	4.8 cm
d _{int}	55 cm
φ _{ext}	16
n _{ext}	5
As _{ext}	10.05 cmq
passo _{ext}	20 cm
φ _{int}	20
n _{int}	5
As _{int}	15.71 cmq
passo _{int}	20 cm



P60SX	
Parete Laterale superiore sinistra sezione libera	
Armatura di ripartizione	
b	100 cm
h	60 cm
d _{ext}	4.8 cm
d _{int}	54.9 cm
φ _{ext}	16
n _{ext}	5
As _{ext}	10.05 cmq
passo _{ext}	20 cm
φ _{int}	16
n _{int}	5
As _{int}	10.05 cmq
passo _{int}	20 cm

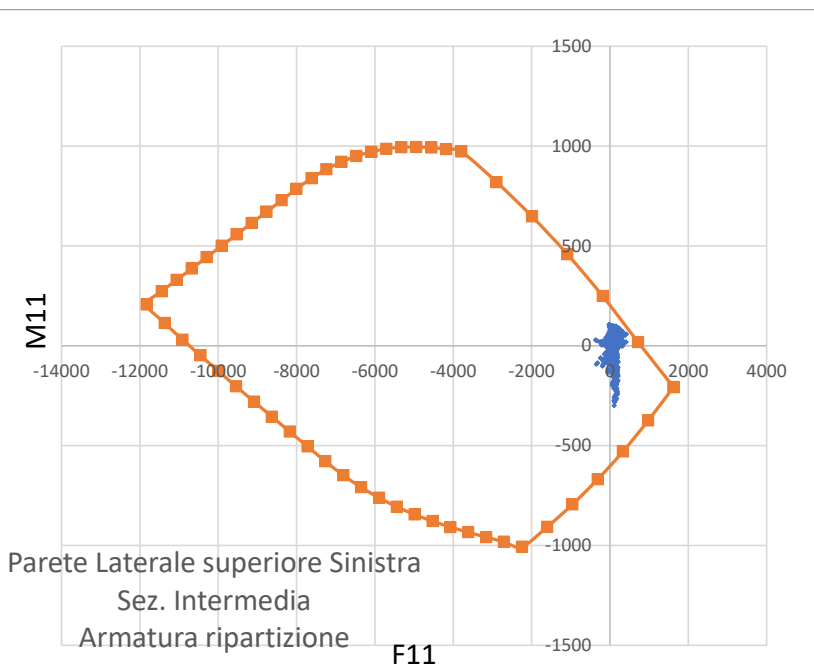


Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

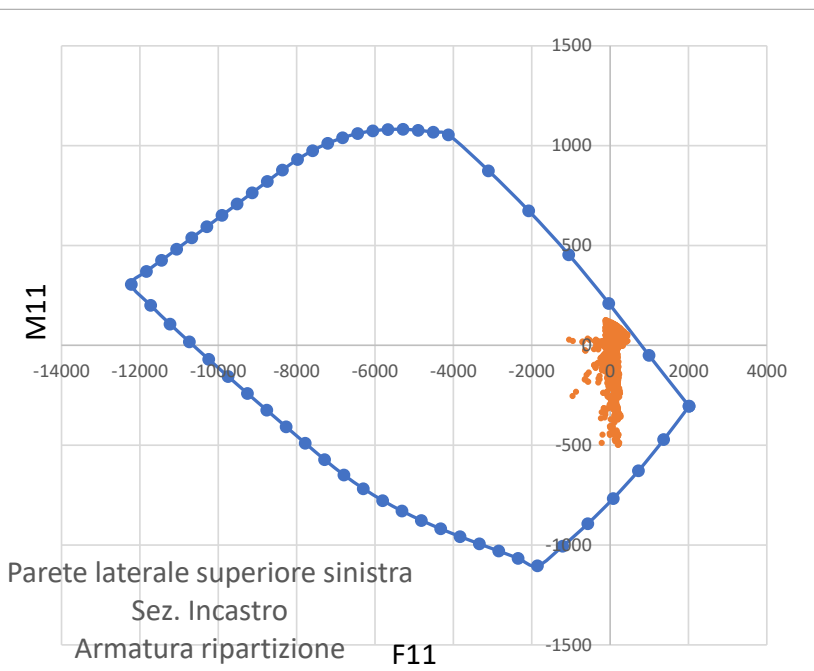
PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

V7 – Viadotto Baucina – Relazione sottostrutture

P60SX	
Parete Laterale superiore sinistra sezione intermedia	
Armatura di ripartizione	
b	100 cm
h	60 cm
d _{ext}	4.8 cm
d _{int}	54.9 cm
ϕ_{ext}	16
n _{ext}	5
As _{ext}	10.05 cmq
passo _{ext}	20 cm
ϕ_{int}	20
n _{int}	10
As _{int}	31.42 cmq
passo _{int}	10 cm



P60SX	
Parete Laterale superiore sinistra sezione incastro	
Armatura di ripartizione	
b	100 cm
h	60 cm
d _{ext}	4.8 cm
d _{int}	54.9 cm
ϕ_{ext}	16
n _{ext}	5
As _{ext}	10.05 cmq
passo _{ext}	20 cm
ϕ_{int1}	20
n _{int1}	10
ϕ_{int2}	16
n _{int2}	5
As _{int}	41.47 cmq
passo _{int1}	10
passo _{int2}	20 cm

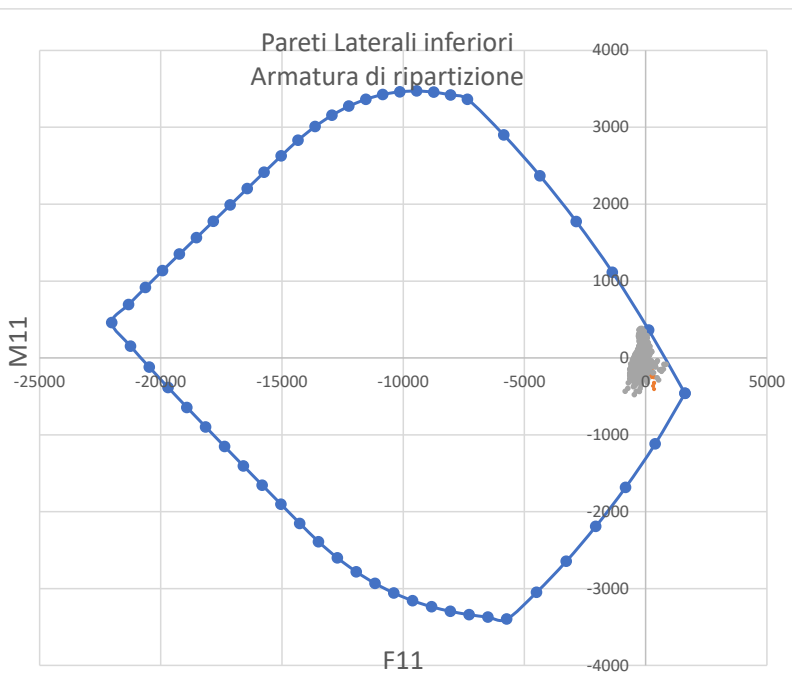


Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

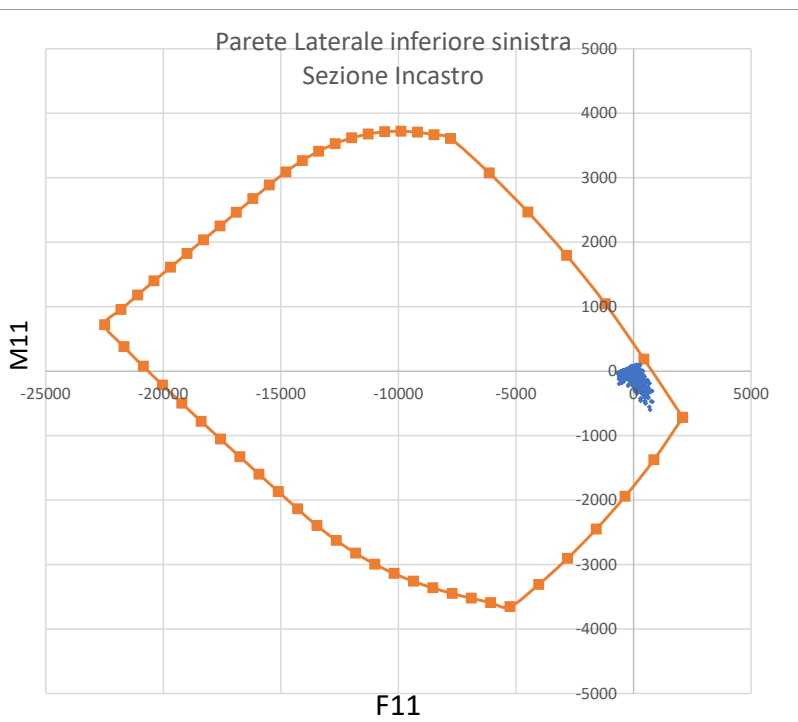
PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

V7 – Viadotto Baucina – Relazione sottostruttura

P120DX - P120SX	
Pareti laterali inferiori	
Armatura di ripartizione	
b	100 cm
h	120 cm
d _{ext}	5 cm
d _{int}	115 cm
φ _{ext}	16
n _{ext}	5
As _{ext}	10.05 cmq
passo _{ext}	20 cm
φ _{int}	20
n _{int}	10
As _{int}	31.42 cmq
passo _{int}	10 cm



P120SX	
Parete Laterale inferiore sinistra sezione incastro	
Armatura di ripartizione	
b	100 cm
h	120 cm
d _{ext}	5 cm
d _{int}	115 cm
φ _{ext}	16
n _{ext}	5
As _{ext}	10.05 cmq
passo _{ext}	20 cm
φ _{int 1}	20
n _{int 1}	10
φ _{int 2}	16
n _{int 2}	5
As _{int}	41.47 cmq
passo _{int1}	10
passo _{int2}	20 cm

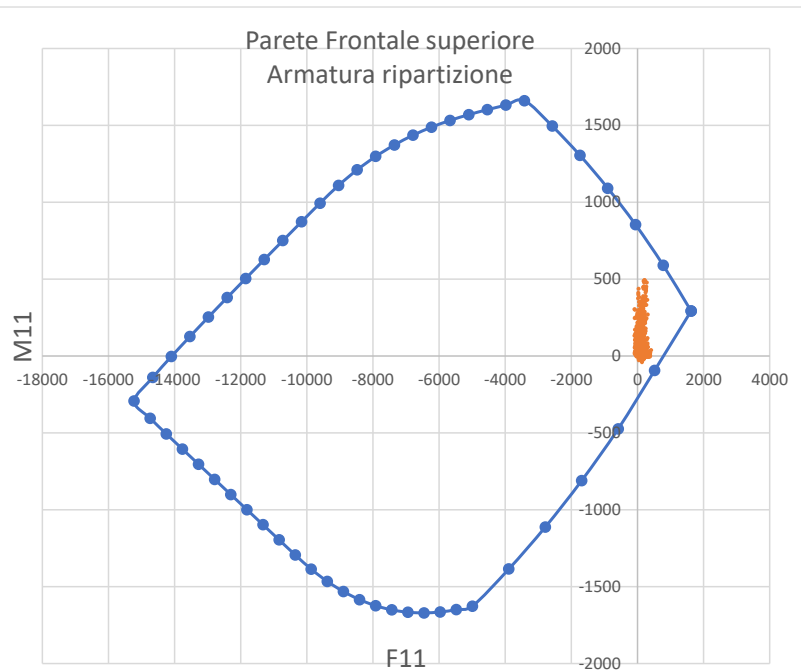


Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotatoria Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

V7 – Viadotto Baucina – Relazione sottostrutture

P80	
Parete frontale superiore	
Armatura di ripartizione	
b	100 cm
h	80 cm
d _{ext}	5 cm
d _{int}	75 cm
φ _{ext}	16
n _{ext}	5
As _{ext}	10.05 cmq
passo _{ext}	20 cm
φ _{int}	20
n _{int}	10
As _{int}	31.42 cmq
passo _{int}	10 cm

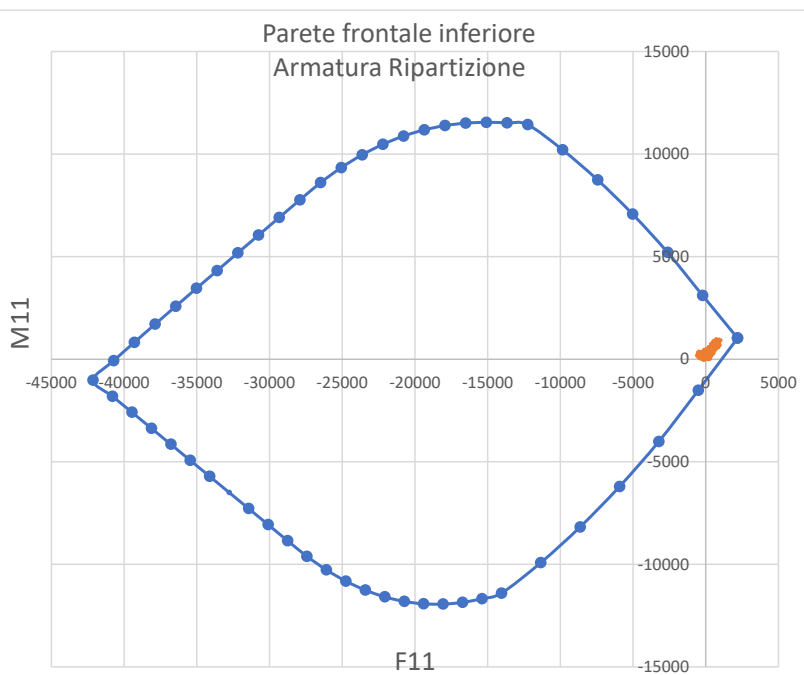


Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotatoria Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

V7 – Viadotto Baucina – Relazione sottostrutture

P235	
Parete Frontale Inferiore	
Armatura di ripartizione	
b	100 cm
h	235 cm
d _{ext}	5 cm
d _m	160 cm
d _{int}	230 cm
ϕ _{ext}	16
n _{ext}	5
As _{ext}	10.05 cmq
passo _{ext}	20 cm
ϕ _m	16
n _m	10
As _m	20.11 cmq
passo _m	10 cm
ϕ _{int 1}	20
n _{int 1}	5
ϕ _{int 2}	16
n _{int 2}	5
As _{int}	25.76 cmq
passo _{int1}	20
passo _{int2}	20 cm

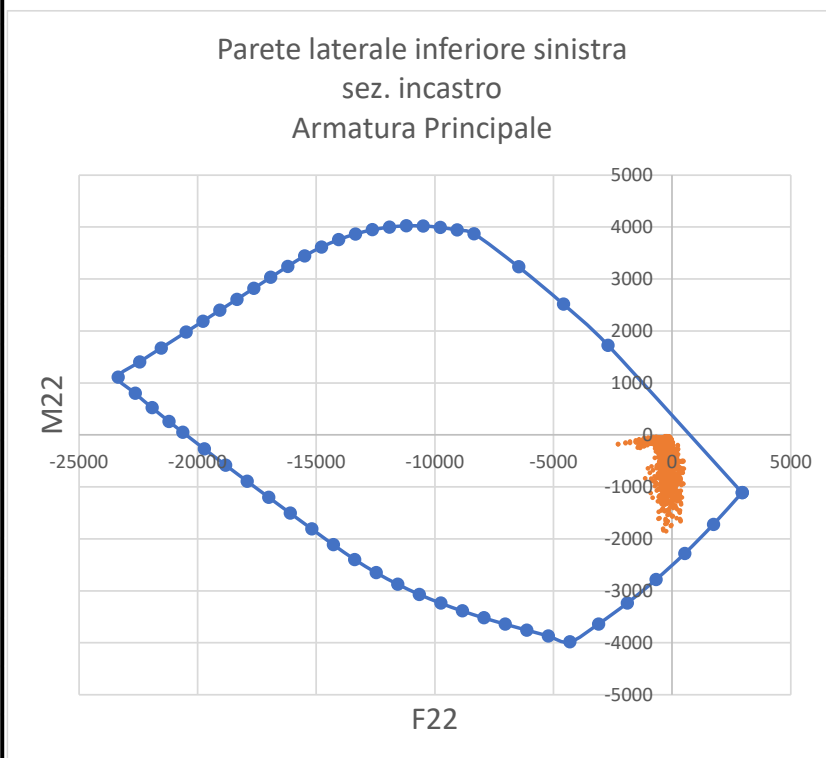


Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotatoria Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

V7 – Viadotto Baucina – Relazione sottostrutture

P120SX	
Parete Laterale inferiore sinistra sezione incastro	
Armatura principale	
b	100 cm
h	120 cm
d _{ext}	6.4 cm
d _m	109.2 cm
d _{int}	112.8 cm
ϕ_{ext}	16
n _{ext}	5
As _{ext}	10.05 cmq
passo _{ext}	20 cm
ϕ_m	16
n _m	10
As _m	20.11 cmq
passo _m	10 cm
ϕ_{int}	24
n _{int}	10
As _{int}	45.24 cmq
passo _{int}	10 cm

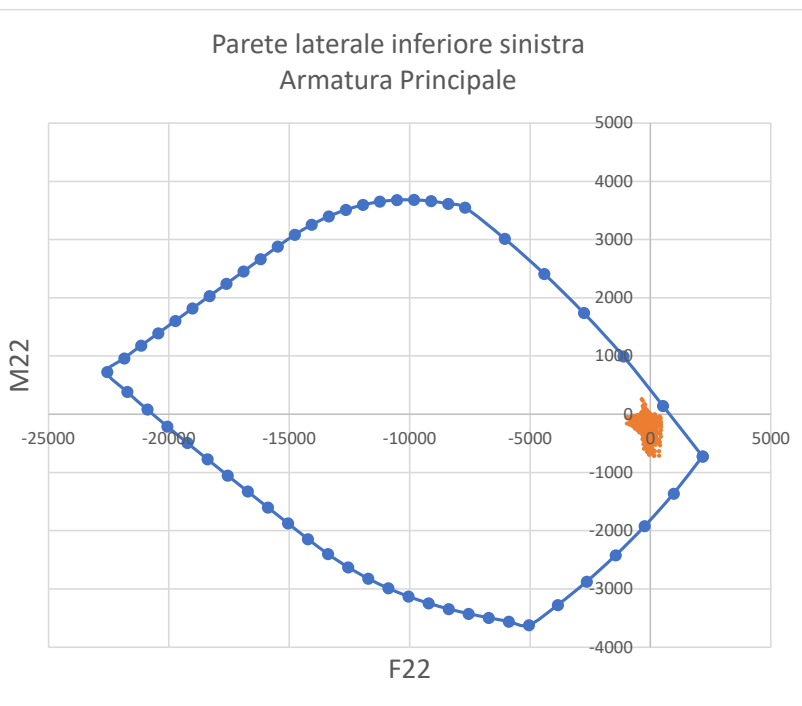


Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

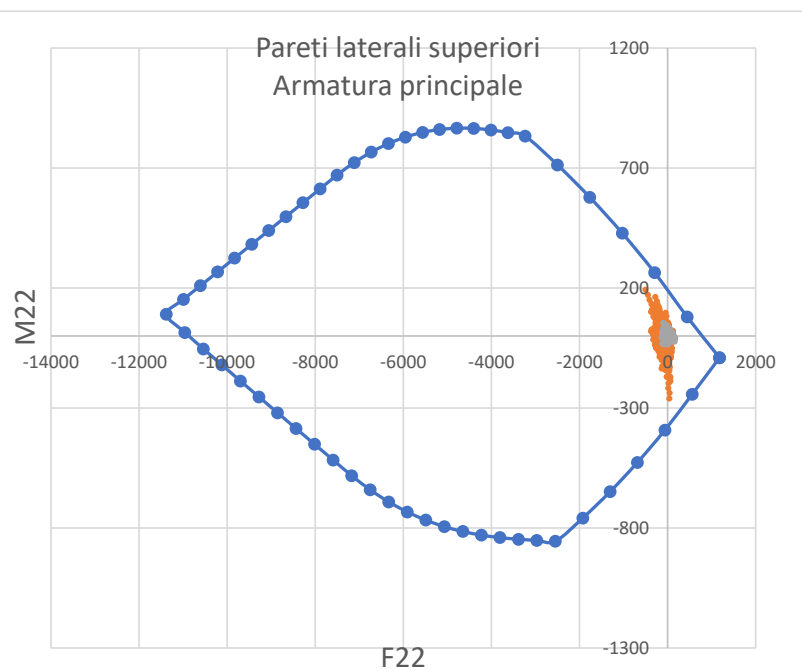
PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

V7 – Viadotto Baucina – Relazione sottostruttura

P120SX	
Parete Laterale inferiore sinistra	
Armatura principale	
b	100 cm
h	120 cm
d _{ext}	6.4 cm
d _{int}	112.8 cm
φ _{ext}	16
n _{ext}	5
As _{ext}	10.05 cmq
passo _{ext}	20 cm
φ _{int}	24
n _{int}	10
As _{int}	45.24 cmq
passo _{int}	10 cm



P60DX-P60SX	
Parete Laterali superiori	
Armatura principale	
b	100 cm
h	60 cm
d _{ext}	7 cm
d _{int}	53 cm
φ _{ext}	16
n _{ext}	5
As _{ext}	10.05 cmq
passo _{ext}	20 cm
φ _{int}	16
n _{int}	10
As _{int}	20.11 cmq
passo _{int}	10 cm

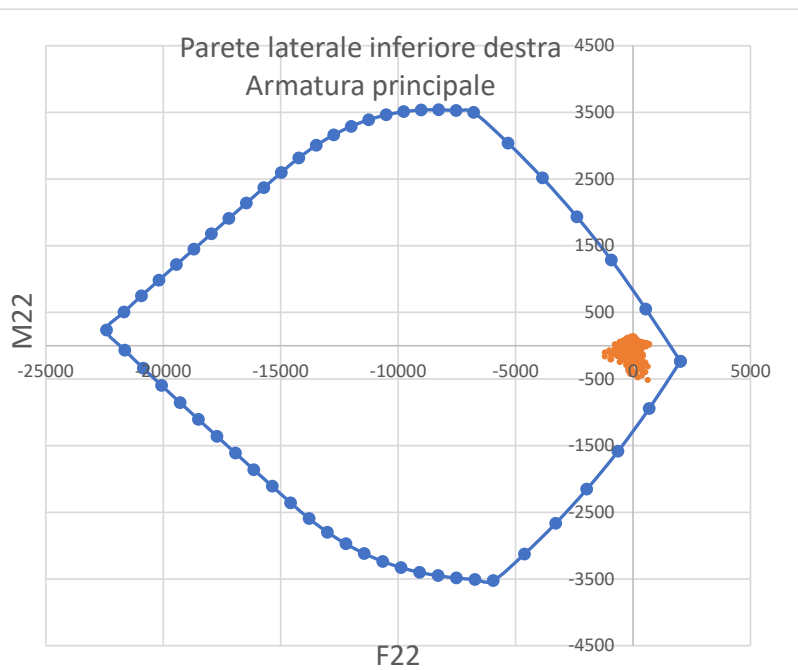


Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

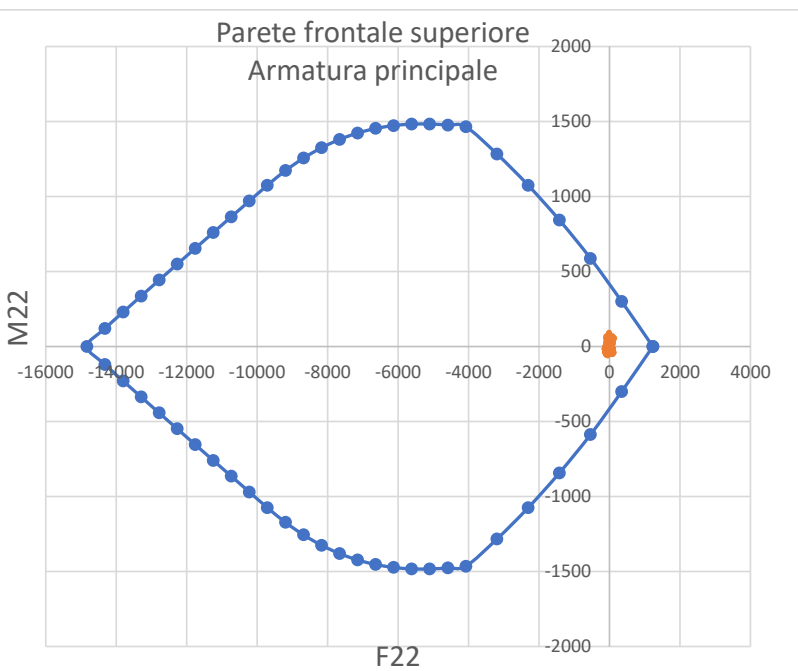
PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

V7 – Viadotto Baucina – Relazione sottostruttura

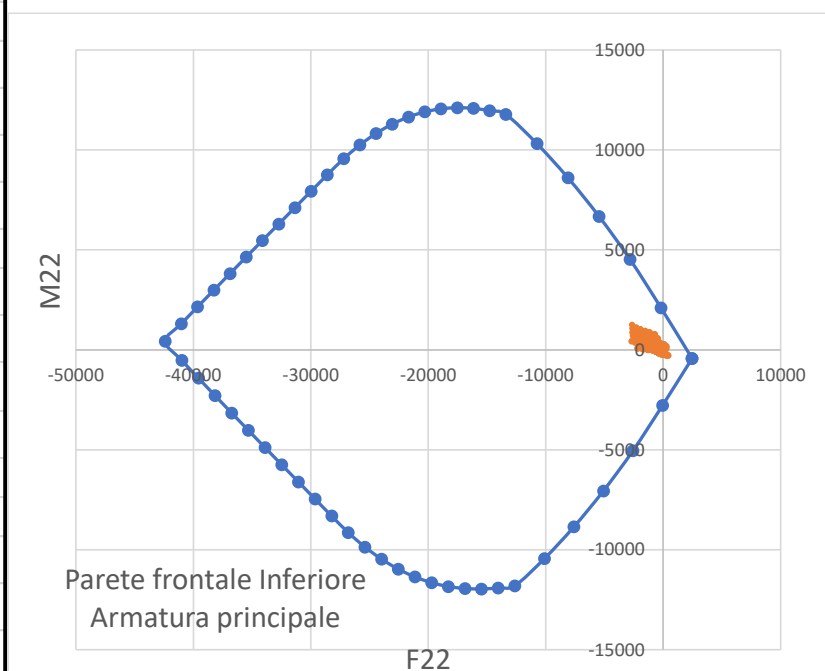
P120DX	
Parete Laterale inferiore destra	
Armatura principale	
b	100 cm
h	120 cm
d _{ext}	7 cm
d _{int}	113 cm
φ _{ext}	16
n _{ext}	10
As _{ext}	20.11 cmq
passo _{ext}	10 cm
φ _{int}	20
n _{int}	10
As _{int}	31.42 cmq
passo _{int}	20 cm



P80	
Parete frontale superiore	
Armatura principale	
b	100 cm
h	80 cm
d _{ext}	7 cm
d _{int}	73 cm
φ _{ext}	20
n _{ext}	5
As _{ext}	15.71 cmq
passo _{ext}	20 cm
φ _{int}	20
n _{int}	5
As _{int}	15.71 cmq
passo _{int}	20 cm



P235	
Parete frontale inferiore	
Armatura principale	
b	100 cm
h	235 cm
d _{ext}	7 cm
d _m	158 cm
d _{int}	228 cm
φ _{ext}	20
n _{ext}	10
As _{ext}	31.42 cmq
passo _{ext}	10 cm
φ _m	20
n _m	5
As _m	15.71 cmq
passo _m	20 cm
φ _{int}	20
n _{int}	5
As _{int}	15.71 cmq
passo _{int}	20 cm



12.1.4.2 Verifica a taglio

Dalla lettura delle mappe di colore relative all’inviluppo delle combinazioni sismiche e statiche si determinano i valori massimi per unità di lunghezza dell’azione tagliante V_{Ed} che sono riassunti in Tabella 31. Nella stessa tabella vengono riassunti i valori dei tagli resistenti per sezioni prive di armatura a taglio. Per la P120DX e la P120SX è necessario predisporre un’apposita armatura a taglio consistente in ganci $1\phi 12/20 \times 20$. Va ricordato che in base alle prescrizioni del §7.4.6.2.4 NTC2018 si sono previste 9 legature $\phi 12$ a metro quadro.

Tabella 31: Taglio resistente per sezioni prive di armature a taglio.

	V23max [kN]	V23Rd [kN]
P60DX	47	236
P60SX	218	236
P120DX	414	395
P120SX	826	446
P80	98	271
P235	530	666

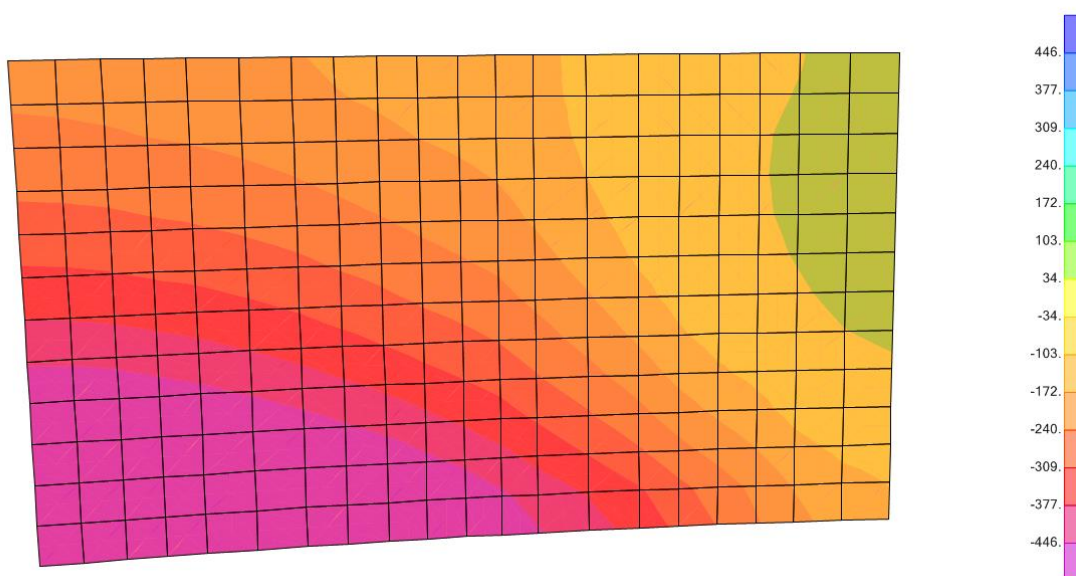


Figura 36: P120SX – andamento di V23 ed evidenziazione (in fucsia) delle zone in cui è necessario predisporre armature a taglio.

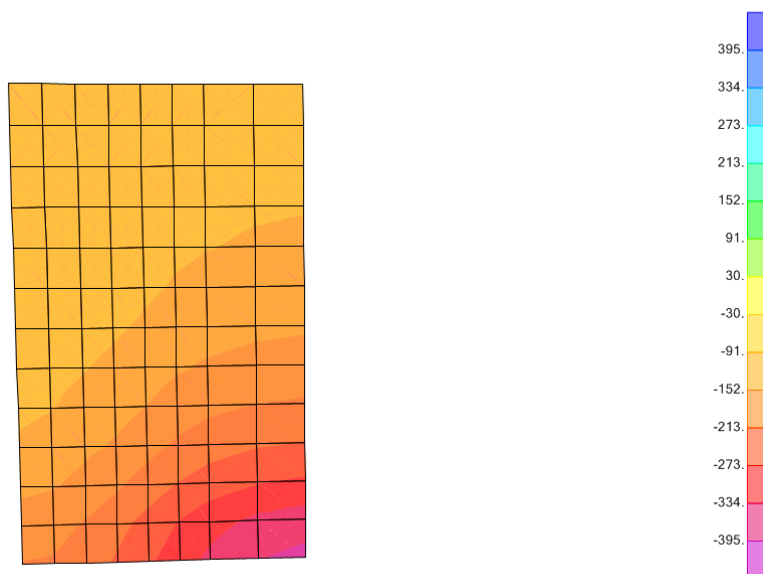


Figura 37: P120DX – andamento di V23 ed evidenziazione (in fucsia) delle zone in cui è necessario predisporre armatura a taglio.

Nelle seguenti tabelle vengono riportati i valori del taglio resistente V_{Rd} calcolato secondo le formule riportate al punto 4.1.2.1.3.1 delle NTC2018 e che rappresenta quel valore del taglio al di sotto del quale non è necessario disporre armature trasversali resistenti a taglio. Nei casi nei quali la verifica non risulti soddisfatta si riportano altresì le verifiche relative ad elementi con armature trasversali resistenti a taglio secondo il punto 4.1.2.1.3.2 delle NTC2018.

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

V7 – Viadotto Baucina – Relazione sottostrutture

Tabella 32: Taglio resistente V_{23Rd} P120SX

Dati		
b (mm)	1000.0	larghezza dell'anima resistente a taglio
h (mm)	1200.0	altezza della sezione
d (mm)	1110.0	altezza utile
f_{ck} (MPa)	32.0	resistenza caratt. a compressione del calcestruzzo
f_{yd} (MPa)	391.0	resistenza di progetto dell'acciaio
f_{cd} (MPa)	18.13	resistenza di progetto del calcestruzzo
f'_{cd} (MPa)	9.07	resistenza a compressione ridotta del cls d'anima
A_{sl} (mmq)	4524.0	armatura longitudinale
k	1.42	fattore di ingranamento
v_{min}	0.34	tensione resistente minima
ρ_l	0.0041	rapporto geom. di armatura longit.
N_{Ed} (N)	0.0	sforzo di compressione di progetto nella sezione
σ_{cp} (MPa)	0.00	tensione media di compressione nella sezione
α_c	1.00	coefficiente maggiorativo
Resist. a taglio dell'elemento non armato e armatura minima		
V_{Rd} (KN)	446.6	resist. a taglio della parete in assenza di apposita armatura

Tabella 33: Taglio resistente V_{23Rd} P120SX

Resist. a taglio della trave armata a taglio	
A_{st} (mmq)	565.0
s (mm)	200.0
$ctg\theta_{calcolato}$	2.685
$ctg\theta$	2.00
Rottura	duttile lato acc
V_{Rd3} (kN)	2206.9
V_{Rd2} (kN)	3623.0
V_{Rd} (kN)	2206.9

Tabella 34: Taglio resistente V_{23Rd} P120DX

Dati		
b (mm)	1000.0	larghezza dell'anima resistente a taglio
h (mm)	1200.0	altezza della sezione
d (mm)	1110.0	altezza utile
f_{ck} (MPa)	32.0	resistenza caratt. a compressione del calcestruzzo
f_{yd} (MPa)	391.0	resistenza di progetto dell'acciaio
f_{cd} (MPa)	18.13	resistenza di progetto del calcestruzzo
f'_{cd} (MPa)	9.07	resistenza a compressione ridotta del cls d'anima
A_{st} (mmq)	3142.0	armatura longitudinale
k	1.42	fattore di ingranamento
v_{min}	0.34	tensione resistente minima
ρ_l	0.0028	rapporto geom. di armatura longit.
N_{Ed} (N)	0.0	sforzo di compressione di progetto nella sezione
σ_{cp} (MPa)	0.00	tensione media di compressione nella sezione
α_c	1.00	coefficiente maggiorativo
Resist. a taglio dell'elemento non armato e armatura minima		
V_{Rd} (kN)	395.5	resist. a taglio del pilastro in assenza di apposita armatura

Tabella 35: Taglio resistente V_{23Rd} P120DX

Resist. a taglio della trave armata a taglio	
A_{st} (mmq)	565.0
s (mm)	200.0
$ctg\theta_{calcolato}$	2.685
$ctg\theta$	2.00
Rottura	duttile lato acc
V_{Rd3} (kN)	2206.9
V_{Rd2} (kN)	3623.0
V_{Rd} (kN)	2206.9

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

V7 – Viadotto Baucina – Relazione sottostrutture

Tabella 36: Taglio resistente V_{23Rd} P60DX - P60SX

Dati		
b (mm)	1000.0	larghezza dell'anima resistente a taglio
h (mm)	600.0	altezza della sezione
d (mm)	530.0	altezza utile
f_{ck} (MPa)	32.0	resistenza caratt. a compressione del calcestruzzo
f_{yd} (MPa)	391.0	resistenza di progetto dell'acciaio
f_{cd} (MPa)	18.13	resistenza di progetto del calcestruzzo
f'_{cd} (MPa)	9.07	resistenza a compressione ridotta del cls d'anima
A_{sl} (mmq)	2011.0	armatura longitudinale
k	1.61	fattore di ingranamento
v_{min}	0.41	tensione resistente minima
ρ_l	0.0038	rapporto geom. di armatura longit.
N_{Ed} (N)	0.0	sfuerzo di compressione di progetto nella sezione
σ_{cp} (MPa)	0.00	tensione media di compressione nella sezione
α_c	1.00	coefficiente maggiorativo
Resist. a taglio dell'elemento non armato e armatura minima		
V_{Rd} (KN)	236.0	resist. a taglio della parete in assenza di apposita armatura

Tabella 37: Taglio resistente V_{23Rd} P80

Dati		
b (mm)	1000.0	larghezza dell'anima resistente a taglio
h (mm)	800.0	altezza della sezione
d (mm)	730.0	altezza utile
f_{ck} (MPa)	32.0	resistenza caratt. a compressione del calcestruzzo
f_{yd} (MPa)	391.0	resistenza di progetto dell'acciaio
f_{cd} (MPa)	18.13	resistenza di progetto del calcestruzzo
f'_{cd} (MPa)	9.07	resistenza a compressione ridotta del cls d'anima
A_{sl} (mmq)	1571.0	armatura longitudinale
k	1.52	fattore di ingranamento
v_{min}	0.37	tensione resistente minima
ρ_l	0.0022	rapporto geom. di armatura longit.
N_{Ed} (N)	0.0	sforzo di compressione di progetto nella sezione
σ_{cp} (MPa)	0.00	tensione media di compressione nella sezione
α_c	1.00	coefficiente maggiorativo
Resist. a taglio dell'elemento non armato e armatura minima		
V_{Rd} (KN)	271.8	resist. a taglio della parete in assenza di apposita armatura

Tabella 38: Taglio resistente V_{23Rd} P235

Dati		
b (mm)	1000.0	larghezza dell'anima resistente a taglio
h (mm)	2350.0	altezza della sezione
d (mm)	2280.0	altezza utile
f_{ck} (MPa)	32.0	resistenza caratt. a compressione del calcestruzzo
f_{yd} (MPa)	391.0	resistenza di progetto dell'acciaio
f_{cd} (MPa)	18.13	resistenza di progetto del calcestruzzo
f'_{cd} (MPa)	9.07	resistenza a compressione ridotta del cls d'anima
A_{sl} (mmq)	1571.0	armatura longitudinale
k	1.30	fattore di ingranamento
v_{min}	0.29	tensione resistente minima
ρ_l	0.0007	rapporto geom. di armatura longit.
N_{Ed} (N)	0.0	sforzo di compressione di progetto nella sezione
σ_{cp} (MPa)	0.00	tensione media di compressione nella sezione
α_c	1.00	coefficiente maggiorativo
Resist. a taglio dell'elemento non armato e armatura minima		
V_{Rd} (KN)	666.2	resist. a taglio della parete in assenza di apposita armatura

12.1.4.3 Verifica a fessurazione

In accordo con quanto indicato nel §4.1.2.2.4 delle NTC2018 si sono effettuate le verifiche allo stato limite di formazione delle fessure, nel quale, per la combinazione di azioni prescelta, la tensione normale di trazione nella fibra più sollecitata deve risultare inferiore a:

$$\sigma_t = \frac{f_{ctm}}{1,2} = \frac{3,02}{1,2} = 2,52 \text{ MPa}$$

Nel caso in cui tale condizione non sia risultata soddisfatta, si è effettuata la verifica allo stato limite di apertura delle fessure secondo la CM n.7 21/01/19 relativa alle NTC2018, nel quale, per la combinazione di azioni prescelta, il valore limite di apertura della fessura calcolato al livello considerato è pari a:

$w_1 = 0,2 \text{ mm}$ per la Combinazione quasi permanente (QP);

$w_2 = 0,3 \text{ mm}$ per la Combinazione frequente (FR);

Per ulteriori approfondimenti si rimanda al punto 6.3 del presente elaborato.

Di seguito si riportano i risultati delle verifiche. A favore di sicurezza le tensioni sono state calcolate considerando una classe di calcestruzzo C30/37. Essendo la condizione allo SLE frequente più gravosa di quella allo SLE quasi permanente, le verifiche allo stato limite di formazione delle fessure o di apertura delle fessure che siano soddisfatte per lo SLE frequente, risultano automaticamente soddisfatte allo SLE quasi permanente.

Tabella 39: P80 armatura principale - verifica allo stato limite di formazione delle fessure (combinazione SLEfr)

Titolo: P80 armatura principale

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

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	100	80	1	15.71	7
			2	15.71	73

Sollecitazioni
 S.L.U. Metodo n

N_{Ed} 0 -180 kN
 M_{xEd} 0 -70 kNm
 M_{yEd} 0 0

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

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

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

Materiali
 B450C C30/37

ϵ_{su} 67.5 ‰	ϵ_{c2} 2 ‰	σ_c -0.3733 N/mm ²
f_{yd} 391.3 N/mm ²	ϵ_{cu} 3.5 ‰	σ_c 0.7983 N/mm ²
E_s 200 000 N/mm ²	f_{cd} 17	ϵ_s 0.05218 ‰
E_s/E_c 15	f_{cc}/f_{cd} 0.8	
ϵ_{syd} 1.957 ‰	$\sigma_{c,adm}$ 11.5	
$\sigma_{s,adm}$ 255 N/mm ²	τ_{co} 0.6933	
	τ_{c1} 2.029	

Verifica

Precompresso

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

V7 – Viadotto Baucina – Relazione sottostrutture

La verifica allo stato limite di formazione delle fessure per l'armatura di ripartizione della parete P80 non risulta soddisfatta. Si procede alla verifica allo stato limite di apertura delle fessure. Dai risultati riportati in Tabella 41 si conclude che la verifica a fessurazione risulta soddisfatta anche per la combinazione quasi permanente.

Tabella 40: P80 armatura ripartizione – calcolo tensione nelle barre (combinazione SLEfr)

The screenshot shows a software window titled "Verifica C.A. S.L.U. - File: SPA_paraghiaia_trasv". The interface includes a menu bar, a toolbar, and several panels for data entry and results.

Titolo: Paraghiaia Trasv

N° figure elementari: 1 **N° strati barre:** 2

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	100	80	1	10.05	5
			2	31.42	75

Sollecitazioni: S.L.U. Metodo n

N_{Ed}: 0 kN
M_{xEd}: 0 kNm
M_{yEd}: 0 kNm

P.to applicazione N: Centro (selected), Baricentro cls, Coord.[cm]

Materiali: B450C, C30/37

Proprietà	B450C	C30/37
ϵ_{su}	67.5 ‰	2 ‰
f_{yd}	391.3 N/mm²	3.5 N/mm²
E_s	200.000 N/mm²	17 N/mm²
E_s/E_c	15	0.8
ϵ_{syd}	1.957 ‰	11.5 ‰
$\sigma_{s,adm}$	255 N/mm²	0.6933
τ_{c1}		2.029

Calcolo: Metodo di calcolo: S.L.U.+, S.L.U.-, Metodo n (selected)

Verifica: N° iterazioni: 4

Precompresso:

Results:

- σ_c : -4.452 N/mm²
- σ_s : 210.3 N/mm²
- ϵ_s : 1.052 ‰
- d: 75 cm
- x: 18.07 x/d: 0.241
- δ : 0.7412

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

V7 – Viadotto Baucina – Relazione sottostruttura

Tabella 41: P80 armatura ripartizione - verifica allo stato limite di apertura delle fessure (combinazione SLEfr)

NTC2008 - C.M. 617 2/2/09		
f_{ck}	32.0	MPa
γ_c	1.5	-
f_{cd}	18.1	MPa
f_{cfm}	3.629	MPa
σ_t	3.024	MPa
E_c	30000.0	MPa
E_s	210000	MPa
M_{Ed}		KN*m
N_{Ed}		KN
b	1000	mm
h	800	mm
A'_s	1005	mm ²
A_s	3142	mm ²
d	750	mm
c ricoprimento netto arm. tesa	50	mm
ricoprimento barra più esterna	40	mm
ϕ_1	20	mm
n_1	10	-
ϕ_2	0	mm
n_2	0	-
ϕ_{eq}	20.0	mm
s orizzontale	100	mm
x	180.7	mm
$2.5(h-d)$	125.0	mm
$(h-x)/3$	206.4	mm
$h/2$	400.0	mm
$h_{c,eff}$	125.0	mm
$b_{c,eff}$	1000.0	mm
$A_{c,eff}$	125000	mm ²
$\rho_{p,eff}$	0.02514	-
k_t	0.4	-
k_1	0.8	-
k_2	0.5	-
k_3	3.4	-
k_4	0.425	-
$f_{ct,eff}$	3.024	MPa
α_e	7.000	-
σ_s	210	MPa
ε_{sm}	0.000731	-
$5*(c+\phi/2)$	250.0	mm
$1.3*(h-x)$	805.1	mm
$k_3*c+k_1*k_2*k_4*\phi/r$	271.3	mm
$\Delta_{s,max}$ - zona esterna barra	271.3	mm
w_d - zona esterna alla barra	0.198	mm
$\Delta_{s,max}$ - zona barra	271.3	mm
w_d - zona barra	0.198	mm

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

V7 – Viadotto Baucina – Relazione sottostruttura

Tabella 42: P60DX armatura principale - verifica allo stato limite di formazione delle fessure (combinazione SLEfr)

Titolo: P60DX armatura principale

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

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	100	60	1	10.05	7
			2	20.11	53

Sollecitazioni: S.L.U. Metodo n

N_{Ed}: 0 -230 kN
M_{xEd}: 0 30 kNm
M_{yEd}: 0 0

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

Materiali: B450C C30/37

ϵ_{su}	67.5 ‰	ϵ_{c2}	2 ‰
f_{yd}	391.3 N/mm ²	ϵ_{cu}	3.5 ‰
E_s	200 000 N/mm ²	f_{cd}	17
E_s/E_c	15	f_{cc}/f_{cd}	0.8
ϵ_{syd}	1.957 ‰	$\sigma_{c,adm}$	11.5
$\sigma_{s,adm}$	255 N/mm ²	τ_{co}	0.6933
		τ_{c1}	2.029

σ_c : -0.07465 N/mm²
 σ_c : 0.7724 N/mm²
 ϵ_s : 0.05052 ‰

Verifica

Precompresso

Non essendo soddisfatta la verifica allo stato limite di formazione delle fessure per l'armatura principale della parete P60SX (SLEfr), si procede alla verifica allo stato limite di apertura delle fessure.

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

V7 – Viadotto Baucina – Relazione sottostruttura

Tabella 43: P60SX armatura principale – calcolo tensione nelle barre (combinazione SLEfr)

Verifica C.A. S.L.U. - File: SPA_parete_0.6m_sx

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

Titolo: Resistenza parete SPA sx passo10 SLEfr

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

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	100	60	1	10.05	7
			2	20.11	53

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

Sollecitazioni
 S.L.U. Metodo n

N_{Ed} 0 -60 kN
 M_{xEd} 0 191 kNm
 M_{yEd} 0 0

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

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

Materiali

B450C		C30/37	
ϵ_{su}	67.5 ‰	ϵ_{c2}	2 ‰
f_{yd}	391.3 N/mm ²	ϵ_{cu}	3.5 ‰
E_s	200.000 N/mm ²	f_{cd}	17
E_s/E_c	15	f_{cc}/f_{cd}	0.8
ϵ_{syd}	1.957 ‰	$\sigma_{c,adm}$	11.5
$\sigma_{s,adm}$	255 N/mm ²	T_{co}	0.6933
		T_{c1}	2.029

σ_c -4.083 N/mm²
 σ_s 212.5 N/mm²

Verifica

N° iterazioni: 4

Precompresso

ϵ_s 1.063 ‰
 d 53 cm
 x 13.59 x/d 0.2563
 δ 0.7604

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

V7 – Viadotto Baucina – Relazione sottostruttura

Tabella 44: P60SX armatura principale – verifica allo stato limite di apertura delle fessure (combinazione SLEfr)

NTC2008 - C.M. 617 2/2/09		
f_{ck}	32.0	MPa
γ_c	1.5	-
f_{cd}	18.1	MPa
f_{cfm}	3.629	MPa
σ_t	3.024	MPa
E_c	30000.0	MPa
E_s	210000	MPa
M_{Ed}		KN*m
N_{Ed}		KN
b	1000	mm
h	600	mm
A'_s	1005	mm ²
A_s	2011	mm ²
d	530	mm
c ricoprimento netto arm. tesa	70	mm
ricoprimento barra più esterna	60	mm
ϕ_1	16	mm
n_1	10	-
ϕ_2	0	mm
n_2	0	-
ϕ_{eq}	16.0	mm
s orizzontale	100	mm
x	135.9	mm
$2.5(h-d)$	175.0	mm
$(h-x)/3$	154.7	mm
$h/2$	300.0	mm
$h_{c,eff}$	154.7	mm
$b_{c,eff}$	1000.0	mm
$A_{c,eff}$	154700	mm ²
$\rho_{p,eff}$	0.01300	-
k_t	0.4	-
k_1	0.8	-
k_2	0.5	-
k_3	3.4	-
k_4	0.425	-
$f_{ct,eff}$	3.024	MPa
α_e	7.000	-
σ_s	213	MPa
ε_{sm}	0.000609	-
$5*(c+\phi/2)$	340.0	mm
$1.3*(h-x)$	603.3	mm
$k_3*c+k_1*k_2*k_4*\phi/r$	413.2	mm
$\Delta_{s,max}$ - zona esterna barra	413.2	mm
w_d - zona esterna alla barra	0.251	mm
$\Delta_{s,max}$ - zona barra	413.2	mm
w_d - zona barra	0.251	mm

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

V7 – Viadotto Baucina – Relazione sottostruttura

Tabella 45: P60SX armatura principale - verifica allo stato limite di formazione delle fessure (combinazione SLEqp)

Titolo : P60SX Armatura principale

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

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	100	60	1	10.05	7
			2	20.11	53

Sollecitazioni S.L.U. Metodo n

N_{Ed} 0 0 kN
M_{xEd} 0 160 kNm
M_{yEd} 0 0

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

Materiali

B450C	C30/37
ϵ_{su} 67.5 ‰	ϵ_{c2} 2 ‰
f_{yd} 391.3 N/mm ²	ϵ_{cu} 3.5 ‰
E_s 200 000 N/mm ²	f_{cd} 17
E_s/E_c 15	f_{cc}/f_{cd} 0.8
ϵ_{syd} 1.957 ‰	$\sigma_{c,adm}$ 11.5
$\sigma_{s,adm}$ 255 N/mm ²	τ_{co} 0.6933
	τ_{c1} 2.029

σ_c -2.398 N/mm²
 σ_c 2.314 N/mm²
 ϵ_s 0.1323 ‰

Verifica Precompresso

Tabella 46: P60DX armatura di ripartizione - verifica allo stato limite di formazione delle fessure (combinazione SLEfr)

Titolo : P60DX armatura ripartizione

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

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	100	60	1	10.05	4.8
			2	15.71	55

Sollecitazioni S.L.U. Metodo n

N_{Ed} 0 -63 kN
M_{xEd} 0 105 kNm
M_{yEd} 0 0

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

Materiali

B450C	C30/37
ϵ_{su} 67.5 ‰	ϵ_{c2} 2 ‰
f_{yd} 391.3 N/mm ²	ϵ_{cu} 3.5 ‰
E_s 200 000 N/mm ²	f_{cd} 17
E_s/E_c 15	f_{cc}/f_{cd} 0.8
ϵ_{syd} 1.957 ‰	$\sigma_{c,adm}$ 11.5
$\sigma_{s,adm}$ 255 N/mm ²	τ_{co} 0.6933
	τ_{c1} 2.029

σ_c -1.457 N/mm²
 σ_c 1.621 N/mm²
 ϵ_s 0.1023 ‰

Verifica Precompresso

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

V7 – Viadotto Baucina – Relazione sottostrutture

Non essendo soddisfatta la verifica allo stato limite di formazione delle fessure per l'armatura di ripartizione della sezione di incastro P60SX (SLEfr), si procede alla verifica allo stato limite di apertura delle fessure. Dai risultati riportati in Tabella 48 si conclude che la verifica a fessurazione risulta soddisfatta anche per la combinazione quasi permanente.

Tabella 47: P60SX armatura ripartizione– calcolo tensione nelle barre (combinazione SLEfr)

The screenshot shows a software window titled "Verifica C.A. S.L.U. - File: SPA_parete_0,6m_trasv_sx". The interface includes a menu bar (File, Materiali, Opzioni, Visualizza, Progetto Sez. Rett., Sismica, Normativa: NTC 2008), a toolbar, and several data input and output sections.

Titolo: Resistenza parete sup SPA sx SLEfr

N° figure elementari: 1 **N° strati barre:** 2

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	100	60	1	10.05	4.8
			2	41.47	54.9

Sollecitazioni: S.L.U. / Metodo n

P.to applicazione N: Centro / Baicentro cls / Coord.[cm]

Materiali: B450C / C30/37

ϵ_{su}	67.5 ‰	ϵ_{c2}	2 ‰	σ_c	-6.643 N/mm ²
f_{yd}	391.3 N/mm ²	ϵ_{cu}	3.5 ‰	σ_s	214.9 N/mm ²
E_s	200 000 N/mm ²	f_{cd}	17 N/mm ²	ϵ_s	1.075 ‰
E_s/E_c	15	f_{cc}/f_{cd}	0.8	d	54.9 cm
ϵ_{syd}	1.957 ‰	$\sigma_{c,adm}$	11.5 N/mm ²	x	17.39 x/d 0.3168
$\sigma_{s,adm}$	255 N/mm ²	τ_{co}	0.6933	δ	0.836
		τ_{c1}	2.029		

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

Verifica: N° iterazioni: 4

Precompresso

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

V7 – Viadotto Baucina – Relazione sottostruttura

Tabella 48: P60SX armatura di ripartizione – verifica allo stato limite di apertura delle fessure (combinazione SLEfr)

NTC2008 - C.M. 617 2/2/09		
f_{ck}	32.0	MPa
γ_c	1.5	-
f_{cd}	18.1	MPa
f_{cfm}	3.629	MPa
σ_t	3.024	MPa
E_c	30000.0	MPa
E_s	210000	MPa
M_{Ed}		KN*m
N_{Ed}		KN
b	1000	mm
h	600	mm
A'_s	1005	mm ²
A_s	4147	mm ²
d	550	mm
c ricoprimento netto arm. tesa	50	mm
ricoprimento barra più esterna	40	mm
ϕ_1	20	mm
n_1	10	-
ϕ_2	16	mm
n_2	5	-
ϕ_{eq}	18.9	mm
s orizzontale	200	mm
x	173.9	mm
$2.5(h-d)$	125.0	mm
$(h-x)/3$	142.0	mm
$h/2$	300.0	mm
$h_{c,eff}$	125.0	mm
$b_{c,eff}$	1000.0	mm
$A_{c,eff}$	125000	mm ²
$\rho_{p,eff}$	0.03318	-
k_t	0.4	-
k_1	0.8	-
k_2	0.5	-
k_3	3.4	-
k_4	0.425	-
$f_{ct,eff}$	3.024	MPa
α_e	7.000	-
σ_s	215	MPa
ε_{sm}	0.000810	-
$5*(c+\phi/2)$	247.1	mm
$1.3*(h-x)$	553.9	mm
$k_3*c+k_1*k_2*k_4*\phi/r$	232.6	mm
$\Delta_{s,max}$ - zona esterna barra	232.6	mm
w_d - zona esterna alla barra	0.188	mm
$\Delta_{s,max}$ - zona barra	232.6	mm
w_d - zona barra	0.188	mm

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

V7 – Viadotto Baucina – Relazione sottostruttura

Tabella 49: P120DX armatura principale - verifica allo stato limite di formazione delle fessure (combinazione SLEfr)

Tabella 50: P120DX armatura di ripartizione - verifica allo stato limite di formazione delle fessure (combinazione SLEfr)

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

V7 – Viadotto Baucina – Relazione sottostrutture

Tabella 51: P120SX armatura principale - verifica allo stato limite di formazione delle fessure (combinazione SLEfr)

Titolo: P120SX armatura principale

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

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	100	120	1	10.05	6.4
			2	45.24	112.8

Sollecitazioni: S.L.U. Metodo n

N_{Ed}: 0 -281 kN
M_{xEd}: 0 515 kNm
M_{yEd}: 0 0

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

Materiali: B450C C30/37

ε_{su}: 67.5 ‰ ε_{c2}: 2 ‰
f_{yd}: 391.3 N/mm² ε_{cu}: 3.5 ‰
E_s: 200 000 N/mm² f_{cd}: 17 N/mm²
E_s/E_c: 15 f_{cc}/f_{cd}: 0.8
ε_{syd}: 1.957 ‰ σ_{c,adm}: 11.5 N/mm²
σ_{s,adm}: 255 N/mm² τ_{co}: 0.6933 N/mm²
τ_{c1}: 2.029 N/mm²

σ_c: -1.679 N/mm²
σ_c: 1.985 N/mm²
ε_s: 0.1324 ‰

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

Verifica N° iterazioni: 4

Precompresso

Non essendo soddisfatta la verifica allo stato limite di formazione delle fessure per l'armatura principale della sezione di incastro P120SX (SLEfr), si procede alla verifica allo stato limite di apertura delle fessure.

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

V7 – Viadotto Baucina – Relazione sottostruttura

Tabella 52: P120SX armatura principale sezione incastro– calcolo tensione nelle barre (combinazione SLEfr)

Verifica C.A. S.L.U. - File: SPA_parete_1.2m_sx_SLEfr_fi24_16

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

Titolo: Resistenza parete sx SPA SLEfr

N° figure elementari 1 Zoom N° strati barre 3 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	100	120	1	10.05	6.4
			2	45.24	112.8
			3	20.11	109.2

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

Sollecitazioni
 S.L.U. Metodo n
 N_{Ed} 0 -270 kN
 M_{xEd} 1950 1160 kNm
 M_{yEd} 0 0

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

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

Materiali
 B450C C30/37
 E_{su} 67.5 ‰ E_{c2} 2 ‰
 f_{yd} 391.3 N/mm² E_{cu} 3.5 ‰
 E_s 200 000 N/mm² f_{cd} 17 ‰
 E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 0.8
 ε_{syd} 1.957 ‰ σ_{c,adm} 11.5
 σ_{s,adm} 255 N/mm² τ_{co} 0.6933
 τ_{c1} 2.029

σ_c -5.618 N/mm²
 σ_s 198.9 N/mm²
 ε_s 0.9945 ‰
 d 112.8 cm
 x 33.57 x/d 0.2976
 δ 0.812

Verifica N° iterazioni: 4

Precompresso

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

V7 – Viadotto Baucina – Relazione sottostruttura

Tabella 53: P120SX armatura principale sezione incastro – verifica allo stato limite di apertura delle fessure
(combinazione SLEfr)

NTC2008 - C.M. 617 2/2/09		
f_{ck}	32.0	MPa
γ_c	1.5	-
f_{cd}	18.1	MPa
f_{cfm}	3.629	MPa
σ_t	3.024	MPa
E_c	30000.0	MPa
E_s	210000	MPa
M_{Ed}		KN*m
N_{Ed}		KN
b	1000	mm
h	1200	mm
A'_s	1005	mm ²
A_s	6535	mm ²
d	1128	mm
c ricoprimento netto arm. tesa	72	mm
ricoprimento barra più esterna	60	mm
ϕ_1	24	mm
n_1	10	-
ϕ_2	16	mm
n_2	10	-
ϕ_{eq}	20.8	mm
s orizzontale	100	mm
x	335.7	mm
$2.5(h-d)$	180.0	mm
$(h-x)/3$	288.1	mm
$h/2$	600.0	mm
$h_{c,eff}$	180.0	mm
$b_{c,eff}$	1000.0	mm
$A_{c,eff}$	180000	mm ²
$\rho_{p,eff}$	0.03631	-
k_t	0.4	-
k_1	0.8	-
k_2	0.5	-
k_3	3.4	-
k_4	0.425	-
$f_{ct,eff}$	3.024	MPa
α_e	7.000	-
σ_s	200	MPa
ε_{sm}	0.000753	-
$5*(c+\phi/2)$	352.0	mm
$1.3*(h-x)$	1123.6	mm
$k_3*c+k_1*k_2*k_4*\phi/r$	301.4	mm
$\Delta_{s,max}$ - zona esterna barra	301.4	mm
w_d - zona esterna alla barra	0.227	mm
$\Delta_{s,max}$ - zona barra	301.4	mm
w_d - zona barra	0.227	mm

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

V7 – Viadotto Baucina – Relazione sottostruttura

Tabella 54: P120SX armatura principale sezione incastro– calcolo tensione nelle barre (combinazione SLEqp)

Verifica C.A. S.L.U. - File: SPA_parete_1.2m_sx_SLEfr_fi24_16

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

Titolo: Resistenza parete sx SPA SLEfr

N° figure elementari: 1 Zoom N° strati barre: 3 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	100	120	1	10.05	6.4
			2	45.24	112.8
			3	20.11	109.2

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

Sollecitazioni
 S.L.U. Metodo n
 N_{Ed} 0 -223 kN
 M_{xEd} 1950 1044 kNm
 M_{yEd} 0 0

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

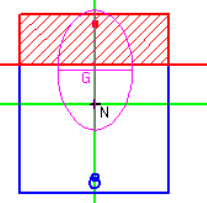
Metodo di calcolo
 S.L.U.+ S.L.U.-
 Metodo n

Materiali
 B450C C30/37
 ε_{su} 67.5 ‰ ε_{c2} 2 ‰
 f_{yd} 391.3 N/mm² ε_{cu} 3.5 ‰
 E_s 200 000 N/mm² f_{cd} 17 N/mm²
 E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 0.8
 ε_{syd} 1.957 ‰ σ_{c,adm} 11.5 N/mm²
 σ_{s,adm} 255 N/mm² τ_{co} 0.6933
 τ_{c1} 2.029

σ_c -5.078 N/mm²
 σ_s 177.6 N/mm²
 ε_s 0.8882 ‰
 d 112.8 cm
 x 33.85 x/d 0.3001
 δ 0.8151

Verifica N° iterazioni: 4

Precompresso



Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

V7 – Viadotto Baucina – Relazione sottostrutture

Tabella 55: P120SX armatura principale sezione incastro – verifica allo stato limite di apertura delle fessure (combinazione SLEqp)

NTC2008 - C.M. 617 2/2/09		
f_{ck}	32.0	MPa
γ_c	1.5	-
f_{cd}	18.1	MPa
f_{cfm}	3.629	MPa
σ_t	3.024	MPa
E_c	30000.0	MPa
E_s	210000	MPa
M_{Ed}		KN*m
N_{Ed}		KN
b	1000	mm
h	1200	mm
A'_s	1005	mm ²
A_s	5309	mm ²
d	1128	mm
c ricoprimento netto arm. tesa	72	mm
ricoprimento barra più esterna	60	mm
ϕ_1	24	mm
n_1	10	-
ϕ_2	16	mm
n_2	10	-
ϕ_{eq}	20.8	mm
s orizzontale	100	mm
x	338.5	mm
$2.5(h-d)$	180.0	mm
$(h-x)/3$	287.2	mm
$h/2$	600.0	mm
$h_{c,eff}$	180.0	mm
$b_{c,eff}$	1000.0	mm
$A_{c,eff}$	180000	mm ²
$\rho_{p,eff}$	0.02949	-
k_t	0.4	-
k_1	0.8	-
k_2	0.5	-
k_3	3.4	-
k_4	0.425	-
$f_{ct,eff}$	3.024	MPa
α_e	7.000	-
σ_s	178	MPa
ϵ_{sm}	0.000612	-
$5*(c+\phi/2)$	352.0	mm
$1.3*(h-x)$	1120.0	mm
$k_3*c+k_1*k_2*k_4*\phi/r$	323.9	mm
$\Delta_{s,max}$ - zona esterna barra	323.9	mm
w_d - zona esterna alla barra	0.198	mm
$\Delta_{s,max}$ - zona barra	323.9	mm
w_d - zona barra	0.198	mm

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

V7 – Viadotto Baucina – Relazione sottostruttura

Tabella 56: P120SX armatura di ripartizione - verifica allo stato limite di formazione delle fessure (combinazione SLEfr)

Verifica C.A. S.L.U. - File: SPA_parete_1.2m_sx_trasv

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

Titolo: P120SX armatura ripartizione sez. incastro

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

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	100	120	1	10.05	5
			2	41.47	115

Sollecitazioni S.L.U. Metodo n

N_{Ed} 0 0 kN
M_{xEd} 0 -300 kNm
M_{yEd} 0 0

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

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

Verifica

Precompresso

Materiali

B450C	C30/37
ϵ_{su} 67.5 ‰	ϵ_{c2} 2 ‰
f_{yd} 391.3 N/mm²	ϵ_{cu} 3.5 ‰
E_s 200 000 N/mm²	f_{cd} 17
E_s/E_c 15	f_{cc}/f_{cd} 0.8
ϵ_{syd} 1.957 ‰	$\sigma_{c,adm}$ 11.5
$\sigma_{s,adm}$ 255 N/mm²	τ_{co} 0.6933
	τ_{c1} 2.029

σ_c -1.042 N/mm²
 σ_c 1.115 N/mm²
 ϵ_s 0.0769 ‰

Tabella 57: P235 armatura principale - verifica allo stato limite di formazione delle fessure (combinazione SLEfr)

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

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

Titolo: P235 Armatura principale

N° figure elementari 1 Zoom N° strati barre 3 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	100	235	1	31.42	7
			2	15.71	158
			3	15.71	228

Sollecitazioni S.L.U. Metodo n

N_{Ed} 0 2374 kN
M_{xEd} 0 1150 kNm
M_{yEd} 0 0

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

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

Verifica

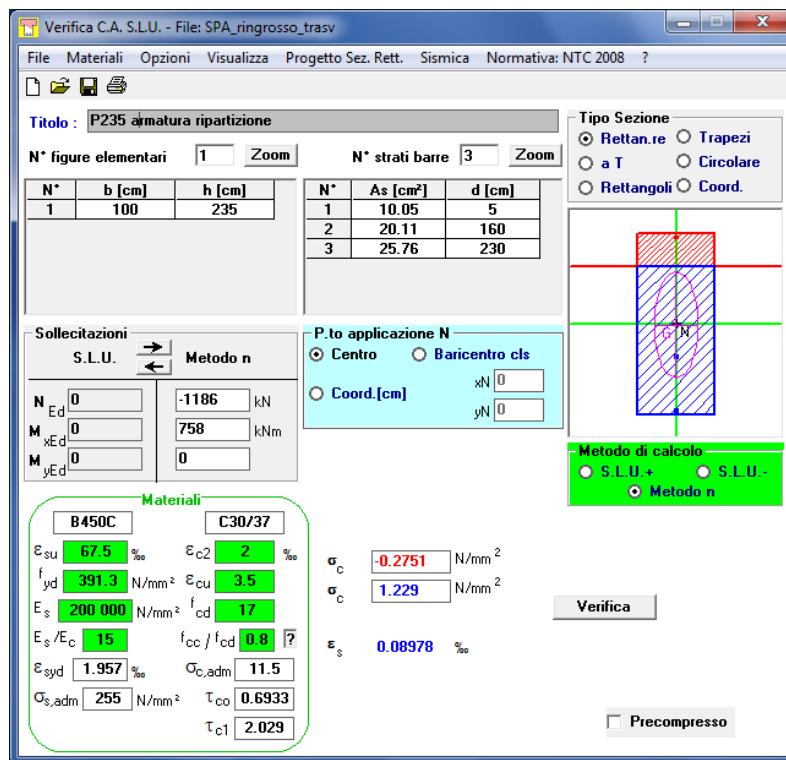
Precompresso

Materiali

B450C	C30/37
ϵ_{su} 67.5 ‰	ϵ_{c2} 2 ‰
f_{yd} 391.3 N/mm²	ϵ_{cu} 3.5 ‰
E_s 200 000 N/mm²	f_{cd} 17
E_s/E_c 15	f_{cc}/f_{cd} 0.8
ϵ_{syd} 1.957 ‰	$\sigma_{c,adm}$ 11.5
$\sigma_{s,adm}$ 255 N/mm²	τ_{co} 0.6933
	τ_{c1} 2.029

σ_c -2.102 N/mm²
 σ_c 0.1726 N/mm²
 ϵ_s 0.007862 ‰

Tabella 58: P235 armatura di ripartizione – verifica allo stato limite di formazione delle fessure (combinazione SLEfr)



12.1.5 Verifica della platea di fondazione

12.1.5.1 Verifica a pressoflessione

Le sollecitazioni sulla platea di fondazione della spalla sono valutate considerando l'involuppo delle combinazioni sismiche e statiche (ENV-SLU ed ENV-SLV).

La capacità resistente delle sezioni in condizione statica è stata determinata in accordo a quanto riportato al punto 4.1.2.3 delle NTC2018. In condizione sismica, la capacità delle membrature è valutata in accordo con le regole di cui al punto 4.1 delle NTC2018, senza nessun requisito aggiuntivo, a condizione che in nessuna sezione si superi il momento resistente massimo in campo sostanzialmente elastico, come definito al punto 4.1.2.3.4.2. delle NTC2018.

Dalle tabelle di output del software sono stati ricavati i valori per unità di lunghezza delle azioni flettenti e normali nelle pareti citate e relativi all'involuppo delle combinazioni sismiche e statiche.

Si è rappresentato il diagramma di interazione N-M per ogni sezione considerando separatamente le azioni nelle due direzioni, verificando quindi l'armatura in direzione 1 trasversale (F11-M11) e l'armatura in direzione 2 longitudinale (F22-M22).

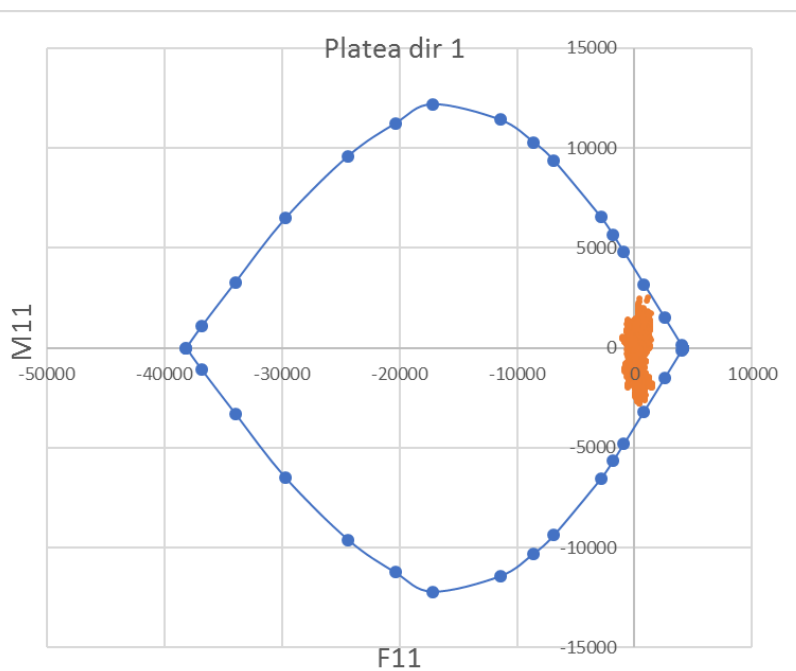
Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

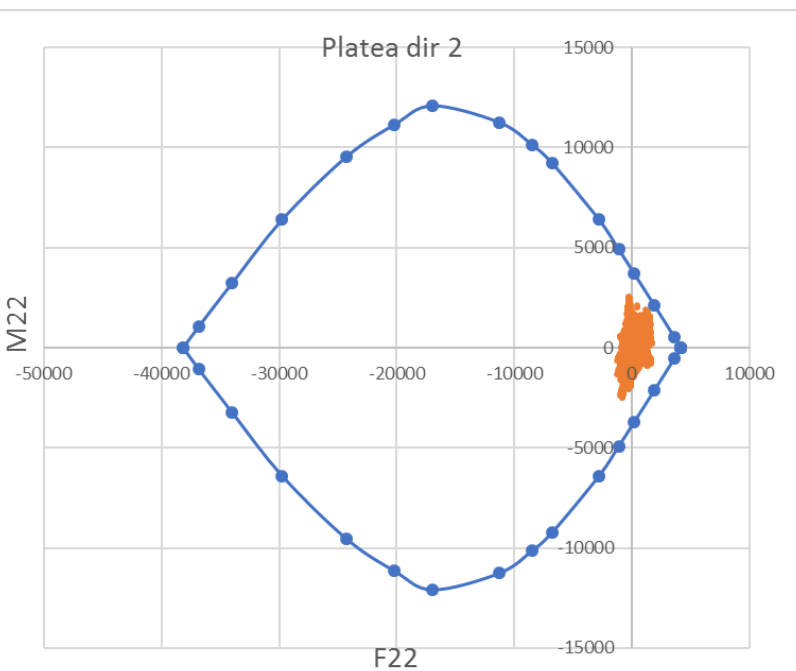
V7 – Viadotto Baucina – Relazione sottostrutture

Di seguito si riportano i grafici relativi a tali elaborazioni per le combinazioni in condizione statica (SLU). Le verifiche della sezione sono soddisfatte se i punti cadono all'interno del dominio resistente ad essa associato.

Platea	
Direzione 1	
b	100 cm
h	200 cm
d _{sup}	5.3 cm
d _{inf}	194.7 cm
φ _{sup}	26
n _{sup}	10
As _{sup}	53.09 cmq
passo _{sup}	10 cm
φ _{inf}	26
n _{inf}	10
As _{inf}	53.09 cmq
passo _{inf}	10 cm



Platea	
Direzione 2	
b	100 cm
h	200 cm
d _{sup}	8 cm
d _{inf}	192 cm
φ _{sup}	26
n _{sup}	10
As _{sup}	53.09 cmq
passo _{sup}	10 cm
φ _{inf}	26
n _{inf}	10
As _{inf}	53.09 cmq
passo _{inf}	10 cm



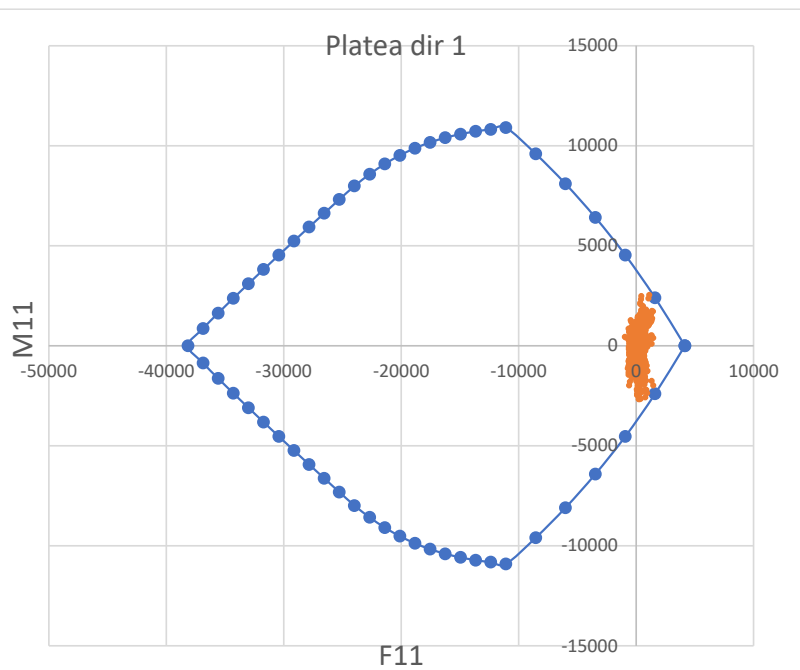
Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

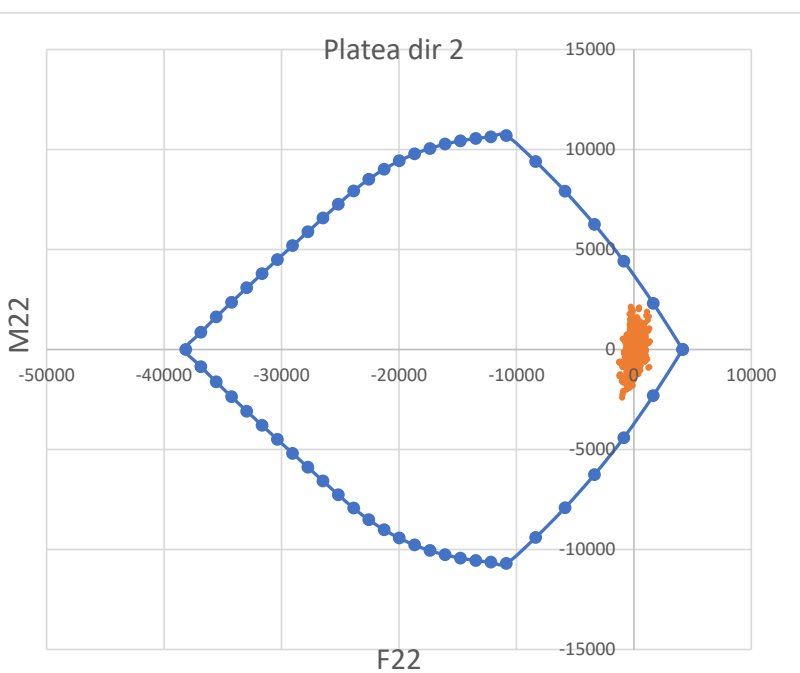
V7 – Viadotto Baucina – Relazione sottostrutture

Di seguito si riportano i grafici relativi alle verifiche a presso-flessione per le combinazioni in condizione sismica (SLV), che riportano i domini di interazione al limite sostanzialmente elastico. Le verifiche della sezione sono soddisfatte se i punti cadono all'interno del dominio resistente ad essa associato.

Platea	
Direzione 1	
b	100 cm
h	200 cm
d _{sup}	5.3 cm
d _{inf}	194.7 cm
φ _{sup}	26
n _{sup}	10
As _{sup}	53.09 cmq
passo _{sup}	10 cm
φ _{inf}	26
n _{inf}	10
As _{inf}	53.09 cmq
passo _{inf}	10 cm



Platea	
Direzione 2	
b	100 cm
h	200 cm
d _{sup}	8 cm
d _{inf}	192 cm
φ _{sup}	26
n _{sup}	10
As _{sup}	53.09 cmq
passo _{sup}	10 cm
φ _{inf}	26
n _{inf}	10
As _{inf}	53.09 cmq
passo _{inf}	10 cm



12.1.5.2 Verifica a punzonamento

Di seguito sono riportate le verifiche a punzonamento condotte secondo le indicazioni di cui alle UNI EN 1992-1-1 considerando le massime sollecitazioni allo SLU ed SLV, con riferimento al palo d'angolo più caricato. In particolare:

- punzonamento del palo d'angolo
la verifica è stata eseguita utilizzando un valore del taglio (V_{Ed}) corrispondente alla massima reazione verticale del palo d'angolo maggiormente sollecitato. Tale valore è stato scontato del peso della soletta compresi all'interno del perimetro di verifica.

L'armatura a punzonamento, dove necessaria, è stata conteggiata in termini di quantità di ganci presenti all'interno del perimetro di verifica.

La definizione dei perimetri critici di verifica è condotta come illustrato nel seguito:

- punzonamento palo d'angolo:
 - perimetro u_0 che definisce la minima superficie di rottura tangente al perimetro del palo;
 - perimetro u che definisce la superficie di rottura generalmente passante a metà dell'interasse tra i pali. Qualora tale distanza risulti superiore alla distanza tra bordo palo e bordo della struttura in elevazione il perimetro di verifica è assunto tangente al bordo della struttura in elevazione.

In Tabella 59 sono illustrate le verifiche a punzonamento per il palo d'angolo.

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

V7 – Viadotto Baucina – Relazione sottostrutture

Tabella 59: Verifica a punzonamento del palo d'angolo

Materiali		
Resistenza caratteristica calcestruzzo	f_{ck}	30 MPa
Resistenza di progetto calcestruzzo	f_{cd}	17.00 MPa
Resistenza caratteristica acciaio	f_{ywk}	450 MPa
Resistenza di progetto acciaio	f_{ywd}	391 MPa

Geometria		
Ascissa interasse palo angolo dal bordo plinto	y	1 m
Ordinata interasse palo angolo dal bordo plinto	z	1 m
Interasse pali direzione y	Δy	3 m
Interasse pali direzione z	Δz	3 m
Altezza plinto	h	2 m
Diametro palo	D	1 m
Distanza dal bordo del palo del perimetro di verifica	a	1.25 m

Armatura		
Larghezza della sezione	b	1 m
Area dell'armatura tesa disposta in direzione y	$A_{s,y}$	53.09 cmq
Area dell'armatura tesa disposta in direzione z	$A_{s,z}$	53.09 cmq
Altezza utile armature direzione y	d_y	1.94 m
Altezza utile armature direzione z	d_z	1.91 m
Altezza utile media del plinto	d_{eff}	1.93 m
Rapporto geometrico d'armatura in direzione x	$\rho_{ly} = A_{s,y}/bd_y$	0.00274
Rapporto geometrico d'armatura in direzione y	$\rho_{lz} = A_{s,z}/bd_z$	0.00278
Rapporto ideale	$\rho_l = (\rho_{lx} \rho_{ly})^{0.5}$	0.00276

Sollecitazioni		
Forza di taglio agente sul plinto	V_{Ed}	6212 kN

Verifica a punzonamento		
Perimetro di verifica sulla faccia del palo	u_0	2.79 m
Perimetro di verifica di base	u_1	8.83 m
Perimetro di verifica	u	4.75 m
	k	1.32
VERIFICA LUNGO IL PERIMETRO u_0		
Forza netta all'interno del perimetro di verifica considerato	ΔV_{Ed}	0 kN
Forza netta applicata	$V_{Ed,red} = V_{Ed} - \Delta V_{Ed}$	6212 kN
Coefficiente che tiene conto dell'eccentricità del carico	β	1.5
	$v_{Ed} = \beta V_{Ed,red}/(u_0 d_{eff})$	1.738 MPa
Resistenza massima a punzonamento	$v_{Rd,max}$	3.40 MPa
	$IS = v_{Ed}/v_{Rd,max}$	0.51 verificato
VERIFICA LUNGO IL PERIMETRO u		
Forza netta all'interno del perimetro di verifica considerato	ΔV_{Ed}	345 kN
Forza netta applicata	$V_{Ed,red} = V_{Ed} - \Delta V_{Ed}$	5867 kN
Coefficiente che tiene conto dell'eccentricità del carico	β	1.5
	$v_{Ed} = \beta V_{Ed,red}/(u * d_{eff})$	0.963 MPa
Resistenza di progetto a punzonamento (con effetto scala)	$v_{Rd,c}$	0.99 MPa
	$IS = v_{Ed}/v_{Rd,c}$	0.97 verificato

12.1.5.3 Verifica a fessurazione

In accordo con quanto indicato nel §4.1.2.2.4 delle NTC2018 si sono effettuate le verifiche allo stato limite di formazione delle fessure, nel quale, per la combinazione di azioni prescelta, la tensione normale di trazione nella fibra più sollecitata deve risultare inferiore a:

$$\sigma_t = \frac{f_{ctm}}{1,2} = \frac{2,89}{1,2} = 2,41 \text{ MPa}$$

Nel caso in cui tale condizione non sia risultata soddisfatta, si è effettuata la verifica allo stato limite di apertura delle fessure, nel quale, per la combinazione di azioni prescelta, il valore limite di apertura della fessura calcolato al livello considerato è pari a:

$w_1 = 0,2 \text{ mm}$ per la Combinazione quasi permanente (QP);

$w_2 = 0,3 \text{ mm}$ per la Combinazione frequente (FR);

Per ulteriori approfondimenti si rimanda al punto 6.3 del presente elaborato.

Le tabelle seguenti mostrano che le verifiche allo stato limite di formazione delle fessure risultano soddisfatte. Essendo la condizione allo SLE frequente più gravosa di quella allo SLE quasi permanente, le verifiche allo stato limite di formazione delle fessure o di apertura delle fessure che siano soddisfatte per lo SLE frequente, risultano automaticamente soddisfatte allo SLE quasi permanente.

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

V7 – Viadotto Baucina – Relazione sottostruttura

Tabella 60: Plinto di fondazione armature direzione trasversale – verifica allo stato limite di formazione delle fessure (combinazione SLEfr)

Titolo: Resistenza platea SPA dir1

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

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	100	200	1	53.09	5.3
			2	53.09	194.7

Sollecitazioni: S.L.U. **Metodo n**

N_{Ed} 0 kN
M_{xEd} 1020 kNm
M_{yEd} 0

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

Materiali: B450C C30/37

ε_{su} 67.5 ‰ ε_{c2} 2 ‰
f_{yd} 391.3 N/mm² ε_{cu} 3.5 ‰
E_s 200 000 N/mm² f_{cd} 17 N/mm²
E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 0.8
ε_{syd} 1.957 ‰ σ_{c,adm} 11.5 N/mm²
σ_{s,adm} 255 N/mm² τ_{co} 0.6933
τ_{c1} 2.029

σ_c -1.223 N/mm²
σ_c 1.297 N/mm²
ε_s 0.09227 ‰

Verifica Precompresso

Tabella 61: Plinto di fondazione armature direzione longitudinale – verifica allo stato limite di formazione delle fessure (combinazione SLEfr)

Titolo: Resistenza platea SPA dir2

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

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	100	200	1	53.09	8
			2	53.09	192

Sollecitazioni: S.L.U. **Metodo n**

N_{Ed} 125 kN
M_{xEd} 1708 kNm
M_{yEd} 0

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

Materiali: B450C C30/37

ε_{su} 67.5 ‰ ε_{c2} 2 ‰
f_{yd} 391.3 N/mm² ε_{cu} 3.5 ‰
E_s 200 000 N/mm² f_{cd} 17 N/mm²
E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 0.8
ε_{syd} 1.957 ‰ σ_{c,adm} 11.5 N/mm²
σ_{s,adm} 255 N/mm² τ_{co} 0.6933
τ_{c1} 2.029

σ_c -2.189 N/mm²
σ_c 2.073 N/mm²
ε_s 0.1427 ‰

Verifica Precompresso

12.2 SPALLA “B”

12.2.1 Descrizione del modello di calcolo

La Figura 33 mostra il modello agli elementi finiti adottato per il calcolo delle sollecitazioni degli elementi in elevazione e della platea della spalla B. Il modello è stato realizzato con elementi finiti piani “Shell - Thick”, tranne per quanto riguarda i pali di fondazione che sono stati modellati con elementi a trave su suolo elastico. Le molle adottate sono di tipo elastico lineare distribuite su due direzioni ortogonali. La dimensione della mesh degli elementi che schematizzano i pali (0.5 m) è stata scelta in modo tale da assicurare una corretta rappresentazione delle sollecitazioni e dei relativi spostamenti. Per la determinazione delle rigidità delle molle schematizzanti l'interazione terreno struttura ci si riferisca al paragrafo 12.2.1.1.

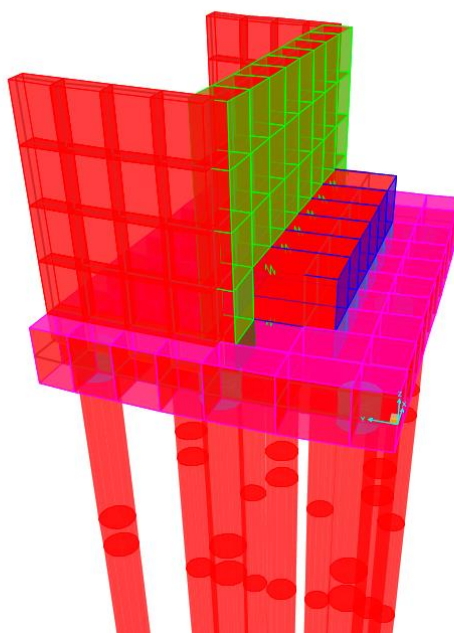


Figura 38: Modello FEM spalla “B”.

12.2.1.1 *Modellazione dell'interazione terreno struttura*

I pali di fondazione sono schematizzati con elementi a trave su suolo elastico. Le molle adottate sono di tipo elastico lineare distribuite su due direzioni ortogonali. La dimensione della mesh degli elementi (0.5 m) è stata scelta in modo tale da assicurare una corretta rappresentazione delle sollecitazioni e dei relativi spostamenti

La rigidità delle molle orizzontali è stata determinata attraverso il software di calcolo L-Pile, in

particolare:

- è stata determinata per ogni cambio di unità stratigrafica la curva p-y del palo;
- è stato calcolato il modulo di reazione del terreno (rigidezza della molla):

$$E_{sh}=p_y/y$$

dove lo spostamento orizzontale y è stato preso pari a 0.01m.

La rigidezza delle molle verticali è stata ottenuta secondo la seguente relazione:

$$E_{sv}=Q_{II}/z$$

dove:

Q_{II} portata laterale limite di calcolo valutata in accordo a quanto riportato al paragrafo 14.2.2;

z spostamento verticale pari a 0.01m.

Nelle seguenti tabelle si riassumono rispettivamente i valori di rigidezza orizzontale e verticale implementati nel modello.

Tabella 62: Rigidezza delle molle orizzontali.

Profondità z [m]	E_{sh} [kN/m/m]
0.0	13143
4.65	25143
4.65	36000
5.65	40000
5.65	57143.0
18.0	150290

Tabella 63: Rigidezza delle molle verticali.

	E_{sv} [kN/m]
SpallaB	509252

12.2.2 Analisi dei carichi

Il modello di calcolo realizzato è soggetto ad azioni esterne definite con gli usuali criteri di determinazione dei carichi e delle spinte delle terre.

Si elencano di seguito i casi di carico elementari che costituiscono l'input nel programma di calcolo.

12.2.2.1 Scarichi sugli appoggi

I carichi derivanti dall'impalcato sono applicati come forze concentrate in corrispondenza degli appoggi 1 e 2, così come riportato nelle tabelle seguenti; per ogni azione è stato assegnato un caso di carico.

In particolare, per SLV-X si intende il sisma in direzione longitudinale rispetto al corpo spalla, per SLV-Y il sisma in direzione trasversale e per SLV-Z il sisma in direzione verticale.

TABLE: Element Forces - Links											
Link	LinkElem	Station	OutputCase	CaseType	StepType	P	V2	V3	T	M2	M3
Text	Text	Text	Text	Text	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
11	11	I-End	DT estate	LinStatic		38.93	0.369	0.00173	0	0.000346	0.0738
11	11	I-End	DT inverno	LinStatic		-473.875	-0.46	-0.00231	0	-0.00046	-0.092
11	11	I-End	Ritiro	LinStatic		-282.714	-0.059	-0.00038	0	-7.5E-05	-0.0118
11	11	I-End	Vento1	LinStatic		-383.414	0.266	-0.00502	0	-0.001	0.0532
11	11	I-End	Vento2	LinStatic		383.414	-0.266	0.005016	0	0.001	-0.0532
11	11	I-End	Veicoli	LinMoving	Max Pj	1118.49	0.046	3.45E-05	0	6.9E-06	0.0092
11	11	I-End	Veicoli	LinMoving	Min Pj	-1644.85	-0.0034	-8.8E-05	0	-1.8E-05	-0.00068
11	11	I-End	SLV-Y	LinRespSpec	Max	443.231	0.664	0.00621	0	0.0012	0.1327
11	11	I-End	SLV-X	LinRespSpec	Max	333.224	0.985	0.002027	0	0.000405	0.1971
11	11	I-End	SLV-Z	LinRespSpec	Max	273.684	0.008301	0.000149	0	2.97E-05	0.0017
11	11	I-End	G1+G2	LinStatic		-355.319	0.046	-6.3E-05	0	-1.3E-05	0.0091

TABLE: Element Forces - Links											
Link	LinkElem	Station	OutputCase	CaseType	StepType	P	V2	V3	T	M2	M3
Text	Text	Text	Text	Text	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
12	12	I-End	DT estate	LinStatic		-46.723	0	154.816	0	30.9631	0
12	12	I-End	DT inverno	LinStatic		702.518	0	-242.554	0	-48.5107	0
12	12	I-End	Ritiro	LinStatic		426.266	0	-57.03	0	-11.4059	0
12	12	I-End	Vento1	LinStatic		346.521	0	-621.166	0	-124.233	0
12	12	I-End	Vento2	LinStatic		-346.521	0	621.166	0	124.2331	0
12	12	I-End	Veicoli	LinMoving	Max Pj	703.06	0	-5.75	0	-1.1499	0
12	12	I-End	Veicoli	LinMoving	Min Pj	-2442.61	0	8.622	0	1.7244	0
12	12	I-End	SLV-Y	LinRespSpec	Max	410.475	0	826.64	0	165.328	0
12	12	I-End	SLV-X	LinRespSpec	Max	270.786	0	546.096	0	109.2192	0
12	12	I-End	SLV-Z	LinRespSpec	Max	418.207	0	79.392	0	15.8783	0
12	12	I-End	G1+G2	LinStatic		-1980.5	0	5.572	0	1.1143	0

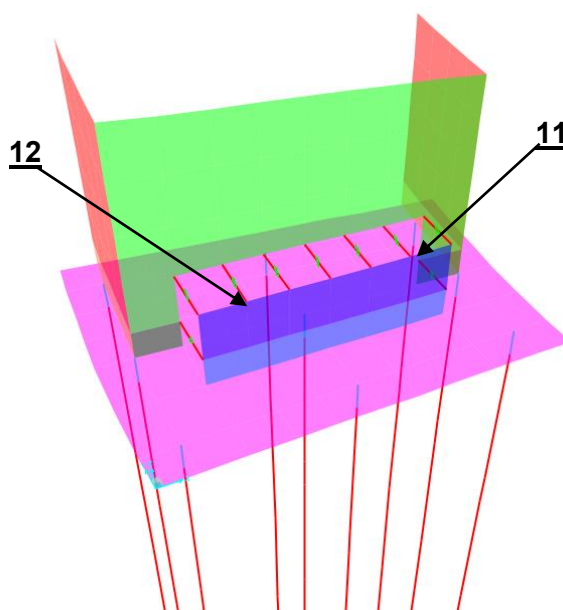


Figura 39: Individuazione appoggi impalcato-spalla “B”.

12.2.2.2 *Peso proprio (DEAD)*

Il peso proprio degli elementi strutturali è valutato in ragione di 25 kN/m³ ed è computato automaticamente dal programma di calcolo sulla base delle dimensioni geometriche degli elementi strutturali.

12.2.2.3 *Carichi permanenti portati*

Il carico permanente sul plinto di fondazione è costituito dal peso del terreno di riempimento valutato in ragione di 20 kN/m³.

L'altezza del terreno di riempimento è valutata in media pari a 11.2 m, dunque:

$$q_{\text{Riempimento_Fondazione}} = \gamma_{\text{Riempimento}} \times h_{\text{Riempimento}} = 20 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \times 5,04 \text{ m} = 100,8 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

12.2.2.4 *Spinta idrostatica*

Poiché il livello di falda si attesta ad una quota inferiore rispetto al piano di imposta della struttura non si prendono in considerazione gli effetti prodotti dalla spinta idrostatica sulle pareti e sul plinto di fondazione.

12.2.2.5 *Spinta del terreno sul paramento frontale e muri di risvolto laterali*

Si fa riferimento a quanto riportato al paragrafo 12.1.2.5.

12.2.2.6 *Carichi mobili agenti sulla Spalla*

Si fa riferimento a quanto riportato al paragrafo 12.1.2.6.

12.2.2.7 *Azione Sismica – Spinta del terreno*

Si fa riferimento a quanto riportato al paragrafo 12.1.2.7.

12.2.2.8 *Azione Sismica – Azioni inerziali*

Si fa riferimento a quanto riportato al paragrafo 12.1.2.8.

12.2.3 Combinazioni di carico

Le combinazioni di carico adottate sono le stesse riportate per la spalla "A" al punto 12.1.3.

12.2.4 Verifica delle strutture in elevazione

Ai fini delle verifiche le pareti verranno di seguito identificate con la lettera P seguita dallo spessore espresso in centimetri secondo lo schema riportato in Figura 40.

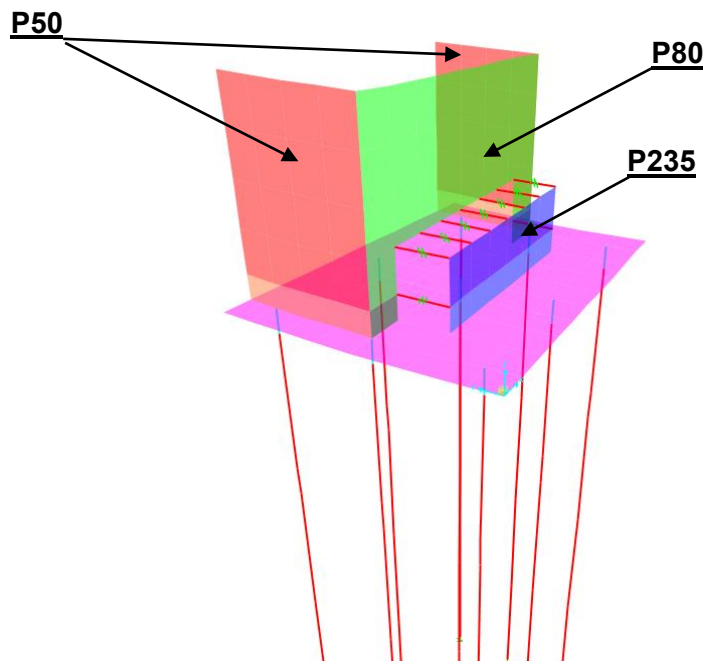


Figura 40: Identificazione pareti verticali

12.2.4.1 Verifica a pressoflessione

Le sollecitazioni sulle strutture in elevazione della spalla sono valutate considerando l'involuppo delle combinazioni sismiche e statiche (ENV-SLU ed ENV-SLV).

La capacità resistente delle sezioni in condizione statica è stata determinata in accordo a quanto riportato al punto 4.1.2.3 delle NTC2018. In condizione sismica, la capacità delle membrature è valutata in accordo con le regole di cui al punto 4.1 delle NTC2018, senza nessun requisito aggiuntivo, a condizione che in nessuna sezione si superi il momento resistente massimo in campo sostanzialmente elastico, come definito al punto 4.1.2.3.4.2. delle NTC2018.

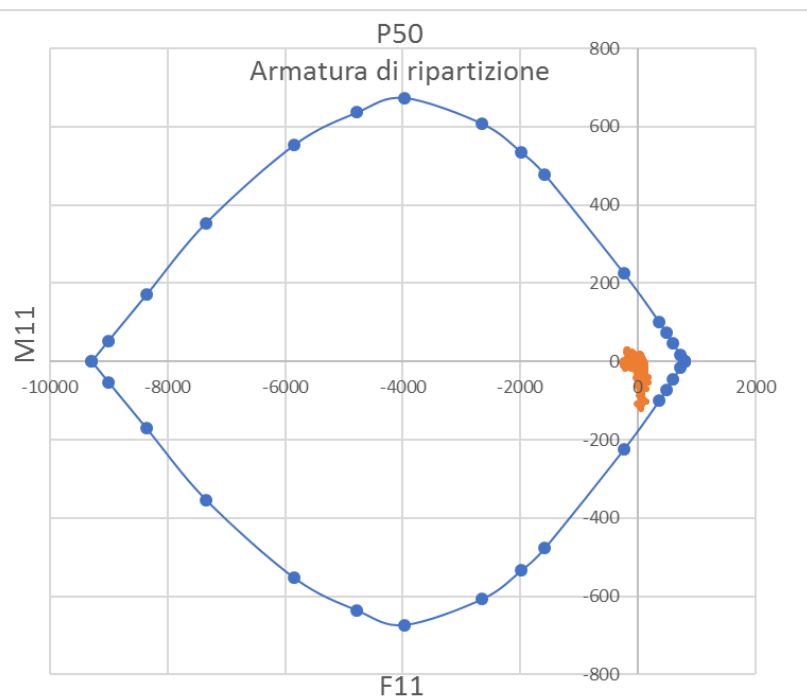
Dalle tabelle di output del software sono stati ricavati i valori per unità di lunghezza delle azioni flettenti e normali nelle pareti citate e relativi all'involuppo delle combinazioni sismiche e statiche.

Si è rappresentato il diagramma di interazione N-M per ogni sezione considerando separatamente le azioni nelle due direzioni, verificando quindi l'armatura orizzontale di ripartizione (F11-M11) e l'armatura verticale (F22-M22).

A favore di sicurezza si eseguono le verifiche considerando una classe di calcestruzzo C30/37.

Di seguito si riportano i grafici relativi a tali elaborazioni per le combinazioni in condizione statica (SLU). Le verifiche della sezione sono soddisfatte se i punti cadono all'interno del dominio resistente ad essa associato.

P50	
Pareti Laterali	
Armatura di ripartizione	
b	100 cm
h	50 cm
d _{ext}	5 cm
d _{int}	45 cm
φ _{ext}	16
n _{ext}	5
As _{ext}	10.05 cmq
passo _{ext}	20 cm
φ _{int}	16
n _{int}	5
As _{int}	10.05 cmq
passo _{int}	20 cm

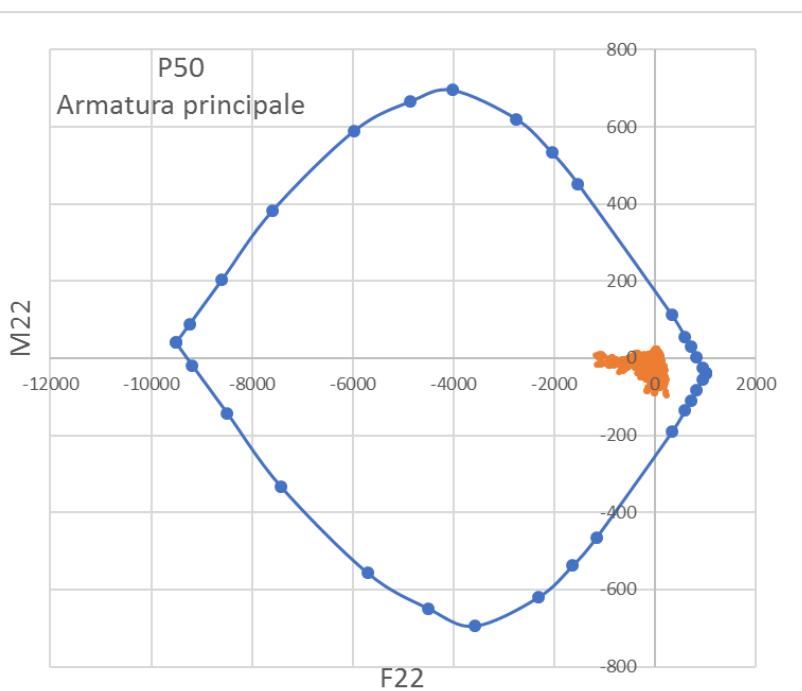


Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

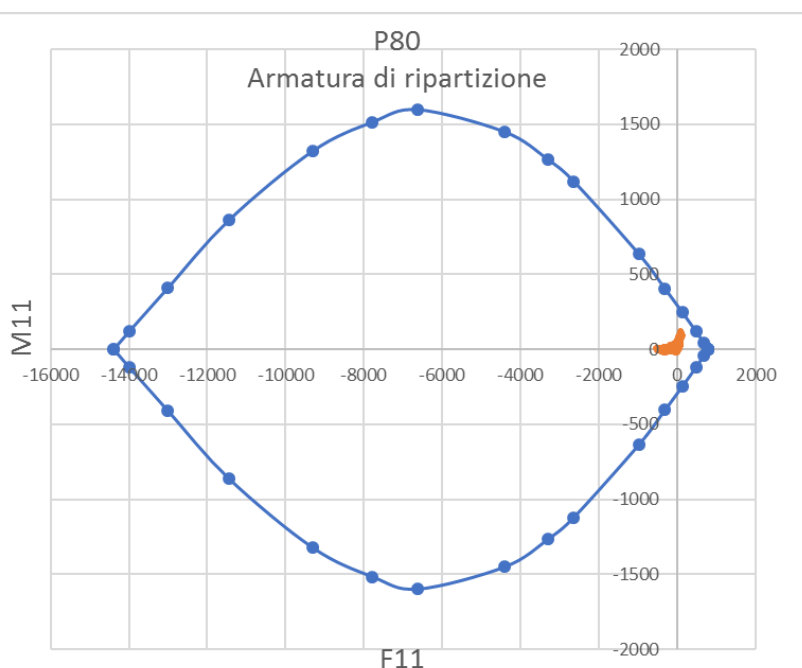
PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

V7 – Viadotto Baucina – Relazione sottostrutture

P50	
Pareti Laterali	
Armatura principale	
b	100 cm
h	50 cm
d _{ext}	7 cm
d _{int}	43 cm
φ _{ext}	16
n _{ext}	5
As _{ext}	10.05 cmq
passo _{ext}	20 cm
φ _{int}	20
n _{int}	5
As _{int}	15.71 cmq
passo _{int}	20 cm



P80	
Parete frontale superiore	
Armatura di ripartizione	
b	100 cm
h	80 cm
d _{ext}	5 cm
d _{int}	75 cm
φ _{ext}	16
n _{ext}	5
As _{ext}	10.05 cmq
passo _{ext}	20 cm
φ _{int}	16
n _{int}	5
As _{int}	10.05 cmq
passo _{int}	20 cm

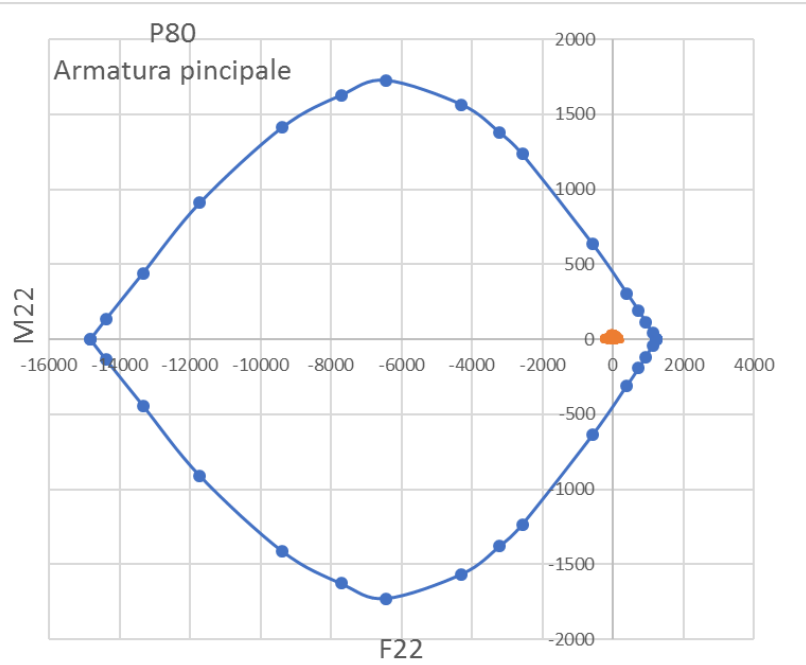


Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotatoria Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

V7 – Viadotto Baucina – Relazione sottostrutture

P80	
Parete frontale superiore	
Armatura principale	
b	100 cm
h	80 cm
d _{ext}	7 cm
d _{int}	73 cm
φ _{ext}	20
n _{ext}	5
As _{ext}	15.71 cmq
passo _{ext}	20 cm
φ _{int}	20
n _{int}	5
As _{int}	15.71 cmq
passo _{int}	20 cm

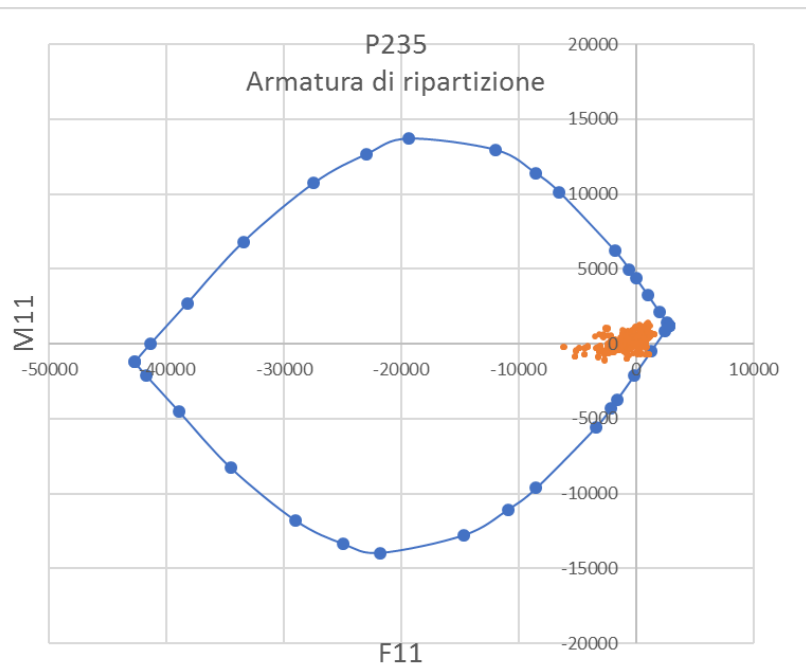


Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotatoria Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

V7 – Viadotto Baucina – Relazione sottostrutture

P235	
Parete Frontale Inferiore	
Armatura di ripartizione	
b	100 cm
h	235 cm
d _{ext}	5 cm
d _m	160 cm
d _{int}	230 cm
ϕ _{ext}	20
n _{ext}	5
As _{ext}	15.71 cmq
passo _{ext}	20 cm
ϕ _m	16
n _m	10
As _m	20.11 cmq
passo _m	10 cm
ϕ _{int1}	20
n _{int1}	5
ϕ _{int2}	16
n _{int2}	10
As _{int}	35.81 cmq
passo _{int1}	20
passo _{int2}	10 cm

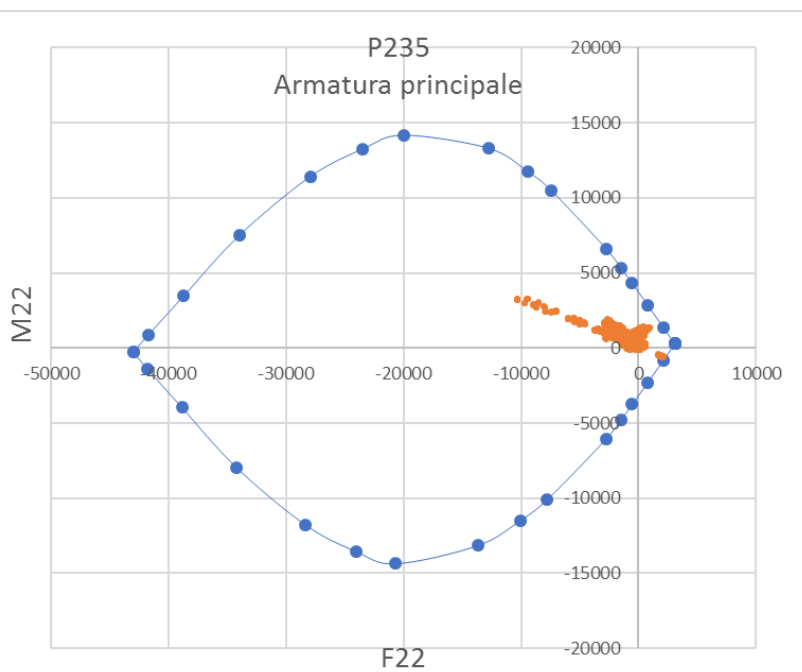


Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotatoria Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

V7 – Viadotto Baucina – Relazione sottostrutture

P235	
Parete Frontale Inferiore	
Armatura principale	
b	100 cm
h	235 cm
d _{ext}	7 cm
d _m	162 cm
d _{int}	228 cm
ϕ _{ext}	20
n _{ext}	10
As _{ext}	31.42 cmq
passo _{ext}	10 cm
ϕ _m	20
n _m	5
As _m	15.71 cmq
passo _m	20 cm
ϕ _{int}	20
n _{int}	10
As _{int}	31.42 cmq
passo _{int}	10 cm



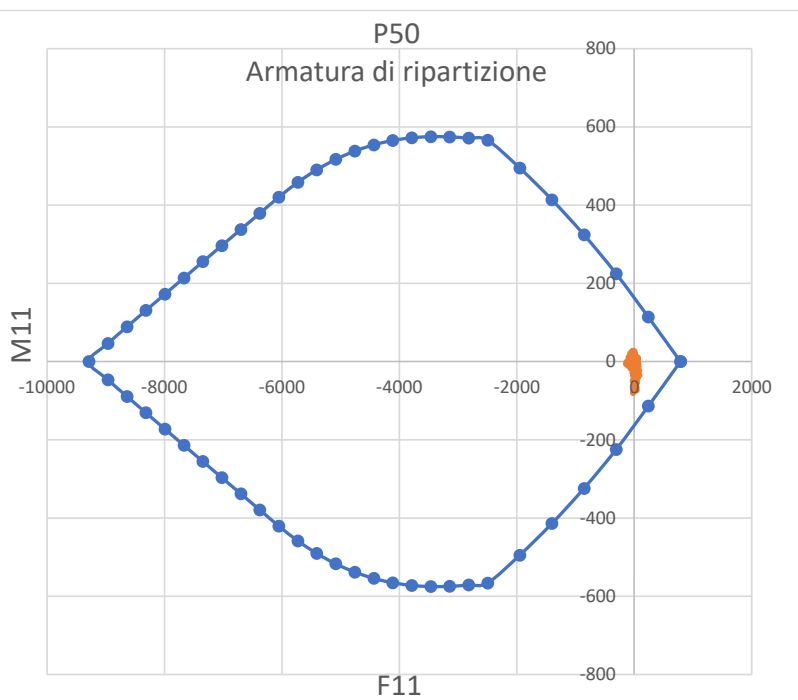
Di seguito si riportano i grafici relativi alle verifiche a presso-flessione per le combinazioni in condizione sismica (SLV), che riportano i domini di interazione al limite sostanzialmente elastico. Le verifiche della sezione sono soddisfatte se i punti cadono all'interno del dominio resistente ad essa associato.

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

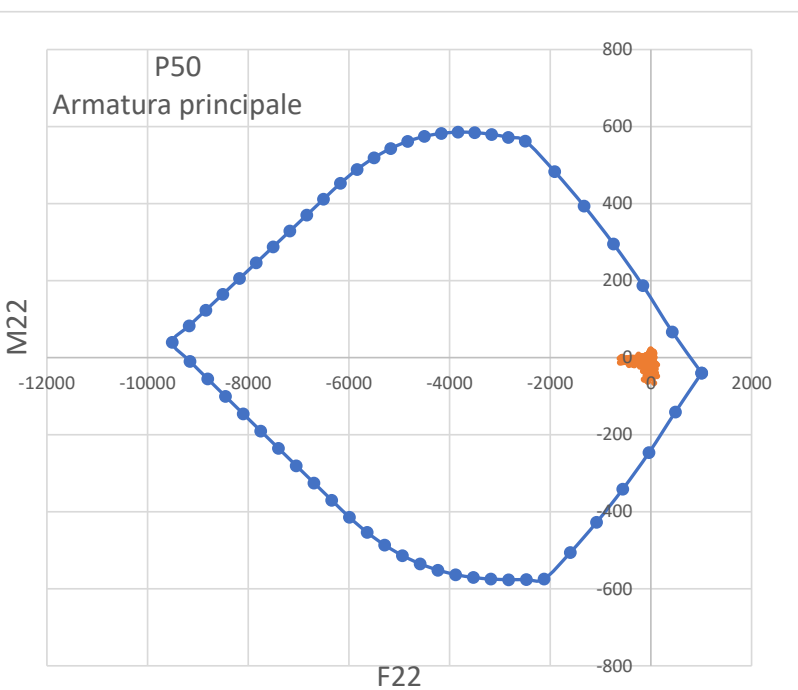
PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

V7 – Viadotto Baucina – Relazione sottostruttura

P50	
Pareti Laterali	
Armatura di ripartizione	
b	100 cm
h	50 cm
d _{ext}	5 cm
d _{int}	45 cm
φ _{ext}	16
n _{ext}	5
As _{ext}	10.05 cmq
passo _{ext}	20 cm
φ _{int}	16
n _{int}	5
As _{int}	10.05 cmq
passo _{int}	20 cm



P50	
Pareti Laterali	
Armatura principale	
b	100 cm
h	50 cm
d _{ext}	7 cm
d _{int}	43 cm
φ _{ext}	16
n _{ext}	5
As _{ext}	10.05 cmq
passo _{ext}	20 cm
φ _{int}	20
n _{int}	5
As _{int}	15.71 cmq
passo _{int}	20 cm

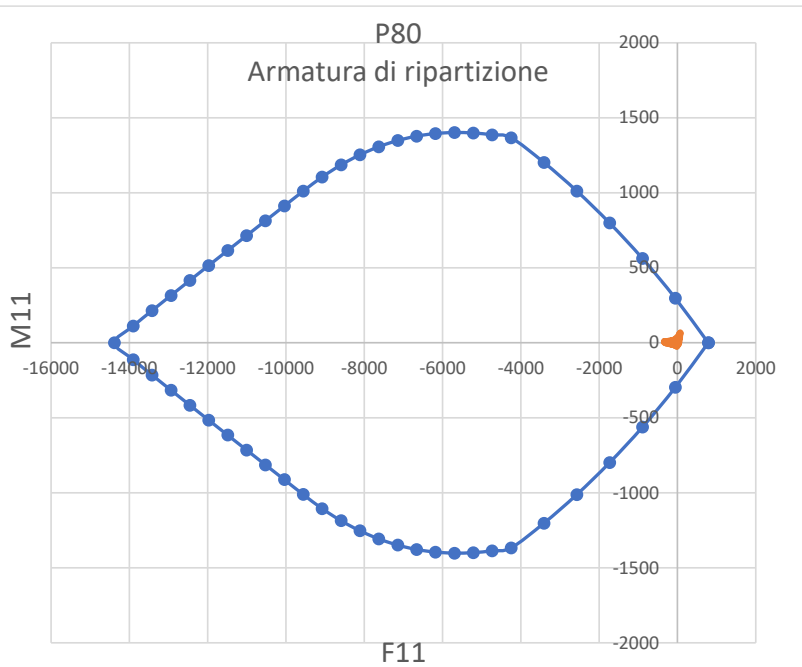


Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

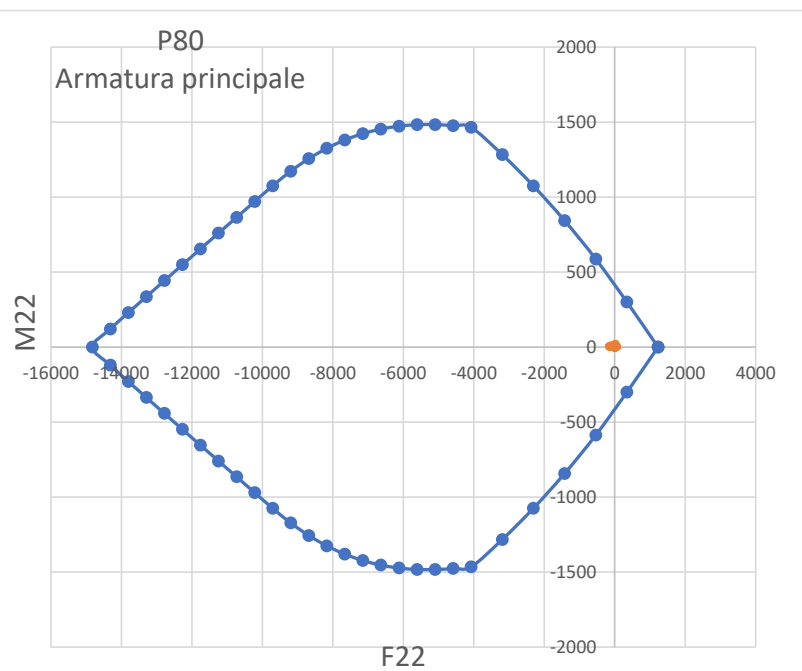
PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

V7 – Viadotto Baucina – Relazione sottostruttura

P80	
Parete frontale superiore	
Armatura di ripartizione	
b	100 cm
h	80 cm
d _{ext}	5 cm
d _{int}	75 cm
φ _{ext}	16
n _{ext}	5
As _{ext}	10.05 cmq
passo _{ext}	20 cm
φ _{int}	16
n _{int}	5
As _{int}	10.05 cmq
passo _{int}	20 cm



P80	
Parete frontale superiore	
Armatura principale	
b	100 cm
h	80 cm
d _{ext}	7 cm
d _{int}	73 cm
φ _{ext}	20
n _{ext}	5
As _{ext}	15.71 cmq
passo _{ext}	20 cm
φ _{int}	20
n _{int}	5
As _{int}	15.71 cmq
passo _{int}	20 cm

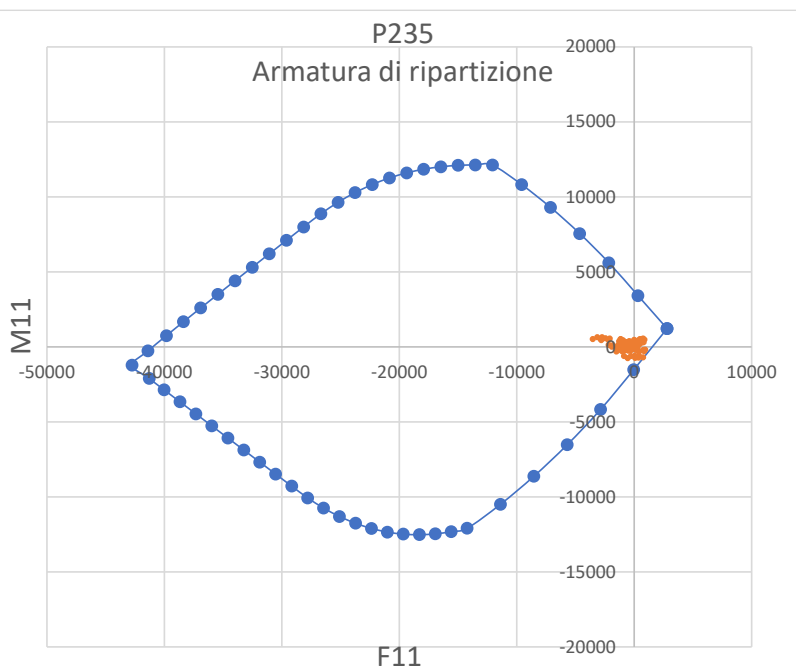


Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotatoria Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

V7 – Viadotto Baucina – Relazione sottostrutture

P235	
Parete Frontale Inferiore	
Armatura di ripartizione	
b	100 cm
h	235 cm
d _{ext}	5 cm
d _m	160 cm
d _{int}	230 cm
ϕ _{ext}	20
n _{ext}	5
As _{ext}	15.71 cmq
passo _{ext}	20 cm
ϕ _m	16
n _m	10
As _m	20.11 cmq
passo _m	10 cm
ϕ _{int1}	20
n _{int1}	5
ϕ _{int2}	16
n _{int2}	10
As _{int}	35.81 cmq
passo _{int1}	20
passo _{int2}	10 cm

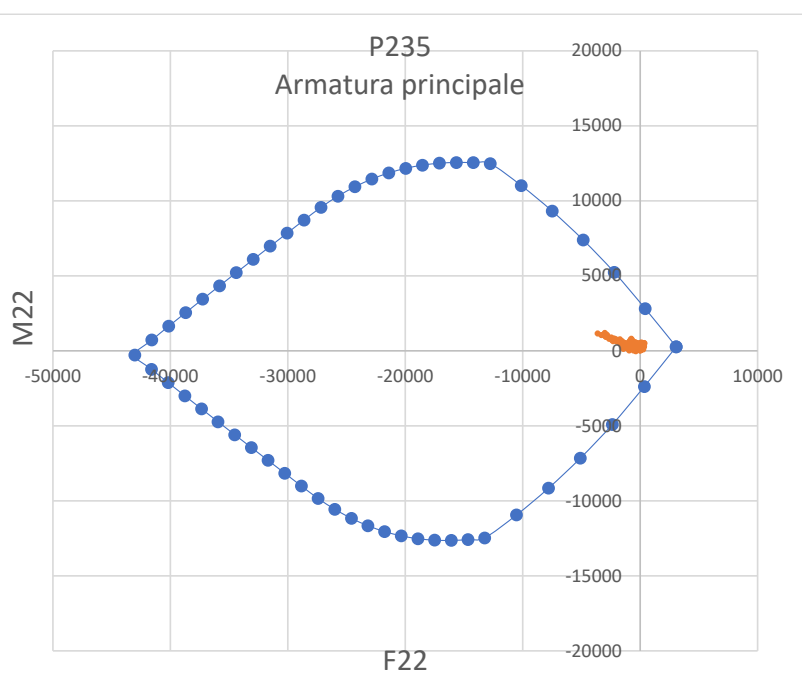


Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

V7 – Viadotto Baucina – Relazione sottostruttura

P235	
Parete Frontale Inferiore	
Armatura principale	
b	100 cm
h	235 cm
d _{ext}	7 cm
d _m	162 cm
d _{int}	228 cm
φ _{ext}	20
n _{ext}	10
As _{ext}	31.42 cmq
passo _{ext}	10 cm
φ _m	20
n _m	5
As _m	15.71 cmq
passo _m	20 cm
φ _{int}	20
n _{int}	10
As _{int}	31.42 cmq
passo _{int}	10 cm



12.2.4.2 Verifica a taglio

Dalla lettura delle mappe di colore relative all'involuppo delle combinazioni sismiche e statiche si determinano i valori massimi per unità di lunghezza dell'azione tagliante V_{Ed} che sono riassunti in Tabella 64. Nella stessa tabella vengono riassunti i valori dei tagli resistenti per sezioni prive di armatura a taglio. Va ricordato che in base alle prescrizioni del §7.4.6.2.4 NTC2018 si sono previste 9 legature $\phi 12$ a metro quadro.

Tabella 64: Taglio resistente per sezioni prive di armature a taglio.

	V23max [kN]	V23Rd [kN]
P50	65.07	197
P80	40.09	271
P235	317.45	666

Nelle seguenti tabelle vengono riportati i valori del taglio resistente V_{Rd} calcolato secondo le formule riportate al punto 4.1.2.1.3.1 delle NTC2018 e che rappresenta quel valore del taglio al di sotto del quale non è necessario disporre armature trasversali resistenti a taglio.

Tabella 65: Taglio resistente V_{23Rd} P50

Dati		
b (mm)	1000.0	larghezza dell'anima resistente a taglio
h (mm)	500.0	altezza della sezione
d (mm)	430.0	altezza utile
f_{ck} (MPa)	32.0	resistenza caratt. a compressione del calcestruzzo
f_{yd} (MPa)	391.0	resistenza di progetto dell'acciaio
f_{cd} (MPa)	18.13	resistenza di progetto del calcestruzzo
f'_{cd} (MPa)	9.07	resistenza a compressione ridotta del cls d'anima
A_{sl} (mmq)	1571.0	armatura longitudinale
k	1.68	fattore di ingranamento
v_{min}	0.43	tensione resistente minima
ρ_l	0.0037	rapporto geom. di armatura longit.
N_{Ed} (N)	0.0	sforzo di compressione di progetto nella sezione
σ_{cp} (MPa)	0.00	tensione media di compressione nella sezione
α_c	1.00	coefficiente maggiorativo
Resist. a taglio dell'elemento non armato e armatura minima		
V_{Rd} (KN)	197.0	resist. a taglio della parete in assenza di apposita armatura

Tabella 66: Taglio resistente V_{23Rd} P80

Dati		
b (mm)	1000.0	larghezza dell'anima resistente a taglio
h (mm)	800.0	altezza della sezione
d (mm)	730.0	altezza utile
f_{ck} (MPa)	32.0	resistenza caratt. a compressione del calcestruzzo
f_{yd} (MPa)	391.0	resistenza di progetto dell'acciaio
f_{cd} (MPa)	18.13	resistenza di progetto del calcestruzzo
f'_{cd} (MPa)	9.07	resistenza a compressione ridotta del cls d'anima
A_{sl} (mmq)	1571.0	armatura longitudinale
k	1.52	fattore di ingranamento
v_{min}	0.37	tensione resistente minima
ρ_l	0.0022	rapporto geom. di armatura longit.
N_{Ed} (N)	0.0	sforzo di compressione di progetto nella sezione
σ_{cp} (MPa)	0.00	tensione media di compressione nella sezione
α_c	1.00	coefficiente maggiorativo
Resist. a taglio dell'elemento non armato e armatura minima		
V_{Rd} (KN)	271.8	resist. a taglio della parete in assenza di apposita armatura

Tabella 67: Taglio resistente V_{23Rd} P235

Dati		
b (mm)	1000.0	larghezza dell'anima resistente a taglio
h (mm)	2350.0	altezza della sezione
d (mm)	2280.0	altezza utile
f_{ck} (MPa)	32.0	resistenza caratt. a compressione del calcestruzzo
f_{yd} (MPa)	391.0	resistenza di progetto dell'acciaio
f_{cd} (MPa)	18.13	resistenza di progetto del calcestruzzo
f'_{cd} (MPa)	9.07	resistenza a compressione ridotta del cls d'anima
A_{sl} (mmq)	3142.0	armatura longitudinale
k	1.30	fattore di ingranamento
v_{min}	0.29	tensione resistente minima
ρ_l	0.0014	rapporto geom. di armatura longit.
N_{Ed} (N)	0.0	sforzo di compressione di progetto nella sezione
σ_{cp} (MPa)	0.00	tensione media di compressione nella sezione
α_c	1.00	coefficiente maggiorativo
Resist. a taglio dell'elemento non armato e armatura minima		
V_{Rd} (KN)	666.2	resist. a taglio della parete in assenza di apposita armatura

12.2.4.3 Verifica a fessurazione

In accordo con quanto indicato nel §4.1.2.2.4 delle NTC2018 si sono effettuate le verifiche allo stato limite di formazione delle fessure, nel quale, per la combinazione di azioni prescelta, la tensione normale di trazione nella fibra più sollecitata deve risultare inferiore a:

$$\sigma_t = \frac{f_{ctm}}{1,2} = \frac{3,02}{1,2} = 2,52 \text{ MPa}$$

Nel caso in cui tale condizione non sia risultata soddisfatta, si è effettuata la verifica allo stato limite di apertura delle fessure secondo la CM n.7 21/01/19 relativa alle NTC2018, nel quale, per la combinazione di azioni prescelta, il valore limite di apertura della fessura calcolato al livello considerato è pari a:

$w_1 = 0,2 \text{ mm}$ per la Combinazione quasi permanente (QP);

$w_2 = 0,3 \text{ mm}$ per la Combinazione frequente (FR);

Per ulteriori approfondimenti si rimanda al punto 6.3 del presente elaborato.

Di seguito si riportano i risultati delle verifiche. A favore di sicurezza le tensioni sono state calcolate considerando una classe di calcestruzzo C30/37. Essendo la condizione allo SLE frequente più gravosa di quella allo SLE quasi permanente, le verifiche allo stato limite di formazione delle fessure o di apertura delle fessure che siano soddisfatte per lo SLE frequente, risultano automaticamente soddisfatte allo SLE quasi permanente.

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

V7 – Viadotto Baucina – Relazione sottostrutture

Tabella 68: P50 armatura di ripartizione - verifica allo stato limite di formazione delle fessure (combinazione SLEfr)

Verifica CA. S.L.U. - File: Par_lat_trasv

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

Titolo: P50 armatura ripartizione SLEfr

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

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	100	50	1	10.05	5
			2	10.05	45

SOLLECITAZIONI

S.L.U. Metodo n

N_{Ed} 0 -90 kN
M_{xEd} 0 51 kNm
M_{yEd} 0 0

P.to applicazione N

Centro Baricentro cls
Coord.[cm] xN 0 yN 0

Metodo di calcolo

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

Verifica

Precompresso

MATERIE

B450C	C30/37
ϵ_{su} 67.5 ‰	ϵ_{c2} 2 ‰
f_{yd} 391.3 N/mm ²	ϵ_{cu} 3.5 ‰
E_s 200 000 N/mm ²	f_{cd} 17
E_s/E_c 15	f_{cc}/f_{cd} 0.8
ϵ_{syd} 1.957 ‰	$\sigma_{c,adm}$ 11.5
$\sigma_{s,adm}$ 255 N/mm ²	τ_{co} 0.6933
	τ_{c1} 2.029

σ_c -0.9272 N/mm²
 σ_c 1.267 N/mm²
 ϵ_s 0.07855 ‰

Tabella 69: P50 armatura principale - verifica allo stato limite di formazione delle fessure (combinazione SLEfr)

Verifica CA. S.L.U. - File: Par_lat

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

Titolo: P50 armatura principale SLEfr

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

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	100	50	1	10.05	7
			2	15.71	43

SOLLECITAZIONI

S.L.U. Metodo n

N_{Ed} 0 -145 kN
M_{xEd} 0 55 kNm
M_{yEd} 0 0

P.to applicazione N

Centro Baricentro cls
Coord.[cm] xN 0 yN 0

Metodo di calcolo

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

Verifica

Precompresso

MATERIE

B450C	C30/37
ϵ_{su} 67.5 ‰	ϵ_{c2} 2 ‰
f_{yd} 391.3 N/mm ²	ϵ_{cu} 3.5 ‰
E_s 200 000 N/mm ²	f_{cd} 17
E_s/E_c 15	f_{cc}/f_{cd} 0.8
ϵ_{syd} 1.957 ‰	$\sigma_{c,adm}$ 11.5
$\sigma_{s,adm}$ 255 N/mm ²	τ_{co} 0.6933
	τ_{c1} 2.029

σ_c -0.9141 N/mm²
 σ_c 1.426 N/mm²
 ϵ_s 0.08237 ‰

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

V7 – Viadotto Baucina – Relazione sottostrutture

Tabella 70: P80 armatura di ripartizione - verifica allo stato limite di formazione delle fessure (combinazione SLEfr)

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

Titolo: P80 armatura di ripartizione SLEfr

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

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	100	80	1	10.05	5
			2	10.05	75

Solllecitazioni: S.L.U. Metodo n

N_{Ed}: 0, M_{xEd}: 0, M_{yEd}: 0, -50 kN

60 kNm, 0

Materiali: B450C, C30/37

ε_{su}: 67.5 ‰, ε_{c2}: 2 ‰, f_{yd}: 391.3 N/mm², ε_{cu}: 3.5 ‰, E_s: 200 000 N/mm², f_{cd}: 17 ‰, E_s/E_c: 15, f_{cc}/f_{cd}: 0.8, ε_{syd}: 1.957 ‰, σ_{c,adm}: 11.5, σ_{s,adm}: 255 N/mm², τ_{co}: 0.6933, τ_{c1}: 2.029

P.to applicazione N: Centro, Baricentro cls, Coord.[cm]

σ_c: -0.4575 N/mm², σ_c: 0.5779 N/mm², ε_s: 0.03849 ‰

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

Verifica

Precompresso

Tabella 71: P80 armatura principale - verifica allo stato limite di formazione delle fessure (combinazione SLEfr)

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

Titolo: P80 armatura principale SLEfr

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

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	100	80	1	15.71	7
			2	15.71	73

Solllecitazioni: S.L.U. Metodo n

N_{Ed}: 0, M_{xEd}: 0, M_{yEd}: 0, -150 kN

30 kNm, 0

Materiali: B450C, C30/37

ε_{su}: 67.5 ‰, ε_{c2}: 2 ‰, f_{yd}: 391.3 N/mm², ε_{cu}: 3.5 ‰, E_s: 200 000 N/mm², f_{cd}: 17 ‰, E_s/E_c: 15, f_{cc}/f_{cd}: 0.8, ε_{syd}: 1.957 ‰, σ_{c,adm}: 11.5, σ_{s,adm}: 255 N/mm², τ_{co}: 0.6933, τ_{c1}: 2.029

P.to applicazione N: Centro, Baricentro cls, Coord.[cm]

σ_c: -0.07398 N/mm², σ_c: 0.4281 N/mm², ε_s: 0.02881 ‰

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

Verifica

Precompresso

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

V7 – Viadotto Baucina – Relazione sottostrutture

Tabella 72: P235 armatura di ripartizione - verifica allo stato limite di formazione delle fessure (combinazione SLEfr)

Titolo: P235 armatura di ripartizione SLEfr

N° figure elementari: 1 **N° strati barre:** 3

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	100	235	1	15.71	5
			2	20.11	160
			3	35.81	230

Sollecitazioni: S.L.U. Metodo n

N_{Ed}: 0 **-925** kN
M_{xEd}: 0 **875** kNm
M_{yEd}: 0 0

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

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

Materiali: B450C C30/37

ϵ_{su} 67.5 % ϵ_{c2} 2 %
 f_{yd} 391.3 N/mm² ϵ_{cu} 3.5 %
 E_s 200 000 N/mm² f_{cd} 17
 E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 0.8
 ϵ_{syd} 1.957 % $\sigma_{c,adm}$ 11.5
 $\sigma_{s,adm}$ 255 N/mm² τ_{co} 0.6933
 τ_{c1} 2.029

σ_c -0.4884 N/mm²
 σ_c 1.214 N/mm²
 ϵ_s 0.08831 %

Verifica Precompresso

Tabella 73: P235 armatura principale - verifica allo stato limite di formazione delle fessure (combinazione SLEfr)

Titolo: P235 armatura principale SLEfr

N° figure elementari: 1 **N° strati barre:** 3

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	100	235	1	31.42	7
			2	15.71	162
			3	31.42	228

Sollecitazioni: S.L.U. Metodo n

N_{Ed}: 0 **-1205** kN
M_{xEd}: 0 **-310** kNm
M_{yEd}: 0 0

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

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

Materiali: B450C C30/37

ϵ_{su} 67.5 % ϵ_{c2} 2 %
 f_{yd} 391.3 N/mm² ϵ_{cu} 3.5 %
 E_s 200 000 N/mm² f_{cd} 17
 E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 0.8
 ϵ_{syd} 1.957 % $\sigma_{c,adm}$ 11.5
 $\sigma_{s,adm}$ 255 N/mm² τ_{co} 0.6933
 τ_{c1} 2.029

σ_c 0.1812 N/mm²
 σ_c 0.7976 N/mm²
 ϵ_s 0.05845 %

Verifica Precompresso

12.2.5 Verifica della platea di fondazione

12.2.5.1 Verifica a pressoflessione

Le sollecitazioni sulla platea di fondazione della spalla sono valutate considerando l'involuppo delle combinazioni sismiche e statiche (ENV-SLU ed ENV-SLV).

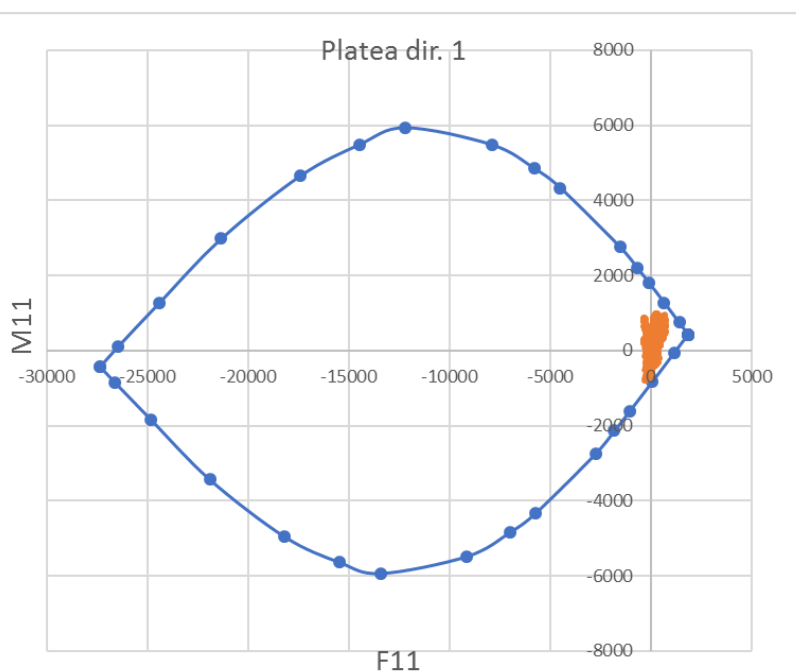
La capacità resistente delle sezioni in condizione statica è stata determinata in accordo a quanto riportato al punto 4.1.2.3 delle NTC2018. In condizione sismica, la capacità delle membrature è valutata in accordo con le regole di cui al punto 4.1 delle NTC2018, senza nessun requisito aggiuntivo, a condizione che in nessuna sezione si superi il momento resistente massimo in campo sostanzialmente elastico, come definito al punto 4.1.2.3.4.2. delle NTC2018.

Dalle tabelle di output del software sono stati ricavati i valori per unità di lunghezza delle azioni flettenti e normali nelle pareti citate e relativi all'involuppo delle combinazioni sismiche e statiche.

Si è rappresentato il diagramma di interazione N-M per ogni sezione considerando separatamente le azioni nelle due direzioni, verificando quindi l'armatura in direzione 1 trasversale (F11-M11) e l'armatura in direzione 2 longitudinale (F22-M22).

Di seguito si riportano i grafici relativi a tali elaborazioni per le combinazioni in condizione statica (SLU). Le verifiche della sezione sono soddisfatte se i punti cadono all'interno del dominio resistente ad essa associato.

Platea	
Direzione 1	
b	100 cm
h	150 cm
d _{ext}	5 cm
d _{int}	145 cm
ϕ_{ext}	20
n _{ext}	5
As _{ext}	15.71 cm ²
passo _{ext}	20 cm
ϕ_{int}	20
n _{int}	10
As _{int}	31.42 cm ²
passo _{int}	10 cm

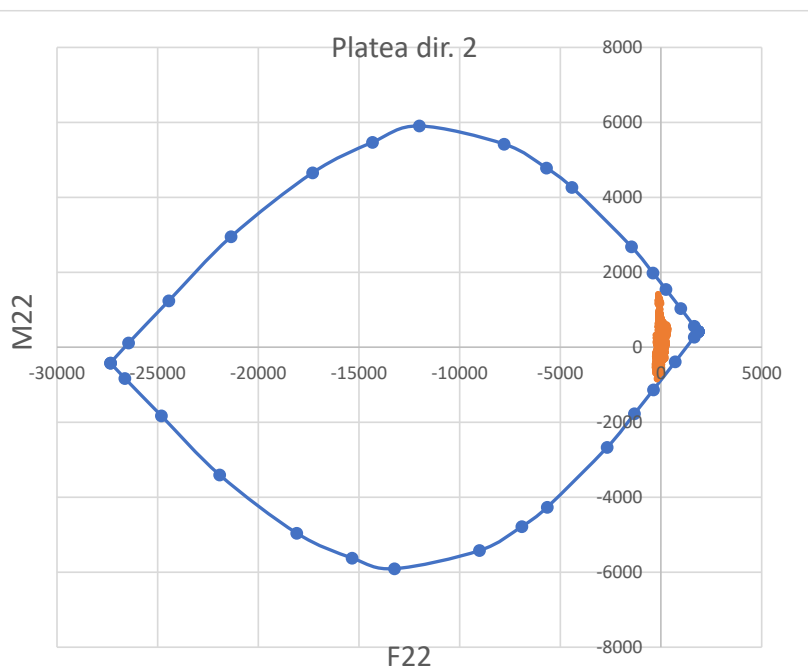


Affidamento a Contraente Generale dei “Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotatoria Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121”.

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

V7 – Viadotto Baucina – Relazione sottostrutture

Platea	
Direzione 2	
b	100 cm
h	150 cm
d _{ext}	7 cm
d _{int}	143 cm
ϕ_{ext}	20
n _{ext}	5
As _{ext}	15.71 cmq
passo _{ext}	20 cm
ϕ_{int}	20
n _{int}	10
As _{int}	31.42 cmq
passo _{int}	10 cm



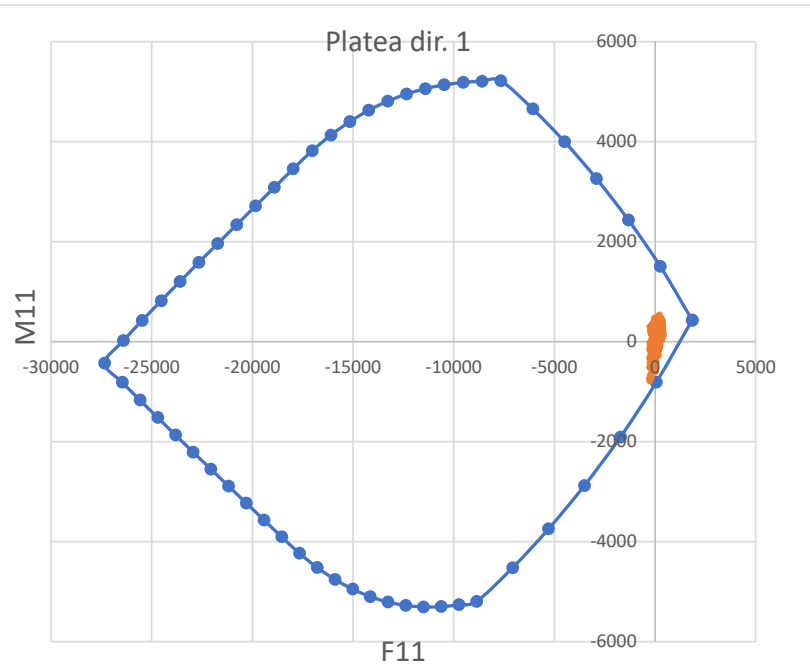
Di seguito si riportano i grafici relativi alle verifiche a presso-flessione per le combinazioni in condizione sismica (SLV), che riportano i domini di interazione al limite sostanzialmente elastico. Le verifiche della sezione sono soddisfatte se i punti cadono all'interno del dominio resistente ad essa associato.

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

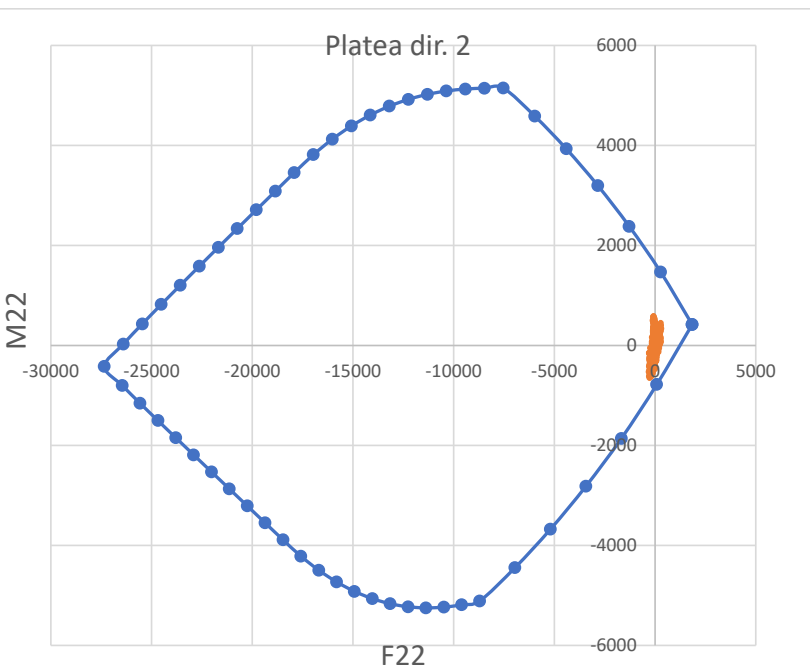
PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

V7 – Viadotto Baucina – Relazione sottostrutture

Platea	
Direzione 1	
b	100 cm
h	150 cm
d _{ext}	5 cm
d _{int}	145 cm
ϕ_{ext}	20
n _{ext}	5
As _{ext}	15.71 cmq
passo _{ext}	20 cm
ϕ_{int}	20
n _{int}	10
As _{int}	31.42 cmq
passo _{int}	10 cm



Platea	
Direzione 2	
b	100 cm
h	150 cm
d _{ext}	7 cm
d _{int}	143 cm
ϕ_{ext}	20
n _{ext}	5
As _{ext}	15.71 cmq
passo _{ext}	20 cm
ϕ_{int}	20
n _{int}	10
As _{int}	31.42 cmq
passo _{int}	10 cm



12.2.5.2 Verifica a punzonamento

Di seguito sono riportate le verifiche a punzonamento condotte secondo le indicazioni di cui alle UNI EN 1992-1-1 considerando le massime sollecitazioni allo SLU ed SLV, con riferimento al palo d'angolo più caricato. In particolare:

- punzonamento del palo d'angolo
la verifica è stata eseguita utilizzando un valore del taglio (V_{Ed}) corrispondente alla massima reazione verticale del palo d'angolo maggiormente sollecitato. Tale valore è stato scontato del peso della soletta compresi all'interno del perimetro di verifica.

L'armatura a punzonamento, dove necessaria, è stata conteggiata in termini di quantità di ganci presenti all'interno del perimetro di verifica.

La definizione dei perimetri critici di verifica è condotta come illustrato nel seguito:

- punzonamento palo d'angolo:
 - perimetro u_0 che definisce la minima superficie di rottura tangente al perimetro del palo;
 - perimetro u che definisce la superficie di rottura generalmente passante a metà dell'interasse tra i pali. Qualora tale distanza risulti superiore alla distanza tra bordo palo e bordo della struttura in elevazione il perimetro di verifica è assunto tangente al bordo della struttura in elevazione.

In Tabella 74 sono illustrate le verifiche a punzonamento per il palo d'angolo.

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

V7 – Viadotto Baucina – Relazione sottostrutture

Tabella 74: Verifica a punzonamento del palo d'angolo

Materiali		
Resistenza caratteristica calcestruzzo	f_{ck}	30 MPa
Resistenza di progetto calcestruzzo	f_{cd}	17.00 MPa
Resistenza caratteristica acciaio	f_{ywk}	450 MPa
Resistenza di progetto acciaio	f_{ywd}	391 MPa

Geometria		
Ascissa interasse palo angolo dal bordo plinto	y	1 m
Ordinata interasse palo angolo dal bordo plinto	z	1 m
Interasse pali direzione y	Δy	3 m
Interasse pali direzione z	Δz	3 m
Altezza plinto	h	1.5 m
Diametro palo	D	1 m
Distanza dal bordo del palo del perimetro di verifica	a	1.15 m
<i>Disporre speciali armature al bordo come al punto 9.3.1.4 EC2</i>		

Armatura		
Larghezza della sezione	b	1 m
Area dell'armatura tesa disposta in direzione y	$A_{s,y}$	15.71 cm ²
Area dell'armatura tesa disposta in direzione z	$A_{s,z}$	15.71 cm ²
Altezza utile armature direzione y	d_y	1.45 m
Altezza utile armature direzione z	d_z	1.43 m
Altezza utile media del plinto	d_{eff}	1.44 m
Rapporto geometrico d'armatura in direzione x	$\rho_{lx} = A_{s,x}/bd_y$	0.00108
Rapporto geometrico d'armatura in direzione y	$\rho_{ly} = A_{s,y}/bd_z$	0.00110
Rapporto ideale	$\rho_l = (\rho_{lx} \rho_{ly})^{0.5}$	0.00109

Sollecitazioni		
Forza di taglio agente sul plinto	V_{Ed}	2978 kN

Verifica a punzonamento		
Perimetro di verifica sulla faccia del palo	u_0	2.79 m
Perimetro di verifica di base	u_1	7.31 m
Perimetro di verifica	u	4.59 m
	k	1.37

VERIFICA LUNGO IL PERIMETRO u_0		
Forza netta all'interno del perimetro di verifica considerato	ΔV_{Ed}	0 kN
Forza netta applicata	$V_{Ed,red} = V_{Ed} - \Delta V_{Ed}$	2978 kN
Coefficiente che tiene conto dell'eccentricità del carico	β	1.5
	$v_{Ed} = \beta V_{Ed,red} / (u_0 d_{eff})$	1.114 MPa
Resistenza massima a punzonamento	$v_{Rd,max}$	3.40 MPa
	$IS = v_{Ed} / v_{Rd,max}$	0.33 verificato

VERIFICA LUNGO IL PERIMETRO u		
Forza netta all'interno del perimetro di verifica considerato	ΔV_{Ed}	241 kN
Forza netta applicata	$V_{Ed,red} = V_{Ed} - \Delta V_{Ed}$	2737 kN
Coefficiente che tiene conto dell'eccentricità del carico	β	1.5
	$v_{Ed} = \beta V_{Ed,red} / (u^* d_{eff})$	0.621 MPa
Resistenza di progetto a punzonamento (con effetto scala)	$v_{Rd,c}$	0.77 MPa
	$IS = v_{Ed} / v_{Rd,c}$	0.80 verificato

12.2.5.3 Verifica a fessurazione

In accordo con quanto indicato nel §4.1.2.2.4 delle NTC2018 si sono effettuate le verifiche allo stato limite di formazione delle fessure, nel quale, per la combinazione di azioni prescelta, la tensione normale di trazione nella fibra più sollecitata deve risultare inferiore a:

$$\sigma_t = \frac{f_{ctm}}{1,2} = \frac{2,89}{1,2} = 2,41 \text{ MPa}$$

Nel caso in cui tale condizione non sia risultata soddisfatta, si è effettuata la verifica allo stato limite di apertura delle fessure, nel quale, per la combinazione di azioni prescelta, il valore limite di apertura della fessura calcolato al livello considerato è pari a:

$w_1 = 0,2 \text{ mm}$ per la Combinazione quasi permanente (QP);

$w_2 = 0,3 \text{ mm}$ per la Combinazione frequente (FR);

Per ulteriori approfondimenti si rimanda al punto 6.3 del presente elaborato.

Le tabelle seguenti mostrano che le verifiche allo stato limite di formazione delle fessure risultano soddisfatte. Essendo la condizione allo SLE frequente più gravosa di quella allo SLE quasi permanente, le verifiche allo stato limite di formazione delle fessure o di apertura delle fessure che siano soddisfatte per lo SLE frequente, risultano automaticamente soddisfatte allo SLE quasi permanente.

Tabella 75: Plinto di fondazione armature direzione trasversale – verifica allo stato limite di formazione delle fessure (combinazione SLEfr)

Titolo: Platea dir1 SLEfr

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

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	100	150	1	15.71	5
			2	31.42	145

Sollecitazioni: S.L.U. / Metodo n

N_{Ed}: 0 | -535 kN
M_{xEd}: 0 | 670 kNm
M_{yEd}: 0 | 0

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

Materiali: B450C, C30/37

ϵ_{su}	67.5 ‰	ϵ_{c2}	2 ‰
f_{yd}	391.3 N/mm²	ϵ_{cu}	3.5 ‰
E_s	200 000 N/mm²	f_{cd}	17
E_s/E_c	15	f_{cc}/f_{cd}	0.8
ϵ_{syd}	1.957 ‰	$\sigma_{c,adm}$	11.5
$\sigma_{s,adm}$	255 N/mm²	τ_{co}	0.6933
		τ_{c1}	2.029

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

σ_c : -1.26 N/mm²
 σ_c : 1.897 N/mm²
 ϵ_s : 0.1344 ‰

Verifica

Precompresso

Tabella 76: Plinto di fondazione armature direzione longitudinale – verifica allo stato limite di formazione delle fessure (combinazione SLEfr)

Verifica C.A. S.L.U. - File: Platea_long_slefr2

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

Titolo: Platea dir2 SLEfr

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

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	100	150	1	15.71	7
			2	31.42	143

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

Sollecitazioni: S.L.U. Metodo n

N_{Ed}: 0 kN
M_{xEd}: 0 kNm
M_{yEd}: 0 kNm

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

Materiali: B450C C30/37

ε_{su}: 67.5 ‰ ε_{c2}: 2 ‰
f_{yd}: 391.3 N/mm² ε_{cu}: 3.5 ‰
E_s: 200 000 N/mm² f_{cd}: 17 N/mm²
E_s/E_c: 15 f_{cc}/f_{cd}: 0.8
ε_{syd}: 1.957 ‰ σ_{c,adm}: 11.5 N/mm²
σ_{s,adm}: 255 N/mm² τ_{co}: 0.6933 N/mm²
τ_{c1}: 2.029 N/mm²

σ_c: -2.338 N/mm²
σ_c: 2.275 N/mm²
ε_s: 0.1545 ‰

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

Verifica

Precompresso

13 BAGGIOLI

Il dimensionamento della geometria dei baggioli viene svolto in funzione della geometria degli apparecchi di appoggio che devono sostenere. Il dimensionamento dell'armatura è realizzato in base alle indicazioni riportate al punto 6.7 dell'Eurocodice 2 parte 1-1 (UNI EN 1992-1-1:2005).

Il dimensionamento riguarda la verifica pressioni localizzate nel conglomerato cementizio e la verifica dell'azione di trazione nelle staffe (e, eventualmente, nelle barre verticali) in quanto l'azione di compressione concentrata in sommità baggiolo comporta la nascita di azioni di trazioni trasversali. Se il baggiolo è collegato ad un apparecchio di appoggio che trasmette un'azione orizzontale, allora è opportuno predisporre barre di armatura verticali in grado di assorbire l'azione di taglio secondo uno schema tirante-puntone tipico di un corpo tozzo.

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

V7 – Viadotto Baucina – Relazione sottostrutture

Formulazione UNI EN 1992-1-1:2005		
f_{cd}	17.7	MPa
Lato longitudinale apparecchio di appoggio $b_{0,l}$	700	mm
Lato trasversale apparecchio di appoggio $b_{0,t}$	700	mm
Lato longitudinale baggiolo $b_{1,l}$	1200	mm
Lato trasversale baggiolo $b_{1,t}$	1600	mm
Altezza baggiolo h_b	300	mm
Lato longitudinale di diffusione del carico $b_{2,l}$	1200	mm
Lato trasversale di diffusione del carico $b_{2,t}$	1300	mm
Limite lunghezza lato longitudinale di diffusione del carico	2100	mm
Limite lunghezza lato trasversale di diffusione del carico	2100	mm
Area di impronta dell'apparecchio di appoggio A_{c0}	490000	mm ²
Area massima di diffusione del carico A_{c1}	1560000	mm ²
Altezza totale zona di diffusione del carico H	1300	mm
Profondità diffusione carico per zone a parziale discontinuità h	1600	mm
Profondità diffusione carico per zone a totale discontinuità h	650	mm
Azione di compressione agente N_{Ed}	13700	kN
F_{Rdu}	15475	kN
$F_{Rdu} > N_{Ed}$	Sì	-
Azione di trazione T_{Ed}	1926.6	kN
Diametro staffe	16	mm
Numero bracci x sezione	2	-
Area acciaio x sezione	402	mm ²
Passo staffe	100	mm
Zona da staffare	1300	mm
Numero staffe adottato	13	-
Tensione "reale" nelle staffe	368.5	MPa
Verifica soddisfatta	Sì	-
Azione orizzontale agente sull'apparecchio di appoggio H_{Ed}	560	kN
Diametro barre verticali	16	mm
Numero barre verticali per lato	11	-
Area acciaio verticale per lato	2212	mm ²
Tensione nelle barre verticali	253.2	MPa
Verifica soddisfatta	Sì	-

Figura 41: baggiolo pile condizione statica

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

V7 – Viadotto Baucina – Relazione sottostrutture

Formulazione UNI EN 1992-1-1:2005		
f_{cd}	17.7	MPa
Lato longitudinale apparecchio di appoggio $b_{0,l}$	700	mm
Lato trasversale apparecchio di appoggio $b_{0,t}$	700	mm
Lato longitudinale baggiolo $b_{1,l}$	1200	mm
Lato trasversale baggiolo $b_{1,t}$	1600	mm
Altezza baggiolo h_b	300	mm
Lato longitudinale di diffusione del carico $b_{2,l}$	1200	mm
Lato trasversale di diffusione del carico $b_{2,t}$	1300	mm
Limite lunghezza lato longitudinale di diffusione del carico	2100	mm
Limite lunghezza lato trasversale di diffusione del carico	2100	mm
Area di impronta dell'apparecchio di appoggio A_{c0}	490000	mm ²
Area massima di diffusione del carico A_{c1}	1560000	mm ²
Altezza totale zona di diffusione del carico H	1300	mm
Profondità diffusione carico per zone a parziale discontinuità h	1600	mm
Profondità diffusione carico per zone a totale discontinuità h	650	mm
Azione di compressione agente N_{Ed}	7800	kN
F_{Rdu}	15475	kN
$F_{Rdu} > N_{Ed}$	Sì	-
Azione di trazione T_{Ed}	1096.9	kN
Diametro staffe	16	mm
Numero bracci x sezione	2	-
Area acciaio x sezione	402	mm ²
Passo staffe	100	mm
Zona da staffare	1300	mm
Numero staffe adottato	13	-
Tensione "reale" nelle staffe	209.8	MPa
Verifica soddisfatta	Sì	-
Azione orizzontale agente sull'apparecchio di appoggio H_{Ed}	850	kN
Diametro barre verticali	16	mm
Numero barre verticali per lato	11	-
Area acciaio verticale per lato	2212	mm ²
Tensione nelle barre verticali	384.3	MPa
Verifica soddisfatta	Sì	-

Figura 42: baggiolo pile condizione sismica

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

V7 – Viadotto Baucina – Relazione sottostrutture

Formulazione UNI EN 1992-1-1:2005		
f_{cd}	17.7	MPa
Lato longitudinale apparecchio di appoggio $b_{0,l}$	950	mm
Lato trasversale apparecchio di appoggio $b_{0,t}$	790	mm
Lato longitudinale baggiolo $b_{1,l}$	1400	mm
Lato trasversale baggiolo $b_{1,t}$	1850	mm
Altezza baggiolo h_b	400	mm
Lato longitudinale di diffusione del carico $b_{2,l}$	1400	mm
Lato trasversale di diffusione del carico $b_{2,t}$	1590	mm
Limite lunghezza lato longitudinale di diffusione del carico	2850	mm
Limite lunghezza lato trasversale di diffusione del carico	2370	mm
Area di impronta dell'apparecchio di appoggio A_{c0}	750500	mm ²
Area massima di diffusione del carico A_{c1}	2226000	mm ²
Altezza totale zona di diffusione del carico H	1590	mm
Profondità diffusione carico per zone a parziale discontinuità h	1850	mm
Profondità diffusione carico per zone a totale discontinuità h	795	mm
Azione di compressione agente N_{Ed}	3310	kN
F_{Rdu}	22878	kN
$F_{Rdu} > N_{Ed}$	Sì	-
Azione di trazione T_{Ed}	474.1	kN
Diametro staffe	16	mm
Numero bracci x sezione	2	-
Area acciaio x sezione	402	mm ²
Passo staffe	100	mm
Zona da staffare	1590	mm
Numero staffe adottato	15	-
Tensione "reale" nelle staffe	78.6	MPa
Verifica soddisfatta	Sì	-
Azione orizzontale agente sull'apparecchio di appoggio H_{Ed}	0	kN
Diametro barre verticali	16	mm
Numero totale barre verticali		-
Area acciaio verticale	2212	mm ²
Tensione nelle barre verticali	0.0	MPa
Verifica soddisfatta	Sì	-

Figura 43: baggiolo spalla apparecchio di appoggio multidirezionale max compressione

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

V7 – Viadotto Baucina – Relazione sottostrutture

Formulazione UNI EN 1992-1-1:2005		
f_{cd}	17.7	MPa
Lato longitudinale apparecchio di appoggio $b_{0,l}$	950	mm
Lato trasversale apparecchio di appoggio $b_{0,t}$	790	mm
Lato longitudinale baggiolo $b_{1,l}$	1400	mm
Lato trasversale baggiolo $b_{1,t}$	1850	mm
Altezza baggiolo h_b	400	mm
Lato longitudinale di diffusione del carico $b_{2,l}$	1400	mm
Lato trasversale di diffusione del carico $b_{2,t}$	1590	mm
Limite lunghezza lato longitudinale di diffusione del carico	2850	mm
Limite lunghezza lato trasversale di diffusione del carico	2370	mm
Area di impronta dell'apparecchio di appoggio A_{c0}	750500	mm ²
Area massima di diffusione del carico A_{c1}	2226000	mm ²
Altezza totale zona di diffusione del carico H	1590	mm
Profondità diffusione carico per zone a parziale discontinuità h	1850	mm
Profondità diffusione carico per zone a totale discontinuità h	795	mm
Azione di trazione verticale N_{Ed}	2800	kN
Diametro barre verticali	16	mm
Numero totale barre verticali	52	-
Area acciaio verticale	10455	mm ²
Tensione nelle barre verticali	267.8	MPa
Verifica soddisfatta	Sì	-

Figura 44: baggiolo spalla apparecchio di appoggio multidirezionale max trazione

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

V7 – Viadotto Baucina – Relazione sottostrutture

Formulazione UNI EN 1992-1-1:2005		
f_{cd}	17.7	MPa
Lato longitudinale apparecchio di appoggio $b_{0,l}$	980	mm
Lato trasversale apparecchio di appoggio $b_{0,t}$	600	mm
Lato longitudinale baggiolo $b_{1,l}$	1400	mm
Lato trasversale baggiolo $b_{1,t}$	1850	mm
Altezza baggiolo h_b	785	mm
Lato longitudinale di diffusione del carico $b_{2,l}$	1400	mm
Lato trasversale di diffusione del carico $b_{2,t}$	1850	mm
Limite lunghezza lato longitudinale di diffusione del carico	2940	mm
Limite lunghezza lato trasversale di diffusione del carico	1800	mm
Area di impronta dell'apparecchio di appoggio A_{c0}	588000	mm ²
Area massima di diffusione del carico A_{c1}	2590000	mm ²
Altezza totale zona di diffusione del carico H	1850	mm
Profondità diffusione carico per zone a parziale discontinuità h	1850	mm
Profondità diffusione carico per zone a totale discontinuità h	925	mm
Azione di compressione agente N_{Ed}	8150	kN
F_{Rdu}	21843	kN
$F_{Rdu} > N_{Ed}$	Sì	-
Azione di trazione T_{Ed}	1376.7	kN
Diametro staffe	16	mm
Numero bracci x sezione	4	-
Area acciaio x sezione	804	mm ²
Passo staffe	100	mm
Zona da staffare	1850	mm
Numero staffe adottato	15	-
Tensione "reale" nelle staffe	114.1	MPa
Verifica soddisfatta	Sì	-
Azione orizzontale agente sull'apparecchio di appoggio H_{Ed}	970	kN
Diametro barre verticali	20	mm
Numero barre verticali per lato	13	-
Area acciaio verticale per lato	4084	mm ²
Tensione nelle barre verticali	237.5	MPa
Verifica soddisfatta	Sì	-

Figura 45: baggiolo spalla apparecchio di appoggio unidirezionale condizione statica

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

V7 – Viadotto Baucina – Relazione sottostrutture

Formulazione UNI EN 1992-1-1:2005		
f_{cd}	17.7	MPa
Lato longitudinale apparecchio di appoggio $b_{0,l}$	980	mm
Lato trasversale apparecchio di appoggio $b_{0,t}$	600	mm
Lato longitudinale baggiolo $b_{1,l}$	1400	mm
Lato trasversale baggiolo $b_{1,t}$	1850	mm
Altezza baggiolo h_b	785	mm
Lato longitudinale di diffusione del carico $b_{2,l}$	1400	mm
Lato trasversale di diffusione del carico $b_{2,t}$	1850	mm
Limite lunghezza lato longitudinale di diffusione del carico	2940	mm
Limite lunghezza lato trasversale di diffusione del carico	1800	mm
Area di impronta dell'apparecchio di appoggio A_{c0}	588000	mm ²
Area massima di diffusione del carico A_{c1}	2590000	mm ²
Altezza totale zona di diffusione del carico H	1850	mm
Profondità diffusione carico per zone a parziale discontinuità h	1850	mm
Profondità diffusione carico per zone a totale discontinuità h	925	mm
Azione di compressione agente N_{Ed}	3600	kN
F_{Rdu}	21843	kN
$F_{Rdu} > N_{Ed}$	Sì	-
Azione di trazione per ragioni di parziale discontinuità T_{Ed}	608.1	kN
Diametro staffe	16	mm
Numero bracci x sezione	4	-
Area acciaio x sezione	804	mm ²
Passo staffe	100	mm
Tensione nelle staffe	40.9	MPa
Numero staffe adottato	15	-
Tensione "reale" nelle staffe	50.4	MPa
Verifica soddisfatta	Sì	-
Azione orizzontale agente sull'apparecchio di appoggio H_{Ed}	1500	kN
Diametro barre verticali	20	mm
Numero barre verticali per lato	13	-
Area acciaio verticale per lato	4084	mm ²
Tensione nelle barre verticali	367.3	MPa
Verifica soddisfatta	Sì	-

Figura 46: baggiolo spalla apparecchio di appoggio unidirezionale condizione sismica

14 PALI DI FONDAZIONE

14.1 CARATTERIZZAZIONE STRATIGRAFICA E GEOTECNICA DEI TERRENI

14.1.1 Unità stratigrafiche di riferimento

Sulla base delle indagini eseguite si individuano le seguenti unità stratigrafiche:

- **Unità LSA(a-2):** coltre eluvio-colluviale di bassa consistenza ($900 \text{ kPa} < q_c \leq 1800 \text{ kPa}$) costituita prevalentemente da limi e argille.
- **Depositi alluvionali di conoide (DAF):** alternanze di sabbie limose e argille limose con intercalazioni di ghiaia subarrotondata, sovrastanti la locale formazione di substrato
- **Unità LSA:** Limi sabbiosi argillosi moderatamente consistenti ($1800 \text{ kPa} < q_c \leq 3000 \text{ kPa}$).
- **Unità AG:** Argille limose grigie. Si tratta di argille limose grigie a struttura scagliettata con inclusi elementi lapidei, da consistenti a molto consistenti ($q_c > 3000 \text{ kPa}$), talvolta con intercalati livelli sabbiosi e/o livelli, strati di argilliti a consistenza pseudo-litoide.

In Tabella 77 si riportano i parametri geotecnici caratteristici per le varie unità litostratigrafiche individuate.

Tabella 77: Parametri geotecnici, caratteristici per quanto concerne quelli di resistenza al taglio.

Unità	γ (kN/m^3)	φ'_k ($^\circ$)	c'_k (kPa)	c_{uk} (kPa)	E' (MPa)
LSA(a-2)	20	22	5*	60÷120	15
LSA	20	24	5	120÷200	20
DAF	20	24	2*	60	20
AG	20.5	26	15*	$200+10*\delta z$ ≤ 400	$30+1.5*\delta z$ ≤ 80
Rilevato nuovo	20	38	0		50

*Nota: dato il carattere provvisorio dell'opera, è stata attribuita alle unità principalmente interessate dagli scavi una coesione maggiore per tenere in conto di una condizione di medio termine

14.1.2 Sezioni stratigrafiche di riferimento

Nelle seguenti figure si riportano le sezioni stratigrafiche di riferimento utilizzate per il dimensionamento degli interventi provvisori di scavo.

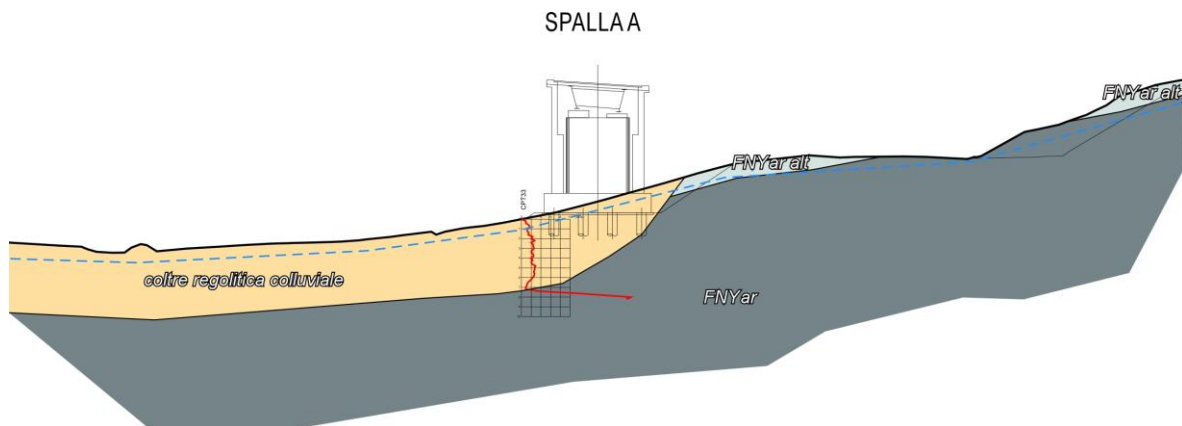


Figura 47: Sezione stratigrafica – Spalla A.

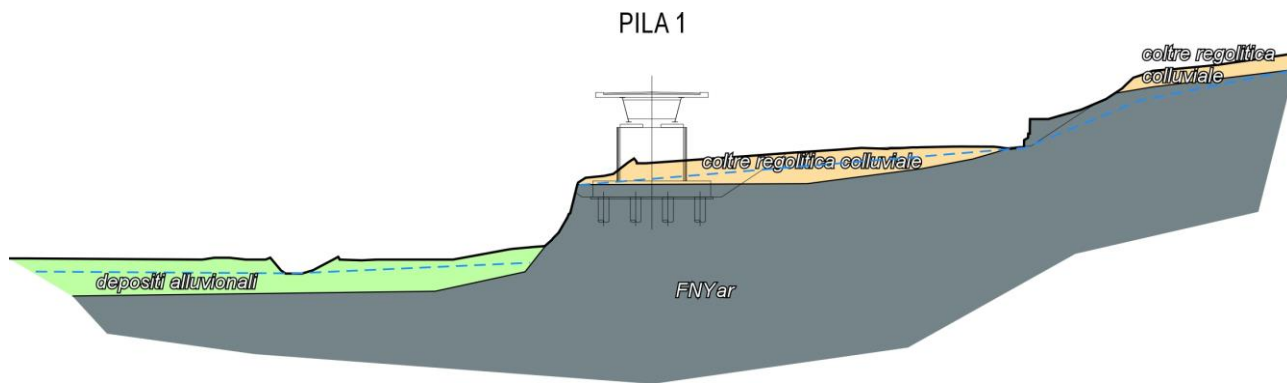


Figura 48: Sezione stratigrafica – Pila 1.

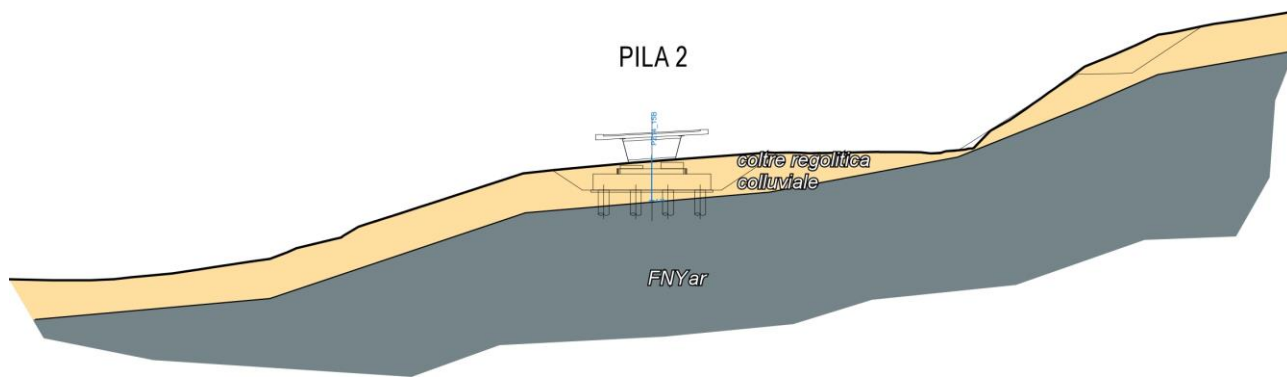


Figura 49: Sezione stratigrafica – Pila 2.

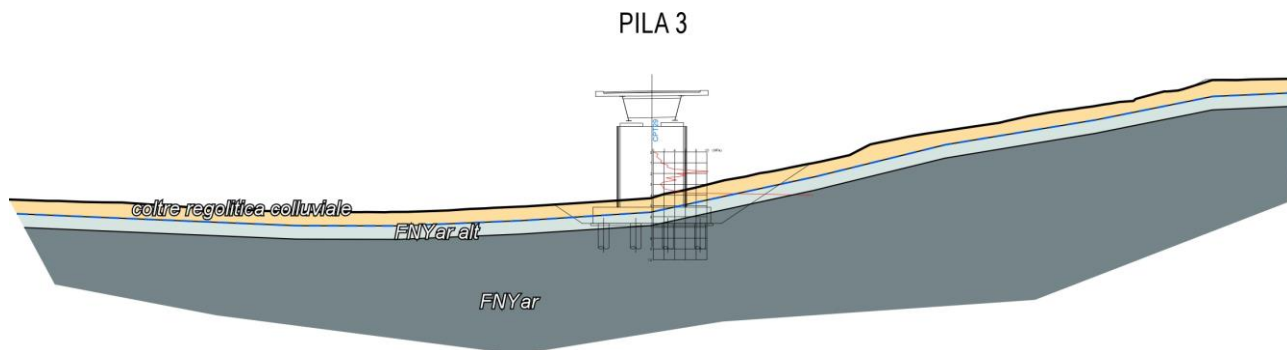


Figura 50: Sezione stratigrafica – Pila 3.

Affidamento a Contraente Generale dei “Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotatoria Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121”.

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

V7 – Viadotto Baucina – Relazione sottostrutture

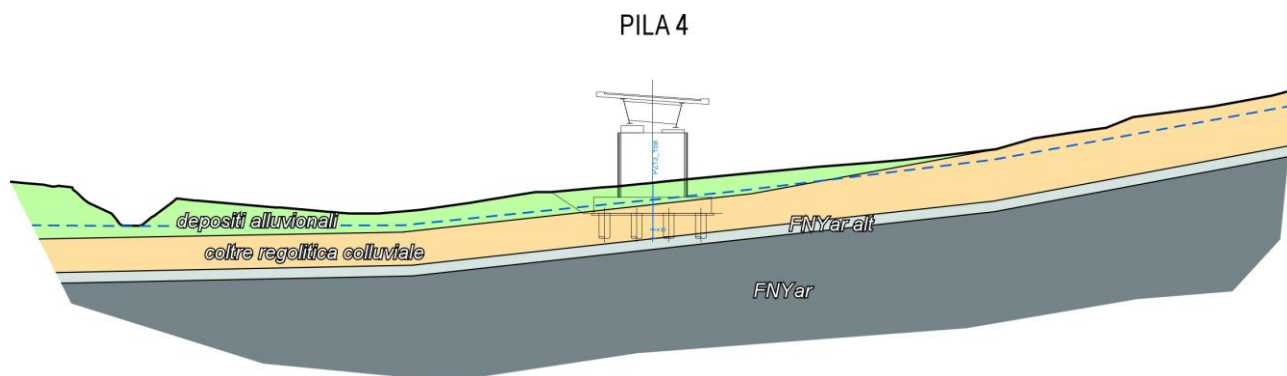


Figura 51: Sezione stratigrafica – Pila 4.

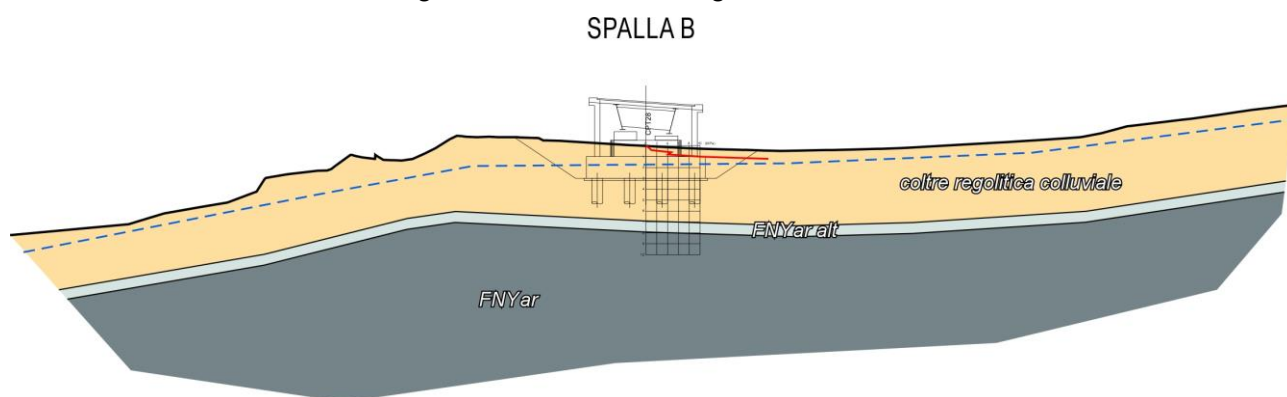


Figura 52: Sezione stratigrafica – Spalla B.

14.1.3 Falda di progetto

Al fine della valutazione della capacità portante dei pali (verticale ed orizzontale) è stata considerata la falda coincidente con il piano campagna.

14.2 APPROCCI PROGETTUALI E CRITERI DI VERIFICA

Gli approcci progettuali e i criteri di verifica sono stati condotti adottando i criteri nel seguito descritti in accordo al DM 17 gennaio 2018 (Aggiornamento delle "Norme Tecniche per le Costruzioni" - NTC2018).

14.2.1 Verifiche agli stati limite ultimi (SLU) di tipo strutturale (STRU)

In accordo con quanto riportato al paragrafo 6.4.3.1 e 7.11 delle NTC2018, per le verifiche di tipo strutturale (STRU) si è fatto riferimento all'Approccio 2:

DA2: A1+M1+R3 (STR).

Nelle verifiche nei confronti di SLU di tipo strutturale, il coefficiente γ_R non deve essere portato in conto.

I coefficienti parziali per le azioni (A), i parametri geotecnici del terreno (M) e le resistenze (R) sono in accordo alla tab. 5.1.V, 5.1.VI, e 6.2.II (coefficienti M) di cui alle NTC 2018.

In presenza di azioni sismiche, le verifiche degli stati limite ultimi devono essere eseguite ponendo pari a 1 i coefficienti parziali sulle azioni e sui parametri geotecnici.

Per gli stati limite ultimi la verifica di sicurezza è soddisfatta se:

$$R_d \leq E_d,$$

dove:

R_d = resistenza di progetto;

E_d = valore di progetto dell'effetto delle azioni.

14.2.2 Verifiche agli stati limite ultimi (SLU) di tipo geotecnico (GEO) – Capacità portante verticale della palificata

Il calcolo viene condotto secondo i seguenti approcci con riferimento al DM 17/01/2018 par. 6.4.3.1 per le condizioni statiche e al par. 7.11.5.3 per le condizioni sismiche.

In particolare:

- Condizioni statiche (DA2): A1+M1+R3
- Condizioni sismiche (DA2): A1+M1+R3

Le verifiche degli stati limite ultimi in presenza di azioni sismiche devono essere eseguite ponendo pari a 1 i coefficienti parziali sulle azioni e sui parametri geotecnici.

I coefficienti parziali per le azioni (A) sono in accordo con quanto riportato alla tab. 5.1.V e 5.1.VI di cui alle NTC 2018, mentre i parametri geotecnici del terreno (M) alla tab. 6.2.II.

La verifica della capacità portante della palificata (gruppo di pali) risulta soddisfatta se vengono soddisfatte le seguenti condizioni:

Condizione 1: $F_{cd, \text{ singolo}} < R_{cd, \text{ singolo}}$

dove:

$F_{cd, \text{ singolo}}$ = carico assiale agente sul singolo palo;

$R_{cd, \text{ singolo}}$ = capacità portante del singolo di progetto ottenuto a partire dal valore caratteristico R_k applicando i coefficienti parziali γ_R della seguente tabella.

Tabella 78: Coefficienti parziali γ_R da applicare alle resistenze caratteristiche.

Tab. 6.4.II – Coefficienti parziali γ_R da applicare alle resistenze caratteristiche a carico verticale dei pali

Resistenza	Simbolo	Pali infissi (R3)	Pali trivellati (R3)	Pali ad elica continua (R3)
Base	γ_b	1,15	1,35	1,3
Laterale in compressione	γ_s	1,15	1,15	1,15
Totale (*)	γ	1,15	1,30	1,25
Laterale in trazione	γ_{st}	1,25	1,25	1,25

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

Inoltre se la resistenza caratteristica R_k del palo viene ricavata attraverso correlazioni empiriche che prevedono l'utilizzo di parametri geotecnici o risultati di prove in sito, il valore caratteristico della resistenza $R_{c,k}$ (o $R_{t,k}$) sarà dato dal minore dei valori ottenuti applicando alle resistenze calcolate $R_{c,cal}$ (o $R_{t,cal}$) i fattori di correzione (ξ) riportati nella seguente tabella in funzione del numero di verticali d'indagine. Nel caso in esame, si è assunto cautelativamente un valore del fattore di correzione (ξ_3) pari a 1.70, che considera una sola verticale d'indagine disponibile.

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

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

Tabella 79: Fattori di correlazione ξ per la determinazione della resistenza caratteristica in funzione del numero di verticali d'indagine

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

Tabella 80: Coefficienti parziali da applicare alle resistenze caratteristiche.

Resistenza	Pali trivellati		
	γ_R (R3)	ξ (n indagini = 1)	FS (R3)
Base	1.35	1.70	2.30
Laterale in compressione	1.15	1.70	1.96
Laterale in trazione	1.25	1.70	2.13

La portata di progetto di un **palo trivellato soggetto a sforzo normale di compressione** (eseguito con completa asportazione del terreno) "R_{cd}" può essere espressa dalla seguente relazione:

$$R_{cd} = Q_{ll} / F_{SL} + Q_{bl} / F_{SB} - W'_p$$

dove:

Q_{ll} = portata laterale limite

Q_{bl} = portata di base limite

W'_p = peso efficace del palo (al netto del peso del terreno asportato)

F_{SL} = fattore di sicurezza per la portata laterale

F_{SB} = fattore di sicurezza per la portata di base

La portata di progetto di un **palo trivellato soggetto a sforzo normale di trazione** (eseguito con completa asportazione del terreno) "R_{td}" può essere espressa dalla seguente relazione:

$$R_{td} = Q_{ll} / F_{SL} + W'_p$$

dove:

Q_{ll} = portata laterale limite

W'_p = peso efficace del palo (al netto del peso del terreno asportato)

F_{SL} = fattore di sicurezza per la portata laterale

Per la valutazione della **Portata Laterale Limite del singolo palo** si opta per i seguenti criteri considerato che la natura coesiva dei terreni.

$$Q_{II} = \pi \cdot D \cdot \sum_i (\tau_i \cdot h_i)$$

da cui la tensione tangenziale ultima lungo il fusto del palo, in accordo con [Reese & Wright, 1977], può essere valutata con riferimento alla seguente espressione:

$$\tau_i = \alpha \cdot c_{ui}$$

con

$$0.23 \sigma'_v \leq \tau_i \leq 120 \text{ kPa}$$

dove:

σ'_v è la tensione efficace nello strato i-esimo calcolata a partire da p.c.

c_{ui} è la coesione non drenata nello strato i-esimo

α_i è un coefficiente empirico nello strato i-esimo funzione della c_{ui} per il quale si assume valida la seguente variazione, (Raccomandazioni AGI) come rappresentato nella figura di seguito:

$\alpha = 0.9$	$c_u \leq 25 \text{ kPa}$
$0.4 \leq \alpha \leq 0.9$	$25 \leq c_u \leq 75 \text{ kPa}$
$\alpha = 0.4$	$c_u \geq 75 \text{ kPa}$

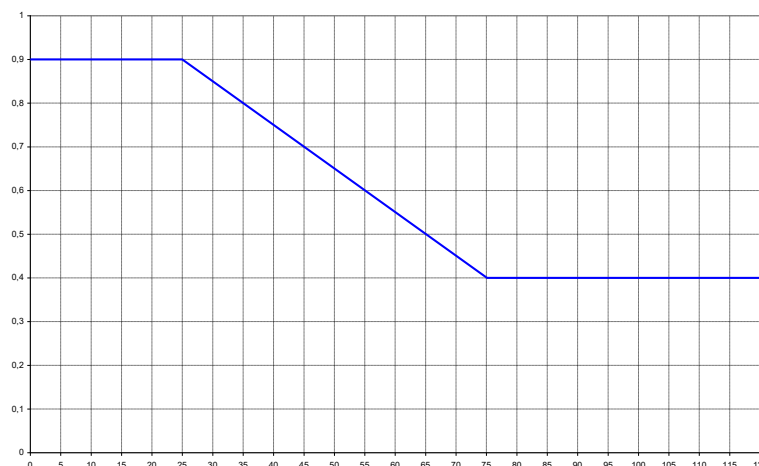


Figura 53: Andamento $\alpha - c_u$.

Per la valutazione della **Portata di Base Limite del singolo palo** è stata utilizzata la seguente relazione.

$$Q_{bl} = A_p \cdot q_{bl}$$

$$q_{ub} = 9 \cdot c_u + \gamma h < 4500 \text{ kPa}$$

dove:

A_p = area della base del palo

q_{bl} = portata specifica di base

c_u = coesione non drenata alla base del palo

$q_{bl,max}$ = portata limite massima di base 4500 kPa

Condizione 2: $F_{cd, integrale} < R_{cd, gruppo}$

dove:

$F_{cd, integrale}$ = carico assiale integrale agente ad intradosso fondazione;

$R_{cd, gruppo}$ = capacità portante del gruppo di pali di progetto valutato in accordo con la metodologia proposta da Terzaghi & Peck (1948), secondo cui la portanza del gruppo di pali è la minore tra la somma dei carichi limite dei pali considerati singolarmente nel gruppo e la portanza del gruppo per collasso del blocco avente area rettangolare opportunamente ridotta per tenere in conto della presenza del momento flettente. In particolare risulta:

$$R_{cd, gruppo} = \eta \cdot N \cdot R_{cd, singolo}$$

dove:

N = numero di pali che compongono la palificata;

$R_{cd, singolo}$ = capacità portante del singolo palo di progetto, ottenuto a partire dal valore caratteristico R_k come descritto in precedenza;

η = coefficiente di efficienza del gruppo di pali determinato secondo la seguente equazione:

$$\eta = \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{R_{cd, singolo}^2}{R_{cd, gruppo}^2}}}$$

dove:

$R_{cd, blocco}$ = capacità portante del blocco di pali di progetto, per la cui determinazione si è fatto ricorso alla formulazione proposta da Randolph (1995), il quale suggerisce di calcolare la resistenza del blocco come somma della resistenza ultima alla punta dell'area circoscrivente il gruppo di pali (opportunamente ridotta per tenere in conto dei momenti flettenti) e della resistenza laterale ultima della superficie laterale del medesimo. Il calcolo è stato effettuato

sia in condizioni drenate (1) che in condizioni non drenate (2), considerando la condizione più gravosa.

$$R_{cd,gruppo} = \frac{A_B \cdot (0.4 \cdot \gamma' \cdot B_B \cdot N_\gamma + N_q \cdot \sigma'_{v(Lp)})}{\gamma_{R,base}} + \frac{P_B \cdot L_p \cdot k_0 \cdot \sigma'_{v(media)} \cdot \text{tg}(\varphi'_{d,medio})}{\gamma_{R,lat}} - \gamma_G \cdot W_B \quad (1)$$

$$R_{cd,gruppo} = \frac{A_B \cdot (c_{u,d(Lp)} \cdot N_c + N_q \cdot \sigma'_{v(Lp)})}{\gamma_{R,base}} + \frac{P_B \cdot L_p \cdot c_{u,d(media)}}{\gamma_{R,lat}} - \gamma_G \cdot W_B \quad (2)$$

dove:

A_B = area di base del blocco ridotta in funzione dell'eccentricità del carico normale agente ad intradosso fondazione;

B_B = larghezza del blocco;

P_B = perimetro del blocco;

W_B = volume del blocco;

L_p = lunghezza palificata;

γ' = peso efficace del terreno;

N_γ, N_q, N_c = fattori di capacità portante;

$\sigma_{v(Lp)}, \sigma'_{v(Lp)}$ = tensione totale/efficace alla base del blocco;

$\sigma'_{v(media)}$ = tensione efficace media lungo la palificata;

$\varphi'_{d,medio}$ = angolo di attrito medio di progetto lungo la palificata;

$c_{u,d,medio}$ = coesione non drenata media di progetto lungo la palificata;

$c_{u,d,(Lp)}$ = coesione non drenata di progetto alla base della palificata;

k_0 = coefficiente di spinta a riposo;

$\gamma_{R,base}$ = coefficiente parziale sulla resistenza di base, in accordo con quanto riportato in tab.

6.4.I delle NTC2018;

$\gamma_{R,lat}$ = coefficiente parziale sulla resistenza laterale, posto pari a 1.

14.2.3 Verifiche agli stati limite ultimi (SLU) di tipo geotecnico (GEO) – Capacità portante orizzontale della palificata

Il calcolo viene condotto secondo i seguenti approcci con riferimento al DM 17/01/2018 par.6.4.3.1 per le condizioni statiche e al par. 7.11.5.3 per le condizioni sismiche.

In particolare:

- Condizioni statiche (DA2): A1+M1+R3

- Condizioni sismiche (DA2): A1+M1+R3

Le verifiche degli stati limite ultimi in presenza di azioni sismiche devono essere eseguite ponendo pari a 1 i coefficienti parziali sulle azioni e sui parametri geotecnici.

I coefficienti parziali per le azioni (A) sono in accordo con quanto riportato alla tab. 5.1.V e 5.1.VI di cui alle NTC 2018, mentre i parametri geotecnici del terreno (M) alla tab. 6.2.II.

Per gli stati limite ultimi la verifica di sicurezza per la palificata soggetta a carichi orizzontali è soddisfatta se:

$$V_{d, \text{integrale}} < H_{d, \text{gruppo}},$$

dove:

$V_{d, \text{integrale}}$ = valore di progetto del taglio integrale agente ad intradosso soletta di fondazione;

$H_{d, \text{gruppo}}$ = resistenza di progetto per carichi orizzontali della palificata.

In particolare la resistenza di progetto del gruppo di pali soggetto a carichi trasversali si ottiene mediante la seguente relazione:

$$H_{d, \text{gruppo}} = \eta \cdot N \cdot H_{d, \text{singolo}}$$

dove:

η = coefficiente di efficienza della palificata che tiene in conto del cosiddetto effetto ombra, dato il quale la resistenza di un palo appartenente ad una data fila di un gruppo è ridotta a causa della presenza degli altri pali. Nel caso in esame è stato valutato in accordo con quanto proposto da Mokwa (2000). In particolare in funzione dell'interasse (s) e del diametro dei pali (d) si determina per ciascuna fila un coefficiente (p-multiplier). Il coefficiente di efficienza della palificata risulta essere il prodotto dei coefficienti p-multiplier determinati per ciascuna fila della palificata;

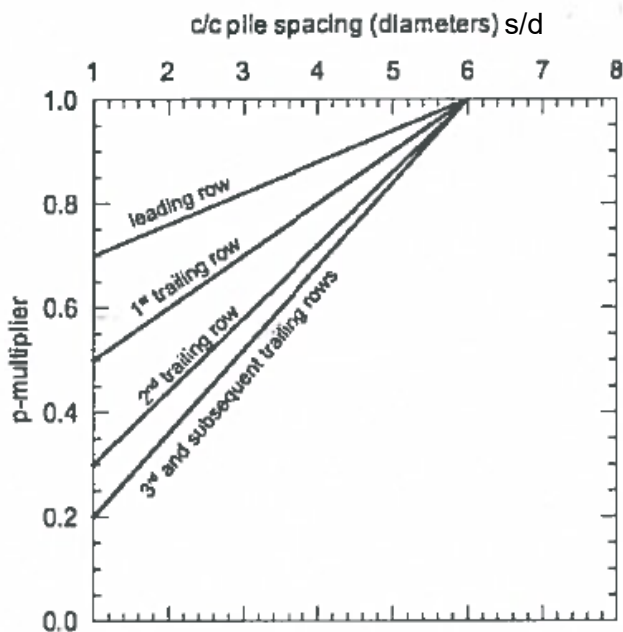


Figura 54: Coefficiente di efficienza della palificata (Mokwa, 2000).

N= numero di pali che compongono la palificata;

$H_{d,singolo}$ = capacità portante orizzontale del singolo palo. In particolare risulta:

$$H_{d,singolo} = \frac{H_k}{\gamma_T}$$

con:

$$H_k = \min \left\{ \frac{(H_{cal})_{media}}{\xi_3}, \frac{(H_{cal})_{min}}{\xi_4} \right\} := \text{resistenza caratteristica del palo soggetto a carichi trasversali};$$

ξ_3 e ξ_4 = coefficienti che dipendono dal numero di verticali di indagini considerate per la singola opera, sulla base dell'affidabilità della caratterizzazione geotecnica nel volume significativo, i cui valori sono indicati nella tab. 6.4.IV di cui al D.M. 17/01/2018. Nel caso in esame, si è assunto cautelativamente un valore dei fattori di correzione pari a 1.70, che considera una sola verticale d'indagine disponibile;

γ_T = coefficiente parziale per le verifiche agli stati limite ultimi di pali soggetti a carichi trasversali i cui valori sono riportati nella Tabella 6.4.VI seguente tratta dal D.M. 17/01/2018.

Tab. 6.4.VI - Coefficiente parziale γ_T per le verifiche agli stati limite ultimi di pali soggetti a carichi trasversali

Coefficiente parziale (R3)
$\gamma_T = 1,3$

Il carico limite orizzontale di calcolo (H_{cal}) è stato determinato effettuando un'analisi di tipo push-over attraverso il software L-pile, che si basa sull'uso delle curve p-y.

In particolare l’analisi push-over, nel caso di palo incastrato in testa (condizione coincidente con il caso in esame), consiste nell’incrementare gradualmente lo spostamento orizzontale in testa al palo determinando il relativo sforzo orizzontale, fino al raggiungimento del carico limite che dipende:

- dalla geometria (lunghezza, diametro);
- dalle condizioni di vincolo in testa del palo;
- dalle caratteristiche strutturali del palo; in particolare è stato fornito al programma il diagramma Momento-Curvatura determinato con il software VCA-SLU;
- dalla resistenza del terreno.

14.2.4 Verifiche agli stati limite di esercizio (SLE)

14.2.4.1 Verifica degli spostamenti verticali del gruppo di pali

In condizioni di esercizio (combinazione quasi permanente) gli spostamenti verticali della palificata dovranno essere compatibili con la funzionalità dell'opera.

In particolare noto il cedimento del singolo palo, determinato attraverso una schematizzazione alla Winkler del terreno nel modello strutturale implementato nel software SAP, il cedimento del gruppo di pali è funzione:

- del numero di pali della palificata (n);
- della configurazione geometrica del gruppo (s = interasse pali; L = lunghezza pali).

Per la determinazione del coefficiente amplificativo dei cedimenti per effetto gruppo (E_G) si fa riferimento alla correlazione suggerita da Mandolini et al. (2005) basata sul confronto parametrico di evidenze sperimentali che definisce il parametro:

$$R_G = 0.29 R^{-1.35}$$

essendo:

$$R = \sqrt{\frac{n s}{L}}$$

Il coefficiente amplificativo E_G per effetto gruppo si ottiene dalla seguente espressione:

$$E_G = R_G n$$

14.2.4.2 Verifica degli spostamenti orizzontali del gruppo di pali

In condizioni di esercizio (combinazione quasi permanente) gli spostamenti orizzontali della palificata dovranno essere compatibili con la funzionalità dell'opera.

In particolare noto lo spostamento orizzontale del palo isolato ($y_{isolato}$), determinato attraverso una schematizzazione alla Winkler del terreno lungo il palo nel modello strutturale implementato nel software SAP, lo spostamento orizzontale del palo soggetto a effetto gruppo (y_{gruppo}), in accordo con quanto proposto da Ooi & Duncan (1994) è funzione:

- del numero di pali della palificata (n);
- della configurazione geometrica del gruppo (s = interasse pali; D = diametro pali L = lunghezza pali);
- della tipologia di terreno e delle caratteristiche meccaniche dello stesso (c_u , ϕ');

- dello sforzo di taglio medio agente sul singolo palo (P_s).

In particolare risulta che:

$$y_{gruppo} = C_y \cdot y_{isolato}$$

essendo, per terreni argillosi:

$$C_y = \frac{16 + n}{5.5 \cdot \left(\frac{s}{D} + \frac{P_s}{3 \cdot c_d \cdot D^2} \right)}$$

14.2.4.3 Verifica dello stato tensionale dei materiali

In accordo con quanto riportato al par. 4.1.2.2.5 del DM 17/01/2018 occorre controllare che:

- la massima tensione di compressione del calcestruzzo non superi la limitazione fissata pari a:

$$\sigma_c = 0.6 \cdot f_{ck} \quad \text{combinazione rara}$$

$$\sigma_c = 0.45 \cdot f_{ck} \quad \text{combinazione quasi permanente}$$

- la tensione massima per l'acciaio non ecceda il valore di:

$$\sigma_s = 0.8 \cdot f_{yk}$$

14.2.4.4 Verifica di fessurazione

La verifica a fessurazione viene eseguita sulla base delle sollecitazioni di calcolo valutate per la combinazione di esercizio (SLE).

Lo stato limite di fessurazione viene fissato in funzione della combinazione di azioni adottata per il calcolo delle azioni di progetto (Quasi permanente e Frequente), delle condizioni ambientali e della sensibilità delle armature alla corrosione.

Nella successiva tabella vengono riassunte le ipotesi adottate nel presente documento.

Tabella 81:Ipotesi verifica a fessurazione (SLE).

Armatura	Poco sensibile
Condizioni ambientali	Aggressive
Combinazioni di azioni	Quasi Permanente e Frequente

Il valore nominale di riferimento di apertura delle fessure risulta essere

- $w_1 = 0.20$ mm combinazione quasi permanente;
- $w_2 = 0.30$ mm combinazione frequente;

14.3 DETERMINAZIONE DELLE SOLLECITAZIONI E DEGLI SPOSTAMENTI NEI PALI DI FONDAZIONE

14.3.1 Spalle: determinazione delle sollecitazioni e degli spostamenti nei pali di fondazione

Al fine di determinare le sollecitazioni agenti sui pali di fondazione delle spalle e gli spostamenti della palificata si procede come segue:

a) si determinano le sollecitazioni integrali agenti ad intradosso fondazione inserendo nel modello strutturale SAP un vincolo di incastro in corrispondenza all'incirca del baricentro della palificata;

b) si determinano le sollecitazioni agenti (taglio, momento e sforzo normale) sui singoli pali mediante il programma di calcolo GROUP 2016.

Il software, utilizzando il metodo delle curve si trasferimento (curve p-y), permette di tenere in conto dell'iterazione tra i pali della palificata nella ripartizione dello sforzo orizzontale (effetto ombra). In particolare, per un dato gruppo di pali soggetti ad azione orizzontale, le funzioni di trasferimento definite per un palo singolo vengono scalate per tenere conto degli effetti gruppo; ovvero, il comportamento di una data riga di pali di un gruppo, può essere rappresentato dalla corrispondente curva p-y di un palo singolo, modificata opportunamente a seconda della posizione della riga nel gruppo stesso.

Gli sforzi assiali lungo il palo determinati dal software e derivanti dallo sforzo normale integrale e dai momenti flettenti agenti ad intradosso fondazione non tengono conto dei possibili effetti gruppo.

c) si determinano gli spostamenti orizzontali per ciascun palo della palificata. Come descritto in precedenza il programma di calcolo GROUP2016 permette di valutare lo spostamento orizzontale del palo tenendo in conto dell'effetto gruppo (y_{gruppo}). Per quanto riguarda gli spostamenti verticali calcolati dal software, essi sono relativi ad un palo isolato; è pertanto opportuno applicare la procedura descritta al par. 14.2.4.1 per definire gli spostamenti verticali della palificata.

14.3.2 Pile: determinazione delle sollecitazioni e degli spostamenti nei pali di fondazione

Al fine di determinare le sollecitazioni agenti sui pali di fondazione delle pile e gli spostamenti della palificata si procede come segue:

- a) si determinano le sollecitazioni e gli spostamenti agenti su ciascun palo della palificata schematizzando, nel modello strutturale implementato nel software SAP, il terreno lungo il palo mediante un modello Winkler (par. 8.1.2). Le molle sono state determinate nell'ipotesi di palo isolato.
- b) al fine di considerare l'effetto gruppo per le azioni orizzontali, le sollecitazioni di taglio e momento ricavate allo step a, è necessario un coefficiente moltiplicativo (C_m) definito in accordo a quanto proposto da Ooi & Duncan (1994). In particolare, risulta:

$$C_m = \left(C_y \right) \frac{P_s}{150 \cdot c_u \cdot D^2}$$

dove:

C_y = coefficiente moltiplicativo dello spostamento orizzontale del palo singolo per tenere in conto dell'effetto gruppo (vedi par. 14.2.4.2);

P_s = sforzo di taglio medio agente sul singolo palo;

D = diametro palo [m];

c_u = coesione non drenata [kPa];

- c) si determinano gli spostamenti verticali e orizzontali relativi a ciascun palo; per tenere in conto degli effetti gruppo è necessario seguire la procedura indicata rispettivamente al paragrafo 14.2.4.1 e al paragrafo 14.2.4.2.

Sono state inoltre determinate le sollecitazioni integrali agenti ad intradosso fondazione inserendo nel modello strutturale SAP un vincolo di incastro in corrispondenza del baricentro della palificata.

14.4 SPALLA A: ANALISI E VERIFICA DELLA PALIFICATA

14.4.1 Modello di calcolo, dati di input e stratigrafia di riferimento

Le sollecitazioni e gli spostamenti agenti su ciascun palo della palificata sono state determinati mediante il programma di calcolo GROUP 2016.

La disposizione in pianta dei pali è stata riprodotta fedelmente. I pali si considerano incastrati a livello del plinto di fondazione.

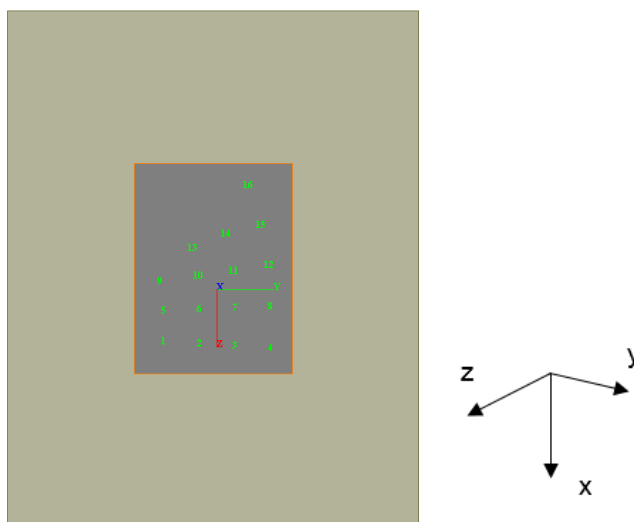


Figura 55: Spalla A: Pianta della palificata e sistema di riferimento utilizzato nel software GROUP2016.

I parametri geotecnici e la stratigrafia di riferimento adottati nelle elaborazioni per i diversi materiali sono riportati nella tabella seguente.

Tabella 82: Stratigrafia e parametri geotecnici di input.

Unità	Profondità da testa palo [m]	γ [kPa]	c_u [kPa]	Attrito laterale lungo il palo, τ_i [kPa]	Portata alla base, Q_{ub} [kPa]	Parameter ϵ_{50} [-]
LSA(a-2)	0.00 – 4.50	20.0	100	40	0	0.007
AG	da 4.50	20.5	$200+10*\delta z$ ≤ 400	80 ÷ 120	4100	0.005

La falda è stata considerata coincidente con la testa pali.

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

V7 – Viadotto Baucina – Relazione sottostrutture

14.4.2 Combinazione dei carichi

Di seguito si riportano le combinazioni dei carichi per gli stati limite considerati

SLU A1+M1+R3

Combinazioni scarichi impalcato									
	G1+G2	1.35		DEAD	1.35		DEAD	1.35	
SLU_MAXM1L_A1+M1	DT estate	0.72		PP	1.35		PP	1.35	
	Vento2	0.9	SLU01_M1L-A1+M1	SLU_MAXM1L_A1+M1	1		SLU_MAXM1L_A1+M1	1	
	Veicoli_maxM_1	1.35		STPF_A1+M1	1.35		STPF_A1+M1	1.35	
	G1+G2	1.35		STPL_A1+M1	1.35	SLU02_M1L-A1+M1		STPL_A1+M1	1.35
SLU_MAXM2L_A1+M1	DT inverno	0.72		DEAD	1.35			SCASO1	1.35
	Ritiro	1.2		PP	1.35			ISPF_A1+M1_02	1.35
	Vento1	0.9	SLU01_M2L-A1+M1	SLU_MAXM2L_A1+M1	1		ISPL_A1+M1	1.35	
	Veicoli_maxM_2	1.35		STPF_A1+M1	1.35				
	G1+G2	1.35		STPL_A1+M1	1.35	SLU02_M2L-A1+M1		DEAD	1.35
SLU_MAXNL_A1+M1	Vento2	0.9		DEAD	1.35			PP	1.35
	DT inverno	0.72		PP	1.35			SLU_MAXM2L_A1+M1	1
	Ritiro	1.2	SLU01_NL-A1+M1	SLU_MAXNL_A1+M1	1		STPF_A1+M1	1.35	
	Veicoli_maxN	1.35		STPF_A1+M1	1.35		SCASO1	1.35	
	G1+G2	1.35		STPL_A1+M1	1.35	SLU02_NL-A1+M1		ISPF_A1+M1_02	1.35
SLU_MAXM1T_A1+M1	DT estate	0.72		DEAD	1.35			ISPL_A1+M1	1.35
	Vento2	1.5		PP	1.35			DEAD	1.35
	Veicoli_maxM_1	1.0125	SLU01_M1T-A1+M1	SLU_MAXM1T_A1+M1	1		PP	1.35	
	G1+G2_H	1.35		STPF_A1+M1	1.35		SLU_MAXNL_A1+M1	1	
	DT estate_H	0.72		STPL_A1+M1	1.35	SLU03_NL-A1+M1		STPF_A1+M1	1.35
SLU_MAXM2T_A1+M1	Vento2_H	1.5		DEAD	1.35			PP	1.35
	G1+G2	1.35		PP	1.35			SLU_MAXM1T_A1+M1	1
	DT inverno	0.72	SLU01_M2T-A1+M1	SLU_MAXM2T_A1+M1	1		STPF_A1+M1	1.35	
	Ritiro	1.2		STPF_A1+M1	1.35	SLU03_M1T-A1+M1		STPL_A1+M1	1.35
	Vento1	1.5		STPL_A1+M1	1.35			ISPF_A1+M1_03	1.35
	Veicoli_maxM_2	1.0125		DEAD	1.35			DEAD	1.35
	G1+G2_H	1.35		PP	1.35	SLU02_M1T-A1+M1		PP	1.35
SLU_MAXNT_A1+M1	DT inverno_H	0.72		PP	1.35			SLU_MAXM1T_A1+M1	1
	Ritiro_H	1.2	SLU01_NT-A1+M1	SLU_MAXNT_A1+M1	1			STPF_A1+M1	1.35
	Vento1_H	1.5		STPF_A1+M1	1.35		STPL_A1+M1	1.35	
		G1+G2	1.35		STPL_A1+M1	1.35	SLU03_M2T-A1+M1		ISPF_A1+M1_03
	Vento2	1.5		DEAD	1.35			DEAD	1.35
	DT inverno	0.72		PP	1.35			PP	1.35
	Ritiro	1.2		PP	1.35	SLU02_M2T-A1+M1		SLU_MAXM2T_A1+M1	1
	Veicoli_maxN	1.0125		SLU_MAXM1T_A1+M1	1			STPF_A1+M1	1.35
	G1+G2_H	1.35		STPF_A1+M1	1.35			STPL_A1+M1	1.35
	Vento2_H	1.5		STPL_A1+M1	1.35	SLU02_NT-A1+M1		ISPF_A1+M1_03	1.35
	DT inverno_H	0.72		DEAD	1.35			DEAD	1.35
	Ritiro_H	1.2		PP	1.35			PP	1.35
				PP	1.35		SLU_MAXNT_A1+M1	1	
				SLU_MAXM2T_A1+M1	1		STPF_A1+M1	1.35	
				STPF_A1+M1	1.35		STPL_A1+M1	1.35	
				STPL_A1+M1	1.35		ISPF_A1+M1_03	1.35	
				SCASO1	1.35				
				ISPF_A1+M1_02	1.35				
				ISPL_A1+M1	1.35				
				DEAD	1.35				
				PP	1.35				
				SLU_MAXNT_A1+M1	1				
				STPF_A1+M1	1.35				
				STPL_A1+M1	1.35				
				SCASO1	1.35				
				ISPF_A1+M1_02	1.35				
				ISPL_A1+M1	1.35				

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

V7 – Viadotto Baucina – Relazione sottostrutture

SLV A1+M1+R3

SLVX+Z+_A1+M1	DEAD	1	SLVY+Z+_A1+M1	DEAD	1
	DT inverno	0.5		DT inverno	0.5
	DT inverno_H	0.5		DT inverno_H	0.5
	sismaX+	1		sismaY+	1
	sismaZ+	1		sismaZ+	1
	Ritiro	1		Ritiro	1
	Ritiro_H	1		Ritiro_H	1
	G1+G2	1		G1+G2	1
	G1+G2_H	1		G1+G2_H	1
	PP	1		PP	1
	STPF_A1+M1	1		STPF_A1+M1	1
	STPL_A1+M1	1		STPL_A1+M1	1
	FIPP_Z+	1		FIPP_Z+	1
	ISSPF_A1+M1_X+Z+	1		ISSPL_A1+M1_Y+Z+	1
FI_X+Z+	1	FI_Y+Z+	1		
FITI_X+	1	FITI_Y+	1		
SLVX+Z-_A1+M1	DEAD	1	SLVY+Z-_A1+M1	DEAD	1
	DT inverno	0.5		DT inverno	0.5
	DT inverno_H	0.5		DT inverno_H	0.5
	sismaX+	1		sismaY+	1
	sismaZ-	1		sismaZ-	1
	Ritiro	1		Ritiro	1
	Ritiro_H	1		Ritiro_H	1
	G1+G2	1		G1+G2	1
	G1+G2_H	1		G1+G2_H	1
	PP	1		PP	1
	STPF_A1+M1	1		STPF_A1+M1	1
	STPL_A1+M1	1		STPL_A1+M1	1
	FIPP_Z-	1		FIPP_Z-	1
	ISSPF_A1+M1_X+Z-	1		ISSPL_A1+M1_Y+Z-	1
FI_X+Z-	1	FI_Y+Z-	1		
FITI_X+	1	FITI_Y+	1		
SLVX-Z+_A1+M1	DEAD	1	SLVY-Z+_A1+M1	DEAD	1
	DT inverno	0.5		DT inverno	0.5
	DT inverno_H	0.5		DT inverno_H	0.5
	sismaX-	1		sismaY-	1
	sismaZ+	1		sismaZ+	1
	Ritiro	1		Ritiro	1
	Ritiro_H	1		Ritiro_H	1
	G1+G2	1		G1+G2	1
	G1+G2_H	1		G1+G2_H	1
	PP	1		PP	1
	STPF_A1+M1	1		STPF_A1+M1	1
	STPL_A1+M1	1		STPL_A1+M1	1
	FIPP_Z+	1		FIPP_Z+	1
	FI_X-Z+	1		ISSPL_A1+M1_Y-Z+	1
FITI_X-	1	FI_Y-Z+	1		
SLVX-Z-_A1+M1	DEAD	1	SLVY-Z-_A1+M1	DEAD	1
	DT inverno	0.5		DT inverno	0.5
	DT inverno_H	0.5		DT inverno_H	0.5
	sismaX-	1		sismaY-	1
	sismaZ-	1		sismaZ-	1
	Ritiro	1		Ritiro	1
	Ritiro_H	1		Ritiro_H	1
	G1+G2	1		G1+G2	1
	G1+G2_H	1		G1+G2_H	1
	PP	1		PP	1
	STPF_A1+M1	1		STPF_A1+M1	1
	STPL_A1+M1	1		STPL_A1+M1	1
	FIPP_Z-	1		FIPP_Z-	1
	FI_X-Z-	1		ISSPL_A1+M1_Y-Z-	1
FITI_X-	1	FI_Y-Z-	1		
			FITI_Y-	1	

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

V7 – Viadotto Baucina – Relazione sottostrutture

SLE frequente

Combinazioni scarichi impalcato								
SLEfr_MAXM1L	G1+G2	1	SLEfr_M1L_01	DEAD	1	SLEfr_M1L_02	DEAD	1
	DT estate	0.6		PP	1		PP	1
	Vento2	0		SLEfr_MAXM1L	1		SLEfr_MAXM1L	1
	Veicoli_maxM_1	1.0125		STPF_A1+M1	1		STPF_A1+M1	1
SLEfr_MAXM2L	G1+G2	1	SLEfr_M2L_01	STPL_A1+M1	1	SLEfr_M2L_02	STPL_A1+M1	1
	DT inverno	0.6		SCASO1	0.4		ISPF_A1+M1_03	0.4
	Ritiro	1		ISPF_A1+M1_02	0.4		DEAD	1
	Vento1	0		ISPL_A1+M1	0.4		PP	1
SLEfr_MAXNL	Veicoli_maxM_2	1.0125	SLEfr_M2L_01	DEAD	1	SLEfr_M2L_02	SLEfr_MAXM2L	1
	G1+G2	1		PP	1		STPF_A1+M1	1
	Vento2	0		SLEfr_MAXM2L	1		STPL_A1+M1	1
	DT inverno	0.6		STPF_A1+M1	1		ISPF_A1+M1_03	0.4
SLEfr_MAXM1T	Ritiro	1	SLEfr_M2L_01	STPL_A1+M1	1	SLEfr_M2L_02	DEAD	1
	Veicoli_maxN	1.0125		SCASO1	0.4		PP	1
	G1+G2	1		ISPF_A1+M1_02	0.4		SLEfr_MAXNL	1
	DT estate	0.6		ISPL_A1+M1	0.4		STPF_A1+M1	1
SLEfr_MAXM1T	Vento2	0	SLEfr_M2L_01	DEAD	1	SLEfr_M2L_02	STPL_A1+M1	1
	Veicoli_maxM_1	1.0125		PP	1		ISPF_A1+M1_03	0.4
	G1+G2_H	1		SLEfr_MAXNL	1		DEAD	1
	DT estate_H	0.6		STPF_A1+M1	1		PP	1
SLEfr_MAXM2T	Vento2_H	0	SLEfr_M2L_01	STPL_A1+M1	1	SLEfr_M2L_02	SLEfr_MAXM1T	1
	G1+G2	1		SCASO1	0.4		STPF_A1+M1	1
	DT inverno	0.6		ISPF_A1+M1_02	0.4		STPL_A1+M1	1
	Ritiro	1		ISPL_A1+M1	0.4		ISPF_A1+M1_03	0.4
SLEfr_MAXM2T	Vento1	0	SLEfr_M2L_01	DEAD	1	SLEfr_M2L_02	DEAD	1
	Veicoli_maxM_2	1.0125		PP	1		PP	1
	G1+G2_H	1		SLEfr_MAXM1T	1		SLEfr_MAXM2T	1
	DT inverno_H	0.6		STPF_A1+M1	1		STPF_A1+M1	1
SLEfr_MAXNT	Ritiro_H	1	SLEfr_M2L_01	STPL_A1+M1	1	SLEfr_M2L_02	STPL_A1+M1	1
	Vento1_H	0		SCASO1	0.4		ISPF_A1+M1_03	0.4
	G1+G2	1		ISPF_A1+M1_02	0.4		DEAD	1
	DT inverno	0.6		ISPL_A1+M1	0.4		PP	1
SLEfr_MAXNT	Vento2	0	SLEfr_M2L_01	DEAD	1	SLEfr_M2L_02	SLEfr_MAXNT	1
	DT inverno	0.6		PP	1		STPF_A1+M1	1
	Ritiro	1		SLEfr_MAXM2T	1		STPL_A1+M1	1
	Veicoli_maxN	1.0125		STPF_A1+M1	1		ISPF_A1+M1_03	0.4
SLEfr_MAXNT	G1+G2_H	1	SLEfr_M2L_01	STPL_A1+M1	1	SLEfr_M2L_02	DEAD	1
	Vento2_H	0		SCASO1	0.4		PP	1
	DT inverno_H	0.6		ISPF_A1+M1_02	0.4		SLEfr_MAXM2T	1
	Ritiro_H	1		ISPL_A1+M1	0.4		STPF_A1+M1	1
SLEfr_MAXNT			SLEfr_M2L_01	DEAD	1	SLEfr_M2L_02	STPL_A1+M1	1
				PP	1		ISPF_A1+M1_03	0.4
				SLEfr_MAXM2T	1		DEAD	1
				STPF_A1+M1	1		PP	1
SLEfr_MAXNT			SLEfr_M2L_01	STPL_A1+M1	1	SLEfr_M2L_02	SLEfr_MAXNT	1
				SCASO1	0.4		STPF_A1+M1	1
				ISPF_A1+M1_02	0.4		STPL_A1+M1	1
				ISPL_A1+M1	0.4		ISPF_A1+M1_03	0.4
SLEfr_MAXNT			SLEfr_M2L_01	DEAD	1	SLEfr_M2L_02	DEAD	1
				PP	1		PP	1
				SLEfr_MAXM2T	1		SLEfr_MAXM2T	1
				STPF_A1+M1	1		STPF_A1+M1	1
SLEfr_MAXNT			SLEfr_M2L_01	STPL_A1+M1	1	SLEfr_M2L_02	STPL_A1+M1	1
				SCASO1	0.4		STPL_A1+M1	1
				ISPF_A1+M1_02	0.4		ISPF_A1+M1_03	0.4
				ISPL_A1+M1	0.4		DEAD	1
SLEfr_MAXNT			SLEfr_M2L_01	DEAD	1	SLEfr_M2L_02	PP	1
				PP	1		SLEfr_MAXNT	1
				SLEfr_MAXM2T	1		STPF_A1+M1	1
				STPF_A1+M1	1		STPL_A1+M1	1
SLEfr_MAXNT			SLEfr_M2L_01	STPL_A1+M1	1	SLEfr_M2L_02	STPL_A1+M1	1
				SCASO1	0.4		ISPF_A1+M1_03	0.4
				ISPF_A1+M1_02	0.4		DEAD	1
				ISPL_A1+M1	0.4		PP	1
SLEfr_MAXNT			SLEfr_M2L_01	DEAD	1	SLEfr_M2L_02	SLEfr_MAXNT	1
				PP	1		STPF_A1+M1	1
				SLEfr_MAXM2T	1		STPL_A1+M1	1
				STPF_A1+M1	1		ISPF_A1+M1_03	0.4
SLEfr_MAXNT			SLEfr_M2L_01	STPL_A1+M1	1	SLEfr_M2L_02	DEAD	1
				SCASO1	0.4		PP	1
				ISPF_A1+M1_02	0.4		SLEfr_MAXM2T	1
				ISPL_A1+M1	0.4		STPF_A1+M1	1
SLEfr_MAXNT			SLEfr_M2L_01	DEAD	1	SLEfr_M2L_02	STPL_A1+M1	1
				PP	1		ISPF_A1+M1_03	0.4
				SLEfr_MAXM2T	1		DEAD	1
				STPF_A1+M1	1		PP	1
SLEfr_MAXNT			SLEfr_M2L_01	STPL_A1+M1	1	SLEfr_M2L_02	SLEfr_MAXNT	1
				SCASO1	0.4		STPF_A1+M1	1
				ISPF_A1+M1_02	0.4		STPL_A1+M1	1
				ISPL_A1+M1	0.4		ISPF_A1+M1_03	0.4

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

V7 – Viadotto Baucina – Relazione sottostrutture

SLE quasi permanente

Combinazioni scarichi impalcato								
SLEqp_MAXM1L	G1+G2	1	SLEqp_M1L_01	DEAD	1	SLEqp_M1L_02	DEAD	1
	DT estate	0.6		PP	1		PP	1
	Vento2	0		SLEqp_MAXM1L	1		SLEqp_MAXM1L	1
	Veicoli_maxM_1	0		STPF_A1+M1	1		STPF_A1+M1	1
SLEqp_MAXM2L	G1+G2	1	SLEqp_M2L_01	STPL_A1+M1	1	SLEqp_M2L_02	STPL_A1+M1	1
	DT inverno	0.6		SCASO1	0		ISPF_A1+M1_03	0
	Ritiro	1		ISPF_A1+M1_02	0		DEAD	1
	Vento1	0		ISPL_A1+M1	0		PP	1
SLEqp_MAXNL	Veicoli_maxM_2	0	SLEqp_M2L_01	DEAD	1	SLEqp_M2L_02	SLEqp_MAXM2L	1
	G1+G2	1		PP	1		STPF_A1+M1	1
	Vento2	0		SLEqp_MAXM2L	1		STPL_A1+M1	1
	DT inverno	0.6		STPF_A1+M1	1		ISPF_A1+M1_03	0
SLEqp_MAXM1T	Ritiro	1	SLEqp_M2L_01	STPL_A1+M1	1	SLEqp_NL_02	DEAD	1
	Veicoli_maxN	0		SCASO1	0		PP	1
	G1+G2	1		ISPF_A1+M1_02	0		SLEqp_MAXNL	1
	DT estate	0.6		ISPL_A1+M1	0		STPF_A1+M1	1
SLEqp_MAXM1T	Vento2	0	SLEqp_NL_01	DEAD	1	SLEqp_M1T_02	STPL_A1+M1	1
	Veicoli_maxM_1	0		PP	1		ISPF_A1+M1_03	0
	G1+G2_H	1		SLEqp_MAXNL	1		DEAD	1
	DT estate_H	0.6		STPF_A1+M1	1		PP	1
SLEqp_MAXM2T	Vento2_H	0	SLEqp_NL_01	STPL_A1+M1	1	SLEqp_M1T_02	SLEqp_MAXM1T	1
	G1+G2	1		SCASO1	0		STPF_A1+M1	1
	DT inverno	0.6		ISPF_A1+M1_02	0		STPL_A1+M1	1
	Ritiro	1		ISPL_A1+M1	0		ISPF_A1+M1_03	0
SLEqp_MAXM2T	Vento1	0	SLEqp_M1T_01	DEAD	1	SLEqp_M2T_02	DEAD	1
	Veicoli_maxM_2	0		PP	1		PP	1
	G1+G2_H	1		SLEqp_MAXM1T	1		SLEqp_MAXM2T	1
	DT inverno_H	0.6		STPF_A1+M1	1		STPF_A1+M1	1
SLEqp_MAXXNT	Ritiro_H	1	SLEqp_M1T_01	STPL_A1+M1	1	SLEqp_M2T_02	STPL_A1+M1	1
	Vento1_H	0		SCASO1	0		ISPF_A1+M1_03	0
	G1+G2	1		ISPF_A1+M1_02	0		DEAD	1
	Vento2	0		ISPL_A1+M1	0		PP	1
SLEqp_MAXXNT	DT inverno	0.6	SLEqp_M2T_01	DEAD	1	SLEqp_NT_02	SLEqp_MAXXNT	1
	Ritiro	1		PP	1		STPF_A1+M1	1
	Veicoli_maxN	0		SLEqp_MAXM2T	1		STPL_A1+M1	1
	G1+G2_H	1		STPF_A1+M1	1		ISPF_A1+M1_03	0
SLEqp_MAXXNT	Vento2_H	0	SLEqp_M2T_01	STPL_A1+M1	1	SLEqp_NT_02	DEAD	1
	DT inverno_H	0.6		SCASO1	0		PP	1
	Ritiro_H	1		ISPF_A1+M1_02	0		SLEqp_MAXXNT	1
				ISPL_A1+M1	0		STPF_A1+M1	1
			SLEqp_NT_01	DEAD	1			
				PP	1			
				SLEqp_MAXXNT	1			
				STPF_A1+M1	1			
			SLEqp_NT_01	STPL_A1+M1	1			
				SCASO1	0			
				ISPF_A1+M1_02	0			
				ISPL_A1+M1	0			

14.4.3 Azioni di progetto agenti a intradosso fondazione

Nelle seguenti tabelle si riassumono le azioni di progetto principali agenti ad intradosso fondazione per gli stati limite di esercizio (SLE-FR e SLE-QP) e per gli stati limite ultimi (SLU-A1 e SLV). Tali azioni sono ottenute dalla combinazione dei carichi elementari come descritto al par. 14.4.2.

Affidamento a Contraente Generale dei “Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121”.

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

V7 – Viadotto Baucina – Relazione sottostrutture

In arancione sono evidenziate le combinazioni significative utilizzate per il dimensionamento dei pali di fondazione per ciascun stato limite. Per le combinazioni agli SLE è stato considerato cautelativamente un involuppo delle azioni agenti.

Il sistema di riferimento è congruente con quanto riportato in Figura 55.

Tabella 83: Azioni di progetto principali per lo stato limite SLE - QP.

		F_x	M_y	M_z	F_y	F_z
SLE - QP	SLEqp_MAXM1L	2662.62	8765.68	-8274.69	0.00	0.00
SLE - QP	SLEqp_MAXM2L	2758.42	9081.06	-5543.72	-79.22	0.00
SLE - QP	SLEqp_MAXNL	2758.42	9081.06	-5543.72	-79.22	0.00
SLE - QP	SLEqp_MAXM1T	2662.62	8765.68	-9121.91	88.71	0.00
SLE - QP	SLEqp_MAXM2T	2758.42	9081.06	-4862.39	-150.56	0.00
SLE - QP	SLEqp_MAXNT	2758.42	9081.06	-4862.39	-150.56	0.00
SLE - QP	SLEqp_M1L_01	32534.54	-16333.44	-38105.20	5140.16	3642.51
SLE - QP	SLEqp_M2L_01	32630.33	-16018.06	-35374.23	5060.94	3642.51
SLE - QP	SLEqp_NL_01	32630.33	-16018.06	-35374.23	5060.94	3642.51
SLE - QP	SLEqp_M1T_01	32534.54	-16333.44	-38952.42	5228.87	3642.51
SLE - QP	SLEqp_M2T_01	32630.33	-16018.06	-34692.91	4989.60	3642.51
SLE - QP	SLEqp_NT_01	32630.33	-16018.06	-34692.91	4989.60	3642.51
SLE - QP	SLEqp_M1L_02	32534.54	-16333.44	-38105.20	5140.16	3642.51
SLE - QP	SLEqp_M2L_02	32630.33	-16018.06	-35374.23	5060.94	3642.51
SLE - QP	SLEqp_NL_02	32630.33	-16018.06	-35374.23	5060.94	3642.51
SLE - QP	SLEqp_M1T_02	32534.54	-16333.44	-38952.42	5228.87	3642.51
SLE - QP	SLEqp_M2T_02	32630.33	-16018.06	-34692.91	4989.60	3642.51
SLE - QP	SLEqp_NT_02	32630.33	-16018.06	-34692.91	4989.60	3642.51

		F_x [kN]	M_y [kNm]	M_z [kNm]	F_y [kN]	F_z [kN]
SLE - QP	Inviluppo	32630.3	9081.1	-38952.4	5228.9	3642.5
SLE - QP	Inviluppo	32630.3	-1633.4	-38952.4	5228.9	3642.5

①

②

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

V7 – Viadotto Baucina – Relazione sottostrutture

Tabella 84: Azioni di progetto principali per lo stato limite SLE - FR.

		F _x	M _y	M _z	F _y	F _z
SLE - FR	SLEfr_MAXM1L	4164.04	13708.51	-18218.97	0.00	0.00
SLE - FR	SLEfr_MAXM2L	3712.49	12221.96	-807.44	-79.22	0.00
SLE - FR	SLEfr_MAXNL	7501.45	24695.70	-8182.29	-79.22	0.00
SLE - FR	SLEfr_MAXM1T	4164.04	13708.51	-19066.19	88.71	0.00
SLE - FR	SLEfr_MAXM2T	3712.49	12221.96	-126.12	-150.56	0.00
SLE - FR	SLEfr_MAXNT	7501.45	24695.70	-7500.96	-150.56	0.00
SLE - FR	SLEfr_M1L_01	34591.06	-11375.01	-50189.76	5415.10	3819.98
SLE - FR	SLEfr_M2L_01	34139.51	-12861.56	-32778.23	5335.88	3819.98
SLE - FR	SLEfr_NL_01	37928.48	-387.82	-40153.08	5335.88	3819.98
SLE - FR	SLEfr_M1T_01	34591.06	-11375.01	-51036.98	5503.82	3819.98
SLE - FR	SLEfr_M2T_01	34139.51	-12861.56	-32096.91	5264.54	3819.98
SLE - FR	SLEfr_NT_01	37928.48	-387.82	-39471.75	5264.54	3819.98
SLE - FR	SLEfr_M1L_02	34035.95	-9465.68	-48137.02	5182.24	3925.15
SLE - FR	SLEfr_M2L_02	33584.40	-10952.24	-30725.49	5103.02	3925.15
SLE - FR	SLEfr_NL_02	37373.37	1521.51	-38100.33	5103.02	3925.15
SLE - FR	SLEfr_M1T_02	34035.95	-9465.68	-48984.24	5270.95	3925.15
SLE - FR	SLEfr_M2T_02	33584.40	-10952.24	-30044.16	5031.68	3925.15
SLE - FR	SLEfr_NT_02	37373.37	1521.51	-37419.01	5031.68	3925.15

		F _x [kN]	M _y [kNm]	M _z [kNm]	F _y [kN]	F _z [kN]
SLE - FR	Inviluppo	37928.5	24695.7	-51037.0	5503.8	3925.2
SLE - FR	Inviluppo	37928.5	-12861.6	-51037.0	5503.8	3925.2

Tabella 85: Azioni di progetto principali per lo stato limite SLU- A1.

		F _x [kN]	M _y [kNm]	M _z [kNm]	F _y [kN]	F _z [kN]
SLU - A1	SLU01_M1L-A1+M1	45890.77	-15567.46	-66366.45	6939.21	4917.39
SLU - A1	SLU01_M2L-A1+M1	45340.98	-17377.45	-40168.30	6844.15	4917.39
SLU - A1	SLU01_NL-A1+M1	50327.89	-959.93	-53348.34	6844.15	4917.39
SLU - A1	SLU01_M1T-A1+M1	45368.62	-17286.44	-74607.54	8032.43	4917.39
SLU - A1	SLU01_M2T-A1+M1	45044.64	-18353.03	-30473.32	5780.48	4917.39
SLU - A1	SLU01_NT-A1+M1	48725.20	-6236.18	-62190.40	7745.30	4917.39
SLU - A1	SLU02_M1L-A1+M1	47764.27	-15514.83	-73589.90	7867.15	5516.35
SLU - A1	SLU02_M2L-A1+M1	47214.47	-17324.83	-47391.75	7772.09	5516.35
SLU - A1	SLU02_NL-A1+M1	52201.39	-907.30	-60571.78	7772.09	5516.35
SLU - A1	SLU02_M1T-A1+M1	47242.12	-17233.81	-81830.98	8960.36	5516.35
SLU - A1	SLU02_M2T-A1+M1	46918.14	-18300.41	-37696.76	6708.41	5516.35
SLU - A1	SLU02_NT-A1+M1	50598.70	-6183.55	-69413.84	8673.23	5516.35
SLU - A1	SLU03_M1L-A1+M1	45890.77	-9070.85	-66661.88	7081.24	5871.27
SLU - A1	SLU03_M2L-A1+M1	45340.98	-10880.85	-40463.73	6986.18	5871.27
SLU - A1	SLU03_NL-A1+M1	50327.89	5536.68	-53643.76	6986.18	5871.27
SLU - A1	SLU03_M1T-A1+M1	45368.62	-10789.83	-74902.96	8174.46	5871.27
SLU - A1	SLU03_M2T-A1+M1	45044.64	-11856.43	-30768.74	5922.51	5871.27
SLU - A1	SLU03_NT-A1+M1	48725.20	260.43	-62485.83	7887.33	5871.27

Tabella 86: Azioni di progetto principali per lo stato limite SLV.

		F_x [kN]	M_y [kNm]	M_z [kNm]	F_y [kN]	F_z [kN]
SLV	SLVx+z_A1+M1	35845.34	23949.84	-30793.67	4990.86	11869.97
SLV	SLVx+z_A1+M1	27897.11	24798.16	-30492.93	4937.27	11042.04
SLV	SLVx-z_A1+M1	37281.07	-49729.82	-40090.34	5490.17	-2206.03
SLV	SLVx-z_A1+M1	29332.84	-44943.13	-40060.17	5647.44	-2206.03
SLV	SLVy+z_A1+M1	35346.82	-19089.36	24723.66	-4886.43	4240.86
SLV	SLVy+z_A1+M1	27398.59	-15507.90	18666.67	-3674.03	4032.57
SLV	SLVy-z_A1+M1	37779.60	-18004.98	-94829.88	12761.15	3044.17
SLV	SLVy-z_A1+M1	29831.37	-12013.06	-88712.53	13063.31	3252.45
SLV	SLVx+z_A2+M2	35845.34	30174.40	-36523.12	6281.72	13233.20
SLV	SLVx+z_A2+M2	27897.11	30593.27	-36193.07	6205.34	12315.14
SLV	SLVx-z_A2+M2	37281.07	-45509.59	-45682.77	6674.41	-1263.64
SLV	SLVx-z_A2+M2	29332.84	-40722.90	-45652.59	6831.68	-1263.64
SLV	SLVy+z_A2+M2	35346.82	-14255.55	22230.15	-4239.34	5289.29
SLV	SLVy+z_A2+M2	27398.59	-10805.58	15509.11	-2911.84	5058.28
SLV	SLVy-z_A2+M2	37779.60	-14398.33	-103521.23	13082.54	3880.53
SLV	SLVy-z_A2+M2	29831.37	-8274.92	-96739.83	12469.60	4111.53

La azioni di progetto sono fornite in input al software GROUP 2016. In accordo con quanto riportato in Normativa (par. 7.9.5.4), si considerano separatamente le azioni agenti in direzioni trasversale (V_y e M_z) dalle azioni agenti in direzione longitudinale (V_z e M_y).

14.4.4 Sintesi dei risultati allo SLE

Nelle seguenti tabelle si riportano le sollecitazioni di sforzo assiale, taglio e momento agenti in testa a ciascun palo, sia per lo stato limite SLE frequente (SLE-FR) che per lo stato limite SLE quasi permanente (SLE-QP).

In particolare per ogni sollecitazione è stato considerato il valore massimo (o minimo in caso di trazione sul palo, indicato con il segno meno) derivante dalle due direzioni, longitudinale e trasversale, considerate.

Si riporta inoltre in Figura 56 e in Figura 57 (rispettivamente per la combinazione frequente e per la combinazione quasi permanente), a titolo esemplificativo, l'andamento con la profondità del momento e del taglio relativi alla combinazione in cui le due sollecitazioni risultano massime.

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

V7 – Viadotto Baucina – Relazione sottostrutture

Tabella 87: Sollecitazioni allo SLE - FR agenti su ciascun palo per le combinazioni di progetto considerate.

Combinazione 1 - FR					Combinazione 2 - FR				
N palo	N _{max} [kN]	N _{min} [kN]	V _{max} [kN]	M _{max} [kNm]	N palo	N _{max} [kN]	N _{min} [kN]	V _{max} [kN]	M _{max} [kNm]
1	2784	728	315	530	1	2273	728	315	530
2	2907	2162	313	527	2	2257	2162	313	527
3	3233	3031	355	594	3	3233	2241	355	594
4	4299	3153	455	702	4	4299	2225	455	702
5	2473	502	273	473	5	2338	502	273	473
6	2558	1992	283	486	6	2330	1992	283	486
7	3044	2645	317	531	7	3044	2321	317	531
8	4093	2730	438	672	8	4093	2313	438	672
9	2160	146	287	483	9	2403	146	287	483
10	2201	1637	268	458	10	2403	1637	268	458
11	2740	2248	310	512	11	2740	2403	310	512
12	3763	2295	428	646	12	3763	2402	428	646
13	1893	1195	297	489	13	2465	1195	297	489
14	2333	1823	315	507	14	2484	2333	315	507
15	3318	1837	417	620	15	3318	2491	417	620
16	2746	1191	434	625	16	2746	2581	434	625

Tabella 88: Sollecitazioni allo SLE - QP agenti su ciascun palo per le combinazioni di progetto considerate.

Combinazione 1 - QP					Combinazione 2 - QP				
N palo	N _{max} [kN]	N _{min} [kN]	V _{max} [kN]	M _{max} [kNm]	N palo	N _{max} [kN]	N _{min} [kN]	V _{max} [kN]	M _{max} [kNm]
1	2232	735	304	514	1	1886	735	304	514
2	2292	1915	300	509	2	1915	1847	300	509
3	2733	2354	322	534	3	2733	1807	322	534
4	3548	2414	429	660	4	3548	1768	429	660
5	2088	559	255	444	5	1996	559	255	444
6	2132	1726	267	461	6	1981	1726	267	461
7	2586	2176	294	491	7	2586	1966	294	491
8	3387	2219	433	665	8	3387	1951	433	665
9	1943	283	268	455	9	2099	283	268	455
10	1967	1423	260	452	10	2099	1423	260	452
11	2350	1992	287	472	11	2350	2096	287	472
12	3131	2018	420	636	12	3131	2094	420	636
13	1790	1082	275	451	13	2197	1082	275	451
14	2037	1763	291	466	14	2226	2037	291	466
15	2788	1775	408	609	15	2788	2236	408	609
16	2348	1476	416	598	16	2380	2348	416	598

Nelle seguenti tabelle si riportano gli spostamenti verticali (u_x) e orizzontali (y e z) per lo stato limite SLE quasi permanente (SLE-QP).

In particolare per lo spostamento è stato considerato il valore massimo derivante dalle due direzioni, longitudinale e trasversale, considerate.

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

V7 – Viadotto Baucina – Relazione sottostrutture

Tabella 89: Spostamenti allo SLE - QP.

Combinazione 1 - QP					Combinazione 2 - QP				
N palo	$u_{x,max}$ [m]	$u_{x,min}$ [m]	y_{max} [m]	z_{max} [m]	N palo	$u_{x,max}$ [m]	$u_{x,min}$ [m]	y_{max} [m]	z_{max} [m]
1	1.75E-03	5.32E-04	2.73E-03	1.13E-03	1	1.39E-03	5.32E-04	2.73E-03	8.65E-04
2	1.81E-03	1.41E-03	2.74E-03	1.11E-03	2	1.41E-03	1.36E-03	2.74E-03	8.51E-04
3	2.29E-03	1.88E-03	2.74E-03	1.09E-03	3	2.29E-03	1.33E-03	2.74E-03	8.37E-04
4	3.17E-03	1.95E-03	2.75E-03	1.07E-03	4	3.17E-03	1.30E-03	2.75E-03	8.23E-04
5	1.60E-03	4.05E-04	2.66E-03	1.13E-03	5	1.50E-03	4.05E-04	2.66E-03	8.65E-04
6	1.64E-03	1.27E-03	2.66E-03	1.11E-03	6	1.48E-03	1.27E-03	2.66E-03	8.51E-04
7	2.13E-03	1.69E-03	2.65E-03	1.09E-03	7	2.13E-03	1.46E-03	2.65E-03	8.37E-04
8	2.99E-03	1.74E-03	2.65E-03	1.07E-03	8	2.99E-03	1.45E-03	2.65E-03	8.23E-04
9	1.44E-03	2.05E-04	2.59E-03	1.13E-03	9	1.61E-03	2.05E-04	2.59E-03	8.66E-04
10	1.46E-03	1.04E-03	2.58E-03	1.11E-03	10	1.61E-03	1.04E-03	2.58E-03	8.52E-04
11	1.88E-03	1.49E-03	2.57E-03	1.09E-03	11	1.88E-03	1.60E-03	2.57E-03	8.38E-04
12	2.72E-03	1.52E-03	2.55E-03	1.07E-03	12	2.72E-03	1.60E-03	2.55E-03	8.24E-04
13	1.31E-03	7.86E-04	2.51E-03	1.11E-03	13	1.71E-03	7.86E-04	2.51E-03	8.54E-04
14	1.54E-03	1.29E-03	2.48E-03	1.09E-03	14	1.74E-03	1.54E-03	2.48E-03	8.41E-04
15	2.35E-03	1.30E-03	2.46E-03	1.07E-03	15	2.35E-03	1.75E-03	2.46E-03	8.28E-04
16	1.87E-03	1.08E-03	2.37E-03	1.08E-03	16	1.91E-03	1.87E-03	2.37E-03	8.33E-04

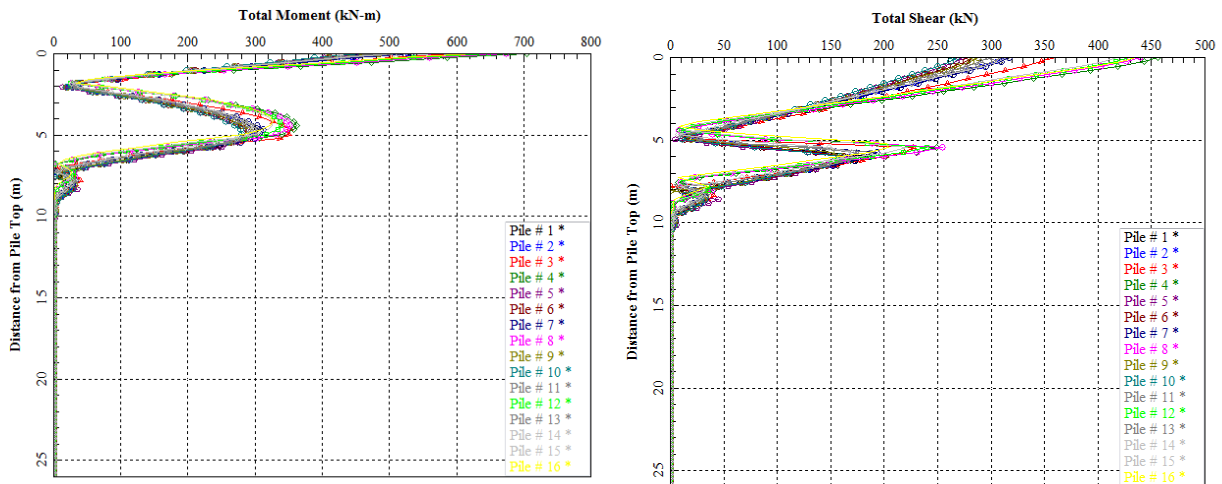


Figura 56: SLE-FR: Andamento con la profondità del momento e del taglio per ciascun palo della palificata.

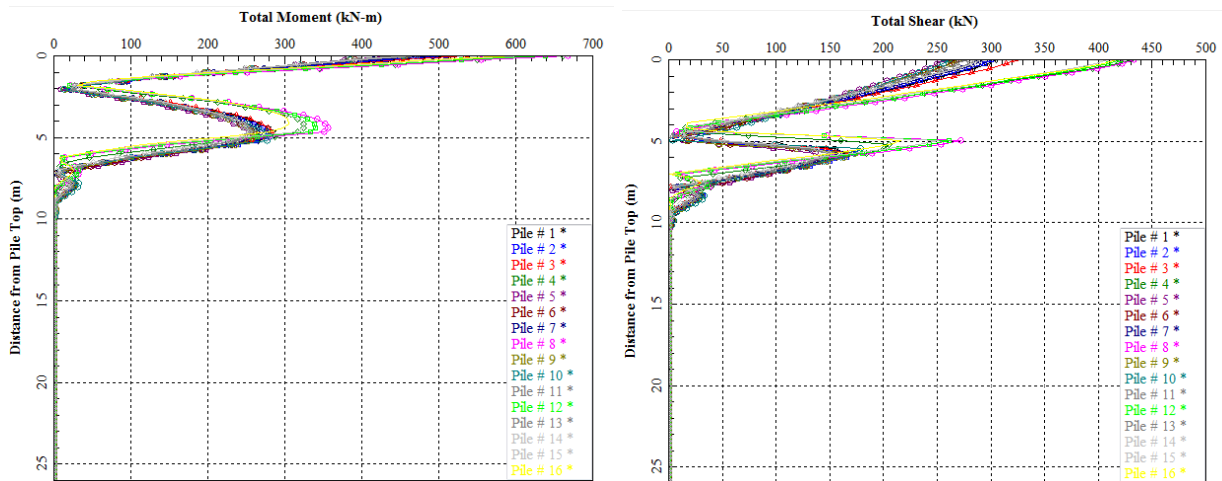


Figura 57: SLE-QP: Andamento con la profondità del momento e del taglio per ciascun palo della palificata.

14.4.5 Sintesi dei risultati allo SLU-A1

Nelle seguenti tabelle si riportano le sollecitazioni di sforzo assiale, taglio e momento agenti in testa a ciascun palo per lo stato limite ultimo SLU-A1.

In particolare per ogni sollecitazione è stato considerato il valore massimo (o minimo in caso di trazione sul palo indicato con il segno meno) derivante dalle due direzioni, longitudinale e trasversale, considerate.

Si riporta inoltre in Figura 58 a titolo esemplificativo l'andamento con la profondità del momento e del taglio relativi alla combinazione in cui le due sollecitazioni risultano massime.

Tabella 90: Sollecitazioni allo SLU-A1 agenti su ciascun palo per le combinazioni di progetto considerate.

Combinazione 1					Combinazione 2				
N palo	N _{max} [kN]	N _{min} [kN]	V _{max} [kN]	M _{max} [kNm]	N palo	N _{max} [kN]	N _{min} [kN]	V _{max} [kN]	M _{max} [kNm]
1	2672	1751	384	675	1	3391	1260	448	891
2	2646	2589	372	659	2	3435	2912	447	893
3	3381	2619	372	652	3	4370	3480	490	965
4	4171	2592	478	785	4	5661	3524	642	1166
5	2770	1600	290	548	5	3287	959	381	785
6	2755	2472	291	554	6	3318	2678	396	807
7	3251	2740	325	584	7	4111	3350	449	892
8	4028	2725	461	754	8	5502	3382	613	1105
9	2867	1355	296	547	9	3181	470	408	817
10	2866	2279	275	510	10	3198	2306	383	784
11	3035	2863	336	602	11	3694	3217	441	867
12	3794	2860	450	725	12	5088	3236	610	1092
13	2959	2059	318	568	13	3096	1878	435	857
14	2986	2743	333	579	14	3138	3082	444	850
15	3475	2995	445	710	15	4479	3088	596	1051
16	3131	3061	453	697	16	3697	2937	614	1047

Combinazione 3					Combinazione 4				
N palo	N _{max} [kN]	N _{min} [kN]	V _{max} [kN]	M _{max} [kNm]	N palo	N _{max} [kN]	N _{min} [kN]	V _{max} [kN]	M _{max} [kNm]
1	2848	248	524	1092	1	3380	1378	452	815
2	2832	2637	523	1098	2	3451	2809	436	792
3	4510	2815	559	1155	3	4082	3523	440	829
4	5971	2799	733	1399	4	5350	3594	575	1000
5	2917	-179	445	958	5	3197	1128	338	678
6	2909	2315	460	984	6	3247	2615	356	695
7	4153	2901	512	1068	7	3866	3296	400	759
8	5751	2893	708	1344	8	5114	3345	554	958
9	2985	-832	469	979	9	3014	718	364	698
10	2987	1773	436	930	10	3037	2299	345	677
11	3592	2987	502	1034	11	3513	3063	392	736
12	5376	2988	693	1299	12	4731	3090	541	923
13	3052	969	485	994	13	2859	1941	381	715
14	3073	2853	512	1027	14	3037	2829	401	736
15	4567	3082	689	1279	15	4210	2833	529	890
16	3538	3177	709	1272	16	3539	2571	553	905

Combinazione 5				
N palo	N _{max} [kN]	N _{min} [kN]	V _{max} [kN]	M _{max} [kNm]
1	2801	1732	451	834
2	2808	2587	436	812
3	3391	2814	438	808
4	4192	2821	490	830
5	2803	1578	338	698
6	2810	2468	319	668
7	3259	2817	332	677
8	4047	2823	472	779
9	2805	1328	334	692
10	2812	2272	294	639
11	3039	2819	340	663
12	3810	2826	464	759
13	2813	2048	335	657
14	2820	2743	345	676
15	3485	2827	453	731
16	3065	2827	470	760

Affidamento a Contraente Generale dei “Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotatoria Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121”.

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

V7 – Viadotto Baucina – Relazione sottostrutture

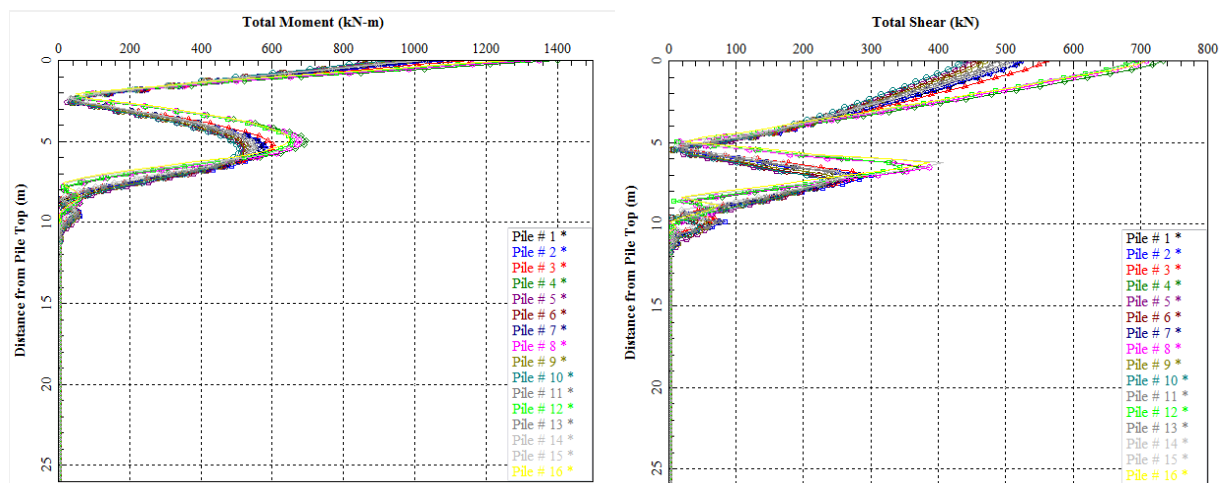


Figura 58: SLU-A1: Andamento con la profondità del momento e del taglio per ciascun palo della palificata.

14.4.6 Sintesi dei risultati allo SLV

Nelle seguenti tabelle si riportano le sollecitazioni di sforzo assiale, taglio e momento agenti in testa a ciascun palo per lo stato limite ultimo SLV.

In particolare per ogni sollecitazione è stato considerato il valore massimo (o minimo in caso di trazione sul palo, indicato con il segno meno) derivante dalle due direzioni, longitudinale e trasversale, considerate.

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

V7 – Viadotto Baucina – Relazione sottostrutture

Tabella 91: Sollecitazioni allo SLV agenti su ciascun palo per le combinazioni di progetto considerate.

Combinazione 1					Combinazione 2				
N palo	N _{max} [kN]	N _{min} [kN]	V _{max} [kN]	M _{max} [kNm]	N palo	N _{max} [kN]	N _{min} [kN]	V _{max} [kN]	M _{max} [kNm]
1	1548	985	321	556	1	3048	2034	324	545
2	2149	1329	320	555	2	2464	1997	313	530
3	3036	1107	342	582	3	1960	1866	316	529
4	3919	886	458	723	4	1923	1023	332	542
5	2167	799	262	466	5	3112	2157	246	463
6	2075	2009	274	481	6	2535	2135	233	445
7	2881	1984	314	538	7	2113	1956	239	450
8	3750	1888	439	686	8	2091	1148	269	480
9	2675	505	286	495	9	3224	2280	243	460
10	2655	1733	280	499	10	2662	2275	212	422
11	2630	2628	307	520	11	2268	2099	232	442
12	3477	2599	429	662	12	2262	1371	267	479
13	3146	1368	296	501	13	2812	2393	224	437
14	3271	2294	312	514	14	2424	2299	238	450
15	3303	3109	420	641	15	2432	1686	266	479
16	4020	2636	432	637	16	2605	2041	286	499

Combinazione 3					Combinazione 4				
N palo	N _{max} [kN]	N _{min} [kN]	V _{max} [kN]	M _{max} [kNm]	N palo	N _{max} [kN]	N _{min} [kN]	V _{max} [kN]	M _{max} [kNm]
1	2315	1579	309	504	1	2161	-1095	750	1821
2	1938	1552	299	491	2	2119	2096	744	1824
3	1525	1410	301	490	3	4344	2076	795	1919
4	1498	865	317	503	4	6081	2035	1034	2299
5	2358	1673	234	427	5	2302	-1613	640	1611
6	1987	1657	221	410	6	2276	1609	661	1658
7	1642	1487	227	415	7	3903	2251	735	1799
8	1626	952	256	442	8	5810	2226	999	2213
9	2432	1766	231	424	9	2442	-2187	674	1649
10	2071	1764	201	387	10	2436	720	631	1582
11	1760	1623	220	407	11	3219	2429	718	1737
12	1756	1099	253	440	12	5357	2421	980	2152
13	2169	1854	213	402	13	2572	-283	698	1677
14	1879	1812	227	415	14	2606	2321	734	1734
15	1886	1306	252	439	15	4374	2615	965	2096
16	1982	1577	273	461	16	3126	2813	1003	2112

Combinazione 5					Combinazione 6				
N palo	N _{max} [kN]	N _{min} [kN]	V _{max} [kN]	M _{max} [kNm]	N palo	N _{max} [kN]	N _{min} [kN]	V _{max} [kN]	M _{max} [kNm]
1	3077	928	1016	2437	1	2566	456	948	2216
2	3323	2077	984	2377	2	2782	1590	919	2164
3	3572	2930	993	2377	3	3000	2465	920	2146
4	3817	3780	1043	2437	4	3241	3215	971	2213
5	2478	748	764	2026	5	2034	280	709	1836
6	2653	1942	720	1939	6	2187	1398	667	1751
7	2829	2780	742	1967	7	2340	2318	690	1784
8	3615	3004	842	2122	8	3080	2493	780	1918
9	1863	464	755	2010	9	1321	8	701	1820
10	1966	1647	648	1805	10	1433	1100	605	1644
11	2537	2066	717	1917	11	2086	1557	667	1741
12	3352	2166	835	2111	12	2828	1682	774	1908
13	1294	1148	698	1900	13	762	674	646	1715
14	2213	1028	743	1968	14	1726	561	688	1776
15	2998	1068	831	2103	15	2494	594	768	1895
16	2542	-211	904	2220	16	2067	-541	838	2007

Combinazione 7					Combinazione 8				
N palo	N _{max} [kN]	N _{min} [kN]	V _{max} [kN]	M _{max} [kNm]	N palo	N _{max} [kN]	N _{min} [kN]	V _{max} [kN]	M _{max} [kNm]
1	2192	1687	401	702	1	2241	-1405	768	1868
2	1894	1686	386	679	2	2219	2098	763	1879
3	1685	1466	390	681	3	4561	2196	814	1974
4	1685	1039	407	690	4	6323	2174	1062	2373
5	2227	1701	288	563	5	2323	-1893	654	1649
6	1935	1702	274	545	6	2310	1546	680	1712
7	1703	1528	280	547	7	4070	2298	749	1838
8	1704	1107	315	582	8	6022	2286	1024	2280
9	2286	1715	287	563	9	2404	-2507	693	1699
10	2003	1718	244	504	10	2404	558	644	1620
11	1720	1636	273	538	11	3313	2401	733	1778
12	1723	1225	312	579	12	5561	2399	1004	2215
13	2081	1731	260	525	13	2482	-549	716	1724
14	1786	1738	280	547	14	2505	2321	754	1789
15	1742	1389	310	579	15	4569	2512	987	2152
16	1761	1604	352	635	16	3193	2627	1035	2192

Si riporta inoltre in Figura 59 a titolo esemplificativo l'andamento con la profondità del momento e del taglio relativi alla combinazione in cui le due sollecitazioni risultano massime.

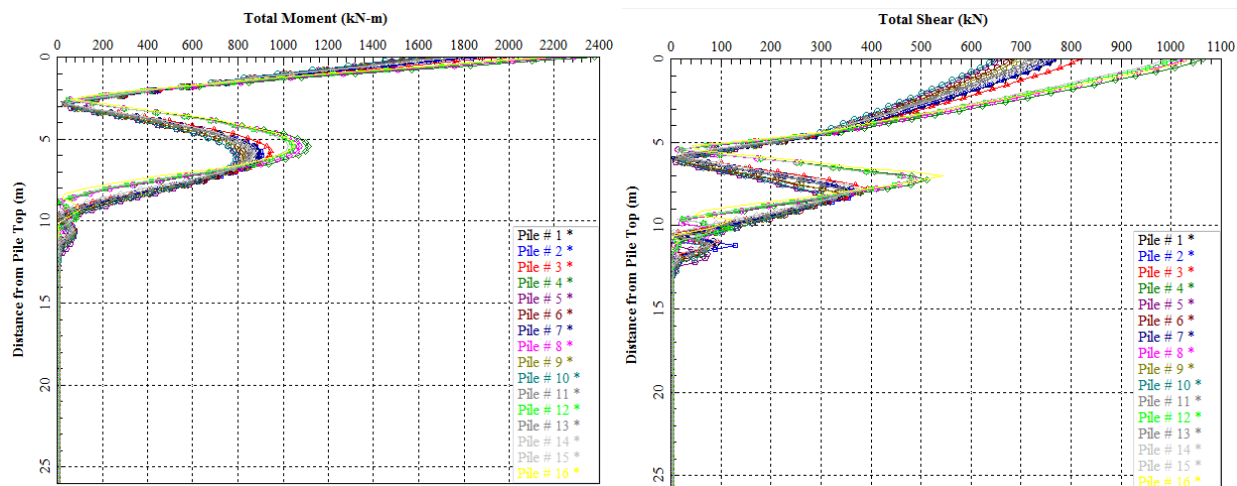


Figura 59: SLV: Andamento con la profondità del momento e del taglio per ciascun palo della palificata.

14.4.7 Verifiche di tipo STRU dei pali (SLU A1+M1+R3/SLV)

Nel seguito si riportano le verifiche allo SLU nei confronti del raggiungimento della resistenza strutturale dei pali di fondazione.

14.4.7.1 Condizioni di verifica

In Tabella 92 si riassumono le sollecitazioni di sforzo assiale, di flessione e di taglio utilizzate per la le verifiche di seguito condotte.

In particolare si riporta, per ciascun palo, la sollecitazione involuppo ottenuta ricercando la più gravosa tra le diverse combinazioni adottate (si veda par.14.4.5 per il caso statico e par. 14.4.6 per il caso sismico).

Per la verifica a pressoflessione sono evidenziate in arancione in Tabella 92 le condizioni più gravose, determinate secondo il seguente criterio:

- a favore di sicurezza lo sforzo assiale di compressione è stato considerato nullo;
- in caso di trazione (segno meno), sono state valutate le coppie ($N_{min}; M$) associate.

La verifica a taglio si effettua con il massimo taglio agente in testa al palo (V_{max}), evidenziato in verde in Tabella 92.

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

V7 – Viadotto Baucina – Relazione sottostrutture

Tabella 92: Sollecitazioni inviluppo con riferimento allo SLU-A1 e allo SLV.

INVILUPPO SLU-A1					INVILUPPO SLV				
N palo	N _{max} [kN]	N _{min} [kN]	V _{max} [kN]	M _{max} [kNm]	N palo	N _{max} [kN]	N _{min} [kN]	V _{max} [kN]	M _{max} [kNm]
1	3391	248	524	1092	1	3077	-1405	1016	2437
2	3451	2587	523	1098	2	3323	1329	984	2377
3	4510	2619	559	1155	3	4561	1107	993	2377
4	5971	2592	733	1399	4	6323	865	1062	2437
5	3287	-179	445	958	5	3112	-1893	764	2026
6	3318	2315	460	984	6	2653	1398	720	1939
7	4153	2740	512	1068	7	4070	1487	749	1967
8	5751	2725	708	1344	8	6022	952	1024	2280
9	3181	-832	469	979	9	3224	-2507	755	2010
10	3198	1773	436	930	10	2662	558	648	1805
11	3694	2819	502	1034	11	3313	1557	733	1917
12	5376	2826	693	1299	12	5561	1099	1004	2215
13	3096	969	485	994	13	3146	-549	716	1900
14	3138	2743	512	1027	14	3271	561	754	1968
15	4567	2827	689	1279	15	4569	594	987	2152
16	3697	2571	709	1272	16	4020	-541	1035	2220

14.4.7.2 Verifica allo SLU in condizioni statiche a pressoflessione

La verifica a pressoflessione di seguito riportata è condotta con riferimento alle combinazioni SLU (A1+M1+R3, con γ_R unitari). L'armatura prevista è riassunta in Tabella 93.

Nel seguito si riporta la verifica a pressoflessione solo per la prima gabbia di armatura, in quanto, come evidenziato in Figura 58 e in Figura 59, per profondità maggiori di 10.0m da testa palo le sollecitazioni flessionali risultano essere trascurabili.

Tabella 93: Armatura prevista palo di fondazione.

Numero Gabbia	Lunghezza gabbia [m]	Armatura
1	12.0	26Φ30+22Φ30 (interni)
2	12.0	26Φ20
3	12.0 (palo lungo 31.0m) 6.0 (palo lungo 26.0m)	13Φ20

DATI GENERALI SEZIONE

Metodo di calcolo resistenza: Resistenze agli Stati Limite Ultimi
 Normativa di riferimento: N.T.C.
 Percorso sollecitazione: A Sforzo Norm. costante
 Condizioni Ambientali: Moderat. aggressive
 Riferimento Sforzi assegnati: Assi x,y principali d'inerzia

CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio: Circolare
 Classe Conglomerato: C30/37

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

V7 – Viadotto Baucina – Relazione sottostrutture

Raggio circ.: 50.0 cm
 X centro circ.: 0.0 cm
 Y centro circ.: 0.0 cm

DATI GENERAZIONI CIRCOLARI DI BARRE

N°Gen. Numero assegnato alla singola generazione circolare di barre
 Xcentro Ascissa [cm] del centro della circonf. lungo cui sono disposte le barre generate
 Ycentro Ordinata [cm] del centro della circonf. lungo cui sono disposte le barre generate
 Raggio Raggio [cm] della circonferenza lungo cui sono disposte le barre generate
 N°Barre Numero di barre generate equidist. disposte lungo la circonferenza
 Ø Diametro [mm] della singola barra generata

N°Gen.	Xcentro	Ycentro	Raggio	N°Barre	Ø
1	0.0	0.0	41.3	26	30
2	0.0	0.0	35.3	22	30

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)
 Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.
 My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.
 Vy Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia y
 Vx Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia x

N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	0.00	1399.00	0.00	733.00	0.00
2	-832.00	979.00	0.00	733.00	0.00

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 7.2 cm
 Interferro netto minimo barre longitudinali: 3.0 cm
 Copriferro netto minimo staffe: 6.0 cm

VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
 N Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)
 Mx Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
 My Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
 N Res Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)
 Mx Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
 My Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
 Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My)
 Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000
 As Tesa Area armature trave [cm²] in zona tesa. [Tra parentesi l'area minima ex (4.1.15)NTC]

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Tesa
1	N	0.00	1399.00	0.00	0.00	3895.17	0.00	2.78	197.9(12.7)
2	N	-832.00	979.00	0.00	-831.82	3767.50	0.00	3.85	197.9(12.7)

14.4.7.3 Verifica allo SLU in condizioni sismiche a pressoflessione

La verifica a pressoflessione di seguito riportata è condotta con riferimento a quanto indicato al paragrafo 14.2.1. L'armatura prevista è riassunta in Tabella 93.

Nel seguito si riporta la verifica a pressoflessione solo per la prima gabbia di armatura, in quanto, come evidenziato in Figura 58 e in Figura 59, per profondità maggiori di 10.0m da testa palo le sollecitazioni flessionali risultano essere trascurabili.

DATI GENERALI

Metodo di calcolo resistenza: Resistenze in campo sostanzialmente elastico
 Normativa di riferimento: N.T.C.
 Percorso sollecitazione: A Sforzo Norm. costante
 Riferimento Sforzi assegnati: Assi x,y principali d'inerzia

CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio: Circolare
 Classe Conglomerato: C30/37

Raggio circ.: 50.0 cm
 X centro circ.: 0.0 cm
 Y centro circ.: 0.0 cm

DATI GENERAZIONI CIRCOLARI DI BARRE

N°Gen. Numero assegnato alla singola generazione circolare di barre
 Xcentro Ascissa [cm] del centro della circonfer. lungo cui sono disposte le barre generate
 Ycentro Ordinata [cm] del centro della circonfer. lungo cui sono disposte le barre generate
 Raggio Raggio [cm] della circonferenza lungo cui sono disposte le barre generate
 N°Barre Numero di barre generate equidist. disposte lungo la circonferenza
 Ø Diametro [mm] della singola barra generata

N°Gen.	Xcentro	Ycentro	Raggio	N°Barre	Ø
1	0.0	0.0	41.3	26	30
2	0.0	0.0	35.3	22	30

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)
 Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.
 My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.
 Vy Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia y
 Vx Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia x

N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	0.00	2437.00	0.00	1062.00	0.00
2	-1405.00	2437.00	0.00	1062.00	0.00
3	-2507.00	2010.00	0.00	1062.00	0.00

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 7.2 cm
 Interferro netto minimo barre longitudinali: 3.0 cm
 Copriferro netto minimo staffe: 6.0 cm

VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE SOSTANZIALMENTE ELASTICO

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
 N Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

V7 – Viadotto Baucina – Relazione sottostrutture

Mx Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
 My Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
 N Res Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)
 Mx Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
 My Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
 Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My)
 Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000
 As Tesa Area armature trave [cm²] in zona tesa. [Tra parentesi l'area minima ex (4.1.15)NTC]

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Tesa
1	N	0.00	2437.00	0.00	0.00	2758.56	0.00	1.13	169.6(12.5)
2	N	-1405.00	2437.00	0.00	-1405.20	2453.78	0.00	1.01	169.6(12.7)
3	N	-2507.00	2010.00	0.00	-2506.81	2202.59	0.00	1.10	169.6(12.8)

14.4.7.4 Verifica a taglio

La verifica a taglio di seguito riportata è condotta con riferimento alle combinazioni SLU (A1+M1+R3) e SLV. L'armatura prevista a taglio è riportata nella seguente tabella.

Tabella 94: Armatura prevista palo di fondazione.

Profondità da testa palo [m]	Armatura
10.0	Φ12/125mm
>10.0	Φ10/200mm

CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio: Circolare
Classe Conglomerato: C30/37

Raggio circ.: 50.0 cm
X centro circ.: 0.0 cm
Y centro circ.: 0.0 cm

ARMATURE A TAGLIO

Diametro staffe: 12 mm
Passo staffe: 12.5 cm
Staffe: Una sola staffa chiusa perimetrale

ST.LIM.ULTIMI - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)
Mx Momento flettente [daNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.
My Momento flettente [daNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.
Vy Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia y
Vx Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia x

N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	0.00	2437.00	0.00	1062.00	0.00
2	-1405.00	2437.00	0.00	1062.00	0.00
3	-2507.00	2010.00	0.00	1062.00	0.00

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - VERIFICHE A TAGLIO

Diam. Staffe: 12 mm
Passo staffe: 12.50 cm [Passo massimo di normativa = 33.0 cm]

Ver S = comb. verificata a taglio / N = comb. non verificata
Ved Taglio di progetto [kN] = proiezz. di Vx e Vy sulla normale all'asse neutro
Vcd Taglio compressione resistente [kN] lato conglomerato [formula (4.1.28)NTC]
Vwd Taglio resistente [kN] assorbito dalle staffe [(4.1.18) NTC]
Dmed Altezza utile media pesata [cm] valutata lungo strisce ortog. all'asse neutro. Vengono prese nella media le strisce con almeno un estremo compresso. I pesi della media sono costituiti dalle stesse lunghezze delle strisce.
bw Larghezza media resistente a taglio [cm] misurate parallel. all'asse neutro E' data dal rapporto tra l'area delle sopradette strisce resistenti e Dmed.
Ctg Cotangente dell'angolo di inclinazione dei puntoni di conglomerato
Acw Coefficiente maggiorativo della resistenza a taglio per compressione
Ast Area staffe+legature strettam. necessarie a taglio per metro di pil.[cm²/m]
A.Eff Area staffe+legature efficaci nella direzione del taglio di combinaz.[cm²/m]
Tra parentesi è indicata la quota dell'area relativa alle sole legature.
L'area della legatura è ridotta col fattore L/d_max con L=lungh.legat.proietta-ta sulla direz. del taglio e d_max= massima altezza utile nella direz.del taglio.

N°Comb	Ver	Ved	Vcd	Vwd	Dmed	bw	Ctg	Acw	Ast	A.Eff
--------	-----	-----	-----	-----	------	----	-----	-----	-----	-------

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

V7 – Viadotto Baucina – Relazione sottostrutture

1	S	1062.00	1853.95	1129.00	76.4	92.0	2.500	1.000	15.8	16.8(0.0)
2	S	1062.00	1843.37	1134.62	76.8	91.0	2.500	1.000	15.7	16.8(0.0)
3	S	1062.00	1829.63	1141.11	77.2	89.8	2.500	1.000	15.6	16.8(0.0)

14.4.8 Verifiche di tipo SLE dei pali

Nel seguito si riportano le verifiche allo SLE in accordo con quanto riportato nel paragrafo 14.2.4..

14.4.8.1 Condizioni di verifica

In Tabella 95 si riassumono le sollecitazioni di sforzo assiale, di flessione e di taglio utilizzate per la le verifiche di seguito condotte sia per la condizione frequente (FR) che per la condizione quasi permanente (QP).

In particolare, si riporta, per ciascun palo, la sollecitazione involuppo ottenuta ricercando la più gravosa tra le diverse combinazioni adottate (si veda par. 14.4.4).

Per la verifica delle tensioni ammissibili e di fessurazione sono evidenziate in arancione in Tabella 95 le condizioni più gravose, determinate secondo il seguente criterio:

- a favore di sicurezza lo sforzo assiale di compressione è stato considerato nullo;
- in caso di trazione, sono state valutate tutte le coppie ($N_{min}; M$) associate.

Tabella 95: Sollecitazioni involuppo con riferimento allo SLE.

INVILUPPO SLE-FR					INVILUPPO SLE-FR				
N palo	N_{max} [kN]	N_{min} [kN]	V_{max} [kN]	M_{max} [kNm]	N palo	N_{max} [kN]	N_{min} [kN]	V_{max} [kN]	M_{max} [kNm]
1	2784	728	315	530	1	2232	735	304	514
2	2907	2162	313	527	2	2292	1847	300	509
3	3233	2241	355	594	3	2733	1807	322	534
4	4299	2225	455	702	4	3548	1768	429	660
5	2473	502	273	473	5	2088	559	255	444
6	2558	1992	283	486	6	2132	1726	267	461
7	3044	2321	317	531	7	2586	1966	294	491
8	4093	2313	438	672	8	3387	1951	433	665
9	2403	146	287	483	9	2099	283	268	455
10	2403	1637	268	458	10	2099	1423	260	452
11	2740	2248	310	512	11	2350	1992	287	472
12	3763	2295	428	646	12	3131	2018	420	636
13	2465	1195	297	489	13	2197	1082	275	451
14	2484	1823	315	507	14	2226	1763	291	466
15	3318	1837	417	620	15	2788	1775	408	609
16	2746	1191	434	625	16	2380	1476	416	598

14.4.8.2 Verifiche allo SLE di tipo strutturale

Si riportano nel seguito le verifiche SLE di tipo strutturale.

CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio: Circolare
Classe Conglomerato: C30/37

Raggio circ.: 50.0 cm
X centro circ.: 0.0 cm
Y centro circ.: 0.0 cm

DATI GENERAZIONI CIRCOLARI DI BARRE

N°Gen. Numero assegnato alla singola generazione circolare di barre
Xcentro Ascissa [cm] del centro della circonfer. lungo cui sono disposte le barre generate
Ycentro Ordinata [cm] del centro della circonfer. lungo cui sono disposte le barre generate
Raggio Raggio [cm] della circonferenza lungo cui sono disposte le barre generate
N°Barre Numero di barre generate equidist. disposte lungo la circonferenza
Ø Diametro [mm] della singola barra generata

N°Gen.	Xcentro	Ycentro	Raggio	N°Barre	Ø
1	0.0	0.0	41.5	26	30
2	0.0	0.0	35.5	16	30

COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	702.00	0.00

COMB. FREQUENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	702.00 (484.39)	0.00 (0.00)

COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	665.00 (484.39)	0.00 (0.00)

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

VerS = comb. verificata/ N = comb. non verificata

Sc max Massima tensione (positiva se di compressione) nel conglomerato [Mpa]
Xc max, Yc max Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
Sf min Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [Mpa]

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

V7 – Viadotto Baucina – Relazione sottostrutture

Xs min, Ys min	Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)
Ac eff.	Area di calcestruzzo [cm ²] in zona tesa considerata aderente alle barre
As eff.	Area barre [cm ²] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure
D barre	Distanza tra le barre tese [cm] ai fini del calcolo dell'apertura fessure
Beta12	Prodotto dei coeff. di aderenza delle barre Beta1*Beta2

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.	D barre	Beta12
1	S	5.49	0.0	0.0	-109.0	0.0	-41.5	1936	99.0	6.0	1.00

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.	D barre	Beta12
1	S	5.49	0.0	0.0	-109.0	0.0	-41.5	1936	99.0	6.0	1.00

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§B.6.6 DM96]

La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a fctm

Ver.	Esito della verifica
S1	Massima tensione [Mpa] di trazione nel calcestruzzo valutata in sezione non fessurata
S2	Minima tensione [Mpa] di trazione nel calcestruzzo valutata in sezione fessurata
k2	= 0.4 per barre ad aderenza migliorata
k3	= 0.125 per flessione e presso-flessione; $= (e1 + e2)/(2*e1)$ per trazione eccentrica
Ø	Diametro [mm] medio delle barre tese comprese nell'area efficace Ac eff
Cf	Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa
Psi	$= 1 - \text{Beta}12 * (\text{Ssr}/\text{Ss})^2 = 1 - \text{Beta}12 * (\text{fctm}/\text{S2})^2 = 1 - \text{Beta}12 * (\text{Mfess}/\text{M})^2$ [B.6.6 DM96]
e sm	Deformazione unitaria media tra le fessure [4.3.1.7.1.3 DM96]. Il valore limite = $0.4 * \text{Ss}/\text{Es}$ è tra parentesi
srm	Distanza media tra le fessure [mm]
wk	Valore caratteristico [mm] dell'apertura fessure = $1.7 * e \text{ sm} * \text{srm}$. Valore limite tra parentesi
MX fess.	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]
MY fess.	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]

Comb.	Ver	S1	S2	k3	Ø	Cf	Psi	e sm	srm	wk	Mx fess	My fess
1	S	-4.2	0	0.125	30	70	0.5240.00029	(0.00022)	181	0.088 (0.30)	484.39	
0.00												

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.	D barre	Beta12
1	S	5.20	0.0	0.0	-103.3	0.0	-41.5	1936	99.0	6.0	0.50

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§B.6.6 DM96]

Comb.	Ver	S1	S2	k3	Ø	Cf	Psi	e sm	srm	wk	Mx fess	My fess
1	S	-4.0	0	0.125	30	70	0.7350.00038	(0.00021)	181	0.117 (0.20)	484.39	
0.00												

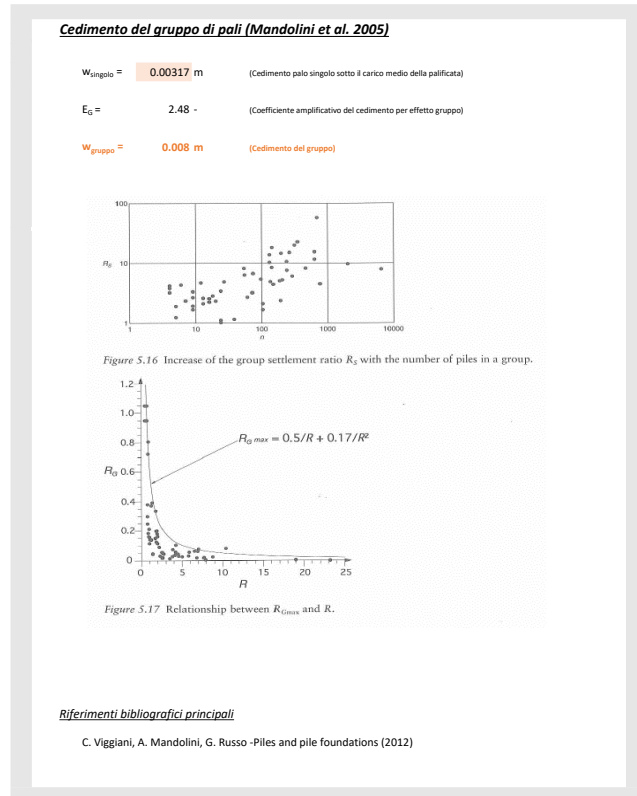
14.4.8.3 Verifiche allo SLE in termini di spostamenti

Con riferimento a quanto riportato in Tabella 89, risulta che:

- spostamento verticale massimo, $u_{x\max}$: 3.17e-3 m
- spostamento orizzontale massimo $u_{y\max}$: 2.75e-3 m

Mentre lo spostamento orizzontale massimo tiene già in conto dell'interazione con gli altri pali della fondazione ed è quindi rappresentativo dello spostamento orizzontale del gruppo di pali, lo spostamento verticale è relativo ad un palo isolato. Per tenere in conto dell'effetto gruppo per gli

spostamenti verticali si procede come descritto al paragrafo 14.2.4.1. Di seguito si ripota il calcolo del cedimento verticale del gruppo di pali.



I cedimenti risultano essere compatibili con la funzionalità dell’opera.

14.4.9 Verifiche agli SLU di tipo geotecniche (GEO)

14.4.9.1 Verifica di capacità portante dei pali per carichi verticali

La verifica di capacità portante dei pali per carichi verticali è condotta secondo la modalità indicata al paragrafo 14.2.2.

Come riportato al capitolo 5, la struttura di fondazione della Spalla A è costituita da pali trivellati di diametro 1000mm; in particolare risulta che (Figura 60):

- i pali n°4,8,12,15 e 16 presentano una lunghezza pari a 32.0m;
- i pali n°1,2,3,5,6,7,9,10,11,13 e 14 presentano una lunghezza di 26.0m.

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

V7 – Viadotto Baucina – Relazione sottostrutture

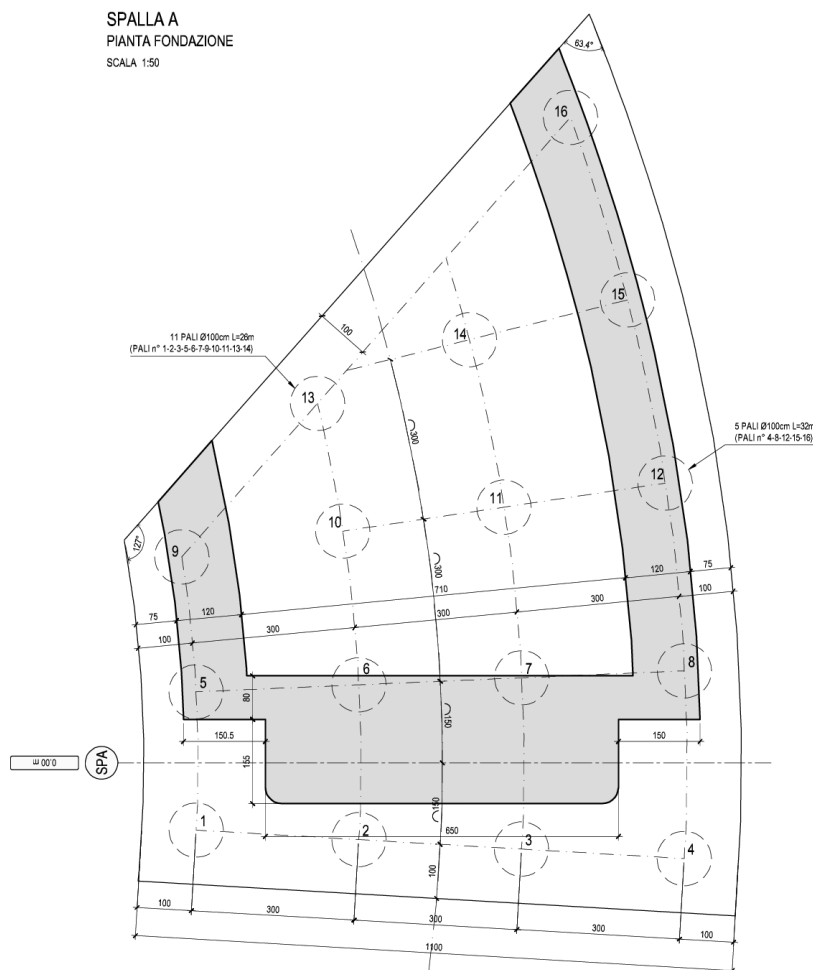


Figura 60: Pali di fondazione– Spalla A.

In Tabella 96 e in Tabella 97 si riporta, rispettivamente per i pali di lunghezza 32.0m e per i pali di lunghezza 26.0m, la capacità portante a compressione ($R_{cd,singolo}$) e a trazione ($R_{td,singolo}$) del palo isolato.

Tabella 96: Capacità portante a compressione e a trazione dei pali di fondazione L=32.0m – Spalla A.

Capacità portante A1+M1+R3						
L_p m	Q_{ll} kN	Q_{bl} kN	W'_p kN	Q_u kN	$R_{cd,singolo}$ kN	$R_{td,singolo}$ kN
32,0	10402	3341	126	13617	6613	5021

Tabella 97: Capacità portante a compressione e a trazione dei pali di fondazione L=26.0m – Spalla A.

Capacità portante A1+M1+R3						
L_p m	Q_{ll} kN	Q_{bl} kN	W'_p kN	Q_u kN	$R_{cd,singolo}$ kN	$R_{td,singolo}$ kN
26,0	8140	3244	102	11282	5445	3933

Per la **Condizione di Verifica 1** (verifica di capacità portante del singolo palo) in Tabella 98 si riportano le sollecitazioni di sforzo assiale, sia per la condizione statica (A1) sia per la condizione sismica (SLV).

In particolare si riporta, per ciascun palo, la sollecitazione involuppo ottenuta ricercando la più gravosa tra le diverse combinazioni adottate (si veda i par. 14.4.5 e 14.4.6) per i vari stati limite considerati.

In verde sono evidenziati gli sforzi dimensionanti per i pali lunghi 32.0m, in giallo quelli per i pali lunghi 26.0m

Tabella 98: Sforzi normali involuppo agenti su ciascun palo.

INVILUPPO SLU-A1			INVILUPPO SLV		
N palo	N _{max} [kN]	N _{min} [kN]	N palo	N _{max} [kN]	N _{min} [kN]
1	3391	248	1	3077	-1405
2	3451	2587	2	3323	1329
3	4510	2619	3	4561	1107
4	5971	2592	4	6323	865
5	3287	-179	5	3112	-1893
6	3318	2315	6	2653	1398
7	4153	2740	7	4070	1487
8	5751	2725	8	6022	952
9	3181	-832	9	3224	-2507
10	3198	1773	10	2662	558
11	3694	2819	11	3313	1557
12	5376	2826	12	5561	1099
13	3096	969	13	3146	-549
14	3138	2743	14	3271	561
15	4567	2827	15	4569	594
16	3697	2571	16	4020	-541

In Tabella 99 si riporta la verifica di capacità portante per la Condizione 1. La verifica risulta soddisfatta.

Tabella 99: Spalla A: verifica di capacità portante per carichi verticali - Condizione di verifica 1.

Capacità portante SLU A1+M1+R3						Capacità portante SLU A1+M1+R3					
L _p m	R _{c,d} kN	R _{t,d} kN		N _{max} kN	N _{min} kN	L _p m	R _{cd,singolo} kN	R _{td,singolo} kN		N _{max} kN	N _{min} kN
32,0	6613	5021	>	5971	-	26,0	5445	3933	>	4153	-832

Capacità portante SLV						Capacità portante SLV					
L _p m	R _{c,d} kN	R _{t,d} kN		N _{max} kN	N _{min} kN	L _p m	R _{cd,singolo} kN	R _{td,singolo} kN		N _{max} kN	N _{min} kN
32,0	6613	5021	>	6323	-541	26,0	5445	3933	>	4561	-2507

Con riferimento a quanto riportato in Tabella 85 per la condizione SLU-A1 e in Tabella 86 per la condizione SLV, per la **Condizione di Verifica 2** (verifica di capacità portante del gruppo di pali) di seguito si riportano lo sforzo assiale massimo e il momento massimo, longitudinale (M_y) e trasversale (M_z), agente ad intradosso fondazione.

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

V7 – Viadotto Baucina – Relazione sottostrutture

Tabella 100: Sforzi normali e momenti involuppo agenti ad intradosso fondazione.

SLU-A1			SLV		
N_{max}	$M_{y,max}$	$M_{z,max}$	N_{max}	$M_{y,max}$	$M_{z,max}$
[kN]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kNm]	[kNm]
52201	18353	81831	37780	49730	103521

Nelle seguenti figure si riporta la verifica di capacità portante dei pali in gruppo (Condizione di verifica 2). È stata considerata indipendente la direzione trasversale dalla direzione longitudinale. Le verifiche risultano soddisfatte.

Dati di input

Sollecitazioni di progetto agenti

$N_{Ed} = 52201,39$ kN
 $M_{y,Ed} = 18353,98$ kNm
 $M_{z,Ed} = 0$ kNm
 $e_y = 1,6$ m
 $e_z = 0,0$ m

Coefficienti parziali approccio progettuale

Tipo approccio: A1+M1+R3
 $\gamma_{G1} = 1,3$
 $\gamma_{G2} = 1,0$
 $\gamma_{G3} = 1,0$
 $\gamma_{G4} = 2,3$ (per il collasso alla base del blocco, Tab. 6.4.I)
 $\gamma_{G5} = 1,0$ (per il collasso della resistenza laterale del blocco)

Geometria paliificata

$L_p = 26,0$ m
 $d_p = 1,0$ m
 $i = 3,0$ m
 $N_{pali} \text{ per fila} = 4$
 $N_{pali} = 4$
 $N_{pali} = 16$
 $B_p = 9,0$ m
 $L_p = 9,0$ m
 $A_p^* = 52,8$ m²
 $P_p = 36,0$ m
 $V_p = 2106,0$ m³

$B'_{Ed} = 5,9$ m
 $L'_{Ed} = 9,0$ m
(area blocco ridotta per effetto dell'eccentricità)
(perimetro blocco)
(volume blocco)

Parametri caratteristici del terreno

$\gamma_s = 20$ kN/m³
 $\gamma'_s = 10$ kN/m³
 $\Phi_{(20)k} = 26^\circ$ (angolo d'attito alla base della paliificata)
 $\Phi_{(med)k} = 22^\circ$ (angolo d'attito medio lungo la paliificata)
 $c_{(20)k} = 200$ kPa (coesione non drenata caratteristica alla base della paliificata)
 $c_{(med)k} = 100$ kPa (coesione non drenata media lungo la paliificata)

Parametri di progetto del terreno

$\gamma_s = 20$ kN/m³
 $\gamma'_s = 10$ kN/m³
 $\Phi_{(20)d} = 26,0^\circ$
 $\Phi_{(med)d} = 22,0^\circ$
 $c_{(20)d} = 200,0$ kPa
 $c_{(med)d} = 100,0$ kPa

Fattori di capacità portante

$N_s = 7,7$ -
 $N_d = 1,0$ -
 $N_y = 11,4$ -
 $N_z = 16,8$ -

Capacità portante del palo singolo

$R_{Ed, singolo} = 6564$ kN (congiunte con l'approccio progettuale delle azioni)

Capacità portante del gruppo (Terzaghi & Peck, 1948)

a) Collasso per raggiungimento del carico limite sul singolo palo

$R_{Ed} = 105024$ kN

b) Collasso per raggiungimento del carico limite blocco

Condizione non drenata

$R_{Ed,ND} = 86300,96$ kN

Condizione drenata

$R_{Ed,D} = 110045,4$ kN

$R_{Ed} = 86300,96$ kN

Efficienza del gruppo di pali, μ

$\mu = 0,63$

Capacità portante del gruppo di pali

$R_{Ed, gruppo} = 66677,29$ kN

Verifica di capacità portante del gruppo di pali

$N_{Ed} \leq R_{Ed, gruppo}$ verifica soddisfatta

Riferimenti bibliografici principali

H.G. Poulos, E.H. Davis - Analisi e progettazione di fondazioni su pali (1987)
W.G.K. Fleming, A.J. Weltman, M.F. Randolph, W.K. Elson - Piling engineering (2nd edition)

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

V7 – Viadotto Baucina – Relazione sottostrutture

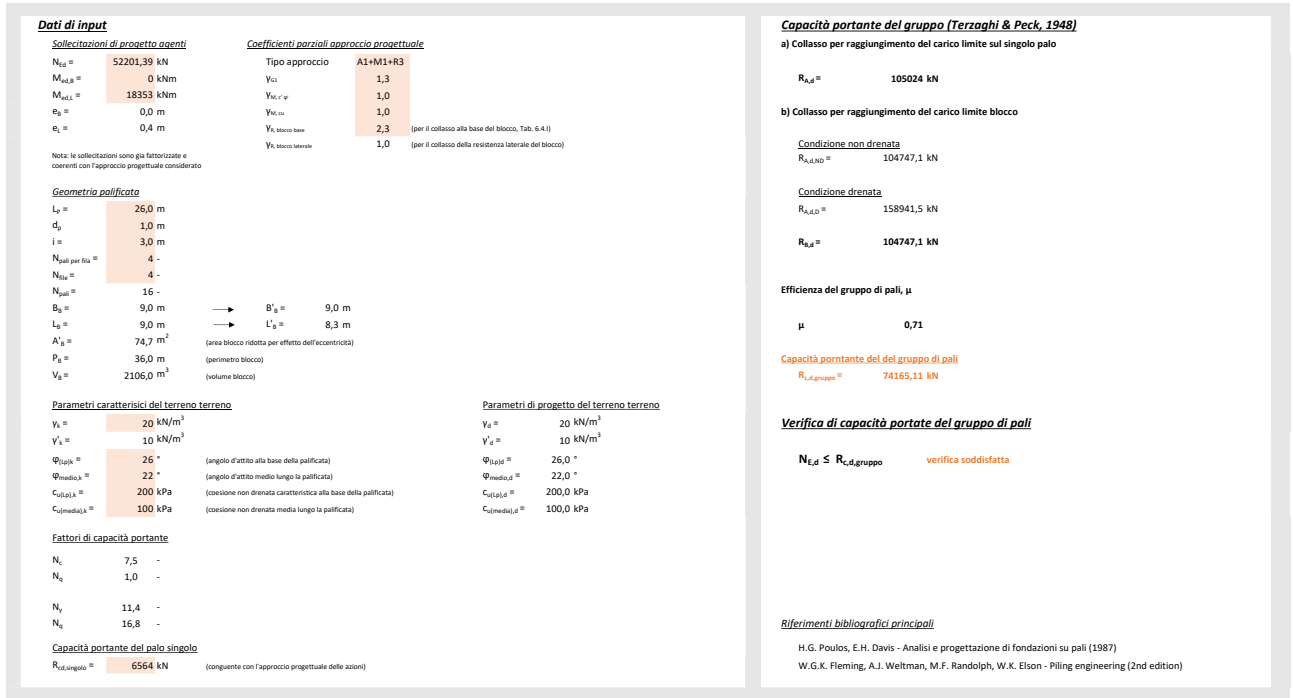
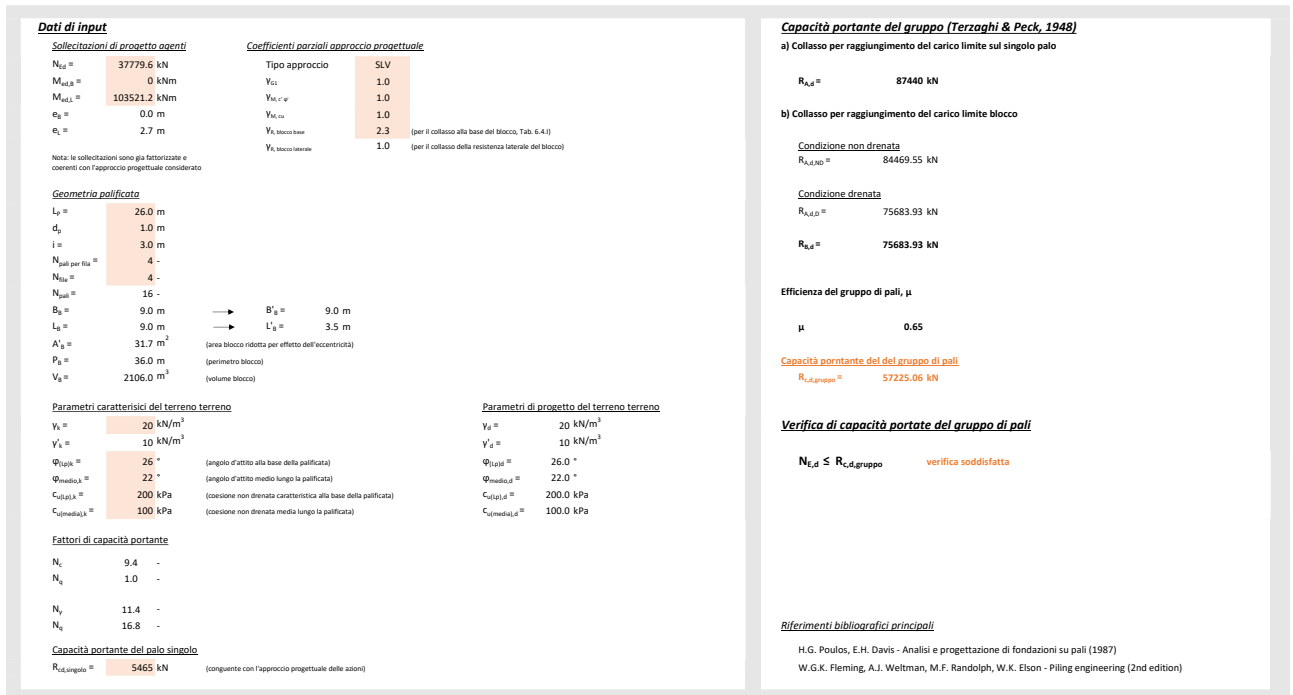


Figura 61: Spalla A: Condizione statica A1+M1+R3 - Condizione di verifica 2.



Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

V7 – Viadotto Baucina – Relazione sottostrutture

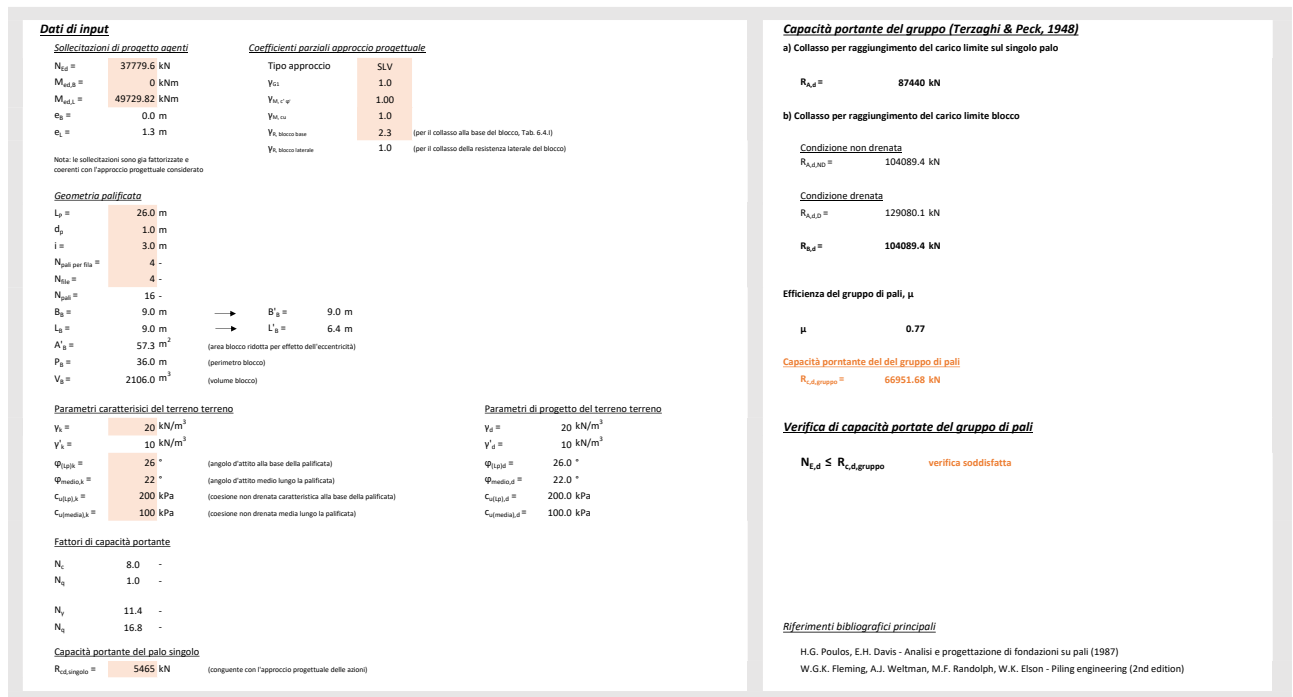


Figura 62: Spalla A: Condizione sismica A1+M1+R3 - Condizione di verifica 2.

14.4.9.2 Verifica di capacità portante dei pali per carichi orizzontali

La verifica di capacità portante dei pali per carichi orizzontali è condotta secondo la modalità indicata al paragrafo 14.2.3.

Le caratteristiche geometriche e meccaniche dei pali di fondazione sono riassunti nella seguente tabella.

Tabella 101: Caratteristiche geometriche e meccaniche dei pali di fondazione.

Diametro	1000 mm
Lunghezza	26.0m+32.0m
Armatura a flessione	26Φ30+16Φ30

In Tabella 102 si riassumono, per ciascun palo, le azioni taglianti involuppo ottenute ricercando la più gravosa tra le diverse combinazioni adottate (si veda i par. 14.4.5 e 14.4.6) per i vari stati limite ultimi in condizione statica (SLU/A1+M1+R3) e in condizione sismica (SLV/A1+M1+R3).

Tabella 102: Sforzi di taglio involuppo agente sul singolo palo.

INVILUPPO SLU-A1		INVILUPPO SLV	
N palo	V _{max} [kN]	N palo	V _{max} [kN]
1	524	1	1016
2	523	2	984
3	559	3	993
4	733	4	1062
5	445	5	764
6	460	6	720
7	512	7	749
8	708	8	1024
9	469	9	755
10	436	10	648
11	502	11	733
12	693	12	1004
13	485	13	716
14	512	14	754
15	689	15	987
16	709	16	1035

In arancione si evidenziano il taglio massimo agente. Dato che il software (GROUP 2016) ripartisce l'azione tagliante agente ad intradosso plinto tenendo in conto dell'effetto gruppo, la verifica di capacità portante ad azioni orizzontali è condotta sul singolo palo:

$$V_{d, \text{ singolo}} < H_{d, \text{ singolo}}$$

Affidamento a Contraente Generale dei “Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121”.

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

V7 – Viadotto Baucina – Relazione sottostrutture

con

$H_{d,singolo}$ = capacità portante orizzontale del singolo palo valutata in accordo con quanto riportato al paragrafo.

La capacità portante orizzontale del singolo palo è riportato di seguito per la condizione SLU/A1+M1+R3 e SLV/A1+M1+R3.

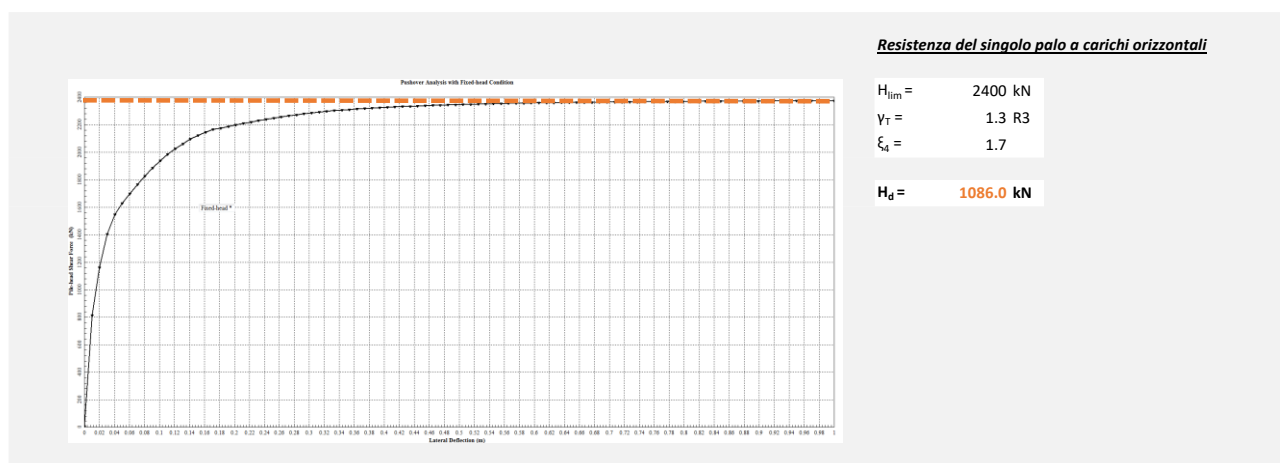


Figura 63: Spalla A: Capacità portante orizzontale - Condizione statica e dinamica A1+M1+R3.

In Tabella 103 si riporta la verifica a capacità portante per i carichi orizzontali; essa risulta soddisfatta.

Tabella 103: Spalla A: verifica di capacità portante per carichi orizzontali.

	V_d [kN]	<	$H_{d,singolo}$ [kN]
SLU – A1+M1+R3	733	<	1086
SLV – A1+M1+R3	1062	<	1086

14.5 SPALLA B: ANALISI E VERIFICA DELLA PALIFICATA

14.5.1 Modello di calcolo, dati di input e stratigrafia di riferimento

Le sollecitazioni e gli spostamenti agenti su ciascun palo della palificata sono state determinati mediante il programma di calcolo GROUP 2016.

La disposizione in pianta dei pali è stata riprodotta fedelmente. I pali si considerano incastrati a livello del plinto di fondazione.

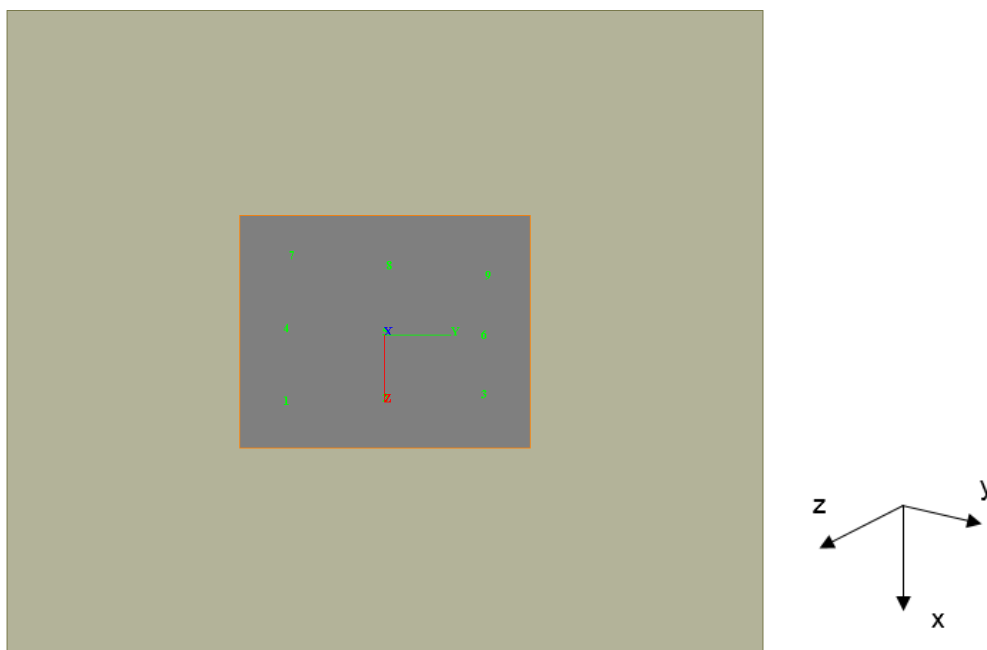


Figura 64: Spalla B: Pianta della palificata e sistema di riferimento utilizzato nel software GROUP2016.

I parametri geotecnici e la stratigrafia di riferimento adottati nelle elaborazioni per i diversi materiali sono riportati nella tabella seguente.

Tabella 104:Stratigrafia e parametri geotecnici di input.

Unità	Profondità da testa palo [m]	γ [kPa]	c_u [kPa]	Attrito laterale lungo il palo, τ_l [kPa]	Portata alla base, q_{ub} [kPa]	Parameter ϵ_{50} [-]
LSA(a-2)	0.00 – 4.65	20.0	100	40	0	0.007
LSA	4.65 – 5.65	20.0	150	60	0	0.005
AG	da 5.65	20.5	$200+10^*\delta z$ ≤ 400	80 ÷ 120	3100	0.005

La falda è stata considerata coincidente con la testa pali.

14.5.2 Combinazione dei carichi

Si rimanda a quanto riportato al paragrafo 14.4.2.

14.5.3 Azioni di progetto agenti a intradosso fondazione

Nelle seguenti tabelle si riassumono le azioni di progetto principali agenti ad intradosso fondazione per gli stati limite di esercizio (SLE-FR e SLE-QP) e per gli stati limite ultimi (SLU-A1 e SLV). Tali azioni sono ottenute dalla combinazione dei carichi elementari come descritto al par.14.5.2.

In arancione sono evidenziate le combinazioni significative utilizzate per il dimensionamento dei pali di fondazione per ciascun stato limite. Per le combinazioni agli SLE è stato considerato cautelativamente un involuppo delle azioni agenti.

Il sistema di riferimento è congruente con quanto riportato in Figura 64.

Tabella 105: Azioni di progetto principali per lo stato limite SLE - QP.

Stato limite		F_x	M_y	M_z	F_y	F_z
		Sforzo Normale, N_{Ed} [kN]	Momento, M_{Ed} [kNm]	Momento, M_{Edy} [kNm]	Taglio, V_{Ed} [kN]	Taglio, V_{Edy} [kN]
SLE - QP	SLEqp_MAXM1L	2340.50	3510.45	3743.16	0.00	0.00
SLE - QP	SLEqp_MAXM2L	2055.08	3082.37	637.01	0.00	0.00
SLE - QP	SLEqp_MAXNL	2055.08	3082.37	637.01	0.00	0.00
SLE - QP	SLEqp_MAXMIT	2340.50	3510.45	4003.25	-92.89	0.00
SLE - QP	SLEqp_MAXM2T	2055.08	3082.37	69.84	202.56	0.00
SLE - QP	SLEqp_MAXNT	2055.08	3082.37	69.84	202.56	0.00
SLE - QP	SLEqp_M1L_01	10973.40	-1560.73	5178.31	-84.20	1077.55
SLE - QP	SLEqp_M2L_01	10687.99	-1988.81	2072.16	-84.20	1077.55
SLE - QP	SLEqp_NL_01	10687.99	-1988.81	2072.16	-84.20	1077.55
SLE - QP	SLEqp_M1T_01	10973.40	-1560.73	5438.41	-177.09	1077.55
SLE - QP	SLEqp_M2T_01	10687.99	-1988.81	1504.99	118.36	1077.55
SLE - QP	SLEqp_NT_01	10687.99	-1988.81	1504.99	118.36	1077.55
SLE - QP	SLEqp_M1L_02	10973.40	-1560.73	5178.31	-84.20	1077.55
SLE - QP	SLEqp_M2L_02	10687.99	-1988.81	2072.16	-84.20	1077.55
SLE - QP	SLEqp_NL_02	10687.99	-1988.81	2072.16	-84.20	1077.55
SLE - QP	SLEqp_M1T_02	10973.40	-1560.73	5438.41	-177.09	1077.55
SLE - QP	SLEqp_M2T_02	10687.99	-1988.81	1504.99	118.36	1077.55
SLE - QP	SLEqp_NT_02	10687.99	-1988.81	1504.99	118.36	1077.55
SLE - QP		10975.40	3510.45	5438.41	202.56	1077.55

①

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

V7 – Viadotto Baucina – Relazione sottostrutture

Tabella 106: Azioni di progetto principali per lo stato limite SLE - FR.

Stato limite		F _x	M _y	M _z	F _y	F _z
		Sforzo Normale, N _{Ed} [kN]	Momento, M _{Edx} [kNm]	Momento, M _{Edy} [kNm]	Taglio, V _{Edx} [kN]	Taglio, V _{Edy} [kN]
SLE - FR	SLEfr_MAXM1L	3681.17	5521.29	11442.31	0.00	0.00
SLE - FR	SLEfr_MAXM2L	3008.64	4512.59	-4264.63	0.00	0.00
SLE - FR	SLEfr_MAXNL	6193.63	9289.67	2726.43	0.00	0.00
SLE - FR	SLEfr_MAXM1T	3681.17	5521.29	11702.41	-92.89	0.00
SLE - FR	SLEfr_MAXM2T	3008.64	4512.59	-4831.81	202.56	0.00
SLE - FR	SLEfr_MAXNT	6193.63	9289.67	2159.25	202.56	0.00
SLE - FR	SLEfr_M1L_01	12601.93	304.25	12986.18	-103.58	1186.58
SLE - FR	SLEfr_M2L_01	11929.41	-704.45	-2720.77	-103.58	1186.58
SLE - FR	SLEfr_NL_01	15114.40	4072.63	4270.29	-103.58	1186.58
SLE - FR	SLEfr_M1T_01	12601.93	304.25	13246.27	-196.47	1186.58
SLE - FR	SLEfr_M2T_01	11929.41	-704.45	-3287.94	98.98	1186.58
SLE - FR	SLEfr_NT_01	15114.40	4072.63	3703.12	98.98	1186.58
SLE - FR	SLEfr_M1L_02	12314.07	911.78	12893.15	-90.69	1221.13
SLE - FR	SLEfr_M2L_02	11641.55	-96.92	-2813.79	-90.69	1221.13
SLE - FR	SLEfr_NL_02	14826.54	4680.16	4177.27	-90.69	1221.13
SLE - FR	SLEfr_M1T_02	12314.07	911.78	13153.24	-183.58	1221.13
SLE - FR	SLEfr_M2T_02	11641.55	-96.92	-3380.97	111.87	1221.13
SLE - FR	SLEfr_NT_02	14826.54	4680.16	3610.09	111.87	1221.13
SLE - FR		15114.40	9286.67	13246.27	202.56	1221.13

①

Tabella 107: Azioni di progetto principali per lo stato limite SLU- A1.

Stato limite		F _x	M _y	M _z	F _y	F _z
		Sforzo Normale, N _{Ed} [kN]	Momento, M _{Edx} [kNm]	Momento, M _{Edy} [kNm]	Taglio, V _{Edx} [kN]	Taglio, V _{Edy} [kN]
SLU - A1	SLU01_M1L-A1+M1	16567.75	523.28	18616.43	-113.68	1454.69
SLU - A1	SLU01_M2L-A1+M1	15775.51	-664.98	-4664.86	-113.68	1454.69
SLU - A1	SLU01_NL-A1+M1	19955.76	5604.86	7409.40	-113.68	1454.69
SLU - A1	SLU01_M1T-A1+M1	16098.72	-180.20	19888.67	-1156.89	1454.69
SLU - A1	SLU01_M2T-A1+M1	15479.79	-1108.52	-7238.10	1061.15	1454.69
SLU - A1	SLU01_NT-A1+M1	18554.10	3502.56	9558.83	-802.35	1454.69
SLU - A1	SLU02_M1L-A1+M1	17539.27	31.01	18983.34	-179.07	1822.68
SLU - A1	SLU02_M2L-A1+M1	16747.04	-1157.25	-4297.95	-179.07	1822.68
SLU - A1	SLU02_NL-A1+M1	20927.28	5112.59	7776.30	-179.07	1822.68
SLU - A1	SLU02_M1T-A1+M1	17070.25	-672.47	20255.57	-1222.28	1822.68
SLU - A1	SLU02_M2T-A1+M1	16451.32	-1600.79	-6871.19	995.76	1822.68
SLU - A1	SLU02_NT-A1+M1	19525.63	3010.29	9925.74	-867.74	1822.68
SLU - A1	SLU03_M1L-A1+M1	16567.75	2081.43	18669.37	-135.56	1939.28
SLU - A1	SLU03_M2L-A1+M1	15775.51	893.17	-4611.92	-135.56	1939.28
SLU - A1	SLU03_NL-A1+M1	19955.76	7163.02	7462.34	-135.56	1939.28
SLU - A1	SLU03_M1T-A1+M1	16098.72	1377.95	19941.61	-1178.78	1939.28
SLU - A1	SLU03_M2T-A1+M1	15479.79	449.64	-7185.16	1039.26	1939.28
SLU - A1	SLU03_NT-A1+M1	18554.10	5060.72	9611.77	-824.23	1939.28

①

②

③

④

⑤

⑥

Affidamento a Contraente Generale dei “Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121”.

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

V7 – Viadotto Baucina – Relazione sottostrutture

Tabella 108: Azioni di progetto principali per lo stato limite SLV.

Stato limite		F_x	M_y	M_z	F_y	F_z
		Sforzo Normale, N _{Ed} [kN]	Momento, M _{Edx} [kNm]	Momento, M _{Edy} [kNm]	Taglio, V _{Edx} [kN]	Taglio, V _{Edy} [kN]
SLV	SLVX+Z ₁ A1+M1	11745.21	985.29	4123.47	-539.68	2689.62
SLV	SLVX+Z ₁ A1+M1	8468.48	2668.92	2736.11	-389.48	3270.34
SLV	SLVX-Z ₁ A1+M1	12953.23	-5687.09	937.92	560.81	-757.71
SLV	SLVX-Z ₁ A1+M1	9676.50	-6016.94	-499.29	719.59	-757.71
SLV	SLVY+Z ₁ A1+M1	11495.51	-3145.98	10622.41	-2956.09	1053.51
SLV	SLVY+Z ₁ A1+M1	8218.79	-3449.40	8845.46	-2689.78	1061.88
SLV	SLVY-Z ₁ A1+M1	13202.92	-433.21	-5540.96	2985.51	1101.59
SLV	SLVY-Z ₁ A1+M1	9926.20	-789.49	-6638.44	3036.77	1093.22
SLV	SLVX+Z ₂ A2+M2	11745.21	4355.30	4705.64	-720.44	3818.28
SLV	SLVX+Z ₂ A2+M2	8468.48	3497.85	3250.78	-551.66	3606.53
SLV	SLVX-Z ₂ A2+M2	12953.23	-5048.44	1446.23	402.24	-497.89
SLV	SLVX-Z ₂ A2+M2	9676.50	-5378.29	9.02	561.02	-497.89
SLV	SLVY+Z ₂ A2+M2	11495.51	-2520.78	11303.68	-3169.41	1309.07
SLV	SLVY+Z ₂ A2+M2	8218.79	-2821.31	9489.67	-2891.36	1318.35
SLV	SLVY-Z ₂ A2+M2	13202.92	218.90	-5205.61	2881.68	1365.68
SLV	SLVY-Z ₂ A2+M2	9926.20	-140.26	-6266.02	2921.21	1356.39

La azioni di progetto sono fornite in input al software GROUP 2016. In accordo con quanto riportato in Normativa (par. 7.9.5.4), si considerano separatamente le azioni agenti in direzioni trasversale (V_y e M_z) dalle azioni agenti in direzione longitudinale (V_z e M_y).

14.5.4 Sintesi dei risultati allo SLE

Nelle seguenti tabelle si riportano le sollecitazioni di sforzo assiale, taglio e momento agenti in testa a ciascun palo, sia per lo stato limite SLE frequente (SLE-FR) che per lo stato limite SLE quasi permanente (SLE-QP).

In particolare per ogni sollecitazione è stato considerato il valore massimo (o minimo in caso di trazione sul palo, indicato con il segno meno) derivante dalle due direzioni, longitudinale e trasversale, considerate.

Si riporta inoltre in Figura 65 e in Figura 66 (rispettivamente per la combinazione frequente e per la combinazione quasi permanente) a titolo esemplificativo l'andamento con la profondità del momento e del taglio relativi alla combinazione in cui le due sollecitazioni risultano massime.

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

V7 – Viadotto Baucina – Relazione sottostrutture

Tabella 109: Sollecitazioni allo SLE - FR agenti su ciascun palo per le combinazioni di progetto considerate.

N palo	N _{max} [kN]	N _{min} [kN]	V _{max} [kN]	M _{max} [kNm]
1	2278	2155	158	107
2	2238	1697	159	110
3	2197	1239	159	113
4	2143	1664	127	97
5	1686	1680	122	97
6	1695	1231	121	97
7	2108	1050	129	96
8	1655	1121	124	97
9	1201	1192	123	97

Tabella 110: Sollecitazioni allo SLE - QP agenti su ciascun palo per le combinazioni di progetto considerate.

Combinazione 2 - QP				
N palo	N _{max} [kN]	N _{min} [kN]	V _{max} [kN]	M _{max} [kNm]
1	1483	1409	138	118
2	1466	1226	139	121
3	1449	1044	139	123
4	1405	1212	112	100
5	1222	1220	108	99
6	1227	1040	108	101
7	1391	941	114	101
8	1210	973	110	100
9	1029	1005	109	102

Nella seguente tabella si riportano gli spostamenti verticali (u_x) e orizzontali (y e z) per lo stato limite SLE quasi permanente (SLE-QP).

In particolare per lo spostamento è stato considerato il valore massimo derivante dalle due direzioni, longitudinale e trasversale, considerate.

Tabella 111: Spostamenti allo SLE - QP.

N palo	$u_{x,max}$ [m]	$u_{x,min}$ [m]	$u_{y,max}$ [m]	$u_{z,max}$ [m]
1	1.30E-03	1.23E-03	-1.69E-05	3.33E-04
2	1.29E-03	1.05E-03	-1.69E-05	3.42E-04
3	1.27E-03	8.63E-04	-1.69E-05	3.50E-04
4	1.22E-03	1.03E-03	-1.69E-05	3.33E-04
5	1.04E-03	1.04E-03	-1.69E-05	3.42E-04
6	1.05E-03	8.60E-04	-1.69E-05	3.50E-04
7	1.21E-03	7.60E-04	-1.69E-05	3.33E-04
8	1.03E-03	7.92E-04	-1.69E-05	3.42E-04
9	8.48E-04	8.24E-04	-1.69E-05	3.50E-04

Affidamento a Contraente Generale dei “Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121”.

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

V7 – Viadotto Baucina – Relazione sottostrutture

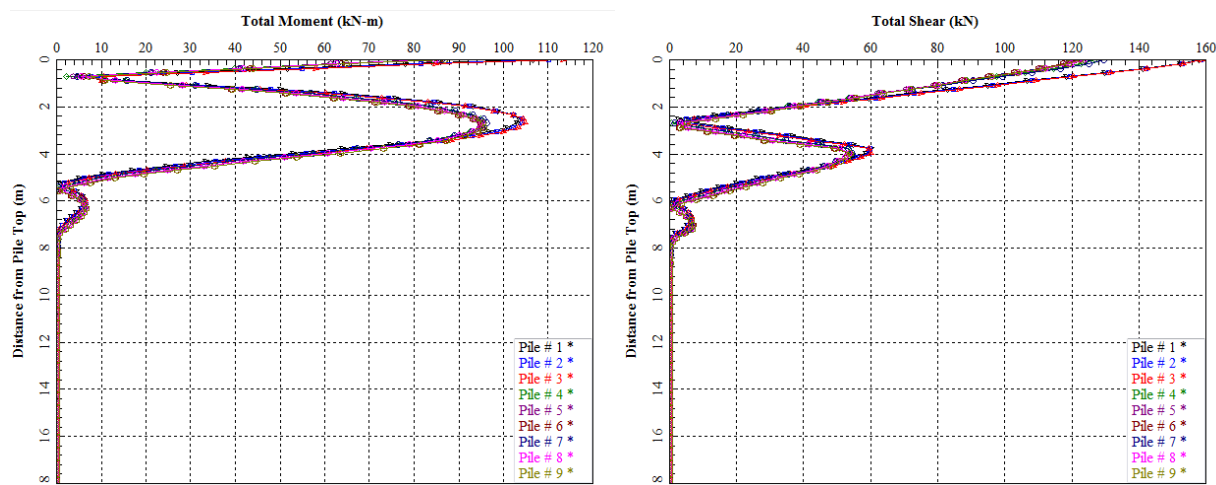


Figura 65: SLE-FR: Andamento con la profondità del momento e del taglio per ciascun palo della palificata.

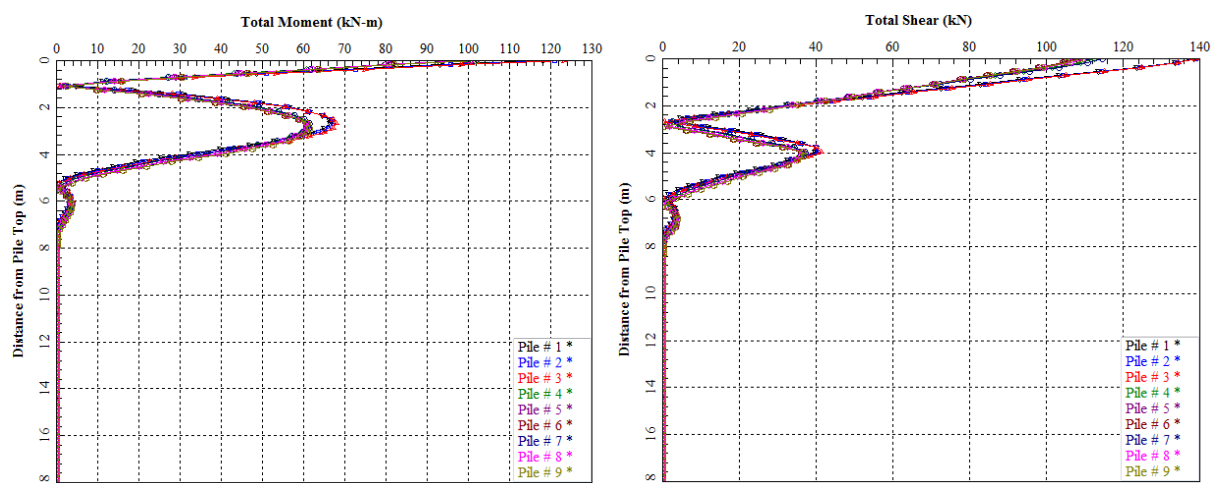


Figura 66: SLE-QP: Andamento con la profondità del momento e del taglio per ciascun palo della palificata.

14.5.5 Sintesi dei risultati allo SLU-A1

Nelle seguenti tabelle si riportano le sollecitazioni di sforzo assiale, taglio e momento agenti in testa a ciascun palo per lo stato limite ultimo SLU-A1.

In particolare per ogni sollecitazione è stato considerato il valore massimo (o minimo in caso di trazione sul palo, indicato con il segno meno) derivante dalle due direzioni, longitudinale e trasversale, considerate.

Si riporta inoltre in Figura 67 a titolo esemplificativo l'andamento con la profondità del momento e del taglio relativi alla combinazione in cui le due sollecitazioni risultano massime.

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

V7 – Viadotto Baucina – Relazione sottostrutture

Tabella 112: Sollecitazioni allo SLU-A1 agenti su ciascun palo per le combinazioni di progetto considerate.

Combinazione 1					Combinazione 2				
N palo	N _{max} [kN]	N _{min} [kN]	V _{max} [kN]	M _{max} [kNm]	N palo	N _{max} [kN]	N _{min} [kN]	V _{max} [kN]	M _{max} [kNm]
1	1762	1400	184	220	1	2751	2613	230	254
2	1761	1708	184	223	2	2724	2336	231	259
3	2016	1760	184	226	3	2697	2059	231	263
4	1717	1408	153	197	4	2605	2313	192	224
5	1720	1716	148	196	5	2329	2325	186	222
6	2022	1723	147	198	6	2338	2054	184	225
7	1671	1432	155	199	7	2584	1874	195	226
8	1737	1679	150	197	8	2310	1927	187	224
9	2042	1687	149	199	9	2036	1979	186	226

Combinazione 3					Combinazione 4				
N palo	N _{max} [kN]	N _{min} [kN]	V _{max} [kN]	M _{max} [kNm]	N palo	N _{max} [kN]	N _{min} [kN]	V _{max} [kN]	M _{max} [kNm]
1	2711	2000	229	289	1	1879	1525	229	296
2	1995	1928	229	294	2	1878	1816	230	300
3	1990	1145	229	298	3	2108	1876	230	304
4	2689	1892	192	261	4	1824	1533	192	266
5	1908	1897	186	260	5	1828	1824	186	265
6	1902	1129	186	264	6	2114	1832	185	268
7	2629	1784	195	263	7	1770	1555	195	269
8	1854	1799	188	262	8	1844	1778	188	267
9	1813	1078	187	265	9	2132	1787	187	269

Combinazione 5					Combinazione 6				
N palo	N _{max} [kN]	N _{min} [kN]	V _{max} [kN]	M _{max} [kNm]	N palo	N _{max} [kN]	N _{min} [kN]	V _{max} [kN]	M _{max} [kNm]
1	2532	2110	245	297	1	2771	2491	245	265
2	2093	1867	245	302	2	2734	2228	246	271
3	2076	1202	246	307	3	2698	1964	246	276
4	2514	1832	204	264	4	2484	2202	203	232
5	1851	1841	198	262	5	2221	2218	197	231
6	1850	1188	197	266	6	2233	1959	197	236
7	2464	1555	207	267	7	2464	1633	207	235
8	1805	1589	200	265	8	2203	1700	199	233
9	1622	1146	198	267	9	1942	1767	199	237

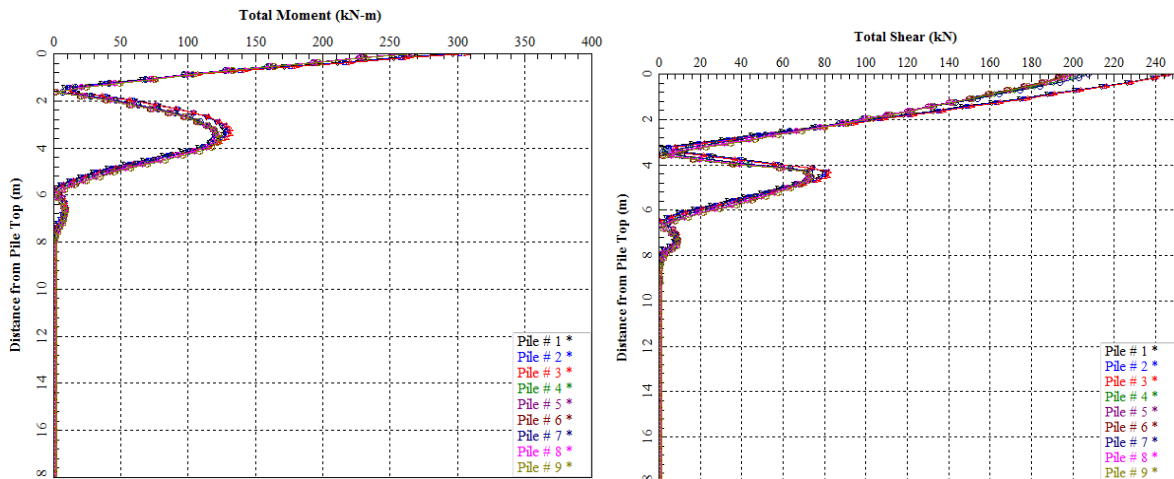


Figura 67: SLU-A1: Andamento con la profondità del momento e del taglio per ciascun palo della palificata.

Affidamento a Contraente Generale dei “Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotatoria Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121”.

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

V7 – Viadotto Baucina – Relazione sottostrutture

14.5.6 Sintesi dei risultati allo SLV

Nelle seguenti tabelle si riportano le sollecitazioni di sforzo assiale, taglio e momento agenti in testa a ciascun palo per lo stato limite ultimo SLV.

In particolare per ogni sollecitazione è stato considerato il valore massimo (o minimo in caso di trazione sul palo, indicato con il segno meno) derivante dalle due direzioni, longitudinale e trasversale, considerate.

Tabella 113: Sollecitazioni allo SLV agenti su ciascun palo per le combinazioni di progetto considerate.

Combinazione 1					Combinazione 2				
N palo	N _{max} [kN]	N _{min} [kN]	V _{max} [kN]	M _{max} [kNm]	N palo	N _{max} [kN]	N _{min} [kN]	V _{max} [kN]	M _{max} [kNm]
1	1028	689	80	77	1	1394	787	134	165
2	1073	720	78	75	2	962	798	134	167
3	1119	752	88	82	3	809	442	134	169
4	1093	1029	75	73	4	1381	919	112	149
5	1085	1075	71	70	5	950	917	108	148
6	1120	1076	82	78	6	915	430	108	149
7	1463	1032	80	77	7	1347	1037	114	151
8	1421	1078	78	75	8	1025	919	109	149
9	1378	1123	88	82	9	1012	394	109	150

Combinazione 3					Combinazione 4				
N palo	N _{max} [kN]	N _{min} [kN]	V _{max} [kN]	M _{max} [kNm]	N palo	N _{max} [kN]	N _{min} [kN]	V _{max} [kN]	M _{max} [kNm]
1	1514	1075	332	502	1	1130	649	344	546
2	1512	1452	324	495	2	1129	1100	328	524
3	1828	1511	358	525	3	1509	1129	372	571
4	1464	1086	315	487	4	1101	662	319	516
5	1467	1461	301	474	5	1110	1103	279	459
6	1836	1470	338	508	6	1516	1105	345	541
7	1414	1115	333	503	7	1072	701	346	549
8	1488	1422	326	497	8	1138	1077	330	526
9	1861	1429	358	525	9	1542	1081	372	571

Combinazione 5					Combinazione 6				
N palo	N _{max} [kN]	N _{min} [kN]	V _{max} [kN]	M _{max} [kNm]	N palo	N _{max} [kN]	N _{min} [kN]	V _{max} [kN]	M _{max} [kNm]
1	1956	1506	495	814	1	1899	1227	165	202
2	1907	1313	501	844	2	1313	1233	166	205
3	1858	1119	487	827	3	1238	693	166	208
4	1501	1307	402	705	4	1883	1276	138	182
5	1317	1308	378	683	5	1299	1277	133	181
6	1327	1115	379	701	6	1278	679	133	182
7	1486	603	409	715	7	1839	1326	140	184
8	1295	691	383	689	8	1322	1259	135	182
9	1103	779	385	710	9	1318	631	134	183

Si riporta inoltre in Figura 68 a titolo esemplificativo l'andamento con la profondità del momento e del taglio relativi alla combinazione in cui le due sollecitazioni risultano massime.

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotatoria Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

V7 – Viadotto Baucina – Relazione sottostrutture

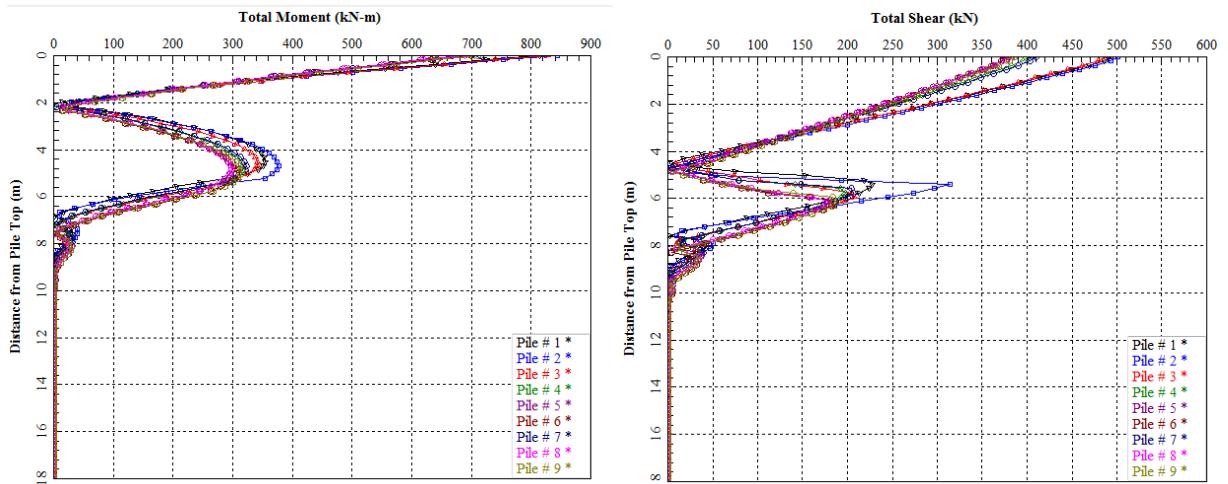


Figura 68: SLV: Andamento con la profondità del momento e del taglio per ciascun palo della palificata.

14.5.7 Verifiche di tipo STRU dei pali (SLU A1+M1+R3/SLV)

Nel seguito si riportano le verifiche allo SLU nei confronti del raggiungimento della resistenza strutturale dei pali di fondazione.

14.5.7.1 Condizioni di verifica

In Tabella 114 si riassumono le sollecitazioni di sforzo assiale, di flessione e di taglio utilizzate per la le verifiche di seguito condotte.

In particolare si riporta, per ciascun palo, la sollecitazione involuppo ottenuta ricercando la più gravosa tra le diverse combinazioni adottate (si veda par.14.5.5 per il caso statico e par.14.5.6 per il caso sismico).

Per la verifica a pressoflessione sono evidenziate in arancione in Tabella 114 le condizioni più gravose, determinate secondo il seguente criterio:

- a favore di sicurezza lo sforzo assiale di compressione è stato considerato nullo;
- in caso di trazione, sono state valutate le coppie ($N_{min}; M$) associate.

La verifica a taglio si effettua con il massimo taglio agente in testa al palo (V_{max}), evidenziato in verde in Tabella 114.

Tabella 114: Sollecitazioni involuppo con riferimento allo SLU-A1 e allo SLV.

INVILUPPO SLU-A1					INVILUPPO SLV				
N palo	N_{max} [kN]	N_{min} [kN]	V_{max} [kN]	M_{max} [kNm]	N palo	N_{max} [kN]	N_{min} [kN]	V_{max} [kN]	M_{max} [kNm]
1	2771	1400	245	297	1	1956	649	495	814
2	2734	1708	246	302	2	1907	720	501	844
3	2698	1145	246	307	3	1858	442	487	827
4	2689	1408	204	266	4	1883	662	402	705
5	2329	1716	198	265	5	1467	917	378	683
6	2338	1129	197	268	6	1836	430	379	701
7	2629	1432	207	269	7	1839	603	409	715
8	2310	1589	200	267	8	1488	691	383	689
9	2132	1078	199	269	9	1861	394	385	710

14.5.7.2 Verifica allo SLU in condizioni statiche a pressoflessione

La verifica a pressoflessione di seguito riportata è condotta con riferimento alle combinazioni SLU (A1+M1+R3, con γ_R unitari). L'armatura prevista è riassunta in Tabella 115.

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

V7 – Viadotto Baucina – Relazione sottostrutture

Nel seguito si riporta la verifica a pressoflessione solo per la prima gabbia di armatura, in quanto, come evidenziato in Figura 67 e in Figura 68, per profondità maggiori di 10.0m da testa palo le sollecitazioni flessionali risultano essere trascurabili.

Tabella 115: Armatura prevista palo di fondazione.

Numero Gabbia	Lunghezza gabbia [m]	Armatura
1	12.0	20Φ24
2	9.0	20Φ20

DATI GENERALI SEZIONE

Metodo di calcolo resistenza: Resistenze agli Stati Limite Ultimi
 Normativa di riferimento: N.T.C.
 Percorso sollecitazione: A Sforzo Norm. costante
 Condizioni Ambientali: Moderat. aggressive
 Riferimento Sforzi assegnati: Assi x,y principali d'inerzia

CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio: Circolare
 Classe Conglomerato: C30/37

Raggio circ.: 50.0 cm
 X centro circ.: 0.0 cm
 Y centro circ.: 0.0 cm

DATI GENERAZIONI CIRCOLARI DI BARRE

N°Gen. Numero assegnato alla singola generazione circolare di barre
 Xcentro Ascissa [cm] del centro della circonfer. lungo cui sono disposte le barre generate
 Ycentro Ordinata [cm] del centro della circonfer. lungo cui sono disposte le barre generate
 Raggio [cm] della circonferenza lungo cui sono disposte le barre generate
 N°Barre Numero di barre generate equidist. disposte lungo la circonferenza
 Ø Diametro [mm] della singola barra generata

N°Gen.	Xcentro	Ycentro	Raggio	N°Barre	Ø
1	0.0	0.0	41.8	20	24

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)
 Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.
 My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.
 Vy Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia y
 Vx Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia x

N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	0.00	307.00	0.00	246.00	0.00

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 7.0 cm
 Interferro netto minimo barre longitudinali: 10.7 cm
 Copriferro netto minimo staffe: 6.0 cm

VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

V7 – Viadotto Baucina – Relazione sottostrutture

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
 N Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)
 Mx Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
 My Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
 N Res Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)
 Mx Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
 My Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
 Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My)
 Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000
 As Tesa Area armature trave [cm²] in zona tesa. [Tra parentesi l'area minima ex (4.1.15)NTC]

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Tesa
1	N	0.00	307.00	0.00	0.00	1325.08	0.00	4.32	58.8(13.0)

14.5.7.3 Verifica allo SLU in condizioni sismiche a pressoflessione

La verifica a pressoflessione di seguito riportata è condotta con riferimento a quanto indicato al paragrafo 14.2.1. L'armatura prevista è riassunta in Tabella 115.

Nel seguito si riporta la verifica a pressoflessione solo per la prima gabbia di armatura, in quanto, come evidenziato in Figura 67 e in Figura 68, per profondità maggiori di 10.0m da testa palo le sollecitazioni flessionali risultano essere trascurabili.

Tabella 116: Armatura prevista palo di fondazione.

Numero Gabbia	Lunghezza gabbia [m]	Armatura
1	12.0	20Φ24
2	9.0	20Φ20

DATI GENERALI

Metodo di calcolo resistenza: Resistenze in campo sostanzialmente elastico
 Normativa di riferimento: N.T.C.
 Percorso sollecitazione: A Sforzo Norm. costante
 Riferimento Sforzi assegnati: Assi x,y principali d'inerzia

CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio: Circolare
 Classe Conglomerato: C30/37

Raggio circ.: 50.0 cm
 X centro circ.: 0.0 cm
 Y centro circ.: 0.0 cm

DATI GENERAZIONI CIRCOLARI DI BARRE

N°Gen. Numero assegnato alla singola generazione circolare di barre
 Xcentro Ascissa [cm] del centro della circonfer. lungo cui sono disposte le barre generate
 Ycentro Ordinata [cm] del centro della circonfer. lungo cui sono disposte le barre generate
 Raggio Raggio [cm] della circonferenza lungo cui sono disposte le barre generate
 N°Barre Numero di barre generate equidist. disposte lungo la circonferenza
 Ø Diametro [mm] della singola barra generata

N°Gen.	Xcentro	Ycentro	Raggio	N°Barre	Ø
1	0.0	0.0	41.8	20	24

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotatoria Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

V7 – Viadotto Baucina – Relazione sottostrutture

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)				
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.				
My	Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.				
Vy	Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia y				
Vx	Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia x				
N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	0.00	844.00	0.00	501.00	0.00

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali:	7.0	cm
Interferro netto minimo barre longitudinali:	10.7	cm
Copriferro netto minimo staffe:	6.0	cm

VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE SOSTANZIALMENTE ELASTICO

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata								
N	Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)								
Mx	Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia								
My	Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia								
N Res	Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)								
Mx Res	Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia								
My Res	Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia								
Mis.Sic.	Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My) Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000								
As Tesa	Area armature trave [cm ²] in zona tesa. [Tra parentesi l'area minima ex (4.1.15)NTC]								
N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Tesa
1	N	0.00	844.00	0.00	0.00	923.61	0.00	1.09	49.8(12.9)

14.5.7.4 Verifica a taglio

La verifica a taglio di seguito riportata è condotta con riferimento alle combinazioni SLU (A1+M1+R3) e SLV. L'armatura prevista a taglio è riportata nella seguente tabella.

Tabella 117: Armatura prevista palo di fondazione.

Profondità da testa palo [m]	Armatura
10.0	Φ10/100mm
>10.0	Φ10/200mm

CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio:	Circolare
Classe Conglomerato:	C30/37
Raggio circ.:	50.0 cm
X centro circ.:	0.0 cm
Y centro circ.:	0.0 cm

ARMATURE A TAGLIO

Diametro staffe:	10	mm
Passo staffe:	10.0	cm
Staffe:	Una sola staffa chiusa perimetrale	

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotatoria Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

V7 – Viadotto Baucina – Relazione sottostrutture

ST.LIM.ULTIMI - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)				
Mx	Momento flettente [daNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.				
My	Momento flettente [daNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.				
Vy	Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia y				
Vx	Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia x				
N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	0.00	844.00	0.00	501.00	0.00

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - VERIFICHE A TAGLIO

Passo staffe: 10.0 cm [Passo massimo di normativa = 33.0 cm]

Ver	S = comb. verificata a taglio / N = comb. non verificata									
Vsdu	Taglio di progetto [kN] = proiez. di Vx e Vy sulla normale all'asse neutro									
Vcd	Taglio resistente ultimo [kN] lato conglomerato compresso [(4.1.19) NTC]									
Vwd	Taglio resistente [kN] assorbito dalle staffe [(4.1.18) NTC]									
Dmed	Altezza utile media pesata [cm] valutata lungo strisce ortog. all'asse neutro. Vengono prese nella media le strisce con almeno un estremo compresso. I pesi della media sono costituiti dalle stesse lunghezze delle strisce.									
bw	Larghezza media resistente a taglio [cm] misurate parallel. all'asse neutro E' data dal rapporto tra l'area delle sopradette strisce resistenti e Dmed.									
Teta	Angolo [gradi sessadec.] di inclinazione dei puntoni di conglomerato									
Acw	Coefficiente maggiorativo della resistenza a taglio per compressione									
Ast	Area staffe+legature strettam. necessarie a taglio per metro di pil.[cm ² /m]									
A.Eff	Area staffe+legature efficaci nella direzione del taglio di combinaz.[cm ² /m] Tra parentesi è indicata la quota dell'area relativa alle sole legature. L'area della legatura è ridotta col fattore L/d_max con L=lungh.legat.proietta- ta sulla direz. del taglio e d_max= massima altezza utile nella direz.del taglio.									

N°Comb	Ver	Vsdu	Vcd	Vwd	Dmed	bw	Teta	Acw	Ast	A.Eff
1	S	501.00	1738.87	1132.06	80.2	82.2	21.80°	1.000	7.1	16.0(0.0)

14.5.8 Verifiche di tipo SLE dei pali

Nel seguito si riportano le verifiche allo SLE in accordo con quanto riportato nel paragrafo 14.2.4..

14.5.8.1 Condizioni di verifica

In Tabella 118 si riassumono le sollecitazioni di sforzo assiale, di flessione e di taglio utilizzate per la le verifiche di seguito condotte sia per la condizione frequente (FR) che per la condizione quasi permanente (QP).

In particolare si riporta, per ciascun palo, la sollecitazione involuppo ottenuta ricercando la più gravosa tra le diverse combinazioni adottate (si veda par. 14.5.4).

Per la verifica delle tensioni ammissibili e di fessurazione sono evidenziate in arancione in Tabella 118 le condizioni più gravose, determinate secondo il seguente criterio:

- a favore di sicurezza lo sforzo assiale di compressione è stato considerato nullo;
- in caso di trazione, sono state valutate tutte le coppie ($N_{min}; M$) associate.

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

V7 – Viadotto Baucina – Relazione sottostrutture

Tabella 118: Sollecitazioni inviluppo con riferimento allo SLE.

INVILUPPO SLE - FR					INVILUPPO SLE - QP				
N palo	N _{max} [kN]	N _{min} [kN]	V _{max} [kN]	M _{max} [kNm]	N palo	N _{max} [kN]	N _{min} [kN]	V _{max} [kN]	M _{max} [kNm]
1	2278	2155	158	107	1	1483	1409	138	118
2	2238	1697	159	110	2	1466	1226	139	121
3	2197	1239	159	113	3	1449	1044	139	123
4	2143	1664	127	97	4	1405	1212	112	100
5	1686	1680	122	97	5	1222	1220	108	99
6	1695	1231	121	97	6	1227	1040	108	101
7	2108	1050	129	96	7	1391	941	114	101
8	1655	1121	124	97	8	1210	973	110	100
9	1201	1192	123	97	9	1029	1005	109	102

14.5.8.2 Verifiche allo SLE di tipo strutturale

Si riportano nel seguito le verifiche SLE di tipo strutturale.

CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio: Circolare
Classe Conglomerato: C30/37

Raggio circ.: 50.0 cm
X centro circ.: 0.0 cm
Y centro circ.: 0.0 cm

DATI GENERAZIONI CIRCOLARI DI BARRE

N°Gen. Numero assegnato alla singola generazione circolare di barre
Xcentro Ascissa [cm] del centro della circonfer. lungo cui sono disposte le barre generate
Ycentro Ordinata [cm] del centro della circonfer. lungo cui sono disposte le barre generate
Raggio Raggio [cm] della circonferenza lungo cui sono disposte le barre generate
N°Barre Numero di barre generate equidist. disposte lungo la circonferenza
Ø Diametro [mm] della singola barra generata

N°Gen.	Xcentro	Ycentro	Raggio	N°Barre	Ø
1	0.0	0.0	41.8	20	24

COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	113.00	0.00

COMB. FREQUENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	113.00 (353.47)	0.00 (0.00)

COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

V7 – Viadotto Baucina – Relazione sottostrutture

My con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)
con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	123.00 (353.47)	0.00 (0.00)

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

VerS = comb. verificata/ N = comb. non verificata

Sc max Massima tensione (positiva se di compressione) nel conglomerato [Mpa]
Xc max, Yc max Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
Sf min Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [Mpa]
Xs min, Ys min Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)
Ac eff. Area di calcestruzzo [cm²] in zona tesa considerata aderente alle barre
As eff. Area barre [cm²] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure
D barre Distanza tra le barre tese [cm] ai fini del calcolo dell'apertura fessure
Beta12 Prodotto dei coeff. di aderenza delle barre Beta1*Beta2

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.	D barre	Beta12
1	S	1.61	0.0	0.0	-48.0	0.0	-41.8	1516	22.6	13.1	1.00

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.	D barre	Beta12
1	S	1.61	0.0	0.0	-48.0	0.0	-41.8	1516	22.6	13.1	1.00

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§B.6.6 DM96]

La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a f_{ctm}

Ver. Esito della verifica
S1 Massima tensione [Mpa] di trazione nel calcestruzzo valutata in sezione non fessurata
S2 Minima tensione [Mpa] di trazione nel calcestruzzo valutata in sezione fessurata
k2 = 0.4 per barre ad aderenza migliorata
k3 = 0.125 per flessione e presso-flessione; $= (e1 + e2)/(2 * e1)$ per trazione eccentrica
Ø Diametro [mm] medio delle barre tese comprese nell'area efficace Ac eff
Cf Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa
Psi $= 1 - \text{Beta}12 * (Ssr/Ss)^2 = 1 - \text{Beta}12 * (f_{ctm}/S2)^2 = 1 - \text{Beta}12 * (M_{fess}/M)^2$ [B.6.6 DM96]
e sm Deformazione unitaria media tra le fessure [4.3.1.7.1.3 DM96]. Il valore limite = $0.4 * Ss/Es$ è tra parentesi
srm Distanza media tra le fessure [mm]
wk Valore caratteristico [mm] dell'apertura fessure = $1.7 * e * sm$. Valore limite tra parentesi
MX fess. Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]
MY fess. Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]

Comb.	Ver	S1	S2	k3	Ø	Cf	Psi	e sm	srm	wk	Mx fess	My fess
1 0.00	S	-0.9	0	0.125	24	70	-8.7850.00010	(0.00010)	247	0.040 (0.30)	353.47	

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.	D barre	Beta12
1	S	1.76	0.0	0.0	-52.3	0.0	-41.8	1516	22.6	13.1	0.50

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§B.6.6 DM96]

Comb.	Ver	S1	S2	k3	Ø	Cf	Psi	e sm	srm	wk	Mx fess	My fess
1 0.00	S	-1.0	0	0.125	24	70	-3.1290.00010	(0.00010)	247	0.044 (0.20)	353.47	

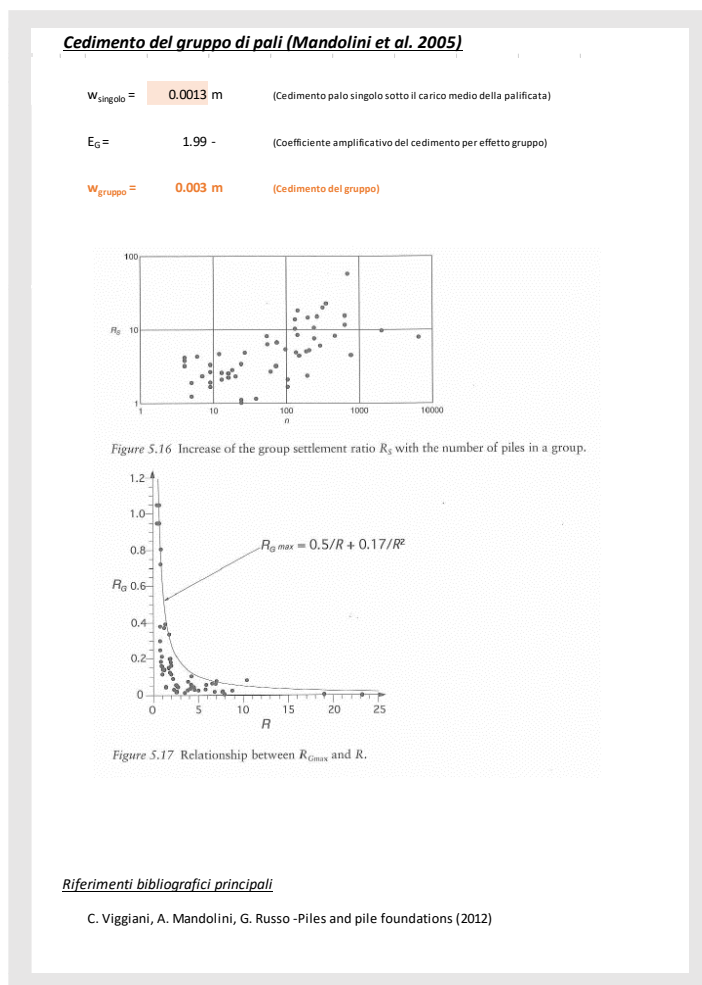
14.5.8.3 Verifiche allo SLE in termini di spostamenti

Con riferimento a quanto riportato in Tabella 89, risulta che:

- spostamento verticale massimo, u_{xmax} : $1.30e-3$ m

- spostamento orizzontale massimo $u_{y\max}$: $1.23e-3$ m

Mentre lo spostamento orizzontale massimo tiene già in conto dell'interazione con gli altri pali della fondazione ed è quindi rappresentativo dello spostamento orizzontale del gruppo di pali, lo spostamento verticale è relativo ad un palo isolato. Per tenere in conto dell'effetto gruppo per gli spostamenti verticali si procede come descritto al paragrafo 14.2.4.1. Di seguito si ripota il calcolo del cedimento verticale del gruppo di pali.



I cedimenti risultano essere compatibili con la funzionalità dell'opera.

14.5.9 Verifiche agli SLU di tipo geotecniche (GEO)

14.5.9.1 Verifica di capacità portante dei pali per carichi verticali

La verifica di capacità portante dei pali per carichi verticali è condotta secondo la modalità indicata al paragrafo 14.2.2.

Come riportato al capitolo 5, la struttura di fondazione della Spalla B è costituita da pali trivellati di diametro 1000mm di lunghezza 18.0m

In Tabella 119 si riporta la capacità portante a compressione e a trazione del palo isolato.

Tabella 119: Capacità portante a compressione e a trazione dei pali di fondazione– Spalla B.

Capacità portante A1+M1+R3						
L_p m	Q_{ll} kN	Q_{bl} kN	W'_p kN	Q_u kN	$R_{cd,singolo}$ kN	$R_{td,singolo}$ kN
18	4904	2504	71	7337	3507	2378

Per la **Condizione di Verifica 1** (verifica di capacità portante del singolo palo) in Tabella 120 si riportano le sollecitazioni di sforzo assiale, sia per la condizione statica (A1 e A2) sia per la condizione sismica (SLV).

In particolare si riporta, per ciascun palo, la sollecitazione involuppo ottenuta ricercando la più gravosa tra le diverse combinazioni adottate (si veda i par.14.5.5, 0 e 14.5.6) per i vari stati limite considerati.

In verde sono evidenziati gli sforzi dimensionanti per i pali di fondazione.

Tabella 120: Sforzi normali involuppo agenti su ciascun palo.

INVILUPPO SLU-A1			INVILUPPO SLV		
N palo	N_{max} [kN]	N_{min} [kN]	N palo	N_{max} [kN]	N_{min} [kN]
1	2771	1400	1	1956	649
2	2734	1708	2	1907	720
3	2698	1145	3	1858	442
4	2689	1408	4	1883	662
5	2329	1716	5	1467	917
6	2338	1129	6	1836	430
7	2629	1432	7	1839	603
8	2310	1589	8	1488	691
9	2132	1078	9	1861	394

In Tabella 121 si riporta la verifica di capacità portante per la Condizione 1. La verifica risulta soddisfatta.

Tabella 121: Spalla B: verifica di capacità portante per carichi verticali - Condizione di verifica 1.

Capacità portante SLU A1+M1+R3										
L_p m	$Q_{ }$ kN	Q_{bl} kN	W'_p kN	Q_u kN	$R_{cd,singolo}$ kN	$R_{td,singolo}$ kN		N_{max} kN	N_{min} kN	
18	4904	2504	71	7337	3507	2378	>	2771	-	

Capacità portante SLV										
L_p m	$Q_{ }$ kN	Q_{bl} kN	W'_p kN	Q_u kN	$R_{cd,singolo}$ kN	$R_{td,singolo}$ kN		N_{max} kN	N_{min} kN	
18	4904	2504	71	7337	3507	2378	>	1956	-	

Con riferimento a quanto riportato in Tabella 107 per la condizione SLU-A1 e in Tabella 108 per la condizione SLV, per la **Condizione di Verifica 2** (verifica di capacità portante del gruppo di pali) di seguito si riportano lo sforzo assiale massimo e il momento massimo, longitudinale (M_y) e trasversale (M_z), agente ad intradosso fondazione.

Tabella 122: Sforzi normali e momenti involuppo agenti ad intradosso fondazione.

SLU-A1			SLV		
N_{max} [kN]	$M_{y,max}$ [kNm]	$M_{z,max}$ [kNm]	N_{max} [kN]	$M_{y,max}$ [kNm]	$M_{z,max}$ [kNm]
20927	7163	20256	13203	6017	11304

Nelle seguenti figure si riporta la verifica di capacità portante dei pali in gruppo (Condizione di verifica 2). È stata considerata indipendente la direzione trasversale dalla direzione longitudinale. Le verifiche risultano soddisfatte.

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

V7 – Viadotto Baucina – Relazione sottostrutture

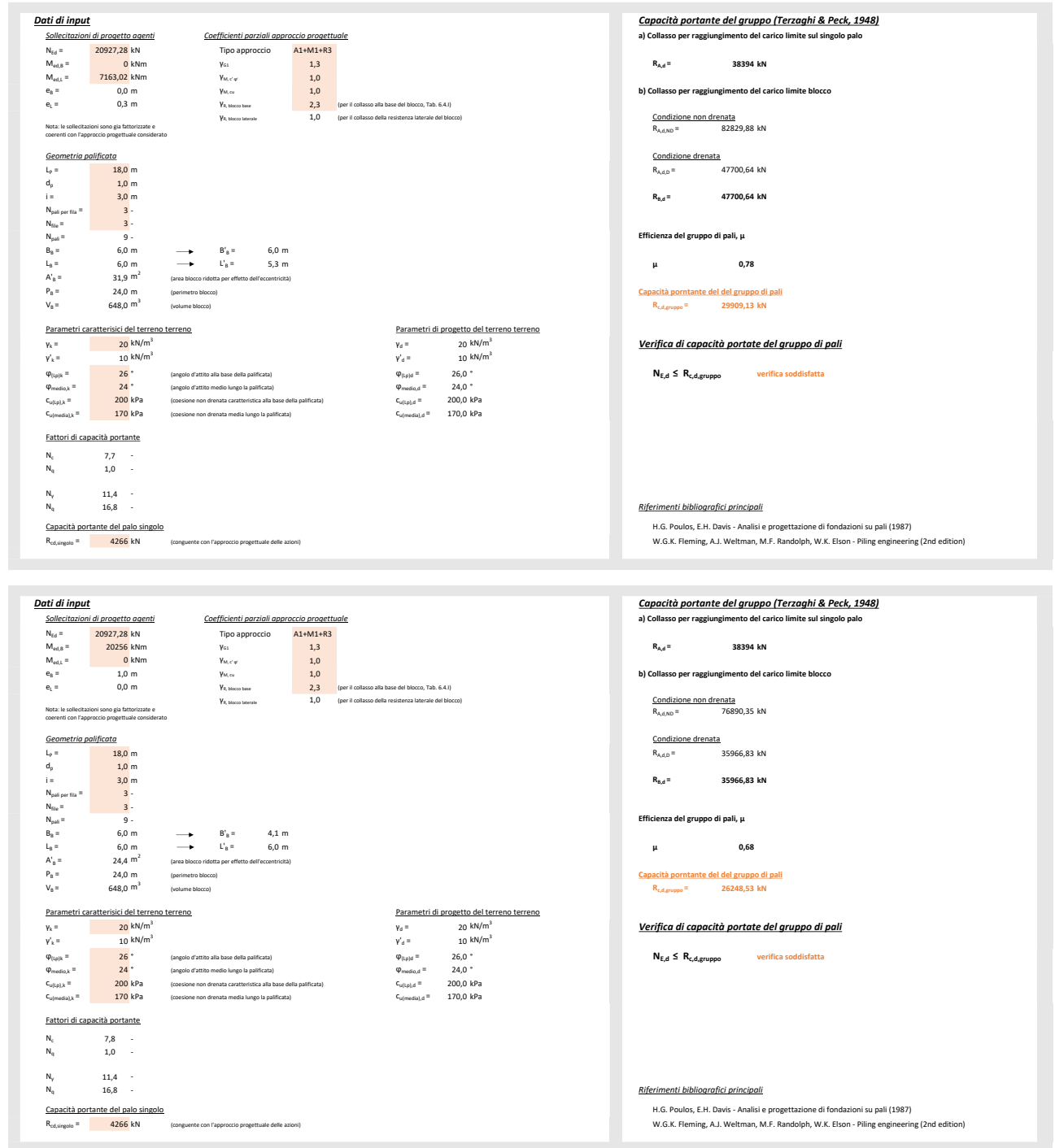


Figura 69: Spalla B: Condizione statica A1+M1+R3 - Condizione di verifica 2.

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

V7 – Viadotto Baucina – Relazione sottostrutture

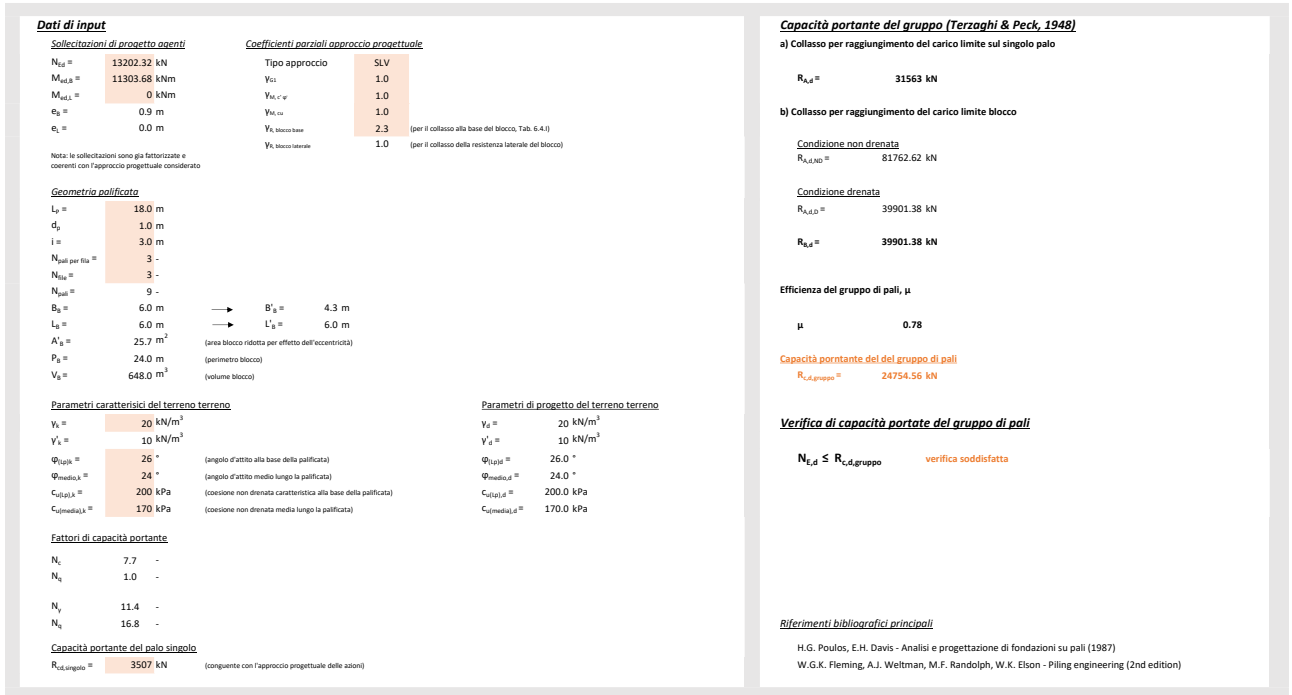
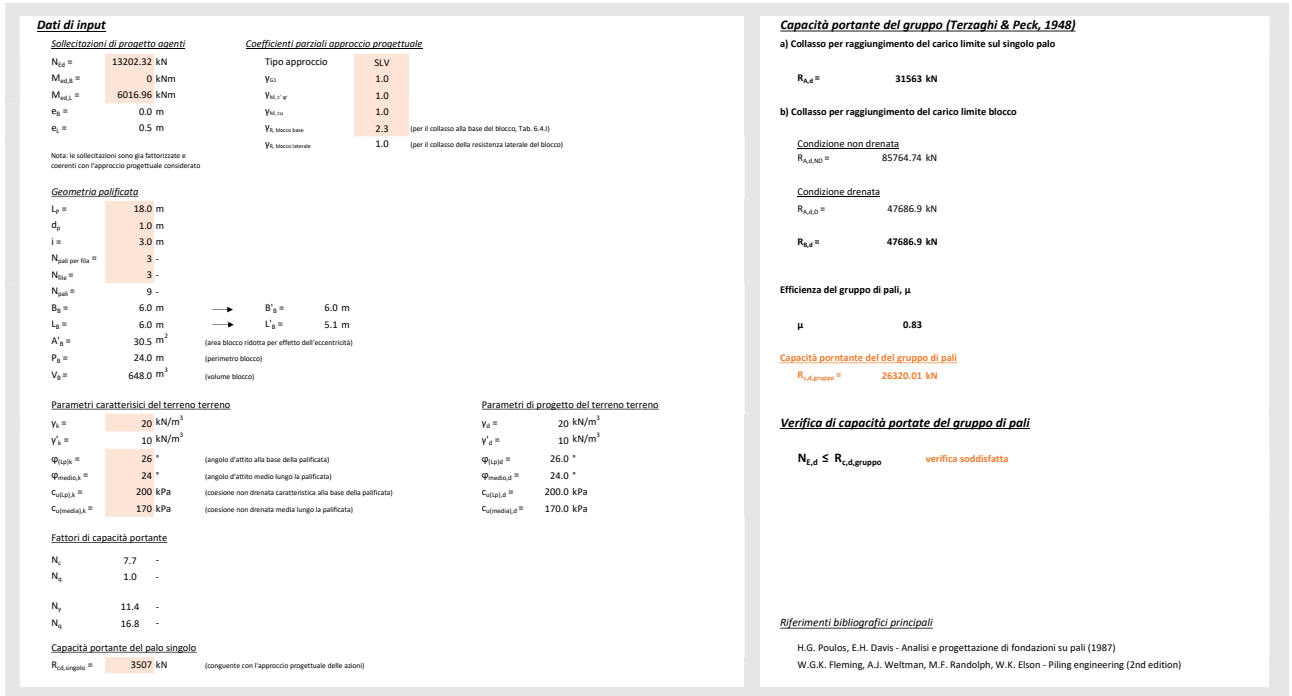


Figura 70: Spalla B: Condizione sismica A1+M1+R3 - Condizione di verifica 2.

14.5.9.2 Verifica di capacità portante dei pali per carichi orizzontali

La verifica di capacità portante dei pali per carichi orizzontali è condotta secondo la modalità indicata al paragrafo 14.2.3.

Le caratteristiche geometriche e meccaniche dei pali di fondazione sono riassunti nella seguente tabella.

Tabella 123: Caratteristiche geometriche e meccaniche dei pali di fondazione.

Diametro	1000 mm
Lunghezza	18.0m
Armatura a flessione	20Φ24

In Tabella 124 si riassumono, per ciascun palo, le azioni taglianti involuppo ottenute ricercando la più gravosa tra le diverse combinazioni adottate (si veda i par. 14.5.5 e 14.5.6) per i vari stati limite ultimi in condizione statica (SLU/A1+M1+R3) e in condizione sismica (SLV/A1+M1+R3).

Tabella 124: Sforzi di taglio involuppo agente sul singolo palo.

INVILUPPO SLU-A1		INVILUPPO SLV	
N palo	V _{max} [kN]	N palo	V _{max} [kN]
1	245	1	495
2	246	2	501
3	246	3	487
4	204	4	402
5	198	5	378
6	197	6	379
7	207	7	409
8	200	8	383
9	199	9	385

In verde si evidenziano il taglio massimo agente. Dato che il software (GROUP 2016) ripartisce l'azione tagliante agente ad intradosso plinto tenendo in conto dell'effetto gruppo, la verifica di capacità portante ad azioni orizzontali è condotta sul singolo palo:

$$V_{d, \text{singolo}} < H_{d, \text{singolo}}$$

con

$H_{d, \text{singolo}}$ = capacità portante orizzontale del singolo palo valutata in accordo con quanto riportato al paragrafo.

La capacità portante orizzontale del singolo palo è riportato di seguito per la condizione SLU/A1+M1+R3 e SLV/A1+M1+R3.

Affidamento a Contraente Generale dei “Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121”.

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

V7 – Viadotto Baucina – Relazione sottostrutture

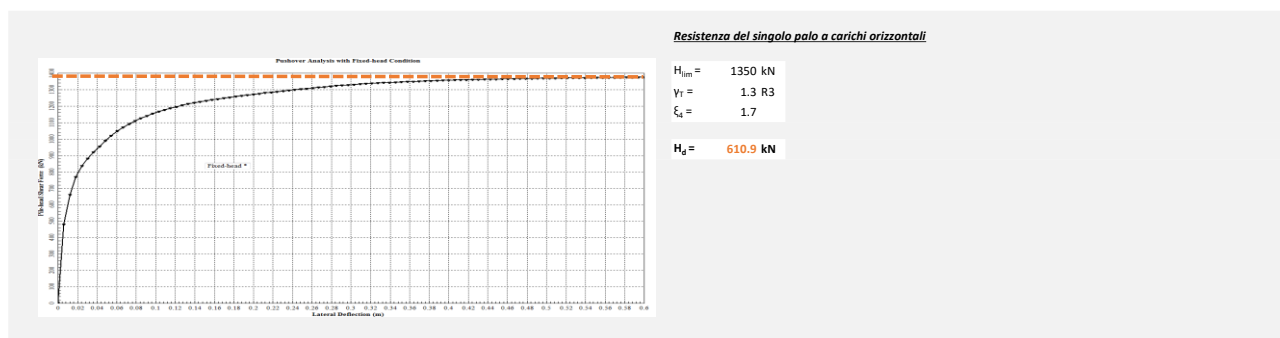


Figura 71: Spalla A: Capacità portante orizzontale - Condizione statica e dinamica A1+M1+R3.

In Tabella 125 si riporta la verifica a capacità portante per i carichi orizzontali; essa risulta soddisfatta.

Tabella 125: Spalla A: verifica di capacità portante per carichi orizzontali.

	V_d [kN]	<	$H_{d,singolo}$ [kN]
SLU – A1+M1+R3	246	<	611
SLV – A1+M1+R3	501	<	611

14.6 PILA 1: ANALISI E VERIFICA DELLA PALIFICATA

14.6.1 Modello di calcolo, dati di input e stratigrafia di riferimento

Le sollecitazioni e gli spostamenti agenti su ciascun palo della palificata sono state determinati dal modello strutturale implementato nel software di calcolo SAP2000, come descritto al capitolo 8.

Affidamento a Contraente Generale dei “Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121”.

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

V7 – Viadotto Baucina – Relazione sottostrutture

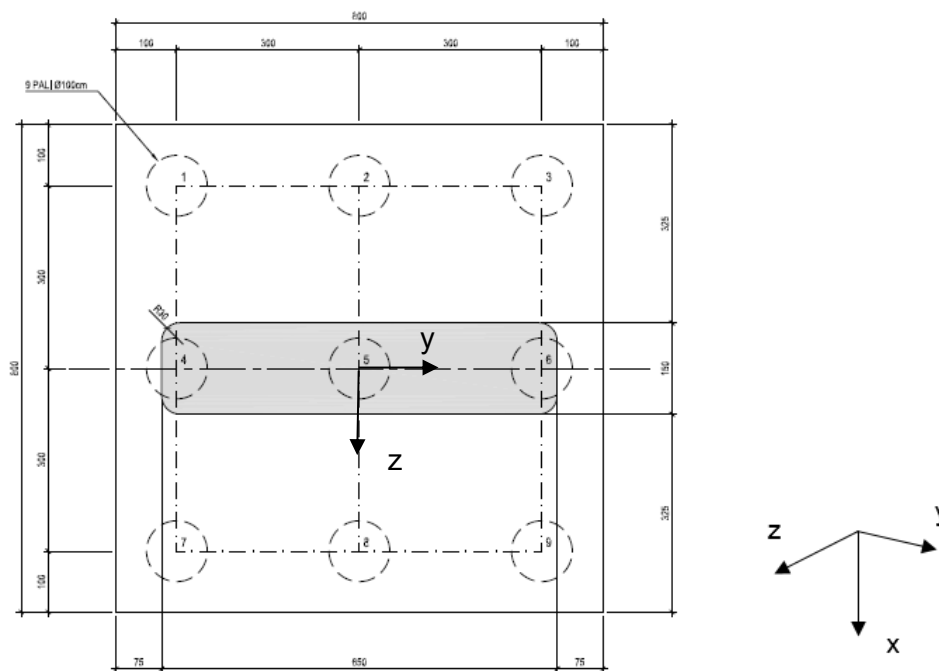


Figura 72: Pila 1: Pianta della palificata e sistema di riferimento.

I parametri geotecnici e la stratigrafia di riferimento adottati nelle elaborazioni per i diversi materiali sono riportati nella tabella seguente.

Tabella 126: Stratigrafia e parametri geotecnici di input.

Unità	Profondità da testa palo [m]	γ [kPa]	c_u [kPa]
AG	da 0.00	20.5	$200+10*\delta z \leq 400$

La falda è stata considerata coincidente con la testa pali.

14.6.2 Combinazione dei carichi

Alle combinazioni di carico sono riportate nel paragrafo 10.2.

14.6.3 Azioni di progetto agenti a intradosso fondazione

Nelle seguenti tabelle si riassumono le azioni di progetto agenti in testa palo fornite dal modello strutturale per gli stati limite di esercizio (SLE-FR e SLE-QP) e per gli stati limite ultimi (SLU-A1 e SLV). Tali azioni sono ottenute dalla combinazione dei carichi elementari come descritto al par.

Affidamento a Contraente Generale dei “Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotatoria Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121”.

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

V7 – Viadotto Baucina – Relazione sottostrutture

14.6.2.. Sono evidenziate in arancione il gruppo di sollecitazioni che si ritengono significative dal punto di vista del dimensionamento della palificata per ciascun stato limite considerato.

Il sistema di riferimento è congruente con quanto riportato in Figura 72.

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

V7 – Viadotto Baucina – Relazione sottostrutture

Tabella 127: Azioni di progetto principali per lo stato limite SLE - QP.

Numero palo	OutputCase Text	StepType Text	Fx KN	Fy KN	Fz KN	My KN-m	Mz KN-m
1	SLE-QP1	Max	-1467.9	-4.8	4.0	0.2	-100.9
1	SLE-QP1	Min	-1467.9	-4.8	4.0	0.2	-100.9
1	SLE-QP2	Max	-1543.6	-11.7	-5.4	-0.3	-101.4
1	SLE-QP2	Min	-1543.6	-11.7	-5.4	-0.3	-101.4
1	SLE-QP3	Max	-1387.8	5.0	16.7	1.1	-97.6
1	SLE-QP3	Min	-1387.8	5.0	16.7	1.1	-97.6
1	ENV-SLE-QP	Max	-1387.8	5.0	16.7	1.1	-97.6
1	ENV-SLE-QP	Min	-1543.6	-11.7	-5.4	-0.3	-101.4
2	SLE-QP1	Max	-1488.1	-4.7	4.1	0.4	-100.9
2	SLE-QP1	Min	-1488.1	-4.7	4.1	0.4	-100.9
2	SLE-QP2	Max	-1519.6	-11.6	-5.3	-0.2	-101.2
2	SLE-QP2	Min	-1519.6	-11.6	-5.3	-0.2	-101.2
2	SLE-QP3	Max	-1467.2	4.9	16.7	1.2	-97.7
2	SLE-QP3	Min	-1467.2	4.9	16.7	1.2	-97.7
2	ENV-SLE-QP	Max	-1467.2	4.9	16.7	1.2	-97.7
2	ENV-SLE-QP	Min	-1519.6	-11.6	-5.3	-0.2	-101.2
3	SLE-QP1	Max	-1505.6	-4.7	4.1	0.5	-100.8
3	SLE-QP1	Min	-1505.6	-4.7	4.1	0.5	-100.8
3	SLE-QP2	Max	-1493.0	-11.5	-5.2	0.0	-101.0
3	SLE-QP2	Min	-1493.0	-11.5	-5.2	0.0	-101.0
3	SLE-QP3	Max	-1544.0	4.8	16.8	1.3	-97.9
3	SLE-QP3	Min	-1544.0	4.8	16.8	1.3	-97.9
3	ENV-SLE-QP	Max	-1493.0	4.8	16.8	1.3	-97.9
3	ENV-SLE-QP	Min	-1544.0	-11.5	-5.2	0.0	-101.0
4	SLE-QP1	Max	-1726.2	-4.7	4.0	0.1	-100.8
4	SLE-QP1	Min	-1726.2	-4.7	4.0	0.1	-100.8
4	SLE-QP2	Max	-1769.3	-11.7	-5.5	-0.6	-101.3
4	SLE-QP2	Min	-1769.3	-11.7	-5.5	-0.6	-101.3
4	SLE-QP3	Max	-1684.2	5.0	16.7	1.1	-97.5
4	SLE-QP3	Min	-1684.2	5.0	16.7	1.1	-97.5
4	ENV-SLE-QP	Max	-1684.2	5.0	16.7	1.1	-97.5
4	ENV-SLE-QP	Min	-1769.3	-11.7	-5.5	-0.6	-101.3
5	SLE-QP1	Max	-1755.1	-4.7	4.1	0.3	-100.8
5	SLE-QP1	Min	-1755.1	-4.7	4.1	0.3	-100.8
5	SLE-QP2	Max	-1754.1	-11.6	-5.4	-0.4	-101.2
5	SLE-QP2	Min	-1754.1	-11.6	-5.4	-0.4	-101.2
5	SLE-QP3	Max	-1772.6	4.9	16.8	1.3	-97.7
5	SLE-QP3	Min	-1772.6	4.9	16.8	1.3	-97.7
5	ENV-SLE-QP	Max	-1754.1	4.9	16.8	1.3	-97.7
5	ENV-SLE-QP	Min	-1772.6	-11.6	-5.4	-0.4	-101.2
6	SLE-QP1	Max	-1763.9	-4.6	4.1	0.5	-100.6
6	SLE-QP1	Min	-1763.9	-4.6	4.1	0.5	-100.6
6	SLE-QP2	Max	-1718.7	-11.4	-5.4	-0.2	-100.8
6	SLE-QP2	Min	-1718.7	-11.4	-5.4	-0.2	-100.8
6	SLE-QP3	Max	-1840.5	4.9	16.9	1.5	-97.7
6	SLE-QP3	Min	-1840.5	4.9	16.9	1.5	-97.7
6	ENV-SLE-QP	Max	-1718.7	4.9	16.9	1.5	-97.7
6	ENV-SLE-QP	Min	-1840.5	-11.4	-5.4	-0.2	-100.8
7	SLE-QP1	Max	-1982.5	-4.6	3.9	0.0	-100.6
7	SLE-QP1	Min	-1982.5	-4.6	3.9	0.0	-100.6
7	SLE-QP2	Max	-1993.0	-11.6	-5.6	-0.8	-101.1
7	SLE-QP2	Min	-1993.0	-11.6	-5.6	-0.8	-101.1
7	SLE-QP3	Max	-1978.6	5.1	16.8	1.2	-97.3
7	SLE-QP3	Min	-1978.6	5.1	16.8	1.2	-97.3
7	ENV-SLE-QP	Max	-1978.6	5.1	16.8	1.2	-97.3
7	ENV-SLE-QP	Min	-1993.0	-11.6	-5.6	-0.8	-101.1
8	SLE-QP1	Max	-2002.9	-4.6	4.0	0.2	-100.4
8	SLE-QP1	Min	-2002.9	-4.6	4.0	0.2	-100.4
8	SLE-QP2	Max	-1969.3	-11.5	-5.6	-0.6	-100.8
8	SLE-QP2	Min	-1969.3	-11.5	-5.6	-0.6	-100.8
8	SLE-QP3	Max	-2058.3	5.0	16.8	1.4	-97.3
8	SLE-QP3	Min	-2058.3	5.0	16.8	1.4	-97.3
8	ENV-SLE-QP	Max	-1969.3	5.0	16.8	1.4	-97.3
8	ENV-SLE-QP	Min	-2058.3	-11.5	-5.6	-0.6	-100.8
9	SLE-QP1	Max	-2020.1	-4.5	4.1	0.4	-100.4
9	SLE-QP1	Min	-2020.1	-4.5	4.1	0.4	-100.4
9	SLE-QP2	Max	-1942.4	-11.3	-5.5	-0.5	-100.6
9	SLE-QP2	Min	-1942.4	-11.3	-5.5	-0.5	-100.6
9	SLE-QP3	Max	-2134.8	5.0	16.9	1.6	-97.5
9	SLE-QP3	Min	-2134.8	5.0	16.9	1.6	-97.5
9	ENV-SLE-QP	Max	-1942.4	5.0	16.9	1.6	-97.5
9	ENV-SLE-QP	Min	-2134.8	-11.3	-5.5	-0.5	-100.6

Affidamento a Contraente Generale del "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bologneta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i records con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

V7 – Viadotto Baucina – Relazione sottostrutture

Tabella 129: Azioni di progetto principali per lo stato limite SLU-A-1.

Table with multiple columns: Numero palo, Outcrop/Case Test, StateType Test, Fx kN, Fy kN, Fz kN, My kNm, Mz kNm, and corresponding values for various load cases and structural members across different piers and abutments.

14.6.4 Sintesi dei risultati allo SLE

Nelle seguenti tabelle si riportano le sollecitazioni di sforzo assiale, taglio e momento agenti in testa palo ritenute più significative, sia per lo stato limite SLE frequente (SLE-FR) che per lo stato limite SLE quasi permanente (SLE-QP). Tali gruppo di sollecitazioni sono evidenziati in arancione al paragrafo 14.6.3. Si riporta inoltre il numero di palo corrispondente in cui si verifica le sollecitazioni considerate.

Tabella 131: Sollecitazioni allo SLE - FR di riferimento.

Stato limite	Sforzo Normale, N_{Ed} [kN]	Momento, M_{Edz} [kNm]	Momento, M_{Edy} [kNm]	N° palo
SLE - FR ($N_{max}; M_z; M_y$)	2713.6	-1.5	222.7	9
SLE - FR ($N_{min}; M_z; M_y$)	1225.3	-1.6	15.8	1
SLE - FR ($N; M_{zmax}; M_y$)	2058.2	1.8	103.8	7
SLE - FR ($N; M_{zmin}; M_y$)	2142.0	-2.6	95.0	9
SLE - FR ($N; M_z; M_{ymax}$)	2001.0	0.8	227.7	1
SLE - FR ($N; M_z; M_{ymin}$)	1925.2	-1.8	15.4	7

Tabella 132: Sollecitazioni allo SLE - QP di riferimento.

Stato limite	Sforzo Normale, N_{Ed} [kN]	Momento, M_{Edz} [kNm]	Momento, M_{Edy} [kNm]	N° palo
SLE - QP ($N_{max}; M_z; M_y$)	2134.8	-1.6	97.5	9
SLE - QP ($N_{min}; M_z; M_y$)	1387.8	-1.1	97.6	1
SLE - QP ($N; M_{zmax}; M_y$)	1993.0	0.8	101.1	7
SLE - QP ($N; M_{zmin}; M_y$)	2134.8	-1.6	97.5	9
SLE - QP ($N; M_z; M_{ymax}$)	1543.6	0.3	101.4	1
SLE - QP ($N; M_z; M_{ymin}$)	1978.6	-1.2	97.3	7

Nella seguente tabella si riportano gli spostamenti verticali (u_x) e orizzontali (u_y e u_z) per lo stato limite SLE quasi permanente (SLE-QP), ricavati dal modello strutturale. Tali spostamenti sono relativi al palo isolato, non tengono quindi in conto dell'effetto gruppo.

Tabella 133: Spostamenti allo SLE - QP.

	$u_{z,max}$ [cm]	$u_{y,max}$ [cm]	$u_{x,max,comp}$ [cm]	$u_{z,max,traz}$ [cm]
SLE - QP	0.05	0.02	0.56	-
	1	9	9	-

14.6.5 Sintesi dei risultati allo SLU-A1

Nelle seguenti tabelle si riportano le sollecitazioni di sforzo assiale, taglio e momento agenti in testa a ciascun palo per lo stato limite ultimo SLU-A1.

Nelle seguenti tabelle si riportano le sollecitazioni di sforzo assiale, taglio e momento agenti in testa palo ritenute più significative per lo stato limite ultimo SLU-A1. Tali gruppo di sollecitazioni sono evidenziati in arancione al paragrafo 14.6.3.

Si riporta inoltre il numero di palo corrispondente in cui si verifica le sollecitazioni considerate.

Tabella 134: Sollecitazioni allo SLU-A1 di riferimento.

	N° palo	N [kN]	M_z [kNm]	M_y [kNm]	V_z [kNm]	V_y [kNm]
SLU - A1 ($N_{max}; M_z; M_y; V_z; V_y$)	7	3958.93	5.66	376.47	64.16	41.75
SLU - A1 ($N_{min}; M_z; M_y; V_z; V_y$)	3	879.40	-1.21	-22.18	-55.42	-46.21
SLU - A1 ($N; M_{z,max}; M_y; V_z; V_y$)	7	3899.55	7.80	327.14	79.22	55.63
SLU - A1 ($N; M_{z,min}; M_y; V_z; V_y$)	9	2687.71	-8.51	8.73	-67.11	-68.65
SLU - A1 ($N; M_z; M_{y,max}; V_z; V_y$)	1	2954.82	1.33	377.14	64.36	39.25
SLU - A1 ($N; M_z; M_{y,min}; V_z; V_y$)	7	1604.04	-4.17	-57.38	-35.73	-35.26
SLU - A1 ($N; M_z; M_y; V_{z,max}; V_y$)	3	3036.02	0.75	320.94	82.02	51.72
SLU - A1 ($N; M_z; M_y; V_{z,min}; V_y$)	9	2687.71	-8.51	8.73	-67.11	-68.65
SLU - A1 ($N; M_z; M_y; V_z; V_{y,max}$)	7	3899.55	7.80	327.14	79.22	55.63
SLU - A1 ($N; M_z; M_y; V_z; V_{y,min}$)	9	2687.71	-8.51	8.73	-67.11	-68.65

14.6.6 Sintesi dei risultati allo SLV

Nelle seguenti tabelle si riportano le sollecitazioni di sforzo assiale, taglio e momento agenti in testa a ciascun palo per lo stato limite ultimo SLV.

Nelle seguenti tabelle si riportano le sollecitazioni di sforzo assiale, taglio e momento agenti in testa palo ritenute più significative per lo stato limite ultimo SLV. Tali gruppo di sollecitazioni sono evidenziati in arancione al paragrafo 14.6.3.

Si riporta inoltre il numero di palo corrispondente in cui si verifica le sollecitazioni considerate.

Tabella 135: Sollecitazioni allo SLV di riferimento.

	N° palo	N [kN]	M _z [kNm]	M _y [kNm]	V _x [kNm]	V _y [kNm]
SLV (N _{max} ; M _z ; M _y ; V _z ; V _y)	9	3143.27	316.06	313.35	184.64	282.97
SLV (N _{min} ; M _z ; M _y ; V _z ; V _y)	1	375.03	-318.90	-118.12	-194.64	-316.27
SLV (N; M _{z,max} ; M _y ; V _z ; V _y)	4	2501.29	318.51	316.96	201.31	305.32
SLV (N; M _{z,min} ; M _y ; V _z ; V _y)	6	1104.90	-319.42	-118.18	-194.47	-316.68
SLV (N; M _z ; M _{y,max} ; V _z ; V _y)	5	1849.31	199.52	470.69	328.14	180.38
SLV (N; M _z ; M _{y,min} ; V _z ; V _y)	8	1397.86	-200.43	-272.02	-321.47	-192.05
SLV (N; M _z ; M _y ; V _{z,max} ; V _y)	5	1849.31	199.52	470.69	328.14	180.38
SLV (N; M _z ; M _y ; V _{z,min} ; V _y)	5	1677.40	-200.43	-271.83	-321.47	-191.74
SLV (N; M _z ; M _y ; V _z ; V _{y,max})	7	2698.74	318.50	316.68	201.20	305.50
SLV (N; M _z ; M _y ; V _z ; V _{y,min})	9	1126.39	-319.30	-118.44	-194.57	-316.79

14.6.7 Verifiche di tipo STRU dei pali (SLU A1+M1+R3/SLV)

Nel seguito si riportano le verifiche allo SLU nei confronti del raggiungimento della resistenza strutturale dei pali di fondazione.

14.6.7.1 Condizioni di verifica

Le sollecitazioni riportate nei paragrafi precedenti sono relative al palo isolato. Per tenere in conto dell'effetto gruppo lo sforzo flessionale e di taglio sono amplificati di un fattore C_m , valutato sulla base di quanto riportato al paragrafo 14.3.2. Il valore del fattore amplificativo risulta pari a 1.26.

Nelle seguenti tabelle si riassumono, per gli stati limite considerati, i gruppi di sollecitazioni significative amplificate di tale coefficiente.

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

V7 – Viadotto Baucina – Relazione sottostrutture

Tabella 136: Sollecitazioni di verifica con riferimento allo SLU-A1.

	N° palo	N [kN]	M _z [kNm]	M _y [kNm]	V _z [kNm]	V _y [kNm]
SLU - A1 (N _{max} ;M _z ; M _y ;V _z ;V _y)	7	3958.93	7.14	475.08	80.97	52.69
SLU - A1 (N _{min} ;M _z ; M _y ;V _z ;V _y)	3	879.40	-1.52	-27.99	-69.93	-58.31
SLU - A1 (N;M _{z,max} ; M _y ;V _z ;V _y)	7	3899.55	9.85	412.82	99.97	70.21
SLU - A1 (N;M _{z,min} ; M _y ;V _z ;V _y)	9	2687.71	-10.73	11.02	-84.68	-86.63
SLU - A1 (N;M _z ; M _{y,max} ;V _z ;V _y)	1	2954.82	1.68	475.91	81.21	49.53
SLU - A1 (N;M _z ; M _{y,min} ;V _z ;V _y)	7	1604.04	-5.26	-72.41	-45.09	-44.50
SLU - A1 (N;M _z ; M _y ;V _{z,max} ;V _y)	3	3036.02	0.95	404.99	103.51	65.26
SLU - A1 (N;M _z ; M _y ;V _{z,min} ;V _y)	9	2687.71	-10.73	11.02	-84.68	-86.63
SLU - A1 (N;M _z ; M _y ;V _z ;V _{y,max})	7	3899.55	9.85	412.82	99.97	70.21
SLU - A1 (N;M _z ; M _y ;V _z ;V _{y,min})	9	2687.71	-10.73	11.02	-84.68	-86.63

Tabella 137: Sollecitazioni di verifica con riferimento allo SLV.

	N° palo	N [kN]	M _z [kNm]	M _y [kNm]	V _z [kNm]	V _y [kNm]
SLV (N _{max} ;M _z ; M _y ;V _z ;V _y)	9	3143.271	398.8347	395.4266	232.995	357.0867
SLV (N _{min} ;M _z ; M _y ;V _z ;V _y)	1	375.032	-402.428	-149.052	-245.617	-399.1
SLV (N;M _{z,max} ; M _y ;V _z ;V _y)	4	2501.289	401.933	399.9826	254.0387	385.2905
SLV (N;M _{z,min} ; M _y ;V _z ;V _y)	6	1104.904	-403.075	-149.135	-245.401	-399.622
SLV (N;M _z ; M _{y,max} ;V _z ;V _y)	5	1849.312	251.7775	593.9706	414.0849	227.618
SLV (N;M _z ; M _{y,min} ;V _z ;V _y)	8	1397.862	-252.92	-343.263	-405.67	-242.347
SLV (N;M _z ; M _y ;V _{z,max} ;V _y)	5	1849.312	251.7775	593.9706	414.0849	227.618
SLV (N;M _z ; M _y ;V _{z,min} ;V _y)	5	1677.4	-252.925	-343.023	-405.672	-241.961
SLV (N;M _z ; M _y ;V _z ;V _{y,max})	7	2698.737	401.926	399.6221	253.8911	385.5139
SLV (N;M _z ; M _y ;V _z ;V _{y,min})	9	1126.386	-402.924	-149.456	-245.533	-399.766

14.6.7.2 Verifica allo SLU in condizioni statiche a pressoflessione

La verifica a pressoflessione di seguito riportata è condotta con riferimento alle combinazioni SLU (A1+M1+R3, con γ_R unitari). L'armatura prevista è riassunta in Tabella 138.

Tabella 138: Armatura prevista palo di fondazione.

Numero Gabbia	Lunghezza gabbia [m]	Armatura
1	12.0	20Φ20
2	8.30	20Φ20

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

V7 – Viadotto Baucina – Relazione sottostrutture

In Figura 73 sono diagrammate le sollecitazioni di sforzo normale e momento flettente all'interno del dominio di resistenza M-N; risulta che:

$$R_d \geq E_d,$$

dove:

R_d = resistenza di progetto;

E_d = valore di progetto delle azioni

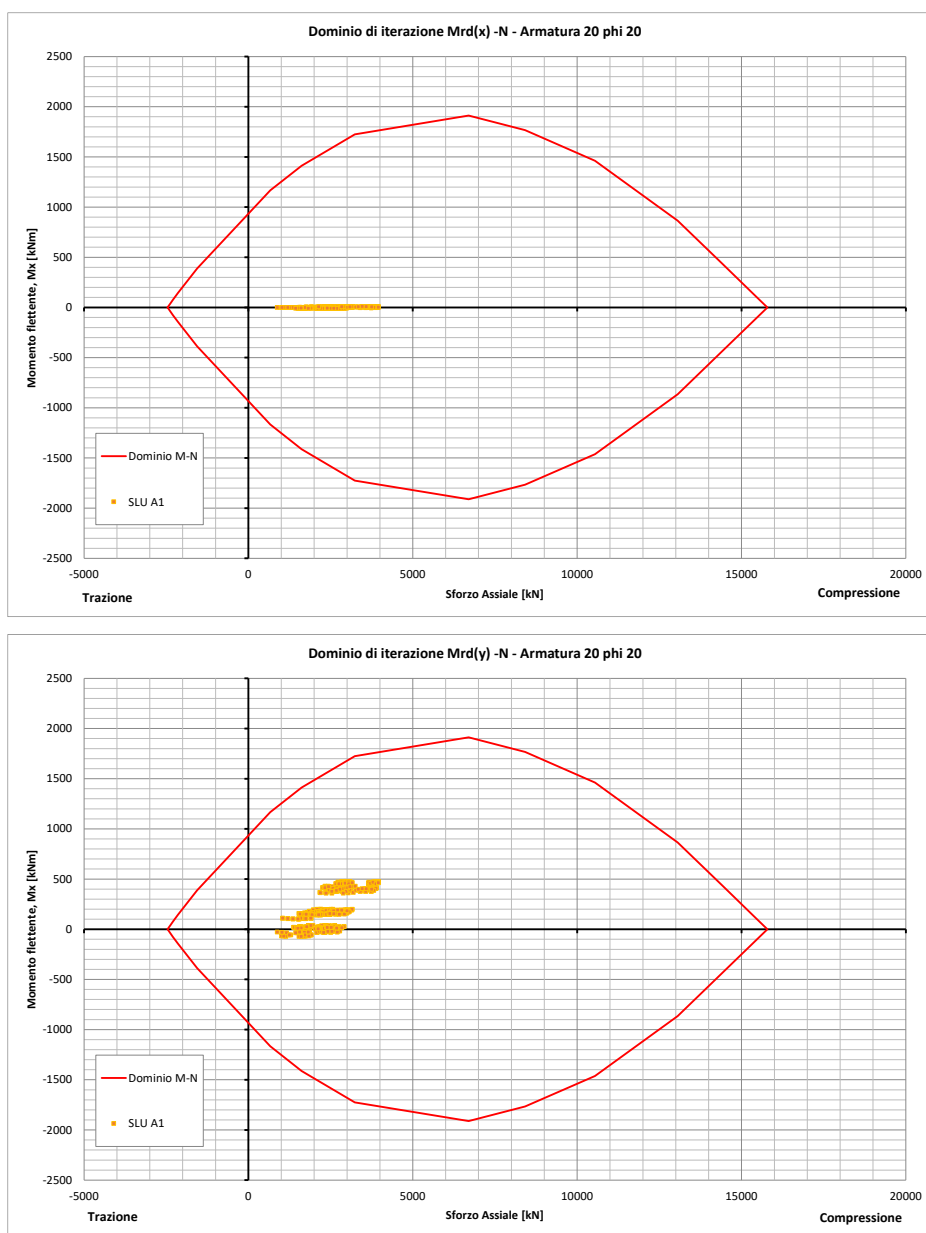


Figura 73: Verifica a pressoflessione - condizione statica.

14.6.7.3 Verifica allo SLU in condizioni sismiche a pressoflessione

La verifica a pressoflessione di seguito riportata è condotta con riferimento a quanto indicato al paragrafo 14.2.1. L'armatura prevista è riassunta in Tabella 138.

In Figura 74 sono diagrammate le sollecitazioni di sforzo normale e momento flettente all'interno del dominio di resistenza $N-M'_{yd}$ in campo sostanzialmente elastico, risulta che:

$$R_d \geq E_d,$$

dove:

R_d = resistenza di progetto;

E_d = valore di progetto delle azioni

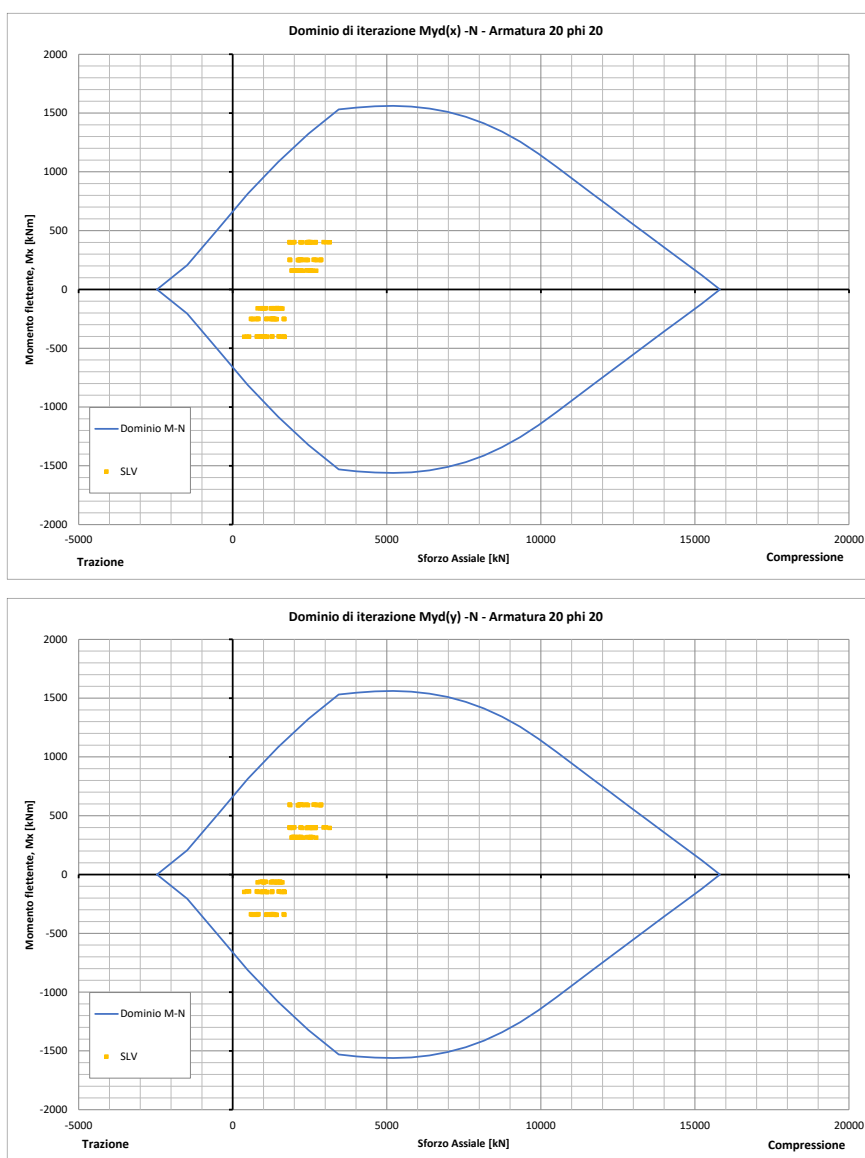


Figura 74: Verifica a pressoflessione – condizione sismica.

14.6.7.4 Verifica a taglio

La verifica a taglio di seguito riportata è condotta con riferimento alle combinazioni SLU (A1+M1+R3) e SLV. L'armatura prevista a taglio è costituita da $\Phi 10/200$ mm.

CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio: Circolare
Classe Conglomerato: C30/37

Raggio circ.: 50.0 cm
X centro circ.: 0.0 cm
Y centro circ.: 0.0 cm

DATI GENERAZIONI CIRCOLARI DI BARRE

N°Gen. Numero assegnato alla singola generazione circolare di barre
Xcentro Ascissa [cm] del centro della circonferenza lungo cui sono disposte le barre generate
Ycentro Ordinata [cm] del centro della circonferenza lungo cui sono disposte le barre generate
Raggio Raggio [cm] della circonferenza lungo cui sono disposte le barre generate
N°Barre Numero di barre generate equidistanti disposte lungo la circonferenza
 \emptyset Diametro [mm] della singola barra generata

N°Gen.	Xcentro	Ycentro	Raggio	N°Barre	\emptyset
1	0.0	0.0	42.0	20	20

ARMATURE A TAGLIO

Diametro staffe: 10 mm
Passo staffe: 20.0 cm
Staffe: Una sola staffa chiusa perimetrale

ST.LIM.ULTIMI - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)
Mx Momento flettente [daNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.
My Momento flettente [daNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.
Vy Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia y
Vx Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia x

N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	3958.90	7.10	475.10	81.00	52.70
2	879.40	-1.50	-28.00	-69.90	-58.30
3	3899.50	9.80	412.80	100.00	70.20
4	2687.70	-10.70	11.00	-84.70	-86.60
5	2954.80	1.70	475.90	81.20	49.50
6	1604.00	-5.30	-72.40	-45.10	-44.50
7	3036.00	0.90	405.00	103.50	65.30
8	2687.70	-10.70	11.00	-84.70	-86.60
9	3899.50	9.80	412.80	100.00	70.20
10	2687.70	-10.70	11.00	-84.70	-86.60
11	3143.30	398.80	395.40	233.00	357.10
12	375.00	-402.40	-149.10	-245.60	-399.10
13	2501.30	401.90	400.00	254.00	385.30
14	1104.90	-403.10	-149.10	-245.40	-399.60
15	1849.30	251.80	594.00	414.10	227.60
16	1397.90	-252.90	-343.30	-405.70	-242.30
17	1849.30	251.80	594.00	414.10	227.60
18	1677.40	-252.90	-343.00	-405.70	-242.00
19	2698.70	401.90	399.60	253.90	385.50
20	1126.40	-402.90	-149.50	-245.50	-399.80

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - VERIFICHE A TAGLIO

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

V7 – Viadotto Baucina – Relazione sottostrutture

Passo staffe: 20.0 cm [Passo massimo di normativa = 24.0 cm]

Ver S = comb. verificata a taglio / N = comb. non verificata
Vsdu Taglio di progetto [kN] = proiez. di Vx e Vy sulla normale all'asse neutro
Vcd Taglio resistente ultimo [kN] lato conglomerato compresso [(4.1.19) NTC]
Vwd Taglio resistente [kN] assorbito dalle staffe [(4.1.18) NTC]
Dmed Altezza utile media pesata [cm] valutata lungo strisce ortog. all'asse neutro.
Vengono prese nella media le strisce con almeno un estremo compresso.
I pesi della media sono costituiti dalle stesse lunghezze delle strisce.
bw Larghezza media resistente a taglio [cm] misurate parallel. all'asse neutro
E' data dal rapporto tra l'area delle sopradette strisce resistenti e Dmed.
Teta Angolo [gradi sessadec.] di inclinazione dei puntoni di conglomerato
Acw Coefficiente maggiorativo della resistenza a taglio per compressione
Ast Area staffe+legature strettam. necessarie a taglio per metro di pil.[cm²/m]
A.Eff Area staffe+legature efficaci nella direzione del taglio di combinaz.[cm²/m]
Tra parentesi è indicata la quota dell'area relativa alle sole legature.
L'area della legatura è ridotta col fattore L/d_max con L=lungh.legat.proietta-
ta sulla direz. del taglio e d_max= massima altezza utile nella direz.del taglio.

N°Comb	Ver	Vsdu	Vcd	Vwd	Dmed	bw	Teta	Acw	Ast	A.Eff
1	S	53.90	2346.36	541.03	76.9	92.6	21.80°	1.250	0.8	8.0(0.0)
2	S	61.96	1883.87	563.27	79.9	83.8	21.80°	1.066	0.9	8.0(0.0)
3	S	72.55	2346.36	541.12	76.9	92.6	21.80°	1.250	1.1	8.0(0.0)
4	S	3.02	2234.62	551.08	77.5	91.0	21.80°	1.201	0.0	8.1(0.0)
5	S	49.79	2271.83	545.44	77.5	91.0	21.80°	1.221	0.7	8.0(0.0)
6	S	47.67	2049.46	553.34	78.4	88.5	21.80°	1.120	0.7	8.0(0.0)
7	S	65.53	2296.36	542.77	77.1	92.0	21.80°	1.227	1.0	8.0(0.0)
8	S	3.02	2234.62	551.08	77.5	91.0	21.80°	1.201	0.0	8.1(0.0)
9	S	72.55	2346.36	541.12	76.9	92.6	21.80°	1.250	1.1	8.0(0.0)
10	S	3.02	2234.62	551.08	77.5	91.0	21.80°	1.201	0.0	8.1(0.0)
11	S	416.88	2311.39	549.16	77.1	92.0	21.80°	1.235	6.1	8.1(0.0)
12	S	368.96	1765.65	570.12	80.9	80.4	21.80°	1.028	5.2	8.0(0.0)
13	S	451.83	2208.65	552.03	77.5	91.0	21.80°	1.187	6.6	8.1(0.0)
14	S	368.79	1938.19	559.33	79.4	85.5	21.80°	1.083	5.3	8.0(0.0)
15	S	371.17	2083.07	553.94	78.4	88.5	21.80°	1.139	5.4	8.0(0.0)
16	S	435.71	2000.44	555.34	78.9	87.0	21.80°	1.105	6.3	8.0(0.0)
17	S	371.17	2083.07	553.94	78.4	88.5	21.80°	1.139	5.4	8.0(0.0)
18	S	435.54	2059.51	551.87	78.4	88.5	21.80°	1.126	6.3	8.0(0.0)
19	S	451.86	2236.15	551.99	77.5	91.0	21.80°	1.202	6.6	8.1(0.0)
20	S	369.25	1941.07	559.35	79.4	85.5	21.80°	1.084	5.3	8.0(0.0)

14.6.8 Verifiche di tipo SLE dei pali

Nel seguito si riportano le verifiche allo SLE in accordo con quanto riportato nel paragrafo 14.2.4..

14.6.8.1 Condizioni di verifica

Le sollecitazioni riportate nei paragrafi precedenti sono relative al palo isolato. Per tenere in conto dell'effetto gruppo lo sforzo flessionale e di taglio sono amplificati di un fattore C_m, valutato sulla base di quanto riportato al paragrafo 14.3.2. Il valore del fattore amplificativo risulta pari a 1.26.

Nelle seguenti tabelle si riassumono, per gli stati limite di esercizio considerati, i gruppi di sollecitazioni significative amplificate di tale coefficiente. Per tali gruppi di sollecitazioni è stata effettuata la verifica allo stato limite di esercizio. In particolare si fa riferimento alle sollecitazioni aumentate per effetto gruppo

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

V7 – Viadotto Baucina – Relazione sottostrutture

Tabella 139: Sollecitazioni di riferimento allo SLE-QP.

Stato limite	N° palo	N [kN]	M _z [kNm]	M _y [kNm]
SLE - QP (N _{max} ;M _z ; M _y)	9	2134.828	-2.04481	122.9851
SLE - QP (N _{min} ;M _z ;M _y)	1	1387.768	-1.32968	123.1811
SLE - QP (N;M _{zmax} ;M _y)	7	1993.017	1.062911	127.5274
SLE - QP (N;M _{zmin} ;M _y)	9	2134.828	-2.04481	122.9851
SLE - QP (N;M _z ;M _y max)	1	1543.578	0.441292	127.9982
SLE - QP (N;M _z ;M _y min)	7	1978.601	-1.51707	122.7567

Tabella 140: Sollecitazioni di riferimento allo SLE-FR.

Stato limite	N° palo	N [kN]	M _z [kNm]	M _y [kNm]
SLE - FR (N _{max} ;M _z ; M _y)	9	2713.6	-1.9	281.0
SLE - FR (N _{min} ;M _z ;M _y)	1	1225.3	-2.0	19.9
SLE - FR (N;M _{zmax} ;M _y)	7	2058.2	2.3	130.9
SLE - FR (N;M _{zmin} ;M _y)	9	2142.0	-3.3	119.9
SLE - FR (N;M _z ;M _y max)	1	2001.0	1.1	287.3
SLE - FR (N;M _z ;M _y min)	7	1925.2	-2.2	19.4

14.6.8.2 Verifiche allo SLE di tipo strutturale

Si riportano nel seguito le verifiche SLE di tipo strutturale.

CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio: Circolare
Classe Conglomerato: C30/37

Raggio circ.: 50.0 cm
X centro circ.: 0.0 cm
Y centro circ.: 0.0 cm

DATI GENERAZIONI CIRCOLARI DI BARRE

N°Gen. Numero assegnato alla singola generazione circolare di barre
Xcentro Ascissa [cm] del centro della circonferenza lungo cui sono disposte le barre generate
Ycentro Ordinata [cm] del centro della circonferenza lungo cui sono disposte le barre generate
Raggio Raggio [cm] della circonferenza lungo cui sono disposte le barre generate
N°Barre Numero di barre generate equidist. disposte lungo la circonferenza
Ø Diametro [mm] della singola barra generata

N°Gen. Xcentro Ycentro Raggio N°Barre Ø

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotatoria Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

V7 – Viadotto Baucina – Relazione sottostrutture

1 0.0 0.0 42.0 20 20
COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	2713.65	-1.86	280.98
2	1225.32	-2.00	19.92
3	2058.17	2.27	130.94
4	2141.99	-3.31	119.89
5	2001.05	1.06	287.33
6	1925.19	-2.24	19.42

COMB. FREQUENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	2713.65	-1.86 (0.00)	280.98 (0.00)
2	1225.32	-2.00 (509.81)	19.92 (-2799.25)
3	2058.17	2.27 (0.00)	130.94 (0.00)
4	2141.99	-3.31 (0.00)	119.89 (0.00)
5	2001.05	1.06 (13.48)	287.33 (3653.77)
6	1925.19	-2.24 (99.99)	19.42 (-923.77)

COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	2134.83	-2.04 (0.00)	122.99 (0.00)
2	1387.77	-1.33 (0.00)	123.18 (0.00)
3	1993.02	1.06 (0.00)	127.53 (0.00)
4	2134.83	-2.04 (0.00)	122.99 (0.00)
5	1543.58	0.44 (0.00)	128.00 (0.00)
6	1978.60	-1.52 (0.00)	122.76 (0.00)

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 7.0 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali: 11.1 cm
Copriferro netto minimo staffe: 6.0 cm

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

Ver S = comb. verificata/ N = comb. non verificata
Sc max Massima tensione (positiva se di compressione) nel conglomerato [Mpa]
Xc max, Yc max Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
Sf min Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [Mpa]
Xs min, Ys min Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)
Ac eff. Area di calcestruzzo [cm²] in zona tesa considerata aderente alle barre

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

V7 – Viadotto Baucina – Relazione sottostrutture

As eff. Area barre [cm²] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure
 D barre Distanza tra le barre tese [cm] ai fini del calcolo dell'apertura fessure
 Beta12 Prodotto dei coeff. di aderenza delle barre Beta1*Beta2

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.	D barre	Beta12
1	S	5.53	50.0	0.0	15.4	-42.0	0.0	----	----	----	----
2	S	1.57	49.7	0.0	18.7	-42.0	0.0	----	----	----	----
3	S	3.48	50.0	0.0	20.7	-42.0	0.0	----	----	----	----
4	S	3.48	50.0	0.0	23.4	-42.0	0.0	----	----	----	----
5	S	4.78	50.0	0.0	2.5	-42.0	0.0	----	----	----	----
6	S	2.36	49.7	0.0	30.7	-42.0	0.0	----	----	----	----

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.	D barre	Beta12
1	S	5.53	50.0	0.0	15.4	-42.0	0.0	----	----	----	----
2	S	1.57	49.7	0.0	18.7	-42.0	0.0	----	----	----	----
3	S	3.48	50.0	0.0	20.7	-42.0	0.0	----	----	----	----
4	S	3.48	50.0	0.0	23.4	-42.0	0.0	----	----	----	----
5	S	4.78	50.0	0.0	2.5	-42.0	0.0	----	----	----	----
6	S	2.36	49.7	0.0	30.7	-42.0	0.0	----	----	----	----

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§B.6.6 DM96]

La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a

fctm

Ver. Esito della verifica
 S1 Massima tensione [Mpa] di trazione nel calcestruzzo valutata in sezione non fessurata
 S2 Minima tensione [Mpa] di trazione nel calcestruzzo valutata in sezione fessurata
 k2 = 0.4 per barre ad aderenza migliorata
 k3 = 0.125 per flessione e presso-flessione; $= (e1 + e2)/(2 * e1)$ per trazione eccentrica
 Ø Diametro [mm] medio delle barre tese comprese nell'area efficace Ac eff
 Cf Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa
 Psi $= 1 - \text{Beta}12 * (\text{Ssr}/\text{Ss})^2 = 1 - \text{Beta}12 * (\text{fctm}/\text{S2})^2 = 1 - \text{Beta}12 * (\text{Mfess}/\text{M})^2$ [B.6.6 DM96]
 e sm Deformazione unitaria media tra le fessure [4.3.1.7.1.3 DM96]. Il valore limite = $0.4 * \text{Ss}/\text{Es}$ è tra parentesi
 srm Distanza media tra le fessure [mm]
 wk Valore caratteristico [mm] dell'apertura fessure = $1.7 * e \text{ sm} * \text{srm}$. Valore limite tra parentesi
 MX fess. Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]
 MY fess. Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]

Comb.	Ver	S1	S2	k3	Ø	Cf	Psi	e sm	srm	wk	Mx fess	My fess
1	S	0.6	0	----	----	----	----	----	----	----	0.00	
2	S	1.2	0	----	----	----	----	----	----	----	509.81	-
3	S	1.2	0	----	----	----	----	----	----	----	0.00	
4	S	1.4	0	----	----	----	----	----	----	----	0.00	
5	S	-0.2	0	----	----	----	----	----	----	----	13.48	
6	S	2.0	0	----	----	----	----	----	----	----	99.99	-

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.	D barre	Beta12
1	S	3.50	50.0	0.0	22.9	-42.0	0.0	----	----	----	----
2	S	2.65	50.0	0.0	10.1	-42.0	0.0	----	----	----	----
3	S	3.38	50.0	0.0	20.0	-42.0	0.0	----	----	----	----
4	S	3.50	50.0	0.0	22.9	-42.0	0.0	----	----	----	----
5	S	2.87	50.0	0.0	12.3	-42.0	0.0	----	----	----	----
6	S	3.32	50.0	0.0	20.3	-42.0	0.0	----	----	----	----

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§B.6.6 DM96]

Comb.	Ver	S1	S2	k3	Ø	Cf	Psi	e sm	srm	wk	Mx fess	My fess
-------	-----	----	----	----	---	----	-----	------	-----	----	---------	---------

Affidamento a Contraente Generale dei “Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121”.

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

V7 – Viadotto Baucina – Relazione sottostrutture

1	S	1.4	0	----	----	----	----	----	----	0.00
0.00										
2	S	0.5	0	----	----	----	----	----	----	0.00
0.00										
3	S	1.2	0	----	----	----	----	----	----	0.00
0.00										
4	S	1.4	0	----	----	----	----	----	----	0.00
0.00										
5	S	0.6	0	----	----	----	----	----	----	0.00
0.00										
6	S	1.2	0	----	----	----	----	----	----	0.00
0.00										

14.6.8.3 Verifiche allo SLE in termini di spostamenti

Con riferimento a quanto riportato in Tabella 133, risulta che:

- spostamento verticale massimo, $u_{x\max}$: 0.56 cm
- spostamento orizzontale massimo $u_{y\max}$: 0.05 cm

Gli spostamenti sopra riportati sono relativi al palo isolato. Per tenere in conto dell'effetto gruppo, sia per carichi verticali che per carichi orizzontali, gli spostamenti sono amplificati come riportato rispettivamente al paragrafo 14.2.4.1 e al paragrafo 14.2.4.2.

In particolare, come riportato in Figura 75, il cedimento verticale del gruppo di pali risulta pari a 1.1 cm.

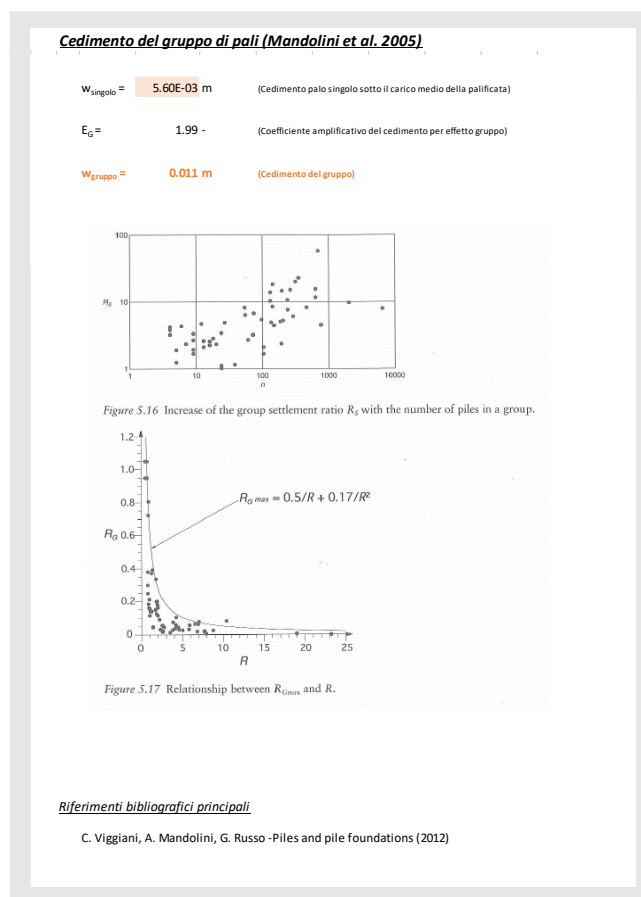


Figura 75: Cedimento verticale del gruppo di pali.

Mentre lo spostamento orizzontale del gruppo di pali risulta pari a 0.12 cm.

<i>Coefficienti amplificativi spostamenti</i>	
<i>Prodedura amplificazione spostamenti orizzontali (Ooi & Duncan, 1994)</i>	
<u>Dati di input</u>	
Numero pali, N	9 -
Interasse pali, s	3 m
Diametro pali, D	1 m
Lunghezza pali, L	18 m
Carico totale agente sul gruppo, P_g	2200 kN
Carico medio agente sul singolo, P_s	244.4444 kN
Coesione non drenata, c_u	200 kPa
P_N	200
<u>Coefficiente di amplificazione degli spostamenti orizzontali, C_y</u>	
C_y	2.46

Figura 76: Coefficiente amplificativo dello spostamento orizzontale per gruppi di pali.

Gli spostamenti risultano essere compatibili con la funzionalità dell'opera.

14.6.9 Verifiche agli SLU di tipo geotecniche (GEO)

14.6.9.1 Verifica di capacità portante dei pali per carichi verticali

La verifica di capacità portante dei pali per carichi verticali è condotta secondo la modalità indicata al paragrafo 14.2.2.

Come riportato al capitolo 5, la struttura di fondazione della Pila 1 è costituita da pali trivellati di diametro 1000mm di lunghezza 18.0m

In Tabella 141 si riporta la capacità portante a compressione e a trazione del palo isolato.

Tabella 141: Capacità portante a compressione e a trazione dei pali di fondazione – Pila 1.

Capacità portante A1+M1+R3						
L_p m	Q_{ll} kN	Q_{bl} kN	W'_p kN	Q_u kN	$R_{cd,singolo}$ kN	$R_{td,singolo}$ kN
18	6286	2905	71	9121	4389	3029

Per la **Condizione di Verifica 1** (verifica di capacità portante del singolo palo) in Tabella 142 si riportano le sollecitazioni di sforzo assiale massime, sia per la condizione statica (A1 e A2) sia per la condizione sismica (SLV). È indicato il numero del palo in cui si verifica lo sforzo massimo.

Si riportano inoltre gli sforzi normali in condizione di esercizio (SLE)

Tabella 142: Sforzi normali massimi agenti.

	N_{max} [kN]	N_{min} [kN]
SLU - A1	3959	879
	7	3
SLV	3143	375
	9	1
SLE - FR	2714	1225
	9	1
SLE - QP	2135	1388
	9	1

In Tabella 143 si riporta la verifica di capacità portante per la Condizione 1. La verifica risulta soddisfatta.

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

V7 – Viadotto Baucina – Relazione sottostrutture

Tabella 143: Pila 1: verifica di capacità portante per carichi verticali - Condizione di verifica 1.

Capacità portante SLU A1+M1+R3									
L_p m	Q_{II} kN	Q_{bl} kN	W'_p kN	Q_u kN	$R_{cd,singolo}$ kN	$R_{td,singolo}$ kN		N_{max} kN	N_{min} kN
18	6286	2905	71	9121	4389	3029	>	3959	-

Capacità portante SLV									
L_p m	Q_{II} kN	Q_{bl} kN	W'_p kN	Q_u kN	$R_{cd,singolo}$ kN	$R_{td,singolo}$ kN		N_{max} kN	N_{min} kN
18	6286	2905	71	9121	4389	3029	>	3143	-

Per la **Condizione di Verifica 2** (verifica di capacità portante del gruppo di pali) di seguito si riportano lo sforzo assiale massimo e il momento massimo, longitudinale (M_y) e trasversale (M_z), agente ad intradosso fondazione.

Tabella 144: Sforzi normali e momenti involuppo agenti ad intradosso fondazione.

	N [kN]	$M_{z,max}$ [kNm]	$M_{y,max}$ [kNm]
SLU - A1	19644.9	-5579.8	-22435.9
	N [kN]	$M_{z,max}$ [kNm]	$M_{y,max}$ [kNm]
SLV	12472.4	-8276.1	-11967.6

Nelle seguenti figure si riporta la verifica di capacità portante dei pali in gruppo (Condizione di verifica 2). È stata considerata indipendente la direzione trasversale dalla direzione longitudinale. Le verifiche risultano soddisfatte.

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

V7 – Viadotto Baucina – Relazione sottostrutture

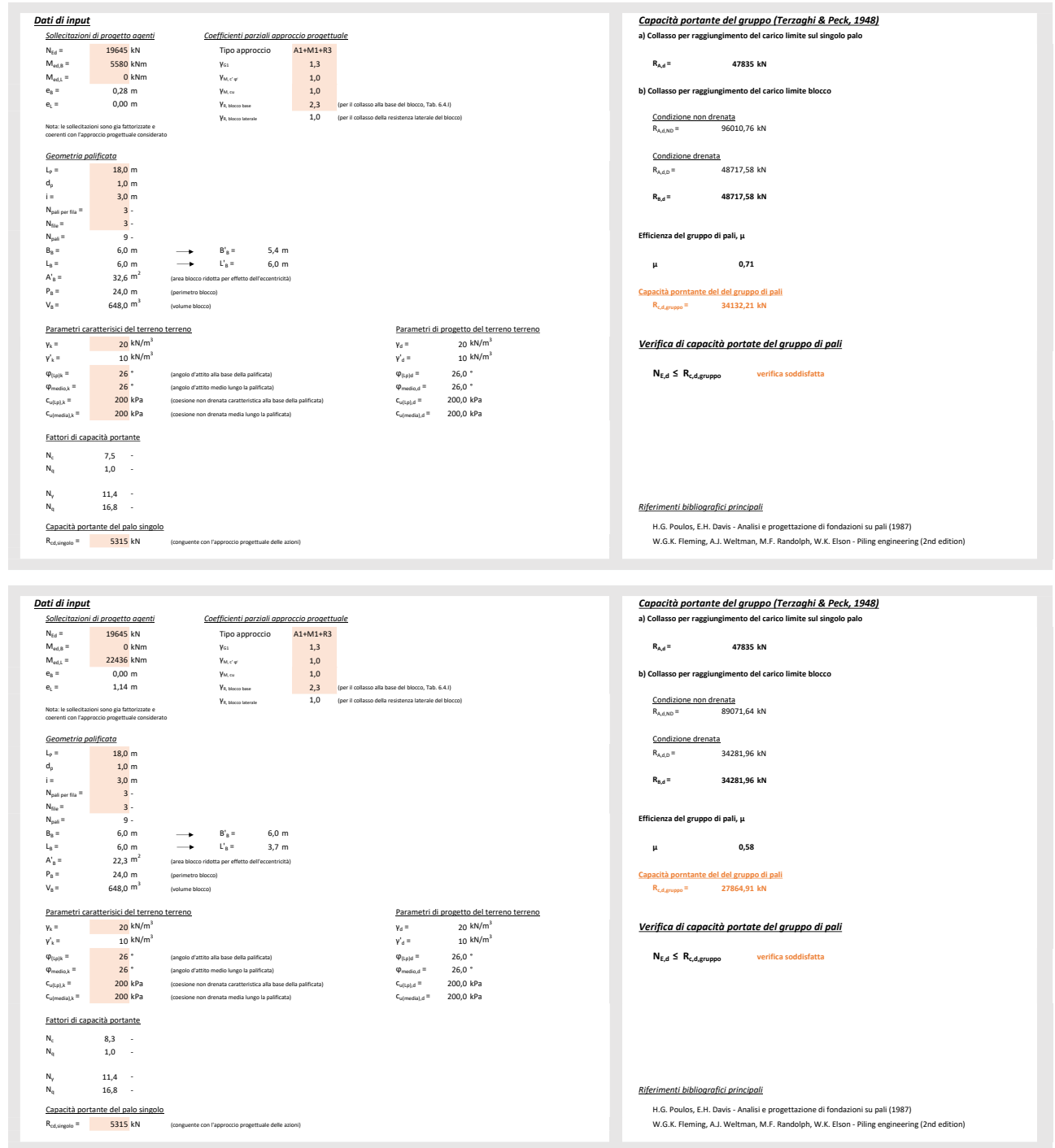


Figura 77: Pila 1: Condizione statica A1+M1+R3 - Condizione di verifica 2.

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

V7 – Viadotto Baucina – Relazione sottostrutture

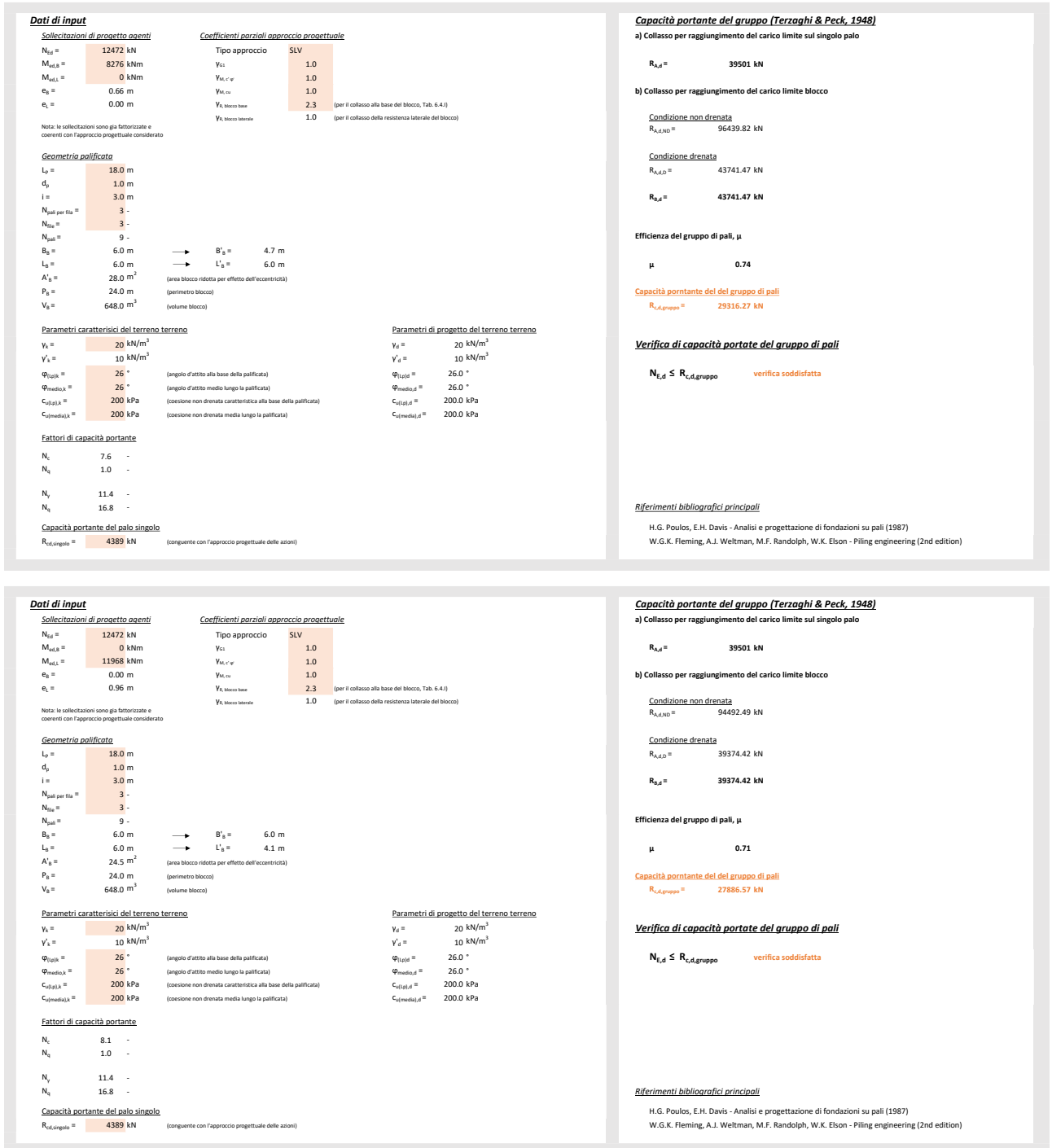


Figura 78: Pila 1: Condizione sismica A1+M1+R3 - Condizione di verifica 2.

14.6.9.2 Verifica di capacità portante dei pali per carichi orizzontali

La verifica di capacità portante dei pali per carichi orizzontali è condotta secondo la modalità indicata al paragrafo 14.2.3.

Le caratteristiche geometriche e meccaniche dei pali di fondazione sono riassunti nella seguente tabella.

Tabella 145: Caratteristiche geometriche e meccaniche dei pali di fondazione.

Diametro	1000 mm
Lunghezza	18.0m
Armatura a flessione	20Φ20

In Tabella 124 si riassumono, per ciascun palo, le azioni taglianti massime agenti ad intradosso fondazione per gli stati limite ultimi in condizione statica (SLU/A1+M1+R3) e in condizione sismica (SLV/A1+M1+R3).

Tabella 146: Sforzi di taglio massimo agente ad intradosso fondazione.

	V_{max} [kN]
SLU-A1	853
SLV	2289

La capacità portante orizzontale del singolo palo è riportato di seguito per la condizione SLU/A1+M1+R3 e SLV/A1+M1+R3.

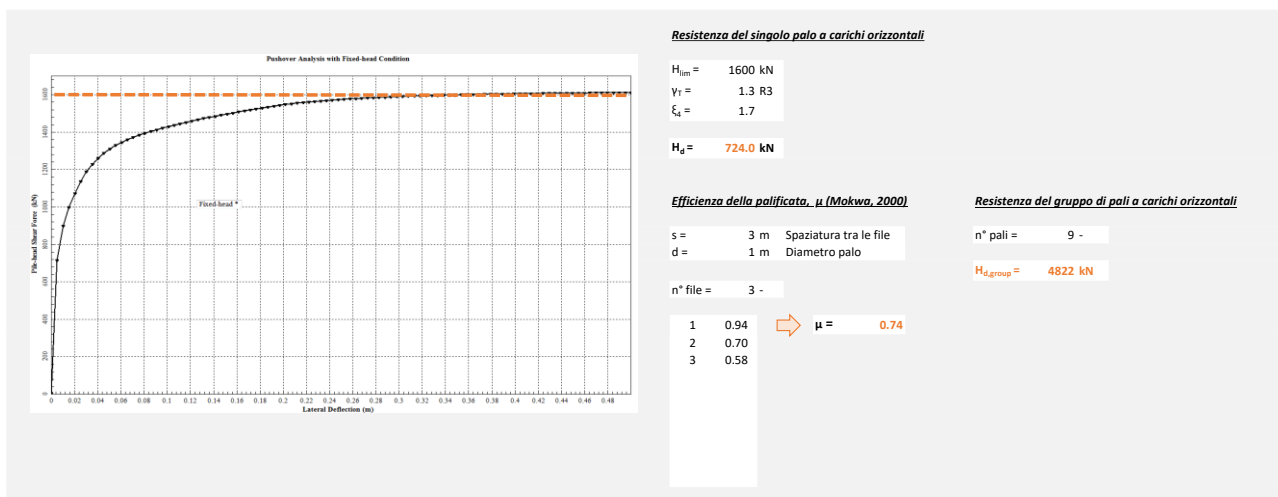


Figura 79: Pila 1: Capacità portante orizzontale - Condizione statica e simica A1+M1+R3.

In Tabella 147 si riporta la verifica a capacità portante per i carichi orizzontali; essa risulta soddisfatta.

Tabella 147: Pila 1: verifica di capacità portante per carichi orizzontali.

	V_d [kN]	<	$H_{d,singolo}$ [kN]
SLU – A1+M1+R3	853	<	4822
SLV – A1+M1+R3	2289	<	4822

14.7 PILA 2: ANALISI E VERIFICA DELLA PALIFICATA

14.7.1 Modello di calcolo, dati di input e stratigrafia di riferimento

Le sollecitazioni e gli spostamenti agenti su ciascun palo della palificata sono state determinati dal modello strutturale implementato nel software di calcolo SAP2000, come descritto al capitolo 8.

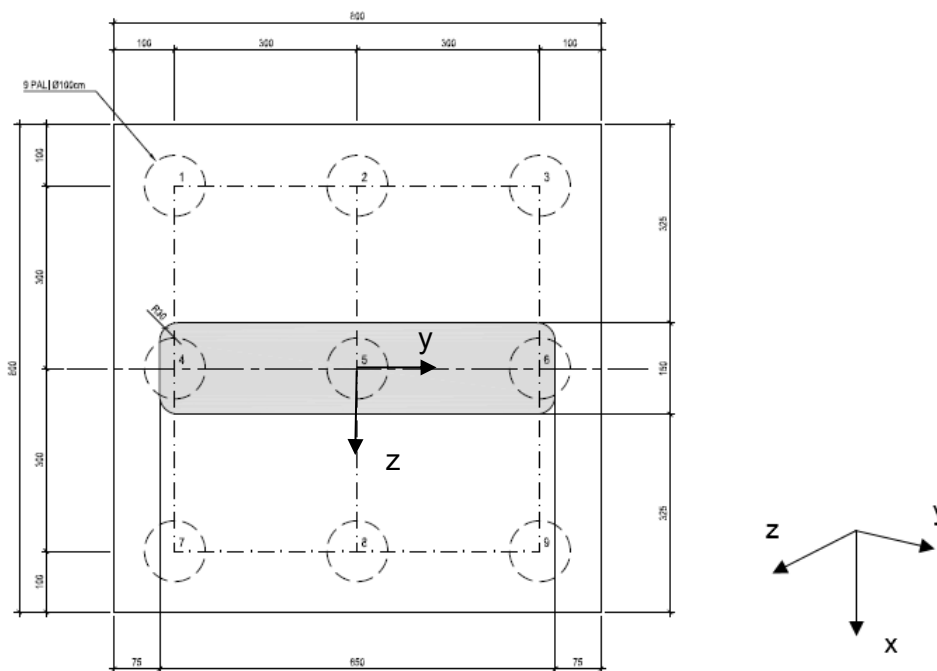


Figura 80: Pila 2: Pianta della palificata e sistema di riferimento utilizzato.

I parametri geotecnici e la stratigrafia di riferimento adottati nelle elaborazioni per i diversi materiali sono riportati nella tabella seguente.

Tabella 148: Stratigrafia e parametri geotecnici di input.

Unità	Profondità da testa palo [m]	γ [kPa]	c_u [kPa]
LSA(a-2)	0.00 – 1.40	20.0	100
AG	da 0.00	20.5	$200+10*\delta z \leq 400$

La falda è stata considerata coincidente con la testa pali.

14.7.2 Combinazione dei carichi

Si fa riferimento a quanto riportato al paragrafo 14.6.2.

14.7.3 Azioni di progetto agenti a intradosso fondazione

Nelle seguenti tabelle si riassumono le azioni vincolari di progetto agenti in testa palo fornite dal modello strutturale per gli stati limite di esercizio (SLE-FR e SLE-QP) e per gli stati limite ultimi (SLU-A1 e SLV). Tali azioni sono ottenute dalla combinazione dei carichi elementari come descritto al par. 14.6.2. Sono evidenziate in arancione il gruppo di sollecitazioni che si ritengono significative dal punto di vista del dimensionamento della palificata per ciascun stato limite considerato.

Il sistema di riferimento è congruente con quanto riportato in Figura 80.

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

V7 – Viadotto Baucina – Relazione sottostrutture

Tabella 149: Azioni di progetto principali per lo stato limite SLE - QP.

Numero palo	OutputCase Text	StepType Text	Fx KN	Fy KN	Fz KN	My KN-m	Mz KN-m
1	SLE-QP1	Max	-991.7	-0.3	1.6	-2.9	-80.6
1	SLE-QP1	Min	-991.7	-0.3	1.6	-2.9	-80.6
1	SLE-QP2	Max	-1014.3	-4.9	-2.9	-9.2	-85.4
1	SLE-QP2	Min	-1014.3	-4.9	-2.9	-9.2	-85.4
1	SLE-QP3	Max	-863.8	4.5	7.7	3.6	-107.9
1	SLE-QP3	Min	-863.8	4.5	7.7	3.6	-107.9
1	ENV-SLE-QP	Max	-863.8	4.5	7.7	3.6	-80.6
1	ENV-SLE-QP	Min	-1014.3	-4.9	-2.9	-9.2	-107.9
2	SLE-QP1	Max	-994.3	-0.4	1.6	-2.8	-80.6
2	SLE-QP1	Min	-994.3	-0.4	1.6	-2.8	-80.6
2	SLE-QP2	Max	-1008.6	-4.9	-2.9	-9.1	-85.5
2	SLE-QP2	Min	-1008.6	-4.9	-2.9	-9.1	-85.5
2	SLE-QP3	Max	-877.1	4.5	7.7	3.7	-107.9
2	SLE-QP3	Min	-877.1	4.5	7.7	3.7	-107.9
2	ENV-SLE-QP	Max	-877.1	4.5	7.7	3.7	-80.6
2	ENV-SLE-QP	Min	-1008.6	-4.9	-2.9	-9.1	-107.9
3	SLE-QP1	Max	-994.8	-0.4	1.7	-2.7	-80.6
3	SLE-QP1	Min	-994.8	-0.4	1.7	-2.7	-80.6
3	SLE-QP2	Max	-1000.8	-4.9	-2.8	-9.0	-85.4
3	SLE-QP2	Min	-1000.8	-4.9	-2.8	-9.0	-85.4
3	SLE-QP3	Max	-888.3	4.5	7.8	3.8	-108.0
3	SLE-QP3	Min	-888.3	4.5	7.8	3.8	-108.0
3	ENV-SLE-QP	Max	-888.3	4.5	7.8	3.8	-80.6
3	ENV-SLE-QP	Min	-1000.8	-4.9	-2.8	-9.0	-108.0
4	SLE-QP1	Max	-1233.4	-0.3	1.6	-3.0	-80.4
4	SLE-QP1	Min	-1233.4	-0.3	1.6	-3.0	-80.4
4	SLE-QP2	Max	-1241.3	-4.9	-2.9	-9.3	-85.3
4	SLE-QP2	Min	-1241.3	-4.9	-2.9	-9.3	-85.3
4	SLE-QP3	Max	-1219.3	4.5	7.7	3.5	-107.8
4	SLE-QP3	Min	-1219.3	4.5	7.7	3.5	-107.8
4	ENV-SLE-QP	Max	-1219.3	4.5	7.7	3.5	-80.4
4	ENV-SLE-QP	Min	-1241.3	-4.9	-2.9	-9.3	-107.8
5	SLE-QP1	Max	-1242.9	-0.4	1.6	-2.8	-80.6
5	SLE-QP1	Min	-1242.9	-0.4	1.6	-2.8	-80.6
5	SLE-QP2	Max	-1242.4	-4.9	-2.9	-9.1	-85.4
5	SLE-QP2	Min	-1242.4	-4.9	-2.9	-9.1	-85.4
5	SLE-QP3	Max	-1239.4	4.5	7.7	3.7	-107.9
5	SLE-QP3	Min	-1239.4	4.5	7.7	3.7	-107.9
5	ENV-SLE-QP	Max	-1239.4	4.5	7.7	3.7	-80.6
5	ENV-SLE-QP	Min	-1242.9	-4.9	-2.9	-9.1	-107.9
6	SLE-QP1	Max	-1236.5	-0.3	1.7	-2.6	-80.5
6	SLE-QP1	Min	-1236.5	-0.3	1.7	-2.6	-80.5
6	SLE-QP2	Max	-1227.8	-4.9	-2.8	-8.9	-85.3
6	SLE-QP2	Min	-1227.8	-4.9	-2.8	-8.9	-85.3
6	SLE-QP3	Max	-1243.8	4.5	7.8	3.9	-107.8
6	SLE-QP3	Min	-1243.8	4.5	7.8	3.9	-107.8
6	ENV-SLE-QP	Max	-1227.8	4.5	7.8	3.9	-80.5
6	ENV-SLE-QP	Min	-1243.8	-4.9	-2.8	-8.9	-107.8
7	SLE-QP1	Max	-1473.6	-0.3	1.6	-2.9	-80.3
7	SLE-QP1	Min	-1473.6	-0.3	1.6	-2.9	-80.3
7	SLE-QP2	Max	-1466.7	-4.8	-2.9	-9.3	-85.1
7	SLE-QP2	Min	-1466.7	-4.8	-2.9	-9.3	-85.1
7	SLE-QP3	Max	-1573.2	4.6	7.7	3.6	-107.6
7	SLE-QP3	Min	-1573.2	4.6	7.7	3.6	-107.6
7	ENV-SLE-QP	Max	-1466.7	4.6	7.7	3.6	-80.3
7	ENV-SLE-QP	Min	-1573.2	-4.8	-2.9	-9.3	-107.6
8	SLE-QP1	Max	-1476.4	-0.3	1.7	-2.7	-80.3
8	SLE-QP1	Min	-1476.4	-0.3	1.7	-2.7	-80.3
8	SLE-QP2	Max	-1461.2	-4.8	-2.9	-9.1	-85.1
8	SLE-QP2	Min	-1461.2	-4.8	-2.9	-9.1	-85.1
8	SLE-QP3	Max	-1586.8	4.6	7.8	3.7	-107.6
8	SLE-QP3	Min	-1586.8	4.6	7.8	3.7	-107.6
8	ENV-SLE-QP	Max	-1461.2	4.6	7.8	3.7	-80.3
8	ENV-SLE-QP	Min	-1586.8	-4.8	-2.9	-9.1	-107.6
9	SLE-QP1	Max	-1476.7	-0.3	1.7	-2.6	-80.4
9	SLE-QP1	Min	-1476.7	-0.3	1.7	-2.6	-80.4
9	SLE-QP2	Max	-1453.2	-4.8	-2.8	-8.9	-85.1
9	SLE-QP2	Min	-1453.2	-4.8	-2.8	-8.9	-85.1
9	SLE-QP3	Max	-1597.8	4.6	7.8	3.9	-107.7
9	SLE-QP3	Min	-1597.8	4.6	7.8	3.9	-107.7
9	ENV-SLE-QP	Max	-1453.2	4.6	7.8	3.9	-80.4
9	ENV-SLE-QP	Min	-1597.8	-4.8	-2.8	-8.9	-107.7

14.7.4 Sintesi dei risultati allo SLE

Nelle seguenti tabelle si riportano le sollecitazioni di sforzo assiale, taglio e momento agenti in testa palo ritenute più significative, sia per lo stato limite SLE frequente (SLE-FR) che per lo stato limite SLE quasi permanente (SLE-QP). Tali gruppi di sollecitazioni sono evidenziati in arancione al paragrafo 0.

Si riporta inoltre il numero di palo corrispondente in cui si verifica le sollecitazioni considerate.

Tabella 153: Sollecitazioni allo SLE - FR di riferimento.

Stato limite	Sforzo Normale, N_{Ed} [kN]	Momento, M_{Edz} [kNm]	Momento, M_{Edy} [kNm]	N° palo
SLE - FR ($N_{max}; M_z; M_y$)	2118.61	2.77	196.50	9
SLE - FR ($N_{min}; M_z; M_y$)	741.15	-11.51	42.76	1
SLE - FR ($N; M_{zmax}; M_y$)	1963.47	18.63	169.75	7
SLE - FR ($N; M_{zmin}; M_y$)	1558.177	-12.1502	42.8403	9
SLE - FR ($N; M_z; M_{ymax}$)	1568.274	2.952	197.111	5
SLE - FR ($N; M_z; M_{ymin}$)	1412.575	-4.0002	9.6519	7

Tabella 154: Sollecitazioni allo SLE - QP di riferimento.

Stato limite	Sforzo Normale, N_{Ed} [kN]	Momento, M_{Edz} [kNm]	Momento, M_{Edy} [kNm]	N° palo
SLE - QP ($N_{max}; M_z; M_y$)	1597.75	-3.92	107.67	9
SLE - QP ($N_{min}; M_z; M_y$)	863.82	-3.56	107.88	1
SLE - QP ($N; M_{zmax}; M_y$)	1241.31	9.29	85.29	4
SLE - QP ($N; M_{zmin}; M_y$)	1597.75	-3.9184	107.6711	9
SLE - QP ($N; M_z; M_{ymax}$)	888.341	-3.7736	107.9607	3
SLE - QP ($N; M_z; M_{ymin}$)	1473.629	2.9103	80.28	7

Nella seguente tabella si riportano gli spostamenti verticali (u_x) e orizzontali (u_y e u_z) per lo stato limite SLE quasi permanente (SLE-QP), ricavati dal modello strutturale. Tali spostamenti sono relativi al palo isolato, non tengono quindi in conto dell'effetto gruppo.

Tabella 155: Spostamenti allo SLE - QP.

	$u_{z,max}$ [cm]	$u_{y,max}$ [cm]	$u_{x,max,comp}$ [cm]	$u_{x,max,traz}$ [cm]
SLE - QP	0.07	0.01	0.45	-
	7	1	9	-

14.7.5 Sintesi dei risultati allo SLU-A1

Nelle seguenti tabelle si riportano le sollecitazioni di sforzo assiale, taglio e momento agenti in testa a ciascun palo per lo stato limite ultimo SLU-A1.

Nelle seguenti tabelle si riportano le sollecitazioni di sforzo assiale, taglio e momento agenti in testa palo ritenute più significative per lo stato limite ultimo SLU-A1.

Tali gruppo di sollecitazioni sono evidenziati in arancione al paragrafo 0.

Si riporta inoltre il numero di palo corrispondente in cui si verifica le sollecitazioni considerate.

Tabella 156: Sollecitazioni allo SLU-A1 di riferimento.

	N° palo	N [kN]	M_z [kNm]	M_y [kNm]	V_z [kNm]	V_y [kNm]
SLU - A1 ($N_{max}; M_z; M_y; V_z; V_y$)	7	3241.5	21.1	366.8	68.9	3.6
SLU - A1 ($N_{min}; M_z; M_y; V_z; V_y$)	3	467.3	-23.6	-140.7	-120.7	-17.4
SLU - A1 ($N; M_{z,max}; M_y; V_z; V_y$)	7	2991.7	43.8	338.0	127.5	22.3
SLU - A1 ($N; M_{z,min}; M_y; V_z; V_y$)	9	1758.5	-34.7	-80.0	-127.7	-27.6
SLU - A1 ($N; M_z; M_{y,max}; V_z; V_y$)	3	2241.2	22.2	381.1	115.1	5.2
SLU - A1 ($N; M_z; M_{y,min}; V_z; V_y$)	9	1086.4	-26.2	-141.2	-120.9	-18.6
SLU - A1 ($N; M_z; M_y; V_{z,max}; V_y$)	3	2429.2	40.6	340.3	128.7	20.9
SLU - A1 ($N; M_z; M_y; V_{z,min}; V_y$)	9	1758.5	-34.7	-80.0	-127.7	-27.6
SLU - A1 ($N; M_z; M_y; V_z; V_{y,max}$)	7	2991.7	43.8	338.0	127.5	22.3
SLU - A1 ($N; M_z; M_y; V_z; V_{y,min}$)	9	1996.5	-33.1	-3.0	-85.5	-28.8

14.7.6 Sintesi dei risultati allo SLV

Nelle seguenti tabelle si riportano le sollecitazioni di sforzo assiale, taglio e momento agenti in testa a ciascun palo per lo stato limite ultimo SLV.

Nelle seguenti tabelle si riportano le sollecitazioni di sforzo assiale, taglio e momento agenti in testa palo ritenute più significative per lo stato limite ultimo SLV.

Tali gruppo di sollecitazioni sono evidenziati in arancione al paragrafo 0.

Si riporta inoltre il numero di palo corrispondente in cui si verifica le sollecitazioni considerate.

Tabella 157: Sollecitazioni allo SLV di riferimento.

	N° palo	N [kN]	M _z [kNm]	M _y [kNm]	V _z [kNm]	V _y [kNm]
SLV (N _{max} ; M _z ; M _y ; V _z ; V _y)	7	2013.2	127.9	315.6	142.3	73.1
SLV (N _{min} ; M _z ; M _y ; V _z ; V _y)	3	431.7	-134.7	-101.1	-152.0	-88.3
SLV (N; M _{z,max} ; M _y ; V _z ; V _y)	7	1832.0	238.4	191.4	77.5	153.6
SLV (N; M _{z,min} ; M _y ; V _z ; V _y)	9	1202.7	-233.0	1.5	-77.2	-158.5
SLV (N; M _z ; M _{y,max} ; V _z ; V _y)	3	1345.0	127.2	317.0	143.0	72.8
SLV (N; M _z ; M _{y,min} ; V _z ; V _y)	9	1068.7	-128.8	-128.8	-147.3	-82.5
SLV (N; M _z ; M _y ; V _{z,max} ; V _y)	3	1457.5	139.9	294.5	152.4	83.4
SLV (N; M _z ; M _y ; V _{z,min} ; V _y)	9	1189.8	-135.3	-101.5	-152.1	-88.6
SLV (N; M _z ; M _y ; V _z ; V _{y,max})	7	1832.0	238.4	191.4	77.5	153.6
SLV (N; M _z ; M _y ; V _z ; V _{y,min})	9	1202.7	-233.0	1.5	-77.2	-158.5

14.7.7 Verifiche di tipo STRU dei pali (SLU A1+M1+R3/SLV)

Nel seguito si riportano le verifiche allo SLU nei confronti del raggiungimento della resistenza strutturale dei pali di fondazione.

14.7.7.1 Condizioni di verifica

Le sollecitazioni riportate nei paragrafi precedenti sono relative al palo isolato. Per tenere in conto dell'effetto gruppo lo sforzo flessionale e di taglio sono amplificati di un fattore C_m, valutato sulla base di quanto riportato al paragrafo 14.3.2. Il fattore di amplificazione risulta pari a 1.26.

Nelle seguenti tabelle si riassumono, per gli stati limite considerati, i gruppi di sollecitazioni significative amplificate di tale coefficiente.

Tabella 158: Sollecitazioni di verifica con riferimento allo SLU-A1.

	N° palo	N [kN]	M _z [kNm]	M _y [kNm]	V _z [kNm]	V _y [kNm]
SLU - A1 (N _{max} ;M _z ; M _y ;V _z ;V _y)	7	3241.5	26.5	461.5	86.7	4.6
SLU - A1 (N _{min} ;M _z ; M _y ;V _z ;V _y)	3	467.3	-29.7	-177.1	-151.9	-21.9
SLU - A1 (N;M _{z,max} ; M _y ;V _z ;V _y)	7	2991.7	55.1	425.2	160.4	28.0
SLU - A1 (N;M _{z,min} ; M _y ;V _z ;V _y)	9	1758.5	-43.6	-100.7	-160.7	-34.8
SLU - A1 (N;M _z ; M _{y,max} ;V _z ;V _y)	3	2241.2	27.9	479.5	144.8	6.6
SLU - A1 (N;M _z ; M _{y,min} ;V _z ;V _y)	9	1086.4	-33.0	-177.7	-152.1	-23.3
SLU - A1 (N;M _z ; M _y ;V _{z,max} ;V _y)	3	2429.2	51.1	428.2	161.9	26.3
SLU - A1 (N;M _z ; M _y ;V _{z,min} ;V _y)	9	1758.5	-43.6	-100.7	-160.7	-34.8
SLU - A1 (N;M _z ; M _y ;V _z ;V _{y,max})	7	2991.7	55.1	425.2	160.4	28.0
SLU - A1 (N;M _z ; M _y ;V _z ;V _{y,min})	9	1996.5	-41.7	-3.8	-107.6	-36.3

Tabella 159: Sollecitazioni di verifica con riferimento allo SLV.

	N° palo	N [kN]	M _z [kNm]	M _y [kNm]	V _z [kNm]	V _y [kNm]
SLV (N _{max} ;M _z ; M _y ;V _z ;V _y)	7	2013.215	160.9172	397.0793	178.9964	91.94743
SLV (N _{min} ;M _z ; M _y ;V _z ;V _y)	3	431.683	-169.494	-127.24	-191.236	-111.102
SLV (N;M _{z,max} ; M _y ;V _z ;V _y)	7	1832.004	300.0092	240.8092	97.51909	193.2942
SLV (N;M _{z,min} ; M _y ;V _z ;V _y)	9	1202.681	-293.22	1.900252	-97.1127	-199.401
SLV (N;M _z ; M _{y,max} ;V _z ;V _y)	3	1344.999	159.9976	398.9287	179.9955	91.58882
SLV (N;M _z ; M _{y,min} ;V _z ;V _y)	9	1068.746	-162.093	-162.066	-185.305	-103.758
SLV (N;M _z ; M _y ;V _{z,max} ;V _y)	3	1457.456	176.063	370.5833	191.8208	104.9303
SLV (N;M _z ; M _y ;V _{z,min} ;V _y)	9	1189.75	-170.268	-127.701	-191.407	-111.436
SLV (N;M _z ; M _y ;V _z ;V _{y,max})	7	1832.004	300.0092	240.8092	97.51909	193.2942
SLV (N;M _z ; M _y ;V _z ;V _{y,min})	9	1202.681	-293.22	1.900252	-97.1127	-199.401

14.7.7.2 Verifica allo SLU in condizioni statiche a pressoflessione

La verifica a pressoflessione di seguito riportata è condotta con riferimento alle combinazioni SLU (A1+M1+R3, con γ_R unitari). L'armatura prevista è riassunta in Tabella 160.

Tabella 160: Armatura prevista palo di fondazione.

Numero Gabbia	Lunghezza gabbia [m]	Armatura
1	12.0	20Φ20
2	8.30	20Φ20

In Figura 81 sono diagrammate le sollecitazioni di sforzo normale e momento flettente all'interno del dominio di resistenza M-N, risulta che:

$$R_d \geq E_d,$$

dove:

R_d = resistenza di progetto;

E_d = valore di progetto delle azioni.

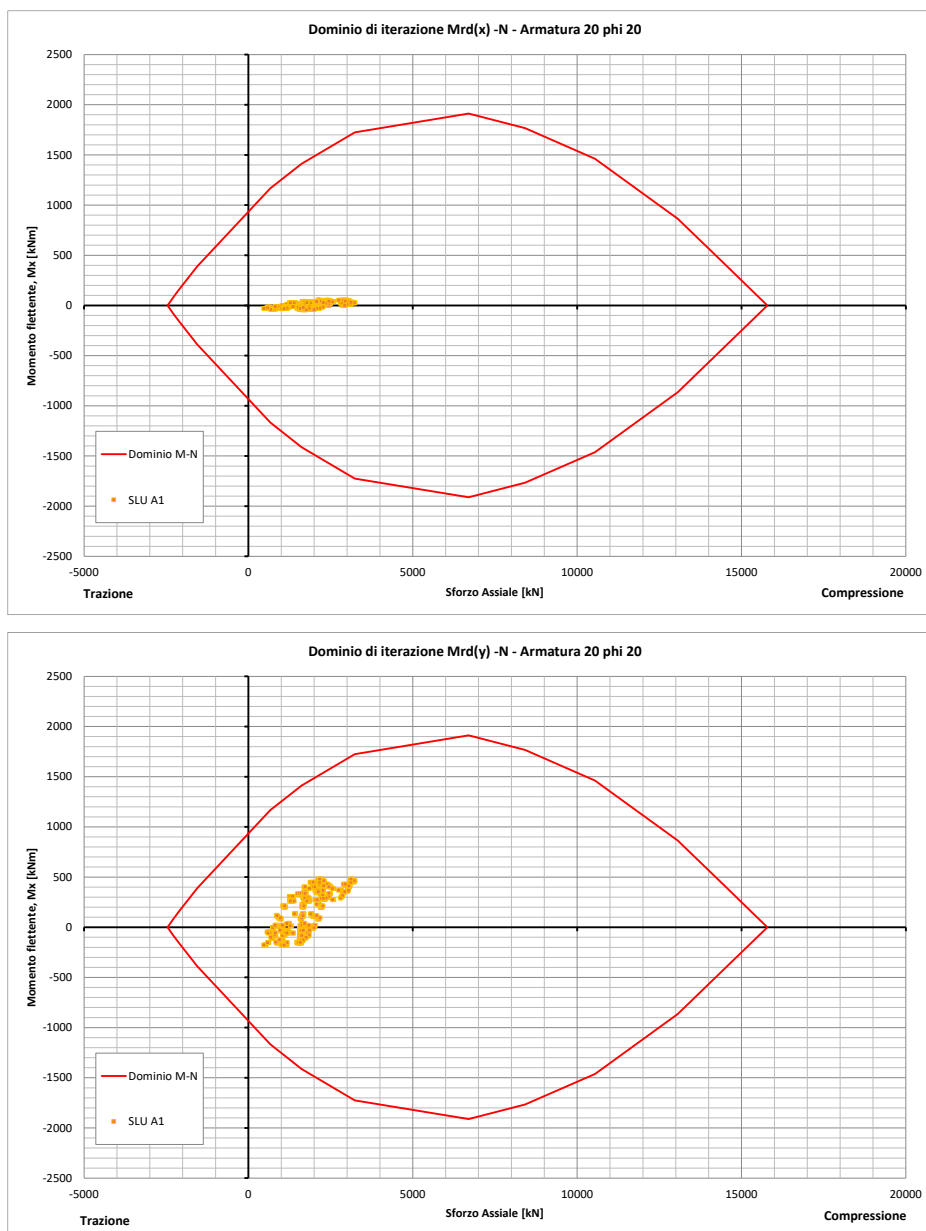


Figura 81: Verifica a pressoflessione- condizione statica.

14.7.7.3 Verifica allo SLU in condizioni sismiche a pressoflessione

La verifica a pressoflessione di seguito riportata è condotta con riferimento a quanto indicato al paragrafo 14.2.1. L'armatura prevista è riassunta in Tabella 160.

In Figura 82 sono diagrammate le sollecitazioni di sforzo normale e momento flettente all'interno del dominio di resistenza $N-M'_{yd}$ in campo sostanzialmente elastico, risulta che:

$$R_d \geq E_d,$$

dove:

R_d = resistenza di progetto;

E_d = valore di progetto delle azioni.

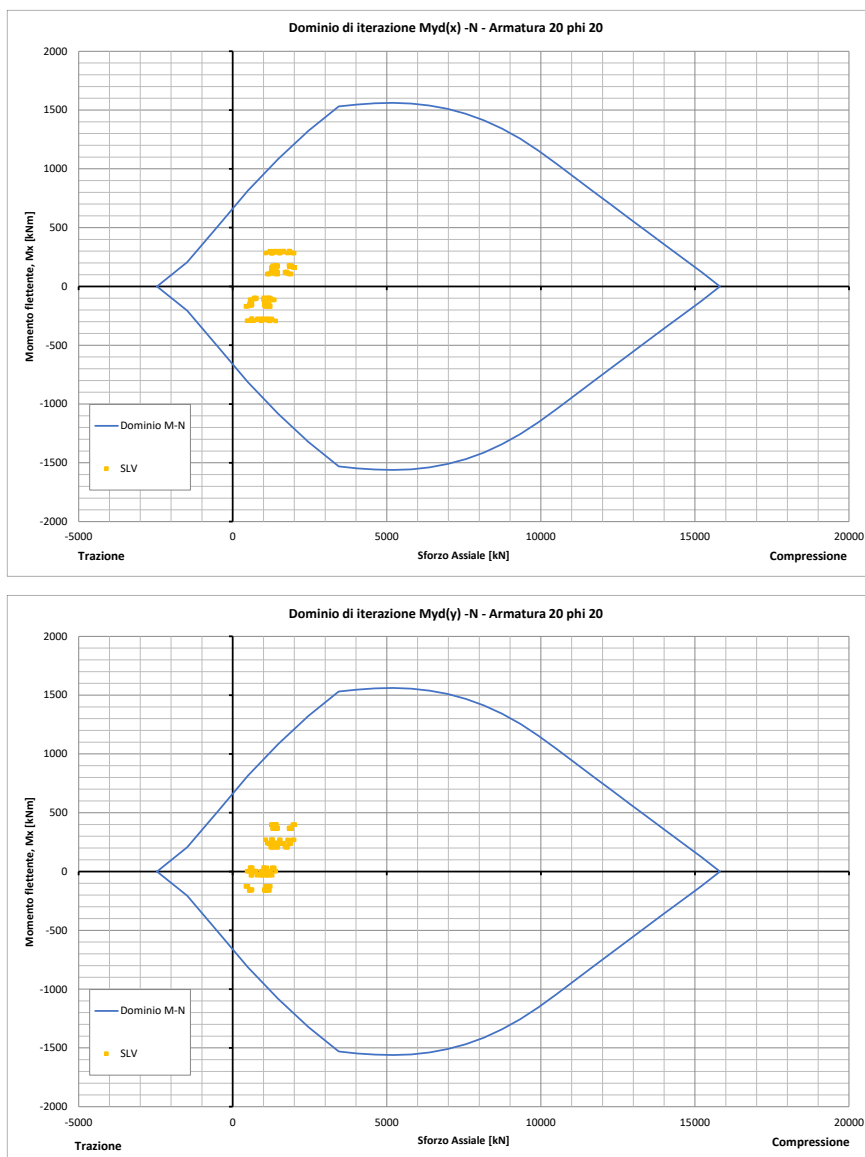


Figura 82: Verifica a pressoflessione- condizione sismica.

14.7.7.4 Verifica a taglio

La verifica a taglio di seguito riportata è condotta con riferimento alle combinazioni SLU (A1+M1+R3) e SLV. L'armatura prevista a taglio è costituita da $\Phi 10/200$ mm.

CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio: Circolare
Classe Conglomerato: C30/37

Raggio circ.: 50.0 cm
X centro circ.: 0.0 cm
Y centro circ.: 0.0 cm

DATI GENERAZIONI CIRCOLARI DI BARRE

N°Gen. Numero assegnato alla singola generazione circolare di barre
Xcentro Ascissa [cm] del centro della circonferenza lungo cui sono disposte le barre generate
Ycentro Ordinata [cm] del centro della circonferenza lungo cui sono disposte le barre generate
Raggio Raggio [cm] della circonferenza lungo cui sono disposte le barre generate
N°Barre Numero di barre generate equidistanti disposte lungo la circonferenza
 \emptyset Diametro [mm] della singola barra generata

N°Gen.	Xcentro	Ycentro	Raggio	N°Barre	\emptyset
1	0.0	0.0	42.0	20	20

ARMATURE A TAGLIO

Diametro staffe: 10 mm
Passo staffe: 20.0 cm
Staffe: Una sola staffa chiusa perimetrale

ST.LIM.ULTIMI - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)
Mx Momento flettente [daNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.
My Momento flettente [daNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.
Vy Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia y
Vx Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia x

N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	3241.50	26.51	461.52	86.73	4.57
2	467.33	-29.68	-177.10	-151.92	-21.91
3	2991.72	55.13	425.24	160.40	28.00
4	1758.51	-43.60	-100.70	-160.70	-34.78
5	2241.20	27.88	479.55	144.78	6.56
6	1086.41	-33.00	-177.70	-152.12	-23.35
7	2429.24	51.08	428.23	161.90	26.29
8	1758.51	-43.60	-100.70	-160.70	-34.78
9	2991.72	55.13	425.24	160.40	28.00
10	1996.46	-41.65	-3.83	-107.61	-36.27
11	2013.22	160.92	397.08	179.00	91.95
12	431.68	-169.49	-127.24	-191.24	-111.10
13	1832.00	300.01	240.81	97.52	193.29
14	1202.68	-293.22	1.90	-97.11	-199.40
15	1345.00	160.00	398.93	180.00	91.59
16	1068.75	-162.09	-162.07	-185.31	-103.76
17	1457.46	176.06	370.58	191.82	104.93
18	1189.75	-170.27	-127.70	-191.41	-111.44
19	1832.00	300.01	240.81	97.52	193.29
20	1202.68	-293.22	1.90	-97.11	-199.40

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - VERIFICHE A TAGLIO

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

V7 – Viadotto Baucina – Relazione sottostrutture

Passo staffe: 20.0 cm [Passo massimo di normativa = 24.0 cm]

Ver S = comb. verificata a taglio / N = comb. non verificata
Vsdu Taglio di progetto [kN] = proiezz. di Vx e Vy sulla normale all'asse neutro
Vcd Taglio resistente ultimo [kN] lato conglomerato compresso [(4.1.19) NTC]
Vwd Taglio resistente [kN] assorbito dalle staffe [(4.1.18) NTC]
Dmed Altezza utile media pesata [cm] valutata lungo strisce ortog. all'asse neutro.
Vengono prese nella media le strisce con almeno un estremo compresso.
I pesi della media sono costituiti dalle stesse lunghezze delle strisce.
bw Larghezza media resistente a taglio [cm] misurate parallel. all'asse neutro
E' data dal rapporto tra l'area delle sopradette strisce resistenti e Dmed.
Teta Angolo [gradi sessadec.] di inclinazione dei puntoni di conglomerato
Acw Coefficiente maggiorativo della resistenza a taglio per compressione
Ast Area staffe+legature strettam. necessarie a taglio per metro di pil.[cm²/m]
A.Eff Area staffe+legature efficaci nella direzione del taglio di combinaz.[cm²/m]
Tra parentesi è indicata la quota dell'area relativa alle sole legature.
L'area della legatura è ridotta col fattore L/d_max con L=lungh.legat.proietta-
ta sulla direz. del taglio e d_max= massima altezza utile nella direz.del taglio.

N°Comb	Ver	Vsdu	Vcd	Vwd	Dmed	bw	Teta	Acw	Ast	A.Eff
1	S	9.54	2325.15	543.66	77.1	92.0	21.80°	1.243	0.1	8.0(0.0)
2	S	46.72	1804.22	572.33	80.4	82.2	21.80°	1.035	0.7	8.1(0.0)
3	S	48.39	2276.98	550.00	77.5	91.0	21.80°	1.224	0.7	8.1(0.0)
4	S	95.77	2070.63	554.33	78.4	88.5	21.80°	1.132	1.4	8.0(0.0)
5	S	14.95	2156.11	549.46	77.9	89.8	21.80°	1.168	0.2	8.0(0.0)
6	S	50.73	1935.71	563.67	79.4	85.5	21.80°	1.081	0.7	8.1(0.0)
7	S	45.28	2198.61	549.31	77.5	91.0	21.80°	1.182	0.7	8.1(0.0)
8	S	95.77	2070.63	554.33	78.4	88.5	21.80°	1.132	1.4	8.0(0.0)
9	S	48.39	2276.98	550.00	77.5	91.0	21.80°	1.224	0.7	8.1(0.0)
10	S	110.48	2122.27	550.84	77.9	89.8	21.80°	1.150	1.6	8.0(0.0)
11	S	152.45	2124.59	549.91	77.9	89.8	21.80°	1.151	2.2	8.0(0.0)
12	S	219.64	1772.94	569.71	80.9	80.4	21.80°	1.032	3.1	8.0(0.0)
13	S	197.04	2080.70	552.50	78.4	88.5	21.80°	1.137	2.9	8.0(0.0)
14	S	95.82	1951.30	558.89	79.4	85.5	21.80°	1.090	1.4	8.0(0.0)
15	S	152.01	1993.27	556.59	78.9	87.0	21.80°	1.101	2.2	8.0(0.0)
16	S	204.41	1933.34	565.84	79.4	85.5	21.80°	1.080	2.9	8.1(0.0)
17	S	177.09	2008.52	560.01	78.9	87.0	21.80°	1.109	2.5	8.1(0.0)
18	S	219.99	1949.57	558.94	79.4	85.5	21.80°	1.089	3.1	8.0(0.0)
19	S	197.04	2080.70	552.50	78.4	88.5	21.80°	1.137	2.9	8.0(0.0)
20	S	95.82	1951.30	558.89	79.4	85.5	21.80°	1.090	1.4	8.0(0.0)

14.7.8 Verifiche di tipo SLE dei pali

Nel seguito si riportano le verifiche allo SLE in accordo con quanto riportato nel paragrafo 14.2.4..

14.7.8.1 Condizioni di verifica

Le sollecitazioni riportate nei paragrafi precedenti sono relative al palo isolato. Per tenere in conto dell'effetto gruppo lo sforzo flessionale e di taglio sono amplificati di un fattore C_m, valutato sulla base di quanto riportato al paragrafo 14.3.2. Il fattore di amplificazione risulta pari a 1.26.

Nelle seguenti tabelle si riassumono, per gli stati limite di esercizio considerati, i gruppi di sollecitazioni significative amplificate di tale coefficiente. Per tali gruppi di sollecitazioni è stata effettuata la verifica allo stato limite di esercizio. In particolare si fa riferimento alle sollecitazioni aumentate per effetto gruppo.

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

V7 – Viadotto Baucina – Relazione sottostrutture

Tabella 161: Sollecitazioni di riferimento allo SLE-QP.

Stato limite	N° palo	N [kN]	M _z [kNm]	M _y [kNm]
SLE - QP (N _{max} ;M _z ; M _y)	9	1597.75	-4.93044	135.4802
SLE - QP (N _{min} ;M _z ;M _y)	1	863.817	-4.4767	135.7471
SLE - QP (N;M _{zmax} ;M _y)	4	1241.308	11.68714	107.3152
SLE - QP (N;M _{zmin} ;M _y)	9	1597.75	-4.93044	135.4802
SLE - QP (N;M _z ;M _y max)	3	888.341	-4.74824	135.8446
SLE - QP (N;M _z ;M _y min)	7	1473.629	3.661967	101.0146

Tabella 162: Sollecitazioni di riferimento allo SLE-FR.

Stato limite	N° palo	N [kN]	M _z [kNm]	M _y [kNm]
SLE - FR (N _{max} ;M _z ; M _y)	9	2118.608	3.488577	247.2557
SLE - FR (N _{min} ;M _z ;M _y)	1	741.149	-14.4858	53.79819
SLE - FR (N;M _{zmax} ;M _y)	7	1963.467	23.43858	213.5956
SLE - FR (N;M _{zmin} ;M _y)	9	1558.177	-15.28833	53.90502
SLE - FR (N;M _z ;M _y max)	5	1568.274	3.714438	248.0205
SLE - FR (N;M _z ;M _y min)	7	1412.575	-5.033365	12.14478

14.7.8.2 Verifiche allo SLE di tipo strutturale

Si riportano nel seguito le verifiche SLE di tipo strutturale.

CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio: Circolare
Classe Conglomerato: C30/37

Raggio circ.: 50.0 cm
X centro circ.: 0.0 cm
Y centro circ.: 0.0 cm

DATI GENERAZIONI CIRCOLARI DI BARRE

N°Gen. Numero assegnato alla singola generazione circolare di barre
Xcentro Ascissa [cm] del centro della circonferenza lungo cui sono disposte le barre generate
Ycentro Ordinata [cm] del centro della circonferenza lungo cui sono disposte le barre generate
Raggio Raggio [cm] della circonferenza lungo cui sono disposte le barre generate
N°Barre Numero di barre generate equidist. disposte lungo la circonferenza
Ø Diametro [mm] della singola barra generata

N°Gen.	Xcentro	Ycentro	Raggio	N°Barre	Ø
1	0.0	0.0	42.0	20	20

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotatoria Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

V7 – Viadotto Baucina – Relazione sottostrutture

COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	2118.61	3.49	247.26
2	741.15	-14.49	53.80
3	1963.47	23.44	213.60
4	1558.18	-15.29	53.91
5	1568.27	3.71	248.02
6	1412.58	-5.03	12.14

COMB. FREQUENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	2118.61	3.49 (0.00)	247.26 (0.00)
2	741.15	-14.49 (0.00)	53.80 (0.00)
3	1963.47	23.44 (0.00)	213.60 (0.00)
4	1558.18	-15.29 (0.00)	53.91 (0.00)
5	1568.27	3.71 (28.47)	248.02 (1903.55)
6	1412.58	-5.03 (0.00)	12.14 (0.00)

COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	1597.75	-4.93 (0.00)	135.48 (0.00)
2	863.82	-4.48 (-64.60)	135.75 (1957.36)
3	1241.31	11.69 (0.00)	107.32 (0.00)
4	1597.75	-4.93 (0.00)	135.48 (0.00)
5	888.34	-4.75 (-79.11)	135.84 (2262.52)
6	1473.63	3.66 (0.00)	101.01 (0.00)

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

Ver S = comb. verificata/ N = comb. non verificata
Sc max Massima tensione (positiva se di compressione) nel conglomerato [Mpa]
Xc max, Yc max Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
Sf min Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [Mpa]
Xs min, Ys min Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)
Ac eff. Area di calcestruzzo [cm²] in zona tesa considerata aderente alle barre
As eff. Area barre [cm²] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure
D barre Distanza tre le barre tese [cm] ai fini del calcolo dell'apertura fessure
Beta12 Prodotto dei coeff. di aderenza delle barre Beta1*Beta2

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.	D barre	Beta12
1	S	4.56	50.0	0.0	9.0	-42.0	0.0	----	----	----	----
2	S	1.33	48.3	0.0	6.5	-39.9	13.0	----	----	----	----
3	S	4.10	49.7	0.0	10.0	-42.0	0.0	----	----	----	----
4	S	2.26	48.1	0.0	20.4	-39.9	13.0	----	----	----	----
5	S	3.96	50.0	0.0	-0.9	-42.0	0.0	----	----	----	----
6	S	1.72	46.2	0.0	22.6	-39.9	13.0	----	----	----	----

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.	D barre	Beta12
--------	-----	--------	--------	--------	--------	--------	--------	---------	---------	---------	--------

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotatoria Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

V7 – Viadotto Baucina – Relazione sottostrutture

1	S	4.56	50.0	0.0	9.0	-42.0	0.0	----	----	----	----
2	S	1.33	48.3	0.0	6.5	-39.9	13.0	----	----	----	----
3	S	4.10	49.7	0.0	10.0	-42.0	0.0	----	----	----	----
4	S	2.26	48.1	0.0	20.4	-39.9	13.0	----	----	----	----
5	S	3.96	50.0	0.0	-0.9	-42.0	0.0	----	----	----	----
6	S	1.72	46.2	0.0	22.6	-39.9	13.0	----	----	----	----

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§B.6.6 DM96]

La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a

fctm

Ver.	Esito della verifica
S1	Massima tensione [Mpa] di trazione nel calcestruzzo valutata in sezione non fessurata
S2	Minima tensione [Mpa] di trazione nel calcestruzzo valutata in sezione fessurata
k2	= 0.4 per barre ad aderenza migliorata
k3	= 0.125 per flessione e presso-flessione; $= (e1 + e2)/(2 * e1)$ per trazione eccentrica
Ø	Diametro [mm] medio delle barre tese comprese nell'area efficace Ac eff
Cf	Copri ferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa
Psi	$= 1 - \text{Beta}12 * (Ssr/Ss)^2 = 1 - \text{Beta}12 * (fctm/S2)^2 = 1 - \text{Beta}12 * (Mfess/M)^2$ [B.6.6 DM96]
e sm	Deformazione unitaria media tra le fessure [4.3.1.7.1.3 DM96]. Il valore limite = $0.4 * Ss/Es$ è tra parentesi
srm	Distanza media tra le fessure [mm]
wk	Valore caratteristico [mm] dell'apertura fessure = $1.7 * e \text{ sm} * srm$. Valore limite tra parentesi
MX fess.	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]
MY fess.	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]

Comb.	Ver	S1	S2	k3	Ø	Cf	Psi	e sm	srm	wk	Mx fess	My fess
1	S	0.3	0	----	----	----	----	----	----	----	0.00	
0.00												
2	S	0.4	0	----	----	----	----	----	----	----	0.00	
0.00												
3	S	0.4	0	----	----	----	----	----	----	----	0.00	
0.00												
4	S	1.3	0	----	----	----	----	----	----	----	0.00	
0.00												
5	S	-0.4	0	----	----	----	----	----	----	----	28.47	
1903.55												
6	S	1.5	0	----	----	----	----	----	----	----	0.00	
0.00												

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.	D barre	Beta12
1	S	3.00	50.0	0.0	12.4	-42.0	0.0	----	----	----	----
2	S	2.17	50.0	0.0	-0.4	-42.0	0.0	----	----	----	----
3	S	2.35	49.7	0.0	9.4	-42.0	0.0	----	----	----	----
4	S	3.00	50.0	0.0	12.4	-42.0	0.0	----	----	----	----
5	S	2.20	50.0	0.0	0.1	-42.0	0.0	----	----	----	----
6	S	2.56	50.0	0.0	14.0	-42.0	0.0	----	----	----	----

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§B.6.6 DM96]

Comb.	Ver	S1	S2	k3	Ø	Cf	Psi	e sm	srm	wk	Mx fess	My fess
1	S	0.6	0	----	----	----	----	----	----	----	0.00	
0.00												
2	S	-0.2	0	----	----	----	----	----	----	----	-64.60	
1957.36												
3	S	0.5	0	----	----	----	----	----	----	----	0.00	
0.00												
4	S	0.6	0	----	----	----	----	----	----	----	0.00	
0.00												
5	S	-0.2	0	----	----	----	----	----	----	----	-79.11	
2262.52												
6	S	0.8	0	----	----	----	----	----	----	----	0.00	
0.00												

14.7.8.3 Verifiche allo SLE in termini di spostamenti

Con riferimento a quanto riportato in Tabella 155, risulta che:

- spostamento verticale massimo, $u_{x\max}$: 0.45 cm
- spostamento orizzontale massimo $u_{y\max}$: 0.07 cm

Gli spostamenti sopra riportati sono relativi al palo isolato. Per tenere in conto dell'effetto gruppo, sia per carichi verticali che per carichi orizzontali, gli spostamenti sono amplificati come riportato rispettivamente al paragrafo 14.2.4.1 e al paragrafo 14.2.4.2.

In particolare, come riportato in Figura 83, il cedimento verticale del gruppo di pali risulta pari a 0.9 cm.

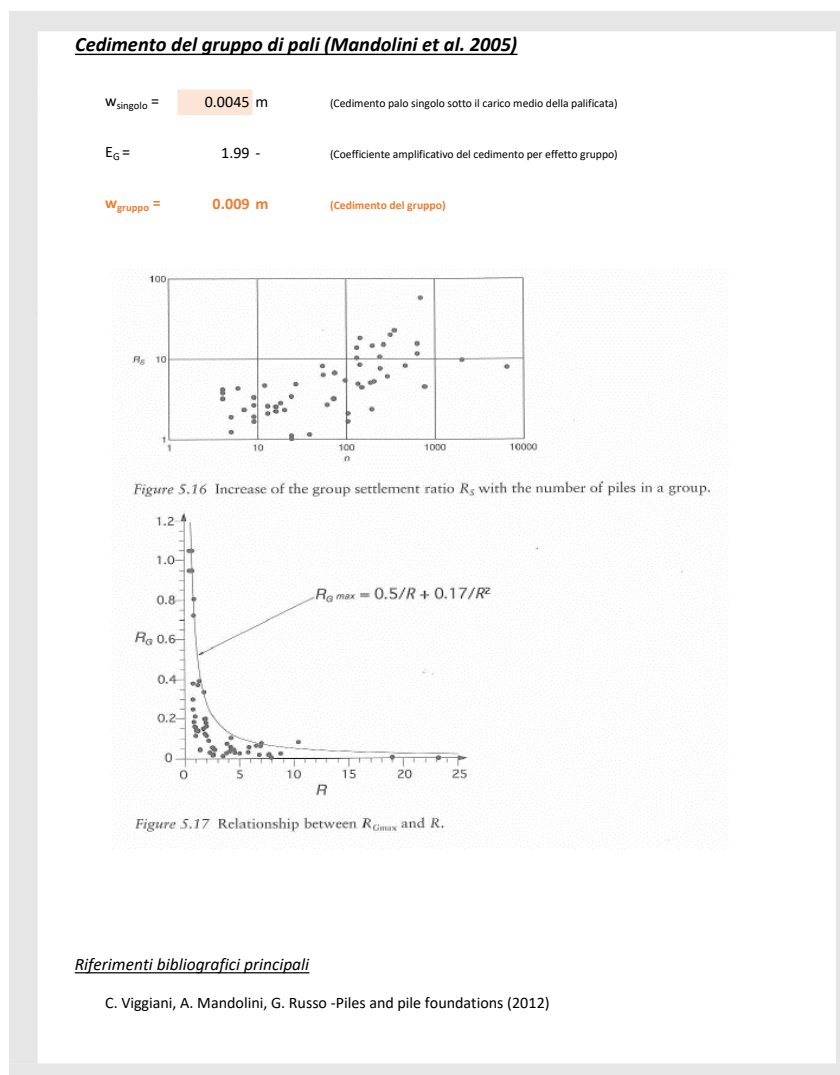


Figura 83: Cedimento verticale del gruppo di pali.

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotatoria Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

V7 – Viadotto Baucina – Relazione sottostrutture

Mentre lo spostamento orizzontale del gruppo di pali risulta pari a 0.17 cm.

<u>Coefficienti amplificativi spostamenti</u>	
<u>Prodedura amplificazione spostamenti orizzontali (Ooi & Duncan, 1994)</u>	
<u>Dati di input</u>	
Numero pali, N	9 -
Interasse pali, s	3 m
Diametro pali, D	1 m
Lunghezza pali, L	18 m
Carico totale agente sul gruppo, P_g	1500 kN
Carico medio agente sul singolo, P_s	166.6667 kN
Coesione non drenata, c_u	100 kPa
P_N	100
<u>Coefficiente di amplificazione degli spostamenti orizzontali, C_y</u>	
C_y	2.41

Figura 84: Coefficiente amplificativo dello spostamento orizzontale per gruppi di pali.

Gli spostamenti risultano essere compatibili con la funzionalità dell'opera.

14.7.9 Verifiche agli SLU di tipo geotecniche (GEO)

14.7.9.1 Verifica di capacità portante dei pali per carichi verticali

La verifica di capacità portante dei pali per carichi verticali è condotta secondo la modalità indicata al paragrafo 14.2.2.

Come riportato al capitolo 5, la struttura di fondazione della Pila 2 è costituita da pali trivellati di diametro 1000mm di lunghezza 18.0m

In Tabella 163 si riporta la capacità portante a compressione e a trazione del palo isolato.

Tabella 163: Capacità portante a compressione e a trazione dei pali di fondazione – Pila 2.

Capacità portante A1+M1+R3						
L_p m	Q_{ll} kN	Q_{bl} kN	W'_p kN	Q_u kN	$R_{cd,singolo}$ kN	$R_{td,singolo}$ kN
18	5894	2806	71	8629	4145	2844

Per la **Condizione di Verifica 1** (verifica di capacità portante del singolo palo) in Tabella 164 si riportano le sollecitazioni di sforzo assiale massime, sia per la condizione statica (A1 e A2) sia per la condizione sismica (SLV). È indicato il numero del palo in cui si verifica lo sforzo massimo.

Si riportano inoltre gli sforzi normali in condizione di esercizio (SLE)

Tabella 164: Sforzi normali massimi agenti.

	N_{max} [kN]	N_{min} [kN]
SLU - A1	3241,5	467,3
	7	3
SLV	2013,2	431,7
	7	3
SLE - FR	2118,6	741,1
	9	1
SLE - QP	1597,8	863,8
	9	1

In Tabella 165 si riporta la verifica di capacità portante per la Condizione 1. La verifica risulta soddisfatta.

Tabella 165: Pila 2: verifica di capacità portante per carichi verticali - Condizione di verifica 1.

Capacità portante SLU A1+M1+R3									
L _p m	Q _{ll} kN	Q _{bl} kN	W' _p kN	Q _u kN	R _{cd,singolo} kN	R _{td,singolo} kN		N _{max} kN	N _{min} kN
18	5894	2806	71	8629	4145	2844	>	3241,5	-

Capacità portante SLV									
L _p m	Q _{ll} kN	Q _{bl} kN	W' _p kN	Q _u kN	R _{cd,singolo} kN	R _{td,singolo} kN		N _{max} kN	N _{min} kN
18	5894	2806	71	8629	4145	2844	>	2013,2	-

Per la **Condizione di Verifica 2** (verifica di capacità portante del gruppo di pali) di seguito si riportano lo sforzo assiale massimo e il momento massimo, longitudinale (M_y) e trasversale (M_z), agente ad intradosso fondazione.

Tabella 166: Sforzi normali e momenti involuppo agenti ad intradosso fondazione.

	N [kN]	M _{z,max} [kNm]	M _{y,max} [kNm]
SLU - A1	17117,0	-774,6	-21727,8

	N [kN]	M _{z,max} [kNm]	M _{y,max} [kNm]
SLV	9715,2	-2185,4	-11671,6

Nelle seguenti figure si riporta la verifica di capacità portante dei pali in gruppo (Condizione di verifica 2). È stata considerata indipendente la direzione trasversale dalla direzione longitudinale. Le verifiche risultano soddisfatte.

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

V7 – Viadotto Baucina – Relazione sottostrutture

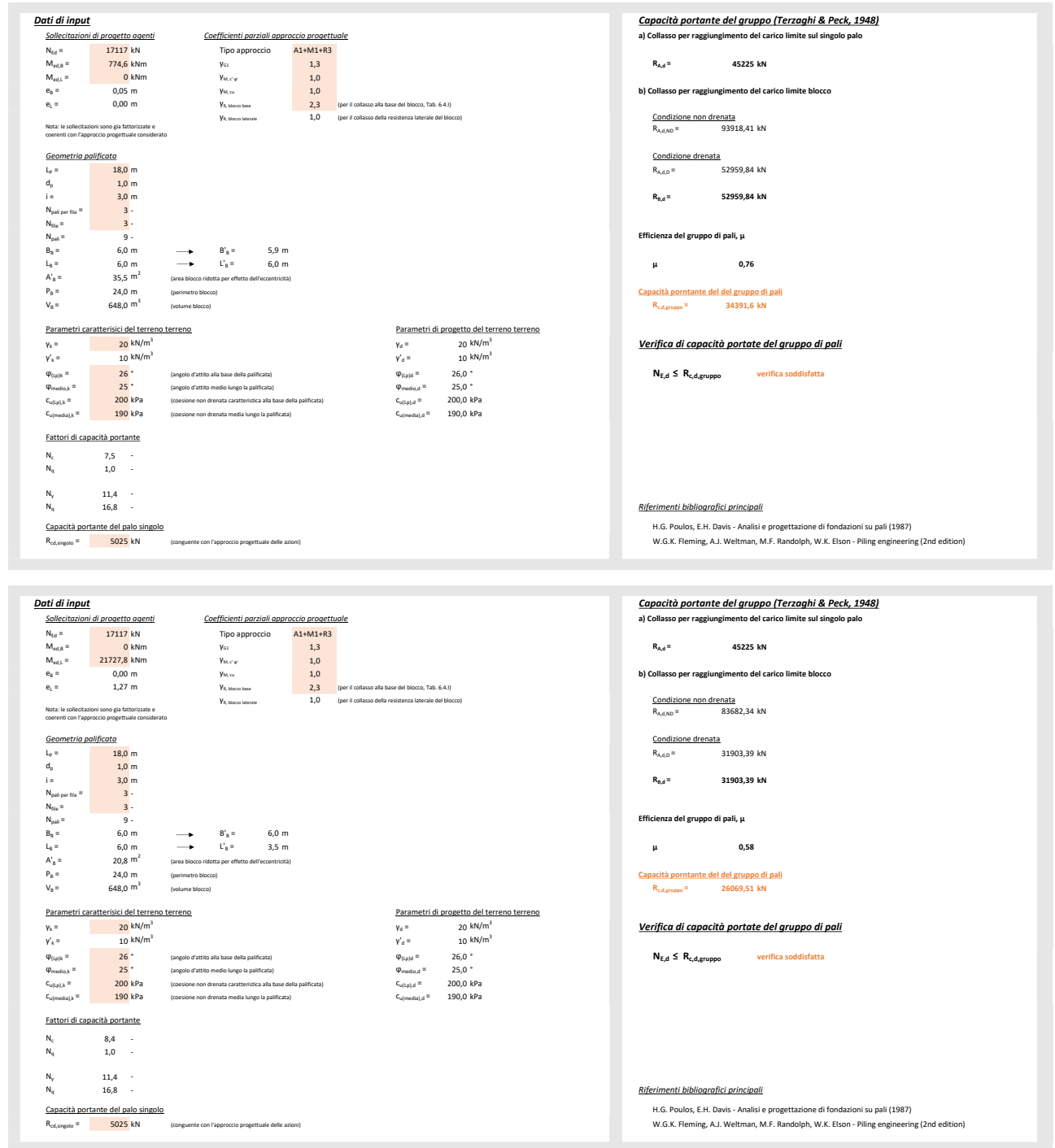


Figura 85: Pila 2: Condizione statica A1+M1+R3 - Condizione di verifica 2.

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

V7 – Viadotto Baucina – Relazione sottostrutture

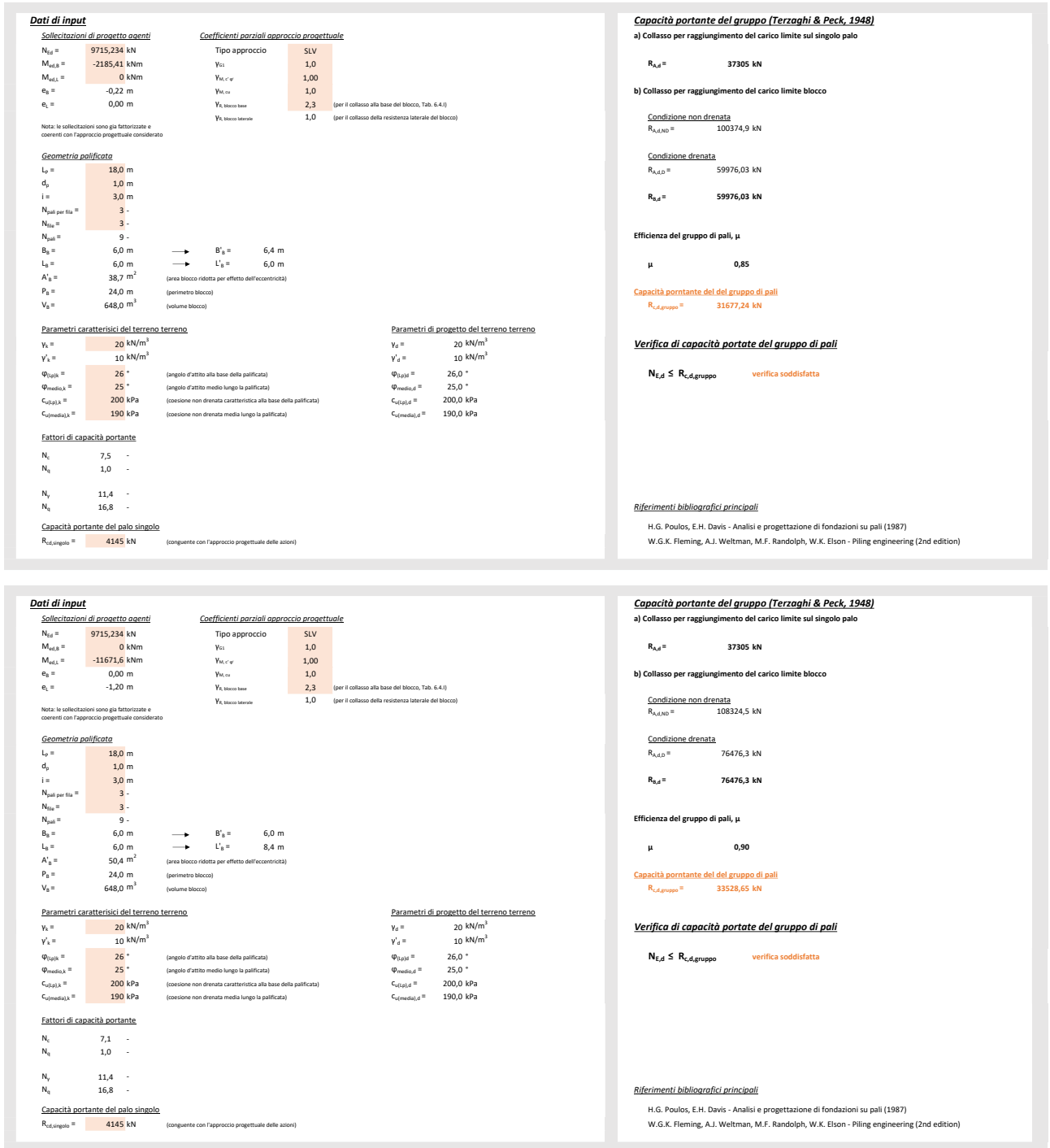


Figura 86: Pila 2: Condizione sismica A1+M1+R3 - Condizione di verifica 2.

14.7.9.2 Verifica di capacità portante dei pali per carichi orizzontali

La verifica di capacità portante dei pali per carichi orizzontali è condotta secondo la modalità indicata al paragrafo 14.2.3.

Le caratteristiche geometriche e meccaniche dei pali di fondazione sono riassunti nella seguente tabella.

Tabella 167: Caratteristiche geometriche e meccaniche dei pali di fondazione.

Diametro	1000 mm
Lunghezza	18.0m
Armatura a flessione	20Φ20

In Tabella 168 si riassumono, per ciascun palo, le azioni taglianti massime agenti ad intradosso fondazione per gli stati limite ultimi in condizione statica (SLU/A1+M1+R3) e in condizione sismica (SLV/A1+M1+R3).

Tabella 168: Sforzi di taglio massimo agente ad intradosso fondazione.

	V_{max} [kN]
SLU-A1	1242
SLV	1445

La capacità portante orizzontale del singolo palo è riportato di seguito per la condizione SLU/A1+M1+R3 e SLV/A1+M1+R3.

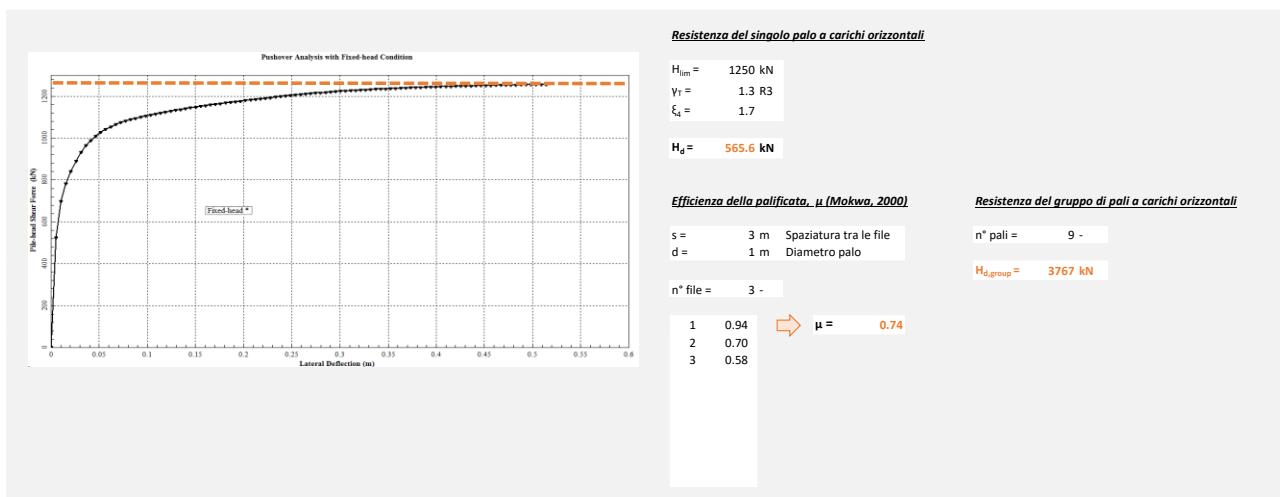


Figura 87: Pila 2: Capacità portante orizzontale - Condizione statica e simica A1+M1+R3.

In Tabella 169 si riporta la verifica a capacità portante per i carichi orizzontali; essa risulta soddisfatta.

Tabella 169: Pila 2: verifica di capacità portante per carichi orizzontali.

	V_d [kN]	<	$H_{d,singolo}$ [kN]
SLU – A1+M1+R3	1242	<	3767
SLV – A1+M1+R3	1445	<	3767

14.8 PILA 3: ANALISI E VERIFICA DELLA PALIFICATA

14.8.1 Modello di calcolo, dati di input e stratigrafia di riferimento

Le sollecitazioni e gli spostamenti agenti su ciascun palo della palificata sono state determinati dal modello strutturale implementato nel software di calcolo SAP2000, come descritto al capitolo 8.

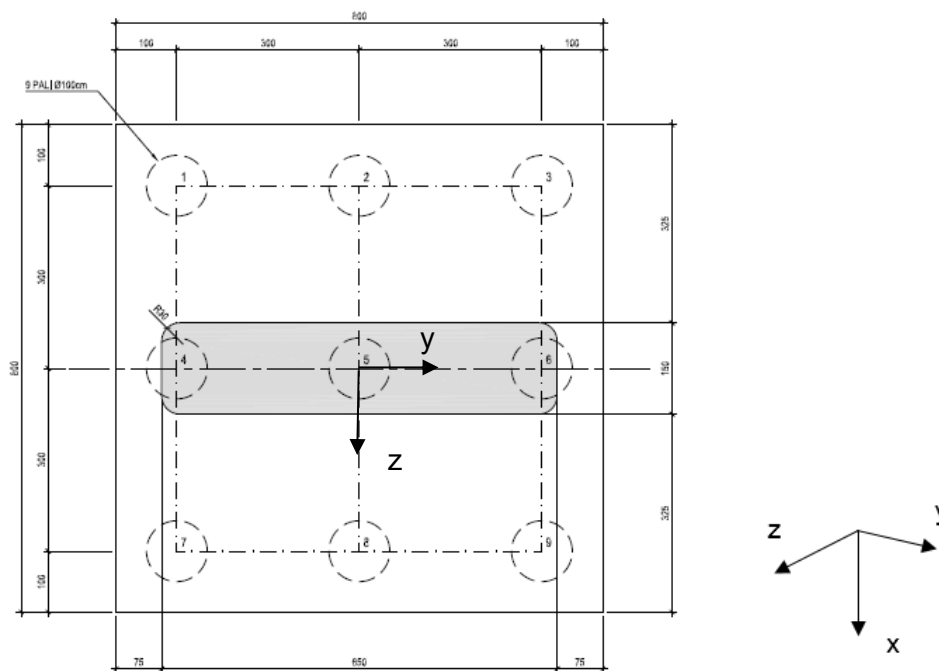


Figura 88: Pianta della palificata e sistema di riferimento utilizzato.

I parametri geotecnici e la stratigrafia di riferimento adottati nelle elaborazioni per i diversi materiali sono riportati nella tabella seguente.

Tabella 170: Stratigrafia e parametri geotecnici di input.

Unità	Profondità da testa palo [m]	γ [kPa]	c_u [kPa]
LSA	0.00 – 1.40	20.0	150
AG	da 0.00	20.5	$200 + 10 \cdot \delta z \leq 400$

La falda è stata considerata coincidente con la testa pali.

14.8.2 Combinazione dei carichi

Si fa riferimento a quanto riportato al paragrafo 14.6.2.

14.8.3 Azioni di progetto agenti a intradosso fondazione

Nelle seguenti tabelle si riassumono le azioni vincolari di progetto agenti in testa palo fornite dal modello strutturale per gli stati limite di esercizio (SLE-FR e SLE-QP) e per gli stati limite ultimi (SLU-A1 e SLV). Tali azioni sono ottenute dalla combinazione dei carichi elementari come descritto al par. 14.8.2.

Il sistema di riferimento è congruente con quanto riportato in Figura 88.

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

V7 – Viadotto Baucina – Relazione sottostrutture

Tabella 171: Azioni di progetto principali per lo stato limite SLE - QP.

Numero palo	OutputCase	StepType	Fx	Fy	Fz	My	Mz
	Text	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m
1	SLE-QP1	Max	-1528.8	-1.1	1.0	11.5	-27.5
1	SLE-QP1	Min	-1528.8	-1.1	1.0	11.5	-27.5
1	SLE-QP2	Max	-1536.8	-3.5	2.6	11.8	-26.7
1	SLE-QP2	Min	-1536.8	-3.5	2.6	11.8	-26.7
1	SLE-QP3	Max	-1497.3	1.1	-0.8	11.0	-37.2
1	SLE-QP3	Min	-1497.3	1.1	-0.8	11.0	-37.2
1	ENV-SLE-QP	Max	-1497.3	1.1	2.6	11.8	-26.7
1	ENV-SLE-QP	Min	-1536.8	-3.5	-0.8	11.0	-37.2
2	SLE-QP1	Max	-1502.2	-1.1	1.1	11.7	-27.6
2	SLE-QP1	Min	-1502.2	-1.1	1.1	11.7	-27.6
2	SLE-QP2	Max	-1518.3	-3.5	2.6	12.0	-26.9
2	SLE-QP2	Min	-1518.3	-3.5	2.6	12.0	-26.9
2	SLE-QP3	Max	-1461.5	1.0	-0.8	11.2	-37.3
2	SLE-QP3	Min	-1461.5	1.0	-0.8	11.2	-37.3
2	ENV-SLE-QP	Max	-1461.5	1.0	2.6	12.0	-26.9
2	ENV-SLE-QP	Min	-1518.3	-3.5	-0.8	11.2	-37.3
3	SLE-QP1	Max	-1472.8	-1.1	1.1	11.9	-27.6
3	SLE-QP1	Min	-1472.8	-1.1	1.1	11.9	-27.6
3	SLE-QP2	Max	-1497.0	-3.6	2.7	12.2	-26.9
3	SLE-QP2	Min	-1497.0	-3.6	2.7	12.2	-26.9
3	SLE-QP3	Max	-1423.1	1.0	-0.7	11.3	-37.4
3	SLE-QP3	Min	-1423.1	1.0	-0.7	11.3	-37.4
3	ENV-SLE-QP	Max	-1423.1	1.0	2.7	12.2	-26.9
3	ENV-SLE-QP	Min	-1497.0	-3.6	-0.7	11.3	-37.4
4	SLE-QP1	Max	-1603.4	-1.0	1.0	11.6	-27.3
4	SLE-QP1	Min	-1603.4	-1.0	1.0	11.6	-27.3
4	SLE-QP2	Max	-1595.4	-3.4	2.6	11.9	-26.6
4	SLE-QP2	Min	-1595.4	-3.4	2.6	11.9	-26.6
4	SLE-QP3	Max	-1612.7	1.1	-0.8	11.1	-37.0
4	SLE-QP3	Min	-1612.7	1.1	-0.8	11.1	-37.0
4	ENV-SLE-QP	Max	-1595.4	1.1	2.6	11.9	-26.6
4	ENV-SLE-QP	Min	-1612.7	-3.4	-0.8	11.1	-37.0
5	SLE-QP1	Max	-1585.2	-1.1	1.1	11.8	-27.4
5	SLE-QP1	Min	-1585.2	-1.1	1.1	11.8	-27.4
5	SLE-QP2	Max	-1585.3	-3.5	2.7	12.1	-26.7
5	SLE-QP2	Min	-1585.3	-3.5	2.7	12.1	-26.7
5	SLE-QP3	Max	-1585.3	1.1	-0.7	11.3	-37.2
5	SLE-QP3	Min	-1585.3	1.1	-0.7	11.3	-37.2
5	ENV-SLE-QP	Max	-1585.2	1.1	2.7	12.1	-26.7
5	ENV-SLE-QP	Min	-1585.3	-3.5	-0.7	11.3	-37.2
6	SLE-QP1	Max	-1547.5	-1.1	1.2	12.0	-27.4
6	SLE-QP1	Min	-1547.5	-1.1	1.2	12.0	-27.4
6	SLE-QP2	Max	-1555.6	-3.5	2.7	12.3	-26.7
6	SLE-QP2	Min	-1555.6	-3.5	2.7	12.3	-26.7
6	SLE-QP3	Max	-1538.4	1.0	-0.7	11.5	-37.2
6	SLE-QP3	Min	-1538.4	1.0	-0.7	11.5	-37.2
6	ENV-SLE-QP	Max	-1538.4	1.0	2.7	12.3	-26.7
6	ENV-SLE-QP	Min	-1555.6	-3.5	-0.7	11.5	-37.2
7	SLE-QP1	Max	-1676.1	-0.9	1.1	11.7	-27.1
7	SLE-QP1	Min	-1676.1	-0.9	1.1	11.7	-27.1
7	SLE-QP2	Max	-1652.1	-3.4	2.7	12.0	-26.4
7	SLE-QP2	Min	-1652.1	-3.4	2.7	12.0	-26.4
7	SLE-QP3	Max	-1726.1	1.2	-0.7	11.2	-36.9
7	SLE-QP3	Min	-1726.1	1.2	-0.7	11.2	-36.9
7	ENV-SLE-QP	Max	-1652.1	1.2	2.7	12.0	-26.4
7	ENV-SLE-QP	Min	-1726.1	-3.4	-0.7	11.2	-36.9
8	SLE-QP1	Max	-1649.6	-1.0	1.2	11.9	-27.1
8	SLE-QP1	Min	-1649.6	-1.0	1.2	11.9	-27.1
8	SLE-QP2	Max	-1633.7	-3.4	2.7	12.2	-26.4
8	SLE-QP2	Min	-1633.7	-3.4	2.7	12.2	-26.4
8	SLE-QP3	Max	-1690.4	1.2	-0.7	11.4	-36.9
8	SLE-QP3	Min	-1690.4	1.2	-0.7	11.4	-36.9
8	ENV-SLE-QP	Max	-1633.7	1.2	2.7	12.2	-26.4
8	ENV-SLE-QP	Min	-1690.4	-3.4	-0.7	11.4	-36.9
9	SLE-QP1	Max	-1620.2	-1.0	1.2	12.0	-27.3
9	SLE-QP1	Min	-1620.2	-1.0	1.2	12.0	-27.3
9	SLE-QP2	Max	-1612.4	-3.4	2.8	12.4	-26.6
9	SLE-QP2	Min	-1612.4	-3.4	2.8	12.4	-26.6
9	SLE-QP3	Max	-1651.8	1.1	-0.6	11.6	-37.0
9	SLE-QP3	Min	-1651.8	1.1	-0.6	11.6	-37.0
9	ENV-SLE-QP	Max	-1612.4	1.1	2.8	12.4	-26.6
9	ENV-SLE-QP	Min	-1651.8	-3.4	-0.6	11.6	-37.0

14.8.4 Sintesi dei risultati allo SLE

Nelle seguenti tabelle si riportano le sollecitazioni di sforzo assiale, taglio e momento agenti in testa palo ritenute più significative, sia per lo stato limite SLE frequente (SLE-FR) che per lo stato limite SLE quasi permanente (SLE-QP). Si riporta inoltre il numero di palo corrispondente in cui si verifica le sollecitazioni considerate. Tali gruppi di sollecitazioni sono evidenziati in arancione al paragrafo 0.

Tabella 175: Sollecitazioni allo SLE - FR di riferimento.

Stato limite	Sforzo Normale, N_{Ed} [kN]	Momento, M_{Edz} [kNm]	Momento, M_{Edy} [kNm]	N° palo
SLE - FR ($N_{max}; M_z; M_y$)	2244.96	-8.88	140.71	7
SLE - FR ($N_{min}; M_z; M_y$)	1287.42	-13.02	-55.72	3
SLE - FR ($N; M_{zmax}; M_y$)	2244.96	-8.88	140.71	7
SLE - FR ($N; M_{zmin}; M_y$)	1515.59	-14.4122	-68.7179	9
SLE - FR ($N; M_z; M_{ymax}$)	1950.682	-9.1603	141.1451	2
SLE - FR ($N; M_z; M_{ymin}$)	1542.376	-14.0352	-69.1435	7

Tabella 176: Sollecitazioni allo SLE - QP di riferimento.

Stato limite	Sforzo Normale, N_{Ed} [kN]	Momento, M_{Edz} [kNm]	Momento, M_{Edy} [kNm]	N° palo
SLE - QP ($N_{max}; M_z; M_y$)	1726.08	-11.18	36.85	7
SLE - QP ($N_{min}; M_z; M_y$)	1423.05	-11.35	37.39	3
SLE - QP ($N; M_{zmax}; M_y$)	1497.33	-11.02	37.22	1
SLE - QP ($N; M_{zmin}; M_y$)	1612.356	-12.3564	26.5581	9
SLE - QP ($N; M_z; M_{ymax}$)	1423.054	-11.3485	37.3948	3
SLE - QP ($N; M_z; M_{ymin}$)	1652.138	-11.9936	26.393	7

Nella seguente tabella si riportano gli spostamenti verticali (u_x) e orizzontali (u_y e u_z) per lo stato limite SLE quasi permanente (SLE-QP), ricavati dal modello strutturale. Tali spostamenti sono relativi al palo isolato, non tengono quindi in conto dell'effetto gruppo.

Tabella 177: Spostamenti allo SLE - QP.

	$u_{z,max}$ [cm]	$u_{y,max}$ [cm]	$u_{x,max,comp}$ [cm]	$u_{x,max,traz}$ [cm]
SLE - QP	0.02	0.01	0.48	-
	1	1	7	-

14.8.5 Sintesi dei risultati allo SLU-A1

Nelle seguenti tabelle si riportano le sollecitazioni di sforzo assiale, taglio e momento agenti in testa a ciascun palo per lo stato limite ultimo SLU-A1.

Nelle seguenti tabelle si riportano le sollecitazioni di sforzo assiale, taglio e momento agenti in testa palo ritenute più significative per lo stato limite ultimo SLU-A1. Si riporta inoltre il numero di palo corrispondente in cui si verifica le sollecitazioni considerate. Tali gruppi di sollecitazioni sono evidenziati in arancione al paragrafo 0.

Tabella 178: Sollecitazioni allo SLU-A1 di riferimento.

	N° palo	N [kN]	M _z [kNm]	M _y [kNm]	V _z [kNm]	V _y [kNm]
SLU - A1 (N _{max} ;M _z ; M _y ;V _z ;V _y)	9	3757.1	-2.7	190.6	105.6	60.4
SLU - A1 (N _{min} ;M _z ; M _y ;V _z ;V _y)	1	535.3	-24.1	-105.3	-106.1	-61.0
SLU - A1 (N;M _{z,max} ; M _y ;V _z ;V _y)	4	2327.5	1.4	168.9	108.4	58.5
SLU - A1 (N;M _{z,min} ; M _y ;V _z ;V _y)	9	1193.4	-29.6	-101.0	-102.4	-64.0
SLU - A1 (N;M _z ; M _{y,max} ;V _z ;V _y)	5	2727.0	-5.4	235.6	69.1	40.4
SLU - A1 (N;M _z ; M _{y,min} ;V _z ;V _y)	7	1324.3	-21.2	-147.2	-69.5	-41.0
SLU - A1 (N;M _z ; M _y ;V _{z,max} ;V _y)	5	2579.2	-3.5	173.7	112.3	55.7
SLU - A1 (N;M _z ; M _y ;V _{z,min} ;V _y)	8	1582.3	-28.0	-86.3	-109.1	-59.0
SLU - A1 (N;M _z ; M _y ;V _z ;V _{y,max})	1	3528.8	-2.0	191.0	105.7	60.8
SLU - A1 (N;M _z ; M _y ;V _z ;V _{y,min})	9	1193.4	-29.6	-101.0	-102.4	-64.0

14.8.6 Sintesi dei risultati allo SLV

Nelle seguenti tabelle si riportano le sollecitazioni di sforzo assiale, taglio e momento agenti in testa a ciascun palo per lo stato limite ultimo SLV.

Nelle seguenti tabelle si riportano le sollecitazioni di sforzo assiale, taglio e momento agenti in testa palo ritenute più significative per lo stato limite ultimo SLV. Si riporta inoltre il numero di palo corrispondente in cui si verifica le sollecitazioni considerate. Tali gruppi di sollecitazioni sono evidenziati in arancione al paragrafo 0.

Tabella 179: Sollecitazioni allo SLV di riferimento.

	N° palo	N [kN]	M _z [kNm]	M _y [kNm]	V _z [kNm]	V _y [kNm]
SLV (N _{max} ;M _z ; M _y ;V _z ;V _y)	9	2726.05	192.19	314.60	234.63	176.21
SLV (N _{min} ;M _z ; M _y ;V _z ;V _y)	1	400.70	-214.58	-240.10	-236.74	-174.39
SLV (N;M _{z,max} ; M _y ;V _z ;V _y)	4	2286.66	235.70	262.78	187.02	209.98
SLV (N;M _{z,min} ; M _y ;V _z ;V _y)	9	906.38	-259.09	-199.48	-185.32	-212.08
SLV (N;M _z ; M _{y,max} ;V _z ;V _y)	3	2119.62	192.17	314.92	234.72	175.91
SLV (N;M _z ; M _{y,min} ;V _z ;V _y)	8	881.23	-215.92	-251.11	-232.39	-178.28
SLV (N;M _z ; M _y ;V _{z,max} ;V _y)	5	1676.26	191.71	304.39	239.34	172.84
SLV (N;M _z ; M _y ;V _{z,min} ;V _y)	5	1494.25	-215.07	-240.51	-236.94	-174.78
SLV (N;M _z ; M _y ;V _z ;V _{y,max})	7	2712.65	235.57	262.60	186.97	210.07
SLV (N;M _z ; M _y ;V _z ;V _{y,min})	9	906.38	-259.09	-199.48	-185.32	-212.08

14.8.7 Verifiche di tipo STRU dei pali (A1+M1+R3/SLV)

Nel seguito si riportano le verifiche allo SLU nei confronti del raggiungimento della resistenza strutturale dei pali di fondazione.

14.8.7.1 Condizioni di verifica

Le sollecitazioni riportate nei paragrafi precedenti sono relative al palo isolato. Per tenere in conto dell'effetto gruppo lo sforzo flessionale e di taglio sono amplificati di un fattore C_m, valutato sulla base di quanto riportato al paragrafo 14.3.2. Il coefficiente amplificativo risulta pari a 1.26.

Nelle seguenti tabelle si riassumono, per gli stati limite considerati, i gruppi di sollecitazioni significative amplificate di tale coefficiente.

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

V7 – Viadotto Baucina – Relazione sottostrutture

Tabella 180: Sollecitazioni di verifica con riferimento allo SLU-A1.

	N° palo	N [kN]	M _z [kNm]	M _y [kNm]	V _z [kNm]	V _y [kNm]
SLU - A1 (N _{max} ;M _z ; M _y ;V _z ;V _y)	9	3757.05	-3.38	240.12	133.01	76.14
SLU - A1 (N _{min} ;M _z ; M _y ;V _z ;V _y)	1	535.34	-30.32	-132.66	-133.71	-76.89
SLU - A1 (N;M _{z,max} ; M _y ;V _z ;V _y)	4	2327.50	1.74	212.77	136.51	73.67
SLU - A1 (N;M _{z,min} ; M _y ;V _z ;V _y)	9	1193.42	-37.25	-127.26	-129.02	-80.64
SLU - A1 (N;M _z ; M _{y,max} ;V _z ;V _y)	5	2726.97	-6.84	296.82	87.08	50.86
SLU - A1 (N;M _z ; M _{y,min} ;V _z ;V _y)	7	1324.33	-26.69	-185.41	-87.61	-51.59
SLU - A1 (N;M _z ; M _y ;V _{z,max} ;V _y)	5	2579.22	-4.43	218.88	141.45	70.14
SLU - A1 (N;M _z ; M _y ;V _{z,min} ;V _y)	8	1582.32	-35.34	-108.69	-137.46	-74.32
SLU - A1 (N;M _z ; M _y ;V _z ;V _{y,max})	1	3528.76	-2.51	240.67	133.15	76.57
SLU - A1 (N;M _z ; M _y ;V _z ;V _{y,min})	9	1193.42	-37.25	-127.26	-129.02	-80.64

Tabella 181: Sollecitazioni di verifica con riferimento allo SLV.

	N° palo	N [kN]	M _z [kNm]	M _y [kNm]	V _z [kNm]	V _y [kNm]
SLV (N _{max} ;M _z ; M _y ;V _z ;V _y)	9	2726.052	242.1198	396.3197	295.5862	221.9788
SLV (N _{min} ;M _z ; M _y ;V _z ;V _y)	1	400.697	-270.323	-302.472	-298.241	-219.695
SLV (N;M _{z,max} ; M _y ;V _z ;V _y)	4	2286.656	296.9306	331.0444	235.5982	264.5277
SLV (N;M _{z,min} ; M _y ;V _z ;V _y)	9	906.379	-326.399	-251.302	-233.459	-267.172
SLV (N;M _z ; M _{y,max} ;V _z ;V _y)	3	2119.615	242.0904	396.7319	295.6996	221.6059
SLV (N;M _z ; M _{y,min} ;V _z ;V _y)	8	881.225	-272.015	-316.348	-292.756	-224.598
SLV (N;M _z ; M _y ;V _{z,max} ;V _y)	5	1676.257	241.5106	383.4617	301.5185	217.7409
SLV (N;M _z ; M _y ;V _{z,min} ;V _y)	5	1494.249	-270.946	-302.985	-298.49	-220.185
SLV (N;M _z ; M _y ;V _z ;V _{y,max})	7	2712.65	296.7701	330.8131	235.5365	264.6373
SLV (N;M _z ; M _y ;V _z ;V _{y,min})	9	906.379	-326.399	-251.302	-233.459	-267.172

14.8.7.2 Verifica allo SLU in condizioni statiche a pressoflessione

La verifica a pressoflessione di seguito riportata è condotta con riferimento alle combinazioni SLU (A1+M1+R3, con γ_R unitari). L'armatura prevista è riassunta in Tabella 182.

Tabella 182: Armatura prevista palo di fondazione.

Numero Gabbia	Lunghezza gabbia [m]	Armatura
1	12.0	20Φ20
2	8.30	20Φ20

In Figura 89 sono diagrammate le sollecitazioni di sforzo normale e momento flettente all'interno del dominio di resistenza M-N; risulta che:

$$R_d \geq E_d,$$

dove:

R_d = resistenza di progetto;

E_d = valore di progetto delle azioni.

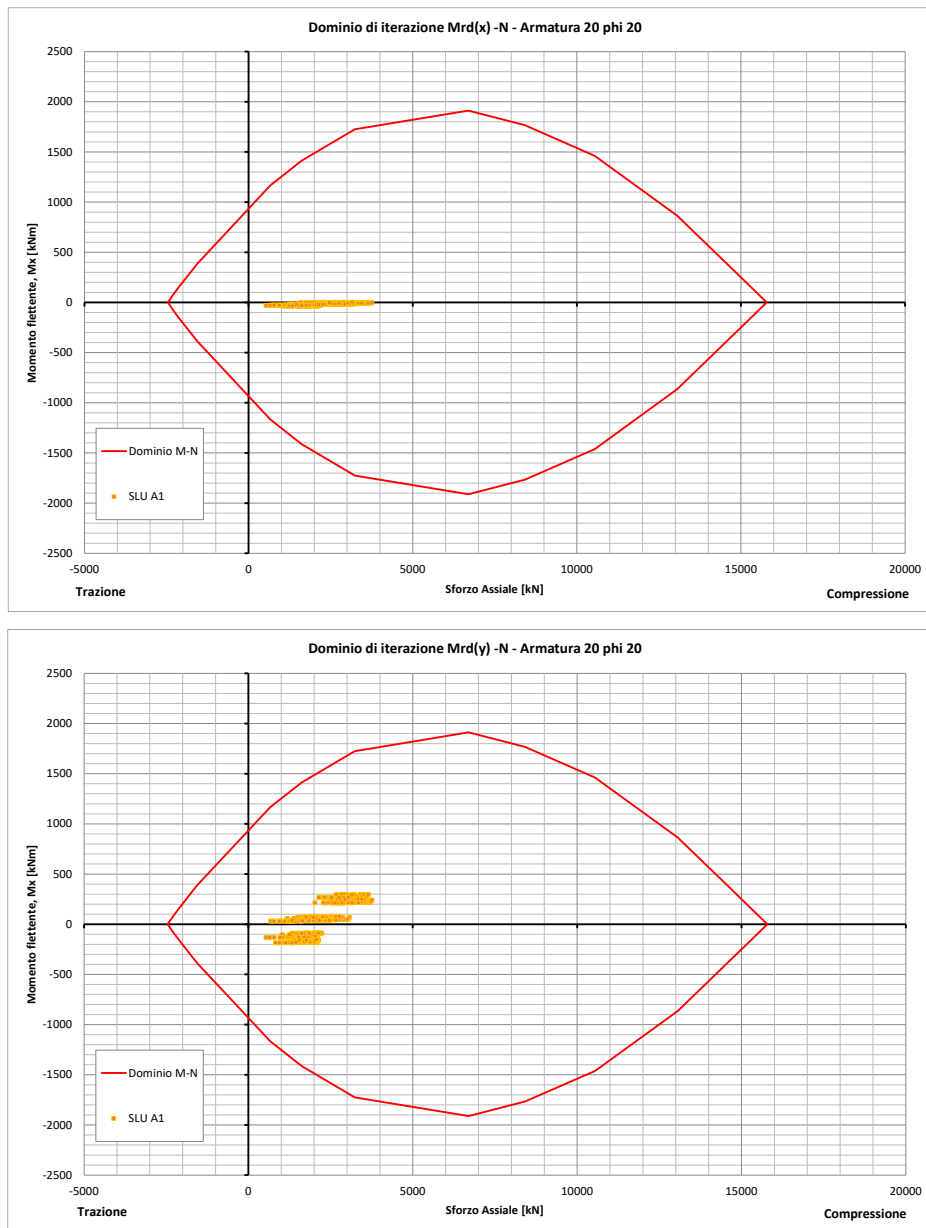


Figura 89: Verifica a pressoflessione- condizione statica.

14.8.7.3 Verifica allo SLU in condizioni sismiche a pressoflessione

La verifica a pressoflessione di seguito riportata è condotta con riferimento a quanto indicato al paragrafo 14.2.1. L'armatura prevista è riassunta in Tabella 160.

In Figura 90 sono diagrammate le sollecitazioni di sforzo normale e momento flettente all'interno del dominio di resistenza $N-M'_{yd}$ in campo sostanzialmente elastico, risulta che:

$$R_d \geq E_d,$$

dove:

R_d = resistenza di progetto;

E_d = valore di progetto delle azioni.

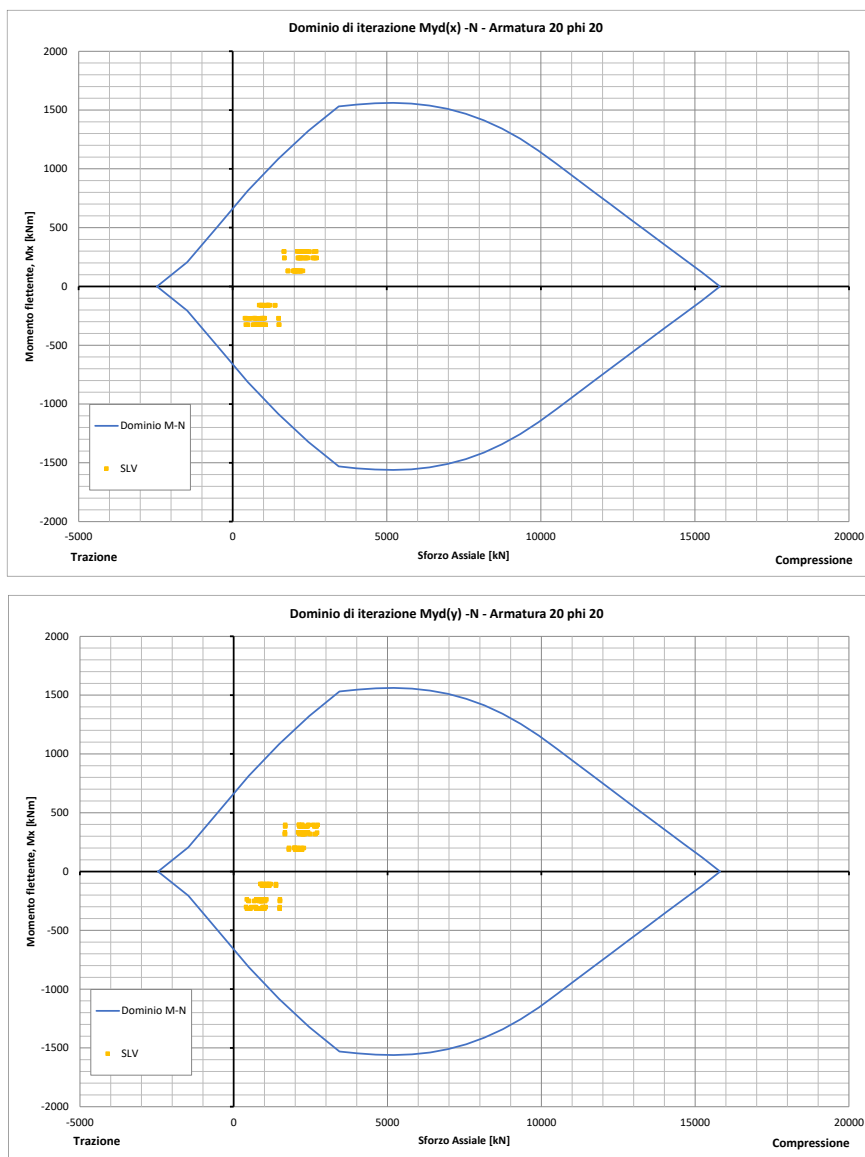


Figura 90: Verifica a pressoflessione- condizione sismica.

14.8.7.4 Verifica a taglio

La verifica a taglio di seguito riportata è condotta con riferimento alle combinazioni SLU (A1+M1+R3) e SLV. L'armatura prevista a taglio è costituita da $\Phi 10/200$ mm.

CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio: Circolare
Classe Conglomerato: C30/37

Raggio circ.: 50.0 cm
X centro circ.: 0.0 cm
Y centro circ.: 0.0 cm

DATI GENERAZIONI CIRCOLARI DI BARRE

N°Gen. Numero assegnato alla singola generazione circolare di barre
Xcentro Ascissa [cm] del centro della circonfer. lungo cui sono disposte le barre generate
Ycentro Ordinata [cm] del centro della circonfer. lungo cui sono disposte le barre generate
Raggio Raggio [cm] della circonferenza lungo cui sono disposte le barre generate
N°Barre Numero di barre generate equidist. disposte lungo la circonferenza
 \emptyset Diametro [mm] della singola barra generata

N°Gen.	Xcentro	Ycentro	Raggio	N°Barre	\emptyset
1	0.0	0.0	42.0	20	20

ARMATURE A TAGLIO

Diametro staffe: 10 mm
Passo staffe: 20.0 cm
Staffe: Una sola staffa chiusa perimetrale

ST.LIM.ULTIMI - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)
Mx Momento flettente [daNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.
My Momento flettente [daNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.
Vy Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia y
Vx Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia x

N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	3757.05	-3.38	240.12	133.01	76.14
2	535.34	-30.32	-132.66	-133.71	-76.89
3	2327.50	1.74	212.77	136.51	73.67
4	1193.42	-37.25	-127.26	-129.02	-80.64
5	2726.97	-6.84	296.82	87.08	50.86
6	1324.33	-26.69	-185.41	-87.61	-51.59
7	2579.22	-4.43	218.88	141.45	70.14
8	1582.32	-35.34	-108.69	-137.46	-74.32
9	3528.76	-2.51	240.67	133.15	76.57
10	1193.42	-37.25	-127.26	-129.02	-80.64
11	2726.05	242.12	396.32	295.59	221.98
12	400.70	-270.32	-302.47	-298.24	-219.69
13	2286.66	296.93	331.04	235.60	264.53
14	906.38	-326.40	-251.30	-233.46	-267.17
15	2119.62	242.09	396.73	295.70	221.61
16	881.23	-272.02	-316.35	-292.76	-224.60
17	1676.26	241.51	383.46	301.52	217.74
18	1494.25	-270.95	-302.99	-298.49	-220.18
19	2712.65	296.77	330.81	235.54	264.64
20	906.38	-326.40	-251.30	-233.46	-267.17

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - VERIFICHE A TAGLIO

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

V7 – Viadotto Baucina – Relazione sottostrutture

Passo staffe: 20.0 cm [Passo massimo di normativa = 24.0 cm]

Ver S = comb. verificata a taglio / N = comb. non verificata
Vsdv Taglio di progetto [kN] = proiezz. di Vx e Vy sulla normale all'asse neutro
Vcd Taglio resistente ultimo [kN] lato conglomerato compresso [(4.1.19) NTC]
Vwd Taglio resistente [kN] assorbito dalle staffe [(4.1.18) NTC]
Dmed Altezza utile media pesata [cm] valutata lungo strisce ortog. all'asse neutro. Vengono prese nella media le strisce con almeno un estremo compresso. I pesi della media sono costituiti dalle stesse lunghezze delle strisce.
bw Larghezza media resistente a taglio [cm] misurate parallel. all'asse neutro
E' data dal rapporto tra l'area delle sopradette strisce resistenti e Dmed.
Teta Angolo [gradi sessadec.] di inclinazione dei puntoni di conglomerato
Acw Coefficiente maggiorativo della resistenza a taglio per compressione
Ast Area staffe+legature strettam. necessarie a taglio per metro di pil.[cm²/m]
A.Eff Area staffe+legature efficaci nella direzione del taglio di combinaz.[cm²/m]
Tra parentesi è indicata la quota dell'area relativa alle sole legature.
L'area della legatura è ridotta col fattore L/d_max con L=lungh.legat.proietta-
ta sulla direz. del taglio e d_max= massima altezza utile nella direz.del taglio.

N°Comb	Ver	Vsdv	Vcd	Vwd	Dmed	bw	Teta	Acw	Ast	A.Eff
1	S	74.26	2338.67	542.82	77.1	92.0	21.80°	1.250	1.1	8.0(0.0)
2	S	104.75	1813.09	568.33	80.4	82.2	21.80°	1.040	1.5	8.0(0.0)
3	S	74.78	2168.05	548.55	77.9	89.8	21.80°	1.174	1.1	8.0(0.0)
4	S	113.64	1950.06	559.12	79.4	85.5	21.80°	1.089	1.6	8.0(0.0)
5	S	48.84	2240.09	545.58	77.5	91.0	21.80°	1.204	0.7	8.0(0.0)
6	S	63.55	1990.47	561.05	78.9	87.0	21.80°	1.099	0.9	8.1(0.0)
7	S	67.26	2219.51	545.55	77.5	91.0	21.80°	1.193	1.0	8.0(0.0)
8	S	113.18	2025.46	555.33	78.9	87.0	21.80°	1.119	1.6	8.0(0.0)
9	S	75.18	2338.67	542.79	77.1	92.0	21.80°	1.250	1.1	8.0(0.0)
10	S	113.64	1950.06	559.12	79.4	85.5	21.80°	1.089	1.6	8.0(0.0)
11	S	343.53	2239.96	547.19	77.5	91.0	21.80°	1.204	5.0	8.0(0.0)
12	S	362.54	1768.96	572.56	80.9	80.4	21.80°	1.030	5.1	8.0(0.0)
13	S	354.23	2162.40	551.44	77.9	89.8	21.80°	1.171	5.2	8.0(0.0)
14	S	347.97	1887.44	562.68	79.9	83.8	21.80°	1.068	4.9	8.0(0.0)
15	S	343.20	2139.30	550.31	77.9	89.8	21.80°	1.159	5.0	8.0(0.0)
16	S	361.17	1884.11	564.36	79.9	83.8	21.80°	1.066	5.1	8.0(0.0)
17	S	344.93	2059.36	553.07	78.4	88.5	21.80°	1.126	5.0	8.0(0.0)
18	S	363.10	2013.51	558.19	78.9	87.0	21.80°	1.112	5.2	8.0(0.0)
19	S	354.28	2238.10	548.34	77.5	91.0	21.80°	1.203	5.2	8.0(0.0)
20	S	347.97	1887.44	562.68	79.9	83.8	21.80°	1.068	4.9	8.0(0.0)

14.8.8 Verifiche di tipo SLE dei pali

Nel seguito si riportano le verifiche allo SLE in accordo con quanto riportato nel paragrafo 14.2.4..

14.8.8.1 Condizioni di verifica

Le sollecitazioni riportate nei paragrafi precedenti sono relative al palo isolato. Per tenere in conto dell'effetto gruppo lo sforzo flessionale e di taglio sono amplificati di un fattore C_m, valutato sulla base di quanto riportato al paragrafo 14.3.2. Il coefficiente amplificativo risulta pari a 1.26. Nelle seguenti tabelle si riassumono, per gli stati limite di esercizio considerati, i gruppi di sollecitazioni significative amplificate di tale coefficiente. Per tali gruppi di sollecitazioni è stata effettuata la verifica allo stato limite di esercizio. In particolare si fa riferimento alle sollecitazioni aumentate per effetto gruppo.

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

V7 – Viadotto Baucina – Relazione sottostrutture

Tabella 183: Sollecitazioni di riferimento allo SLE-QP.

Stato limite	N° palo	N [kN]	M _z [kNm]	M _y [kNm]
SLE - QP (N _{max} ;M _z ; M _y)	7	1726.079	-14.0788	46.42702
SLE - QP (N _{min} ;M _z ;M _y)	3	1423.054	-14.2966	47.10907
SLE - QP (N;M _{zmax} ;M _y)	1	1497.333	-13.8792	46.88294
SLE - QP (N;M _{zmin} ;M _y)	9	1612.356	-15.5663	33.45725
SLE - QP (N;M _z ;M _y max)	3	1423.054	-14.2966	47.10907
SLE - QP (N;M _z ;M _y min)	7	1652.138	-15.1092	33.24926

Tabella 184: Sollecitazioni di riferimento allo SLE-FR.

Stato limite	N° palo	N [kN]	M _z [kNm]	M _y [kNm]
SLE - FR (N _{max} ;M _z ; M _y)	7	2244.958	-11.19273	177.2636
SLE - FR (N _{min} ;M _z ;M _y)	3	1287.418	-16.40102	-70.1976
SLE - FR (N;M _{zmax} ;M _y)	7	2244.958	-11.19273	177.2636
SLE - FR (N;M _{zmin} ;M _y)	9	1515.59	-18.15614	-86.5691
SLE - FR (N;M _z ;M _y max)	2	1950.682	-11.53992	177.8112
SLE - FR (N;M _z ;M _y min)	7	1542.376	-17.68121	-87.1053

14.8.8.2 Verifiche allo SLE di tipo strutturale

Si riportano nel seguito le verifiche SLE di tipo strutturale.

CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio: Circolare
Classe Conglomerato: C30/37

Raggio circ.: 50.0 cm
X centro circ.: 0.0 cm
Y centro circ.: 0.0 cm

DATI GENERAZIONI CIRCOLARI DI BARRE

N°Gen. Numero assegnato alla singola generazione circolare di barre
Xcentro Ascissa [cm] del centro della circonferenza lungo cui sono disposte le barre generate
Ycentro Ordinata [cm] del centro della circonferenza lungo cui sono disposte le barre generate
Raggio Raggio [cm] della circonferenza lungo cui sono disposte le barre generate
N°Barre Numero di barre generate equidist. disposte lungo la circonferenza
Ø Diametro [mm] della singola barra generata

N°Gen. Xcentro Ycentro Raggio N°Barre Ø

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

V7 – Viadotto Baucina – Relazione sottostrutture

1 0.0 0.0 42.0 20 20

COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	2244.96	-11.19	177.26
2	1287.42	-16.40	-70.20
3	2244.96	-11.19	177.26
4	1515.59	-18.16	-86.57
5	1950.68	-11.54	177.81
6	1542.38	-17.68	-87.11

COMB. FREQUENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	2244.96	-11.19 (0.00)	177.26 (0.00)
2	1287.42	-16.40 (509.81)	-70.20 (-2799.25)
3	2244.96	-11.19 (0.00)	177.26 (0.00)
4	1515.59	-18.16 (0.00)	-86.57 (0.00)
5	1950.68	-11.54 (13.48)	177.81 (3653.77)
6	1542.38	-17.68 (99.99)	-87.11 (-923.77)

COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	1726.08	-14.08 (0.00)	46.43 (0.00)
2	1423.05	-14.30 (0.00)	47.11 (0.00)
3	1497.33	-13.88 (0.00)	46.88 (0.00)
4	1612.36	-15.57 (0.00)	33.46 (0.00)
5	1423.05	-14.30 (0.00)	47.11 (0.00)
6	1652.14	-15.11 (0.00)	33.25 (0.00)

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

Ver S = comb. verificata/ N = comb. non verificata
Sc max Massima tensione (positiva se di compressione) nel conglomerato [Mpa]
Xc max, Yc max Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
Sf min Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [Mpa]
Xs min, Ys min Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)
Ac eff. Area di calcestruzzo [cm²] in zona tesa considerata aderente alle barre
As eff. Area barre [cm²] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure
D barre Distanza tre le barre tese [cm] ai fini del calcolo dell'apertura fessure
Beta12 Prodotto dei coeff. di aderenza delle barre Beta1*Beta2

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.	D barre	Beta12
1	S	4.10	49.9	0.0	18.8	-42.0	0.0	---	---	---	---

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

V7 – Viadotto Baucina – Relazione sottostrutture

2	S	2.09	-48.7	0.0	14.1	39.9	13.0	----	----	----	----
3	S	4.10	49.9	0.0	18.8	-42.0	0.0	----	----	----	----
4	S	2.49	-48.9	0.0	16.2	39.9	13.0	----	----	----	----
5	S	3.77	49.9	0.0	13.7	-42.0	0.0	----	----	----	----
6	S	2.53	-49.0	0.0	16.6	39.9	13.0	----	----	----	----

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.	D barre	Beta12
1	S	4.10	49.9	0.0	18.8	-42.0	0.0	----	----	----	----
2	S	2.09	-48.7	0.0	14.1	39.9	13.0	----	----	----	----
3	S	4.10	49.9	0.0	18.8	-42.0	0.0	----	----	----	----
4	S	2.49	-48.9	0.0	16.2	39.9	13.0	----	----	----	----
5	S	3.77	49.9	0.0	13.7	-42.0	0.0	----	----	----	----
6	S	2.53	-49.0	0.0	16.6	39.9	13.0	----	----	----	----

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§B.6.6 DM96]

La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a f_{ctm}

Ver. Esito della verifica
S1 Massima tensione [Mpa] di trazione nel calcestruzzo valutata in sezione non fessurata
S2 Minima tensione [Mpa] di trazione nel calcestruzzo valutata in sezione fessurata
k2 = 0.4 per barre ad aderenza migliorata
k3 = 0.125 per flessione e presso-flessione; $= (e1 + e2)/(2 * e1)$ per trazione eccentrica
Ø Diametro [mm] medio delle barre tese comprese nell'area efficace Ac eff
Cf Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa
Psi = $1 - \text{Beta}12 * (Ssr/Ss)^2 = 1 - \text{Beta}12 * (f_{ctm}/S2)^2 = 1 - \text{Beta}12 * (M_{fess}/M)^2$ [B.6.6 DM96]
e sm Deformazione unitaria media tra le fessure [4.3.1.7.1.3 DM96]. Il valore limite = $0.4 * Ss/Es$ è tra parentesi
srm Distanza media tra le fessure [mm]
wk Valore caratteristico [mm] dell'apertura fessure = $1.7 * e + s m * srm$. Valore limite tra parentesi
MX fess. Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]
MY fess. Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]

Comb.	Ver	S1	S2	k3	Ø	Cf	Psi	e sm	srm	wk	Mx fess	My fess
1	S	1.0	0	----	----	----	----	----	----	----	0.00	
0.00												
2	S	0.8	0	----	----	----	----	----	----	----	509.81	-
2799.25												
3	S	1.0	0	----	----	----	----	----	----	----	0.00	
0.00												
4	S	1.0	0	----	----	----	----	----	----	----	0.00	
0.00												
5	S	0.7	0	----	----	----	----	----	----	----	13.48	
3653.77												
6	S	1.0	0	----	----	----	----	----	----	----	99.99	-
923.77												

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.	D barre	Beta12
1	S	2.38	47.8	0.0	24.1	-39.9	13.0	----	----	----	----
2	S	2.05	47.8	0.0	18.9	-39.9	13.0	----	----	----	----
3	S	2.13	47.9	0.0	20.2	-39.9	13.0	----	----	----	----
4	S	2.15	45.3	0.0	23.5	-39.9	13.0	----	----	----	----
5	S	2.05	47.8	0.0	18.9	-39.9	13.0	----	----	----	----
6	S	2.20	45.5	0.0	24.2	-39.9	13.0	----	----	----	----

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§B.6.6 DM96]

Comb.	Ver	S1	S2	k3	Ø	Cf	Psi	e sm	srm	wk	Mx fess	My fess
1	S	1.5	0	----	----	----	----	----	----	----	0.00	
0.00												
2	S	1.2	0	----	----	----	----	----	----	----	0.00	
0.00												
3	S	1.3	0	----	----	----	----	----	----	----	0.00	
0.00												
4	S	1.5	0	----	----	----	----	----	----	----	0.00	

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

V7 – Viadotto Baucina – Relazione sottostrutture

0.00												
5	S	1.2	0	---	---	---	---	---	---	---	---	0.00
0.00												
6	S	1.6	0	---	---	---	---	---	---	---	---	0.00
0.00												

14.8.8.3 Verifiche allo SLE in termini di spostamenti

Con riferimento a quanto riportato in Tabella 177, risulta che:

- spostamento verticale massimo, $u_{x\max}$: 0.45 cm
- spostamento orizzontale massimo $u_{y\max}$: 0.07 cm

Gli spostamenti sopra riportati sono relativi al palo isolato. Per tenere in conto dell'effetto gruppo, sia per carichi verticali che per carichi orizzontali, gli spostamenti sono amplificati come riportato rispettivamente al paragrafo 14.2.4.1 e al paragrafo 14.2.4.2.

In particolare, come riportato in Figura 91, il cedimento verticale del gruppo di pali risulta par a 1.0 cm.

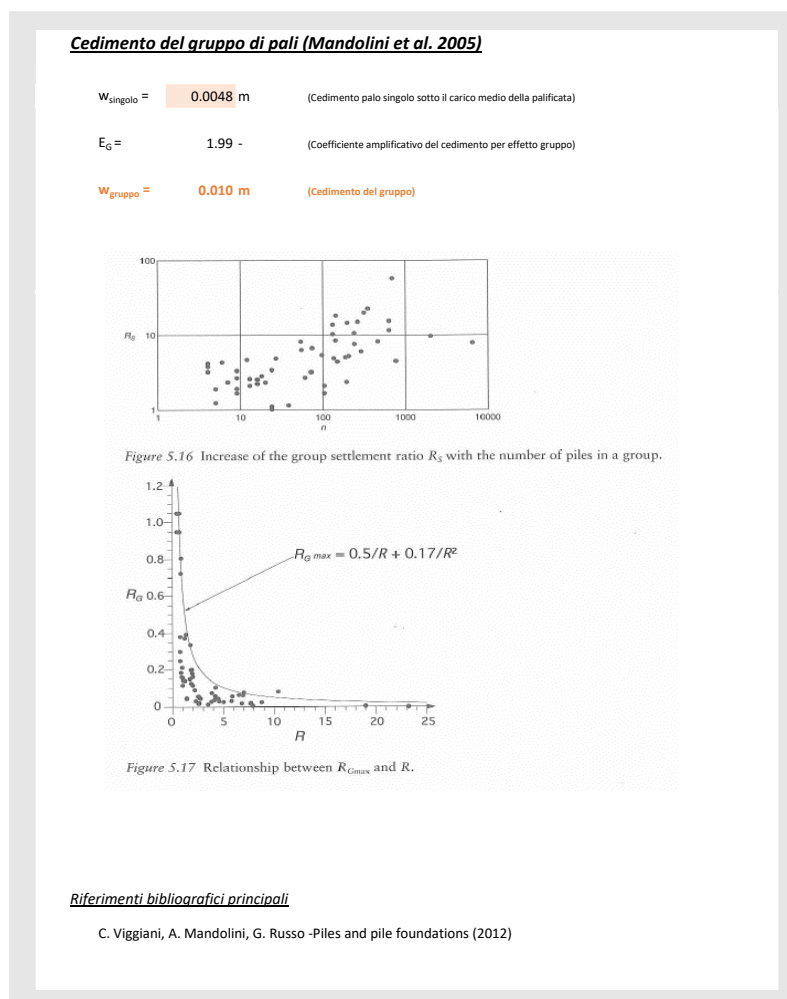


Figura 91: Cedimento verticale del gruppo di pali.

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotatoria Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

V7 – Viadotto Baucina – Relazione sottostrutture

Mentre lo spostamento orizzontale del gruppo di pali risulta pari a 0.17 cm.

<i>Coefficienti amplificativi spostamenti</i>	
<i>Prodedura amplificazione spostamenti orizzontali (Ooi & Duncan, 1994)</i>	
<u>Dati di input</u>	
Numero pali, N	9 -
Interasse pali, s	3 m
Diametro pali, D	1 m
Lunghezza pali, L	18 m
Carico totale agent sul gruppo, P_g	2000 kN
Carico medio agente sul singolo, P_s	222.2222 kN
Coesione non drenata, c_u	150 kPa
P_N	150
<u>Coefficiente di amplificazione degli spostamenti orizzontali, C_y</u>	
C_y	2.43

Figura 92: Coefficiente amplificativo dello spostamento orizzontale per gruppi di pali.

Gli spostamenti risultano essere compatibili con la funzionalità dell'opera.

14.8.9 Verifiche agli SLU di tipo geotecniche (GEO)

14.8.9.1 Verifica di capacità portante dei pali per carichi verticali

La verifica di capacità portante dei pali per carichi verticali è condotta secondo la modalità indicata al paragrafo 14.2.2.

Come riportato al capitolo 5, la struttura di fondazione della Pila 3 è costituita da pali trivellati di diametro 1000mm di lunghezza 18.0m

In Tabella 185 si riporta la capacità portante a compressione e a trazione del palo isolato.

Tabella 185: Capacità portante a compressione e a trazione dei pali di fondazione– Pila 3.

Capacità portante A1+M1+R3						
L_p m	Q_{ll} kN	Q_{bl} kN	W'_p kN	Q_u kN	$R_{cd,singolo}$ kN	$R_{td,singolo}$ kN
18	5982	2806	71	8717	4190	2886

Per la **Condizione di Verifica 1** (verifica di capacità portante del singolo palo) in Tabella 186 si riportano le sollecitazioni di sforzo assiale massime, sia per la condizione statica (A1 e A2) sia per la condizione sismica (SLV). È indicato il numero del palo in cui si verifica lo sforzo massimo.

Si riportano inoltre gli sforzi normali in condizione di esercizio (SLE)

Tabella 186: Sforzi normali massimi agenti.

	N_{max} [kN]	N_{min} [kN]
SLU - A1	3757,1	535,3
	9	1
SLV	2726,1	400,7
	9	1
SLE - FR	2245,0	1287,4
	7	3
SLE - QP	1726,1	1423,1
	7	3

In Tabella 187 si riporta la verifica di capacità portante per la Condizione 1. La verifica risulta soddisfatta.

Tabella 187: Pila 3: verifica di capacità portante per carichi verticali - Condizione di verifica 1.

Capacità portante SLU A1+M1+R3									
L_p m	Q_{ll} kN	Q_{bl} kN	W'_p kN	Q_u kN	$R_{cd,singolo}$ kN	$R_{td,singolo}$ kN		N_{max} kN	N_{min} kN
18	5982	2806	71	8717	4190	2886	>	3757,1	-

Capacità portante SLV									
L_p m	Q_{ll} kN	Q_{bl} kN	W'_p kN	Q_u kN	$R_{cd,singolo}$ kN	$R_{td,singolo}$ kN		N_{max} kN	N_{min} kN
18	5982	2806	71	8717	4190	2886	>	2726,1	-

Per la **Condizione di Verifica 2** (verifica di capacità portante del gruppo di pali) di seguito si riportano lo sforzo assiale massimo e il momento massimo, longitudinale (M_y) e trasversale (M_z), agente ad intradosso fondazione.

Tabella 188: Sforzi normali e momenti involuppo agenti ad intradosso fondazione.

	N [kN]	$M_{z,max}$ [kNm]	$M_{y,max}$ [kNm]
SLU - A1	19628.6	5899.0	20013.3

	N [kN]	$M_{z,max}$ [kNm]	$M_{y,max}$ [kNm]
SLV	12150.0	7828.8	11854.8

Nelle seguenti figure si riporta la verifica di capacità portante dei pali in gruppo (Condizione di verifica 2). È stata considerata indipendente la direzione trasversale dalla direzione longitudinale. Le verifiche risultano soddisfatte.

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

V7 – Viadotto Baucina – Relazione sottostrutture

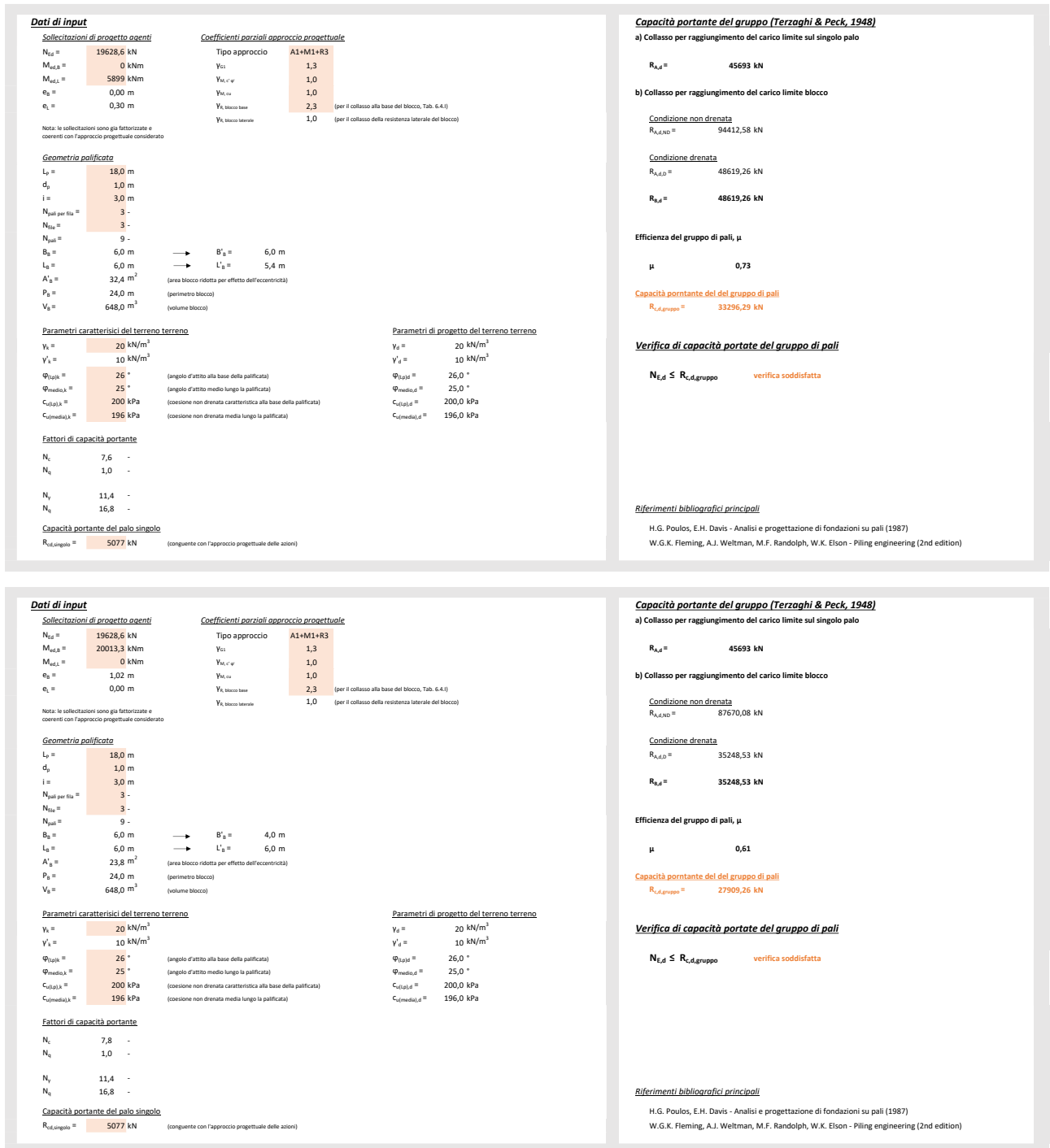


Figura 93: Pila 3: Condizione statica A1+M1+R3 - Condizione di verifica 2.

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

V7 – Viadotto Baucina – Relazione sottostrutture

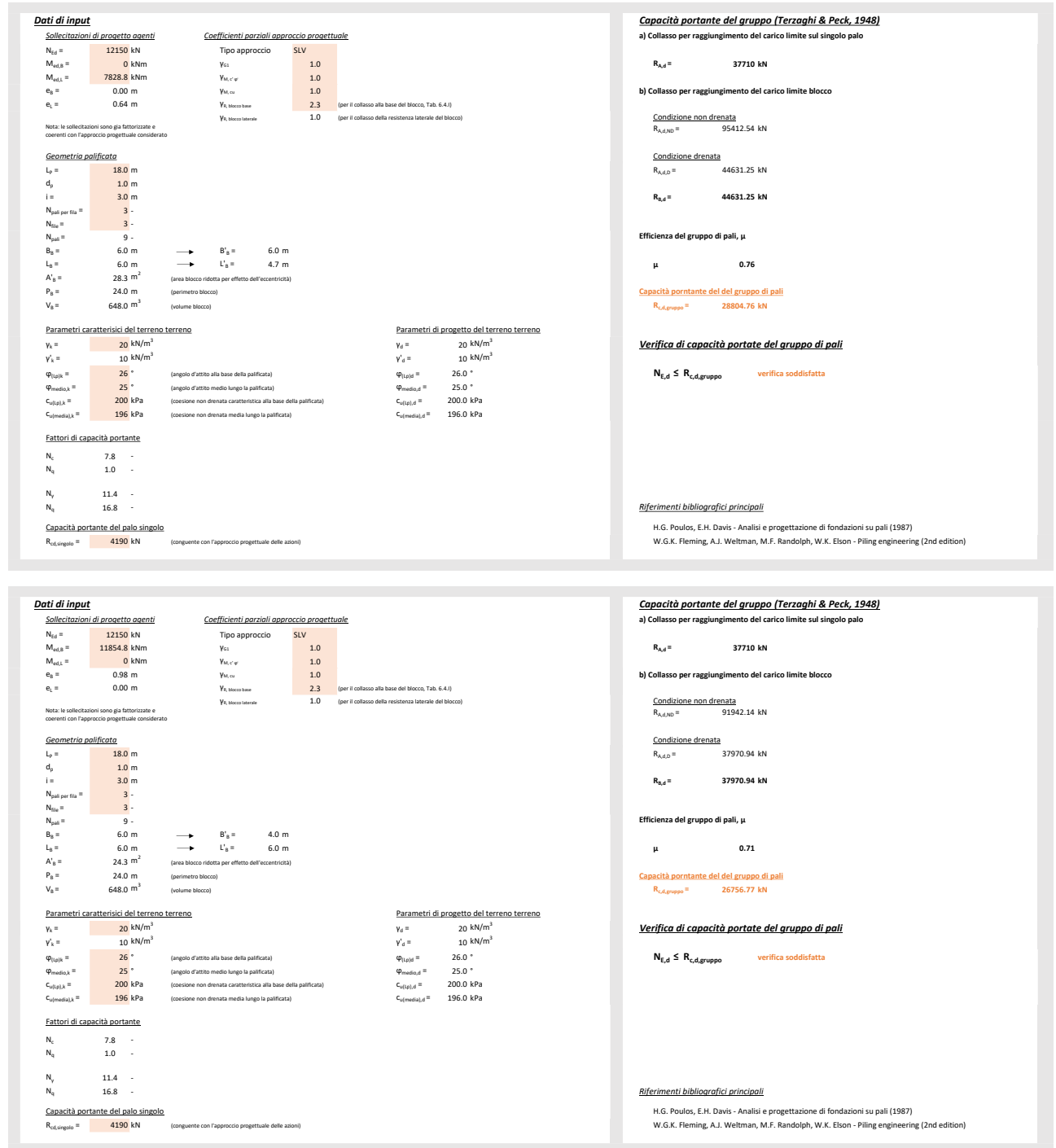


Figura 94: Pila 3: Condizione sismica A1+M1+R3 - Condizione di verifica 2.

14.8.9.2 Verifica di capacità portante dei pali per carichi orizzontali

La verifica di capacità portante dei pali per carichi orizzontali è condotta secondo la modalità indicata al paragrafo 14.2.3.

Le caratteristiche geometriche e meccaniche dei pali di fondazione sono riassunti nella seguente tabella.

Tabella 189: Caratteristiche geometriche e meccaniche dei pali di fondazione.

Diametro	1000 mm
Lunghezza	18.0m
Armatura a flessione	20Φ20

In Tabella 190 si riassumono, per ciascun palo, le azioni taglianti massime agenti ad intradosso fondazione per gli stati limite ultimi in condizione statica (SLU/A1+M1+R3) e in condizione sismica (SLV/A1+M1+R3).

Tabella 190: Sforzi di taglio massimo agente ad intradosso fondazione.

	V_{max} [kN]
SLU-A1	1237
SLV	2057

La capacità portante orizzontale del singolo palo è riportato di seguito per la condizione SLU/A1+M1+R3 e SLV/A1+M1+R3.

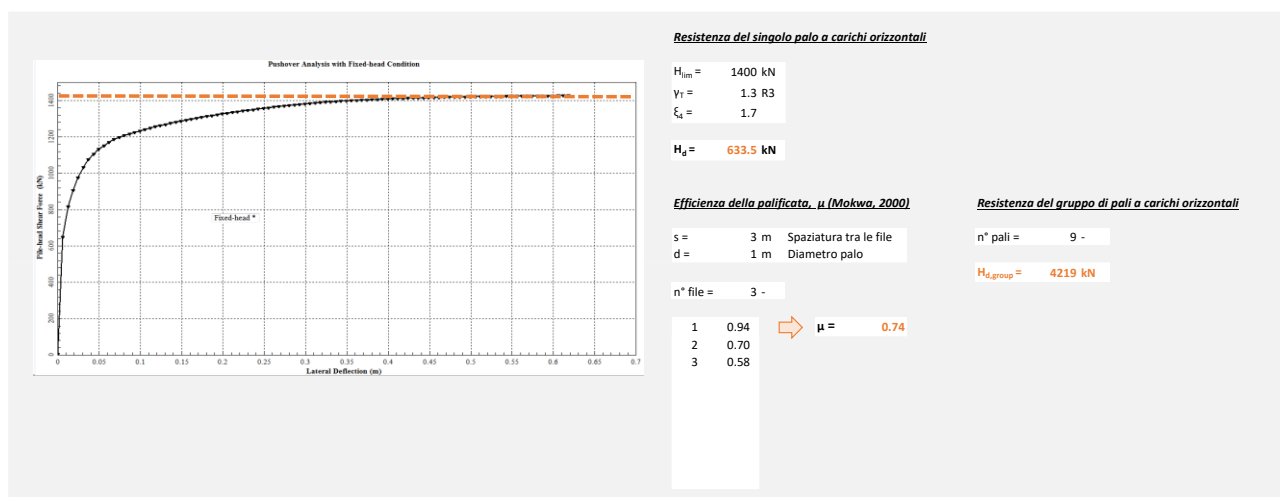


Figura 95: Pila 2: Capacità portante orizzontale - Condizione statica e simica A1+M1+R3.

In Tabella 191 si riporta la verifica a capacità portante per i carichi orizzontali; essa risulta soddisfatta.

Tabella 191: Pila 3: verifica di capacità portante per carichi orizzontali.

	V_d [kN]	<	$H_{d,singolo}$ [kN]
SLU – A1+M1+R3	1237	<	4219
SLV – A1+M1+R3	2057	<	4219

14.9 PILA 4: ANALISI E VERIFICA DELLA PALIFICATA

14.9.1 Modello di calcolo, dati di input e stratigrafia di riferimento

Le sollecitazioni e gli spostamenti agenti su ciascun palo della palificata sono state determinati dal modello strutturale implementato nel software di calcolo SAP2000, come descritto al capitolo 8.

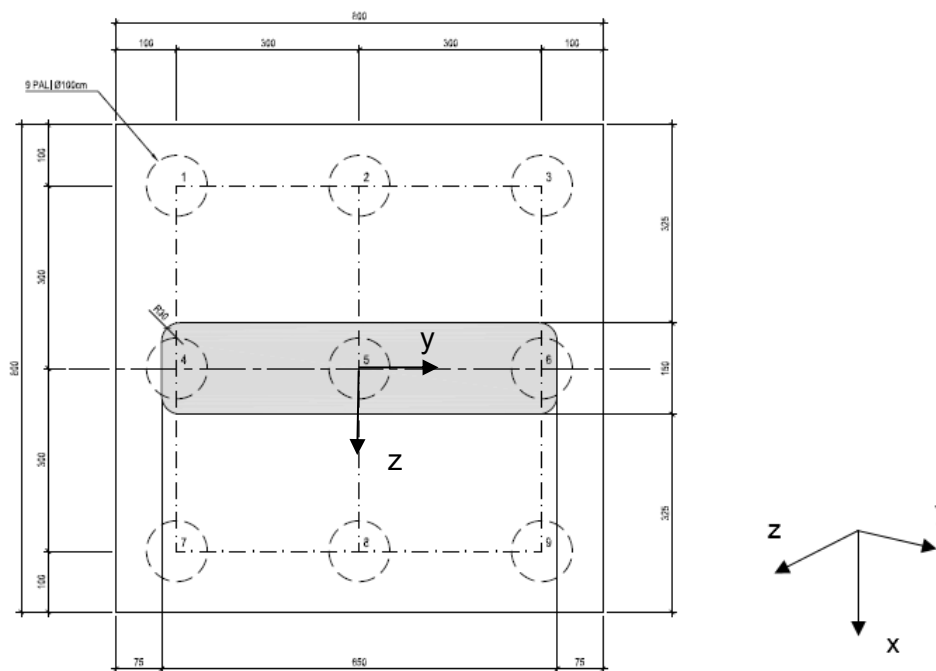


Figura 96: Pila 4: Pianta della palificata e sistema di riferimento utilizzato.

I parametri geotecnici e la stratigrafia di riferimento adottati nelle elaborazioni per i diversi materiali sono riportati nella tabella seguente.

Tabella 192: Stratigrafia e parametri geotecnici di input.

Unità	Profondità da testa palo [m]	γ [kPa]	c_u [kPa]
LSA(a-2)	0.00 – 2.70	20.0	100
LSA	2.70 – 3.70	20.0	100
AG	da 3.70	20.5	$200+10*\delta z \leq 400$

La falda è stata considerata coincidente con la testa pali.

14.9.2 Combinazione dei carichi

Si fa riferimento a quanto riportato al paragrafo 14.6.2.

14.9.3 Azioni di progetto agenti a intradosso fondazione

Nelle seguenti tabelle si riassumono le azioni vincolari di progetto agenti in testa palo fornite dal modello strutturale per gli stati limite di esercizio (SLE-FR e SLE-QP) e per gli stati limite ultimi (SLU-A1 e SLV). Tali azioni sono ottenute dalla combinazione dei carichi elementari come descritto al par. 14.9.2.

Il sistema di riferimento è congruente con quanto riportato in Figura 96.

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

V7 – Viadotto Baucina – Relazione sottostrutture

Tabella 193: Azioni di progetto principali per lo stato limite SLE - QP.

Numero palo	OutputCase Text	StepType Text	Fx KN	Fy KN	Fz KN	My KN-m	Mz KN-m
1	SLE-QP1	Max	-1705.3	5.2	-2.9	-6.9	69.0
1	SLE-QP1	Min	-1705.3	5.2	-2.9	-6.9	69.0
1	SLE-QP2	Max	-1670.3	4.2	7.6	0.8	70.3
1	SLE-QP2	Min	-1670.3	4.2	7.6	0.8	70.3
1	SLE-QP3	Max	-1869.6	9.7	-16.8	-19.8	109.2
1	SLE-QP3	Min	-1869.6	9.7	-16.8	-19.8	109.2
1	ENV-SLE-QP	Max	-1670.3	9.7	7.6	0.8	109.2
1	ENV-SLE-QP	Min	-1869.6	4.2	-16.8	-19.8	69.0
2	SLE-QP1	Max	-1694.6	5.2	-2.9	-6.7	69.2
2	SLE-QP1	Min	-1694.6	5.2	-2.9	-6.7	69.2
2	SLE-QP2	Max	-1709.8	4.0	7.7	1.0	70.0
2	SLE-QP2	Min	-1709.8	4.0	7.7	1.0	70.0
2	SLE-QP3	Max	-1793.7	10.0	-16.8	-19.7	109.9
2	SLE-QP3	Min	-1793.7	10.0	-16.8	-19.7	109.9
2	ENV-SLE-QP	Max	-1694.6	10.0	7.7	1.0	109.9
2	ENV-SLE-QP	Min	-1793.7	4.0	-16.8	-19.7	69.2
3	SLE-QP1	Max	-1681.2	5.3	-2.8	-6.6	69.4
3	SLE-QP1	Min	-1681.2	5.3	-2.8	-6.6	69.4
3	SLE-QP2	Max	-1746.6	3.9	7.7	1.2	69.7
3	SLE-QP2	Min	-1746.6	3.9	7.7	1.2	69.7
3	SLE-QP3	Max	-1715.0	10.3	-16.8	-19.6	110.7
3	SLE-QP3	Min	-1715.0	10.3	-16.8	-19.6	110.7
3	ENV-SLE-QP	Max	-1681.2	10.3	7.7	1.2	110.7
3	ENV-SLE-QP	Min	-1746.6	3.9	-16.8	-19.6	69.4
4	SLE-QP1	Max	-1529.9	5.2	-3.0	-7.1	69.2
4	SLE-QP1	Min	-1529.9	5.2	-3.0	-7.1	69.2
4	SLE-QP2	Max	-1480.5	4.2	7.7	1.1	70.5
4	SLE-QP2	Min	-1480.5	4.2	7.7	1.1	70.5
4	SLE-QP3	Max	-1606.9	9.7	-17.2	-20.6	109.3
4	SLE-QP3	Min	-1606.9	9.7	-17.2	-20.6	109.3
4	ENV-SLE-QP	Max	-1480.5	9.7	7.7	1.1	109.3
4	ENV-SLE-QP	Min	-1606.9	4.2	-17.2	-20.6	69.2
5	SLE-QP1	Max	-1526.5	5.3	-3.0	-6.9	69.5
5	SLE-QP1	Min	-1526.5	5.3	-3.0	-6.9	69.5
5	SLE-QP2	Max	-1527.4	4.1	7.8	1.3	70.3
5	SLE-QP2	Min	-1527.4	4.1	7.8	1.3	70.3
5	SLE-QP3	Max	-1538.4	10.1	-17.2	-20.5	110.2
5	SLE-QP3	Min	-1538.4	10.1	-17.2	-20.5	110.2
5	ENV-SLE-QP	Max	-1526.5	10.1	7.8	1.3	110.2
5	ENV-SLE-QP	Min	-1538.4	4.1	-17.2	-20.5	69.5
6	SLE-QP1	Max	-1505.8	5.3	-2.9	-6.7	69.6
6	SLE-QP1	Min	-1505.8	5.3	-2.9	-6.7	69.6
6	SLE-QP2	Max	-1556.8	4.0	7.8	1.5	69.9
6	SLE-QP2	Min	-1556.8	4.0	7.8	1.5	69.9
6	SLE-QP3	Max	-1452.3	10.4	-17.1	-20.4	110.8
6	SLE-QP3	Min	-1452.3	10.4	-17.1	-20.4	110.8
6	ENV-SLE-QP	Max	-1452.3	10.4	7.8	1.5	110.8
6	ENV-SLE-QP	Min	-1556.8	4.0	-17.1	-20.4	69.6
7	SLE-QP1	Max	-1352.8	5.2	-3.1	-7.2	69.3
7	SLE-QP1	Min	-1352.8	5.2	-3.1	-7.2	69.3
7	SLE-QP2	Max	-1289.0	4.3	7.9	1.4	70.7
7	SLE-QP2	Min	-1289.0	4.3	7.9	1.4	70.7
7	SLE-QP3	Max	-1342.4	9.7	-17.5	-21.3	109.4
7	SLE-QP3	Min	-1342.4	9.7	-17.5	-21.3	109.4
7	ENV-SLE-QP	Max	-1289.0	9.7	7.9	1.4	109.4
7	ENV-SLE-QP	Min	-1352.8	4.3	-17.5	-21.3	69.3
8	SLE-QP1	Max	-1341.9	5.3	-3.0	-7.1	69.5
8	SLE-QP1	Min	-1341.9	5.3	-3.0	-7.1	69.5
8	SLE-QP2	Max	-1328.3	4.2	7.9	1.6	70.4
8	SLE-QP2	Min	-1328.3	4.2	7.9	1.6	70.4
8	SLE-QP3	Max	-1266.2	10.1	-17.5	-21.2	110.2
8	SLE-QP3	Min	-1266.2	10.1	-17.5	-21.2	110.2
8	ENV-SLE-QP	Max	-1266.2	10.1	7.9	1.6	110.2
8	ENV-SLE-QP	Min	-1341.9	4.2	-17.5	-21.2	69.5
9	SLE-QP1	Max	-1328.6	5.4	-3.0	-6.9	69.7
9	SLE-QP1	Min	-1328.6	5.4	-3.0	-6.9	69.7
9	SLE-QP2	Max	-1365.3	4.0	8.0	1.8	70.1
9	SLE-QP2	Min	-1365.3	4.0	8.0	1.8	70.1
9	SLE-QP3	Max	-1187.8	10.4	-17.5	-21.1	110.9
9	SLE-QP3	Min	-1187.8	10.4	-17.5	-21.1	110.9
9	ENV-SLE-QP	Max	-1187.8	10.4	8.0	1.8	110.9
9	ENV-SLE-QP	Min	-1365.3	4.0	-17.5	-21.1	69.7

Affidamento a Contraente Generale del "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotatoria Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

V7 – Viadotto Baucina – Relazione sottostrutture

Tabella 195: Azioni di progetto principali per lo stato limite SLU- A1.

Numero palo	OutputCase Test	StepType Test	Fx						Fy						Fz						Numero palo	OutputCase Test	StepType Test	Fx						Fy						Fz						
			Ex	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz	Ex	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz	Ex	Fx	Fy	Fz				Mx	My	Mz	Ex	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz									
1	SLU001	Max	2286.0	2.6	0.0	187.0	0.0	0.0	2192.0	2.6	0.0	187.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2192.0	2.6	0.0	187.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2192.0	2.6	0.0	187.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2192.0	2.6	0.0	187.0	0.0	0.0	0.0	0.0

14.9.4 Sintesi dei risultati allo SLE

Nelle seguenti tabelle si riportano le sollecitazioni di sforzo assiale, taglio e momento agenti in testa palo ritenute più significative, sia per lo stato limite SLE frequente (SLE-FR) che per lo stato limite SLE quasi permanente (SLE-QP). Si riporta inoltre il numero di palo corrispondente in cui si verifica le sollecitazioni considerate. Tali gruppi di sollecitazioni sono evidenziati in arancione al paragrafo 0.

Tabella 197: Sollecitazioni allo SLE - FR di riferimento.

Stato limite	Sforzo Normale, N_{Ed} [kN]	Momento, M_{Edz} [kNm]	Momento, M_{Edy} [kNm]	N° palo
SLE - FR ($N_{max}; M_z; M_y$)	2309.58	26.40	-56.75	1
SLE - FR ($N_{min}; M_z; M_y$)	1103.37	23.30	-127.95	9
SLE - FR ($N; M_{zmax}; M_y$)	1755.86	28.14	-57.04	7
SLE - FR ($N; M_{zmin}; M_y$)	1340.655	-7.795	-132.8722	9
SLE - FR ($N; M_z; M_{ymax}$)	2112.459	10.8392	-8.5831	1
SLE - FR ($N; M_z; M_{ymin}$)	1127.67	19.6824	-181.8392	9

Tabella 198: Sollecitazioni allo SLE - QP di riferimento.

Stato limite	Sforzo Normale, N_{Ed} [kN]	Momento, M_{Edz} [kNm]	Momento, M_{Edy} [kNm]	N° palo
SLE - QP ($N_{max}; M_z; M_y$)	1869.61	19.83	-109.17	1
SLE - QP ($N_{min}; M_z; M_y$)	1187.79	21.15	-110.90	9
SLE - QP ($N; M_{zmax}; M_y$)	1342.35	21.31	-109.41	7
SLE - QP ($N; M_{zmin}; M_y$)	1365.279	-1.7505	-70.095	9
SLE - QP ($N; M_z; M_{ymax}$)	1705.343	6.8571	-69.0349	1
SLE - QP ($N; M_z; M_{ymin}$)	1187.791	21.1474	-110.9009	9

Nella seguente tabella si riportano gli spostamenti verticali (u_x) e orizzontali (u_y e u_z) per lo stato limite SLE quasi permanente (SLE-QP), ricavati dal modello strutturale. Tali spostamenti sono relativi al palo isolato, non tengono quindi in conto dell'effetto gruppo.

Tabella 199: Spostamenti allo SLE - QP.

	$u_{z,max}$ [cm]	$u_{y,max}$ [cm]	$u_{x,max,comp}$ [cm]	$u_{x,max,traz}$ [cm]
SLE - QP	0.05	0.04	0.54	-
	5	7	1	-

14.9.5 Sintesi dei risultati allo SLU-A1

Nelle seguenti tabelle si riportano le sollecitazioni di sforzo assiale, taglio e momento agenti in testa a ciascun palo per lo stato limite ultimo SLU-A1.

Nelle seguenti tabelle si riportano le sollecitazioni di sforzo assiale, taglio e momento agenti in testa palo ritenute più significative per lo stato limite ultimo SLU-A1. Si riporta inoltre il numero di palo corrispondente in cui si verifica le sollecitazioni considerate. Tali gruppi di sollecitazioni sono evidenziati in arancione al paragrafo 0.

Tabella 200: Sollecitazioni allo SLU-A1 di riferimento.

	N° palo	N [kN]	M_z [kNm]	M_y [kNm]	V_z [kNm]	V_y [kNm]
SLU - A1 ($N_{max}; M_z; M_y; V_z; V_y$)	1	3481.78	36.00	9.90	45.73	27.07
SLU - A1 ($N_{min}; M_z; M_y; V_z; V_y$)	9	863.71	-4.03	-220.16	-92.61	-3.66
SLU - A1 ($N; M_{z,max}; M_y; V_z; V_y$)	9	2283.15	50.84	-63.81	36.10	42.83
SLU - A1 ($N; M_{z,min}; M_y; V_z; V_y$)	9	1632.85	-22.90	-200.18	-57.13	-29.08
SLU - A1 ($N; M_z; M_{y,max}; V_z; V_y$)	7	2263.85	17.08	85.86	85.24	9.00
SLU - A1 ($N; M_z; M_{y,min}; V_z; V_y$)	7	1551.93	34.14	-310.34	-73.92	33.00
SLU - A1 ($N; M_z; M_y; V_{z,max}; V_y$)	7	2679.27	4.67	78.53	86.39	-7.25
SLU - A1 ($N; M_z; M_y; V_{z,min}; V_y$)	7	1421.42	18.78	-301.41	-103.42	17.85
SLU - A1 ($N; M_z; M_y; V_z; V_{y,max}$)	9	2283.15	50.84	-63.81	36.10	42.83
SLU - A1 ($N; M_z; M_y; V_z; V_{y,min}$)	9	1632.85	-22.90	-200.18	-57.13	-29.08

14.9.6 Sintesi dei risultati allo SLV

Nelle seguenti tabelle si riportano le sollecitazioni di sforzo assiale, taglio e momento agenti in testa a ciascun palo per lo stato limite ultimo SLV.

Nelle seguenti tabelle si riportano le sollecitazioni di sforzo assiale, taglio e momento agenti in testa palo ritenute più significative per lo stato limite ultimo SLV. Si riporta inoltre il numero di palo corrispondente in cui si verifica le sollecitazioni considerate. Tali gruppi di sollecitazioni sono evidenziati in arancione al paragrafo 0.

Tabella 201: Sollecitazioni allo SLV di riferimento.

	N° palo	N [kN]	M _z [kNm]	M _y [kNm]	V _z [kNm]	V _y [kNm]
SLV (N _{max} ;M _z ; M _y ;V _z ;V _y)	3	2799.60	420.29	131.45	129.62	263.84
SLV (N _{min} ;M _z ; M _y ;V _z ;V _y)	7	210.46	-424.06	-270.55	-136.86	-280.45
SLV (N;M _{z,max} ; M _y ;V _z ;V _y)	7	2420.92	443.94	90.49	122.85	290.07
SLV (N;M _{z,min} ; M _y ;V _z ;V _y)	9	590.74	-424.44	-271.12	-137.48	-280.61
SLV (N;M _z ; M _{y,max} ;V _z ;V _y)	1	2512.27	181.43	391.16	271.71	112.16
SLV (N;M _z ; M _{y,min} ;V _z ;V _y)	9	349.20	-155.88	-571.15	-287.11	-94.00
SLV (N;M _z ; M _y ;V _{z,max} ;V _y)	2	2355.99	173.64	390.35	272.80	101.65
SLV (N;M _z ; M _y ;V _{z,min} ;V _y)	9	349.20	-155.88	-571.15	-287.11	-94.00
SLV (N;M _z ; M _y ;V _z ;V _{y,max})	9	1962.33	443.84	90.12	123.07	290.10
SLV (N;M _z ; M _y ;V _z ;V _{y,min})	9	590.74	-424.44	-271.12	-137.48	-280.61

14.9.7 Verifiche di tipo STRU dei pali (SLU A1+M1+R3/SLV)

Nel seguito si riportano le verifiche allo SLU nei confronti del raggiungimento della resistenza strutturale dei pali di fondazione.

14.9.7.1 Condizioni di verifica

Le sollecitazioni riportate nei paragrafi precedenti sono relative al palo isolato. Per tenere in conto dell'effetto gruppo lo sforzo flessionale e di taglio sono amplificati di un fattore C_m, valutato sulla base di quanto riportato al paragrafo 14.3.2. Il coefficiente amplificativo risulta pari a 1.25. Nelle seguenti tabelle si riassumono, per gli stati limite considerati, i gruppi di sollecitazioni significative amplificate di tale coefficiente.

Tabella 202: Sollecitazioni di verifica con riferimento allo SLU-A1.

	N° palo	N [kN]	M _z [kNm]	M _y [kNm]	V _z [kNm]	V _y [kNm]
SLU - A1 (N _{max} ;M _z ; M _y ;V _z ;V _y)	1	3481.78	45.15	12.41	57.35	33.94
SLU - A1 (N _{min} ;M _z ; M _y ;V _z ;V _y)	9	863.71	-5.05	-276.07	-116.12	-4.59
SLU - A1 (N;M _{z,max} ; M _y ;V _z ;V _y)	9	2283.15	63.75	-80.02	45.26	53.70
SLU - A1 (N;M _{z,min} ; M _y ;V _z ;V _y)	9	1632.85	-28.71	-251.01	-71.64	-36.46
SLU - A1 (N;M _z ; M _{y,max} ;V _z ;V _y)	7	2263.85	21.41	107.67	106.88	11.28
SLU - A1 (N;M _z ; M _{y,min} ;V _z ;V _y)	7	1551.93	42.81	-389.14	-92.69	41.37
SLU - A1 (N;M _z ; M _y ;V _{z,max} ;V _y)	7	2679.27	5.86	98.47	108.33	-9.09
SLU - A1 (N;M _z ; M _y ;V _{z,min} ;V _y)	7	1421.42	23.55	-377.94	-129.68	22.39
SLU - A1 (N;M _z ; M _y ;V _z ;V _{y,max})	9	2283.15	63.75	-80.02	45.26	53.70
SLU - A1 (N;M _z ; M _y ;V _z ;V _{y,min})	9	1632.85	-28.71	-251.01	-71.64	-36.46

Tabella 203: Sollecitazioni di verifica con riferimento allo SLV.

	N° palo	N [kN]	M _z [kNm]	M _y [kNm]	V _z [kNm]	V _y [kNm]
SLV (N _{max} ;M _z ; M _y ;V _z ;V _y)	3	2799.601	527.0159	164.8288	162.5328	330.8412
SLV (N _{min} ;M _z ; M _y ;V _z ;V _y)	7	210.456	-531.744	-339.253	-171.61	-351.663
SLV (N;M _{z,max} ; M _y ;V _z ;V _y)	7	2420.923	556.6634	113.4659	154.04	363.7204
SLV (N;M _{z,min} ; M _y ;V _z ;V _y)	9	590.737	-532.221	-339.959	-172.385	-351.862
SLV (N;M _z ; M _{y,max} ;V _z ;V _y)	1	2512.274	227.5029	490.4806	340.6996	140.6367
SLV (N;M _z ; M _{y,min} ;V _z ;V _y)	9	349.201	-195.465	-716.177	-360.013	-117.87
SLV (N;M _z ; M _y ;V _{z,max} ;V _y)	2	2355.994	217.7291	489.4668	342.0752	127.4667
SLV (N;M _z ; M _y ;V _{z,min} ;V _y)	9	349.201	-195.465	-716.177	-360.013	-117.87
SLV (N;M _z ; M _y ;V _z ;V _{y,max})	9	1962.333	556.5434	113.0032	154.3146	363.7656
SLV (N;M _z ; M _y ;V _z ;V _{y,min})	9	590.737	-532.221	-339.959	-172.385	-351.862

14.9.7.2 Verifica allo SLU in condizioni statiche a pressoflessione

La verifica a pressoflessione di seguito riportata è condotta con riferimento alle combinazioni SLU (A1+M1+R3, con γ_R unitari). L'armatura prevista è riassunta in Tabella 204 Tabella 160.

Tabella 204: Armatura prevista palo di fondazione.

Numero Gabbia	Lunghezza gabbia [m]	Armatura
1	12.0	20Φ20
2	8.30	20Φ20

In Figura 97 sono diagrammate le sollecitazioni di sforzo normale e momento flettente all'interno del dominio di resistenza M-N; risulta che:

$$R_d \geq E_d,$$

dove:

R_d = resistenza di progetto;

E_d = valore di progetto delle azioni.

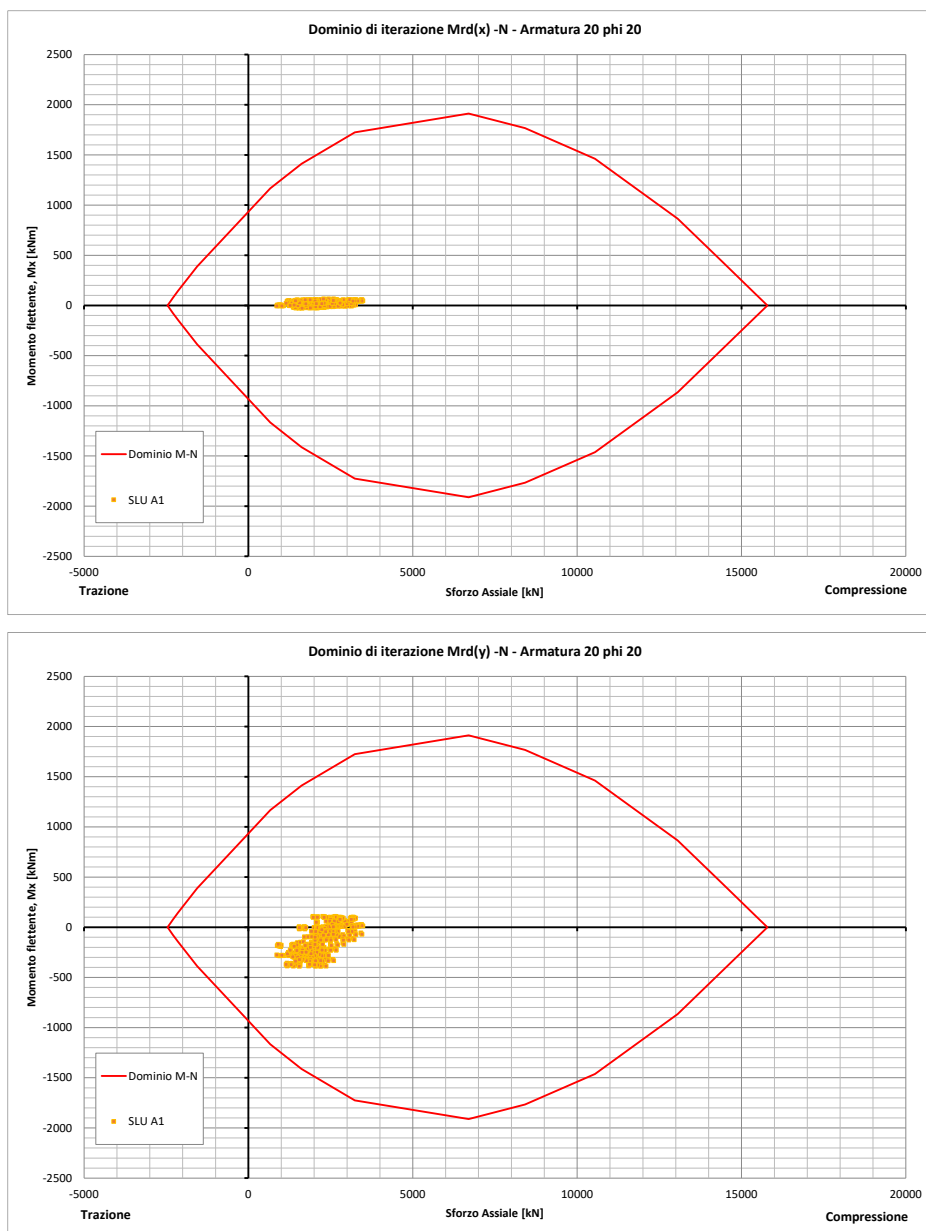


Figura 97: Verifica a pressoflessione- condizione statica.

14.9.7.3 Verifica allo SLU in condizioni sismiche a pressoflessione

La verifica a pressoflessione di seguito riportata è condotta con riferimento a quanto indicato al paragrafo 14.2.1. L'armatura prevista è riassunta in Tabella 160.

In Figura 98 sono diagrammate le sollecitazioni di sforzo normale e momento flettente all'interno del dominio di resistenza $N-M'_{yd}$ in campo sostanzialmente elastico, risulta che:

$$R_d \geq E_d,$$

dove:

R_d = resistenza di progetto;

E_d = valore di progetto delle azioni.

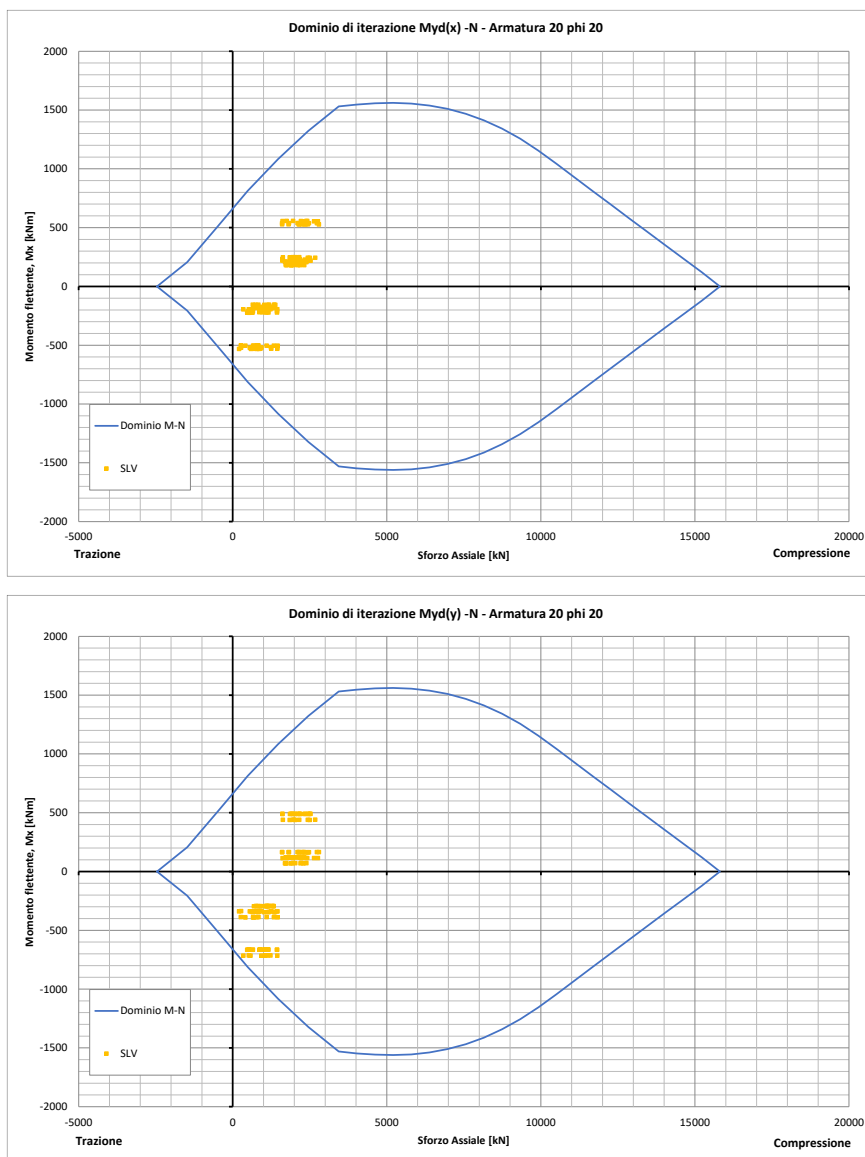


Figura 98: Verifica a pressoflessione- condizione sismica.

14.9.7.4 Verifica a taglio

La verifica a taglio di seguito riportata è condotta con riferimento alle combinazioni SLU (A1+M1+R3) e SLV. L'armatura prevista a taglio è costituita da $\Phi 10/200$ mm.

CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio: Circolare
Classe Conglomerato: C30/37

Raggio circ.: 50.0 cm
X centro circ.: 0.0 cm
Y centro circ.: 0.0 cm

DATI GENERAZIONI CIRCOLARI DI BARRE

N°Gen. Numero assegnato alla singola generazione circolare di barre
Xcentro Ascissa [cm] del centro della circonfer. lungo cui sono disposte le barre generate
Ycentro Ordinata [cm] del centro della circonfer. lungo cui sono disposte le barre generate
Raggio Raggio [cm] della circonferenza lungo cui sono disposte le barre generate
N°Barre Numero di barre generate equidist. disposte lungo la circonferenza
 \emptyset Diametro [mm] della singola barra generata

N°Gen.	Xcentro	Ycentro	Raggio	N°Barre	\emptyset
1	0.0	0.0	42.0	20	20

ARMATURE A TAGLIO

Diametro staffe: 10 mm
Passo staffe: 20.0 cm
Staffe: Una sola staffa chiusa perimetrale

ST.LIM.ULTIMI - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)
Mx Momento flettente [daNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.
My Momento flettente [daNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.
Vy Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia y
Vx Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia x

N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	3481.78	45.15	12.41	57.35	33.94
2	863.71	-5.05	-276.07	-116.12	-4.59
3	2283.15	63.75	-80.02	45.26	53.70
4	1632.85	-28.71	-251.01	-71.64	-36.46
5	2263.85	21.41	107.67	106.88	11.28
6	1551.93	42.81	-389.14	-92.69	41.37
7	2679.27	5.86	98.47	108.33	-9.09
8	1421.42	23.55	-377.94	-129.68	22.39
9	2283.15	63.75	-80.02	45.26	53.70
10	1632.85	-28.71	-251.01	-71.64	-36.46
11	2799.60	527.02	164.83	162.53	330.84
12	210.46	-531.74	-339.25	-171.61	-351.66
13	2420.92	556.66	113.47	154.04	363.72
14	590.74	-532.22	-339.96	-172.38	-351.86
15	2512.27	227.50	490.48	340.70	140.64
16	349.20	-195.47	-716.18	-360.01	-117.87
17	2355.99	217.73	489.47	342.08	127.47
18	349.20	-195.47	-716.18	-360.01	-117.87
19	1962.33	556.54	113.00	154.31	363.77
20	590.74	-532.22	-339.96	-172.38	-351.86

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - VERIFICHE A TAGLIO

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

OS135 – DA KM 5+498 A KM 6+698 – Relazione tecnica e di Calcolo

Passo staffe: 20.0 cm [Passo massimo di normativa = 24.0 cm]

Ver S = comb. verificata a taglio / N = comb. non verificata
Vsdv Taglio di progetto [kN] = proiezz. di Vx e Vy sulla normale all'asse neutro
Vcd Taglio resistente ultimo [kN] lato conglomerato compresso [(4.1.19) NTC]
Vwd Taglio resistente [kN] assorbito dalle staffe [(4.1.18) NTC]
Dmed Altezza utile media pesata [cm] valutata lungo strisce ortog. all'asse neutro. Vengono prese nella media le strisce con almeno un estremo compresso. I pesi della media sono costituiti dalle stesse lunghezze delle strisce.
bw Larghezza media resistente a taglio [cm] misurate parallel. all'asse neutro
E' data dal rapporto tra l'area delle sopradette strisce resistenti e Dmed.
Teta Angolo [gradi sessadec.] di inclinazione dei puntoni di conglomerato
Acw Coefficiente maggiorativo della resistenza a taglio per compressione
Ast Area staffe+legature strettam. necessarie a taglio per metro di pil.[cm²/m]
A.Eff Area staffe+legature efficaci nella direzione del taglio di combinaz.[cm²/m]
Tra parentesi è indicata la quota dell'area relativa alle sole legature.
L'area della legatura è ridotta col fattore L/d_max con L=lungh.legat.proietta-
ta sulla direz. del taglio e d_max= massima altezza utile nella direz.del taglio.

N°Comb	Ver	Vsdv	Vcd	Vwd	Dmed	bw	Teta	Acw	Ast	A.Eff
1	S	64.29	2338.67	543.34	77.1	92.0	21.80°	1.250	0.9	8.0(0.0)
2	S	6.71	1881.79	562.56	79.9	83.8	21.80°	1.065	0.1	8.0(0.0)
3	S	13.80	2161.91	549.07	77.9	89.8	21.80°	1.171	0.2	8.0(0.0)
4	S	44.36	2053.41	555.46	78.4	88.5	21.80°	1.122	0.6	8.0(0.0)
5	S	31.91	2159.25	552.36	77.9	89.8	21.80°	1.170	0.5	8.1(0.0)
6	S	51.26	2021.33	558.68	78.9	87.0	21.80°	1.116	0.7	8.0(0.0)
7	S	2.64	2233.45	546.40	77.5	91.0	21.80°	1.201	0.0	8.0(0.0)
8	S	30.41	2003.63	556.41	78.9	87.0	21.80°	1.106	0.4	8.0(0.0)
9	S	13.80	2161.91	549.07	77.9	89.8	21.80°	1.171	0.2	8.0(0.0)
10	S	44.36	2053.41	555.46	78.4	88.5	21.80°	1.122	0.6	8.0(0.0)
11	S	253.88	2250.21	545.47	77.5	91.0	21.80°	1.210	3.7	8.0(0.0)
12	S	333.82	1716.84	574.25	81.4	78.7	21.80°	1.016	4.7	8.0(0.0)
13	S	223.58	2180.96	552.06	77.9	89.8	21.80°	1.181	3.3	8.0(0.0)
14	S	334.68	1820.33	567.08	80.4	82.2	21.80°	1.044	4.7	8.0(0.0)
15	S	270.94	2210.18	549.40	77.5	91.0	21.80°	1.188	4.0	8.1(0.0)
16	S	208.50	1762.33	570.29	80.9	80.4	21.80°	1.026	2.9	8.0(0.0)
17	S	255.50	2171.99	551.53	77.9	89.8	21.80°	1.176	3.7	8.0(0.0)
18	S	208.50	1762.33	570.29	80.9	80.4	21.80°	1.026	2.9	8.0(0.0)
19	S	223.61	2098.56	555.45	78.4	88.5	21.80°	1.147	3.2	8.0(0.0)
20	S	334.68	1820.33	567.08	80.4	82.2	21.80°	1.044	4.7	8.0(0.0)

14.9.8 Verifiche di tipo SLE dei pali

Nel seguito si riportano le verifiche allo SLE in accordo con quanto riportato nel paragrafo 14.2.4..

14.9.8.1 Condizioni di verifica

Le sollecitazioni riportate nei paragrafi precedenti sono relative al palo isolato. Per tenere in conto dell'effetto gruppo lo sforzo flessionale e di taglio sono amplificati di un fattore C_m, valutato sulla base di quanto riportato al paragrafo 14.3.2. Il coefficiente amplificativo risulta pari a 1.25. Nelle seguenti tabelle si riassumono, per gli stati limite di esercizio considerati, i gruppi di sollecitazioni significative amplificate di tale coefficiente. Per tali gruppi di sollecitazioni è stata effettuata la verifica allo stato limite di esercizio. In particolare si fa riferimento alle sollecitazioni aumentate per effetto gruppo.

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

OS135 – DA KM 5+498 A KM 6+698 – Relazione tecnica e di Calcolo

Tabella 205: Sollecitazioni di riferimento allo SLE-QP.

Stato limite	N° palo	N [kN]	M _z [kNm]	M _y [kNm]
SLE - QP (N _{max} ;M _z ; M _y)	1	1869.611	24.86237	-136.894
SLE - QP (N _{min} ;M _z ;M _y)	9	1187.791	26.5173	-139.062
SLE - QP (N;M _{zmax} ;M _y)	7	1342.354	26.72207	-137.189
SLE - QP (N;M _{zmin} ;M _y)	9	1365.279	-2.195	-87.894
SLE - QP (N;M _z ;M _y max)	1	1705.343	8.598305	-86.5648
SLE - QP (N;M _z ;M _y min)	9	1187.791	26.5173	-139.062

Tabella 206: Sollecitazioni di riferimento allo SLE-FR.

Stato limite	N° palo	N [kN]	M _z [kNm]	M _y [kNm]
SLE - FR (N _{max} ;M _z ; M _y)	1	2309.58	33.10845	-71.1575
SLE - FR (N _{min} ;M _z ;M _y)	9	1103.368	29.21789	-160.443
SLE - FR (N;M _{zmax} ;M _y)	7	1755.859	35.28	-71.5191
SLE - FR (N;M _{zmin} ;M _y)	9	1340.655	-9.774364	-166.612
SLE - FR (N;M _z ;M _y max)	1	2112.459	13.59157	-10.7626
SLE - FR (N;M _z ;M _y min)	9	1127.67	24.6803	-228.013

14.9.8.2 Verifiche allo SLE di tipo strutturale

Si riportano nel seguito le verifiche SLE di tipo strutturale.

CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio: Circolare
Classe Conglomerato: C30/37

Raggio circ.: 50.0 cm
X centro circ.: 0.0 cm
Y centro circ.: 0.0 cm

DATI GENERAZIONI CIRCOLARI DI BARRE

N°Gen. Numero assegnato alla singola generazione circolare di barre
Xcentro Ascissa [cm] del centro della circonferenza lungo cui sono disposte le barre generate
Ycentro Ordinata [cm] del centro della circonferenza lungo cui sono disposte le barre generate
Raggio Raggio [cm] della circonferenza lungo cui sono disposte le barre generate
N°Barre Numero di barre generate equidistanti disposte lungo la circonferenza
Ø Diametro [mm] della singola barra generata

N°Gen. Xcentro Ycentro Raggio N°Barre Ø

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

OS135 – DA KM 5+498 A KM 6+698 – Relazione tecnica e di Calcolo

1 0.0 0.0 42.0 20 20

COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	2309.58	33.11	-71.16
2	1103.37	29.22	-160.44
3	1755.86	35.28	-71.52
4	1340.66	-9.77	-166.61
5	2112.46	13.59	-10.76
6	1127.67	24.68	-228.01

COMB. FREQUENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	2309.58	33.11 (0.00)	-71.16 (0.00)
2	1103.37	29.22 (509.81)	-160.44 (-2799.25)
3	1755.86	35.28 (0.00)	-71.52 (0.00)
4	1340.66	-9.77 (0.00)	-166.61 (0.00)
5	2112.46	13.59 (13.48)	-10.76 (3653.77)
6	1127.67	24.68 (99.99)	-228.01 (-923.77)

COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	1869.61	24.86 (0.00)	-136.89 (0.00)
2	1187.79	26.52 (0.00)	-139.06 (0.00)
3	1342.35	26.72 (0.00)	-137.19 (0.00)
4	1365.28	-2.19 (0.00)	-87.89 (0.00)
5	1705.34	8.60 (0.00)	-86.56 (0.00)
6	1187.79	26.52 (0.00)	-139.06 (0.00)

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

Ver S = comb. verificata/ N = comb. non verificata
Sc max Massima tensione (positiva se di compressione) nel conglomerato [Mpa]
Xc max, Yc max Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
Sf min Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [Mpa]
Xs min, Ys min Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)
Ac eff. Area di calcestruzzo [cm²] in zona tesa considerata aderente alle barre
As eff. Area barre [cm²] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure
D barre Distanza tre le barre tese [cm] ai fini del calcolo dell'apertura fessure
Beta12 Prodotto dei coeff. di aderenza delle barre Beta1*Beta2

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.	D barre	Beta12
1	S	3.31	-45.3	0.0	30.8	39.9	-13.0	---	---	---	---

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

OS135 – DA KM 5+498 A KM 6+698 – Relazione tecnica e di Calcolo

2	S	2.68	-49.2	0.0	1.0	39.9	-13.0	----	----	----	----
3	S	2.69	-44.8	0.0	21.3	39.9	-13.0	----	----	----	----
4	S	2.98	-49.9	0.0	4.6	42.0	0.0	----	----	----	----
5	S	2.55	-31.0	0.0	34.1	24.7	-34.0	----	----	----	----
6	S	3.40	-49.7	0.0	-8.8	42.0	0.0	385	6.3	13.1	1.00

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.	D barre	Beta12
1	S	3.31	-45.3	0.0	30.8	39.9	-13.0	----	----	----	----
2	S	2.68	-49.2	0.0	1.0	39.9	-13.0	----	----	----	----
3	S	2.69	-44.8	0.0	21.3	39.9	-13.0	----	----	----	----
4	S	2.98	-49.9	0.0	4.6	42.0	0.0	----	----	----	----
5	S	2.55	-31.0	0.0	34.1	24.7	-34.0	----	----	----	----
6	S	3.40	-49.7	0.0	-8.8	42.0	0.0	385	6.3	13.1	1.00

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§B.6.6 DM96]

La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a f_{ctm}

Ver. Esito della verifica

S1 Massima tensione [Mpa] di trazione nel calcestruzzo valutata in sezione non fessurata

S2 Minima tensione [Mpa] di trazione nel calcestruzzo valutata in sezione fessurata

k2 = 0.4 per barre ad aderenza migliorata

k3 = 0.125 per flessione e presso-flessione; $= (e1 + e2)/(2 * e1)$ per trazione eccentrica

Ø Diametro [mm] medio delle barre tese comprese nell'area efficace Ac eff

Cf Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa

Psi $= 1 - \text{Beta}12 * (Ssr/Ss)^2 = 1 - \text{Beta}12 * (f_{ctm}/S2)^2 = 1 - \text{Beta}12 * (M_{fess}/M)^2$ [B.6.6 DM96]

e sm Deformazione unitaria media tra le fessure [4.3.1.7.1.3 DM96]. Il valore limite = $0.4 * Ss/Es$ è tra parentesi

srm Distanza media tra le fessure [mm]

wk Valore caratteristico [mm] dell'apertura fessure = $1.7 * e + sm * srm$. Valore limite tra parentesi

MX fess. Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]

MY fess. Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]

Comb.	Ver	S1	S2	k3	Ø	Cf	Psi	e sm	srm	wk	Mx fess	My fess
1	S	1.9	0	----	----	----	----	----	----	----	0.00	
0.00												
2	S	-0.2	0	----	----	----	----	----	----	----	509.81	-
2799.25												
3	S	1.3	0	----	----	----	----	----	----	----	0.00	
0.00												
4	S	0.1	0	----	----	----	----	----	----	----	0.00	
0.00												
5	S	2.3	0	----	----	----	----	----	----	----	13.48	
3653.77												
6	S	-0.7	0	0.125	20	70	-15.4140.00002	(0.00002)	228	0.007 (0.30)	99.99	-
923.77												

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.	D barre	Beta12
1	S	3.34	-49.2	0.0	16.7	39.9	-13.0	----	----	----	----
2	S	2.58	-49.1	0.0	4.8	39.9	-13.0	----	----	----	----
3	S	2.74	-49.1	0.0	7.7	39.9	-13.0	----	----	----	----
4	S	2.32	-50.0	0.0	13.6	42.0	0.0	----	----	----	----
5	S	2.70	-49.8	0.0	19.6	42.0	0.0	----	----	----	----
6	S	2.58	-49.1	0.0	4.8	39.9	-13.0	----	----	----	----

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§B.6.6 DM96]

Comb.	Ver	S1	S2	k3	Ø	Cf	Psi	e sm	srm	wk	Mx fess	My fess
1	S	0.9	0	----	----	----	----	----	----	----	0.00	
0.00												
2	S	0.1	0	----	----	----	----	----	----	----	0.00	
0.00												
3	S	0.3	0	----	----	----	----	----	----	----	0.00	
0.00												
4	S	0.8	0	----	----	----	----	----	----	----	0.00	

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

OS135 – DA KM 5+498 A KM 6+698 – Relazione tecnica e di Calcolo

0.00												
5	S	1.2	0	---	---	---	---	---	---	---	---	0.00
0.00												
6	S	0.1	0	---	---	---	---	---	---	---	---	0.00
0.00												

14.9.8.3 Verifiche allo SLE in termini di spostamenti

Con riferimento a quanto riportato in Tabella 89, risulta che:

- spostamento verticale massimo, $u_{x\max}$: 0.54 cm
- spostamento orizzontale massimo $u_{y\max}$: 0.05 cm

Gli spostamenti sopra riportati sono relativi al palo isolato. Per tenere in conto dell'effetto gruppo, sia per carichi verticali che per carichi orizzontali, gli spostamenti sono amplificati come riportato rispettivamente al paragrafo 14.2.4.1 e al paragrafo 14.2.4.2.

In particolare, come riportato in Figura 91, il cedimento verticale del gruppo di pali risulta par a 1.0 cm.

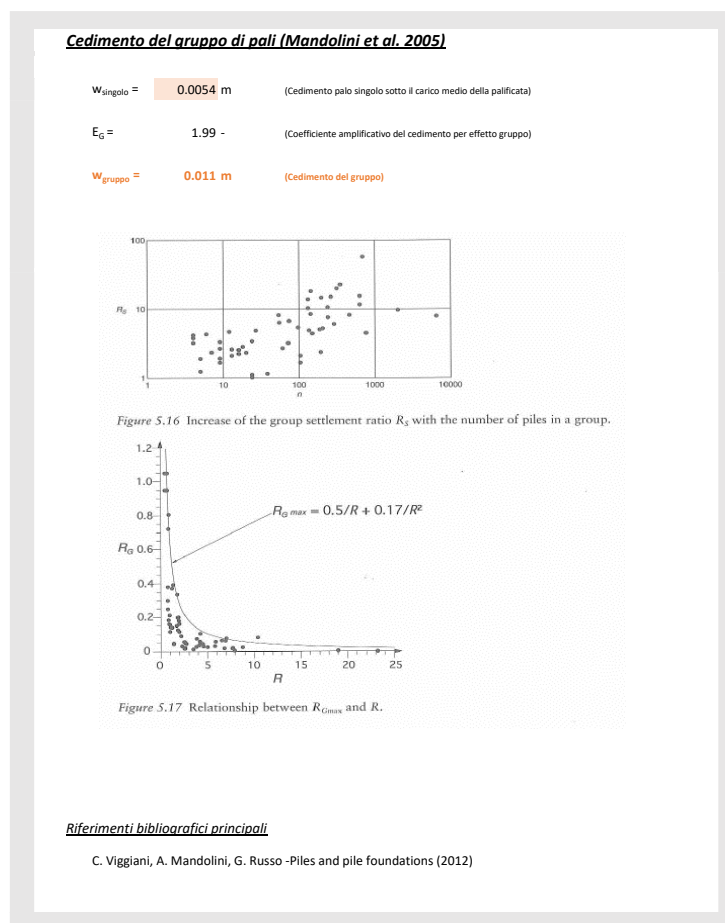


Figura 99: Cedimento verticale del gruppo di pali.

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotatoria Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

OS135 – DA KM 5+498 A KM 6+698 – Relazione tecnica e di Calcolo

Mentre lo spostamento orizzontale del gruppo di pali risulta pari a 0.12 cm.

<i>Coefficienti amplificativi spostamenti</i>	
<i>Prodedura amplificazione spostamenti orizzontali (Ooi & Duncan, 1994)</i>	
Dati di input	
Numero pali, N	9 -
Interasse pali, s	3 m
Diametro pali, D	1 m
Lunghezza pali, L	18 m
Carico totale agente sul gruppo, P_g	2000 kN
Carico medio agente sul singolo, P_s	222.2222 kN
Coesione non drenata, c_u	100 kPa
P_N	100
Coefficiente di amplificazione degli spostamenti orizzontali, C_y	
C_y	2.35

Figura 100: Coefficiente amplificativo dello spostamento orizzontale per gruppi di pali.

Gli spostamenti risultano essere compatibili con la funzionalità dell'opera.

14.9.9 Verifiche agli SLU di tipo geotecniche (GEO)

14.9.9.1 Verifica di capacità portante dei pali per carichi verticali

La verifica di capacità portante dei pali per carichi verticali è condotta secondo la modalità indicata al paragrafo 14.2.2.

Come riportato al capitolo 5, la struttura di fondazione della Pila 4 è costituita da pali trivellati di diametro 1000mm di lunghezza 18.0m

In Tabella 207 si riporta la capacità portante a compressione e a trazione del palo isolato.

Tabella 207: Capacità portante a compressione e a trazione dei pali di fondazione– Pila 4.

Capacità portante A1+M1+R3						
L_p m	Q_{ll} kN	Q_{bl} kN	W'_p kN	Q_u kN	$R_{cd,singolo}$ kN	$R_{td,singolo}$ kN
18	5397	2642	71	7969	3820	2611

Per la **Condizione di Verifica 1** (verifica di capacità portante del singolo palo) in Tabella 208 si riportano le sollecitazioni di sforzo assiale massime, sia per la condizione statica (A1 e A2) sia per la condizione sismica (SLV). È indicato il numero del palo in cui si verifica lo sforzo massimo.

Si riportano inoltre gli sforzi normali in condizione di esercizio (SLE)

Tabella 208: Sforzi normali massimi agenti.

	N_{max} [kN]	N_{min} [kN]
SLU - A1	3481,8	863,7
	1	9
SLV	2799,6	210,5
	3	7
SLE - FR	2309,6	1103,4
	1	9
SLE - QP	1869,6	1187,8
	1	9

In Tabella 209 si riporta la verifica di capacità portante per la Condizione 1. La verifica risulta soddisfatta.

Tabella 209: Pila 4: verifica di capacità portante per carichi verticali - Condizione di verifica 1.

Capacità portante SLU A1+M1+R3									
L_p m	Q_{ll} kN	Q_{bl} kN	W'_p kN	Q_u kN	$R_{cd,singolo}$ kN	$R_{td,singolo}$ kN		N_{max} kN	N_{min} kN
18	5397	2642	71	7969	3820	2611	>	3481,8	-

Capacità portante SLV									
L_p m	Q_{ll} kN	Q_{bl} kN	W'_p kN	Q_u kN	$R_{cd,singolo}$ kN	$R_{td,singolo}$ kN		N_{max} kN	N_{min} kN
18	5397	2642	71	7969	3820	2611	>	2799,6	-

Per la **Condizione di Verifica 2** (verifica di capacità portante del gruppo di pali) di seguito si riportano lo sforzo assiale massimo e il momento massimo, longitudinale (M_y) e trasversale (M_z), agente ad intradosso fondazione.

Tabella 210: Sforzi normali e momenti involuppo agenti ad intradosso fondazione.

	N [kN]	$M_{z,max}$ [kNm]	$M_{y,max}$ [kNm]
SLU - A1	18585.5	2809.8	-17860.5

	N [kN]	$M_{z,max}$ [kNm]	$M_{y,max}$ [kNm]
SLV	11541.2	9074.1	-11173.0

Nelle seguenti figure si riporta la verifica di capacità portante dei pali in gruppo (Condizione di verifica 2). È stata considerata indipendente la direzione trasversale dalla direzione longitudinale. Le verifiche risultano soddisfatte.

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

OS135 – DA KM 5+498 A KM 6+698 – Relazione tecnica e di Calcolo

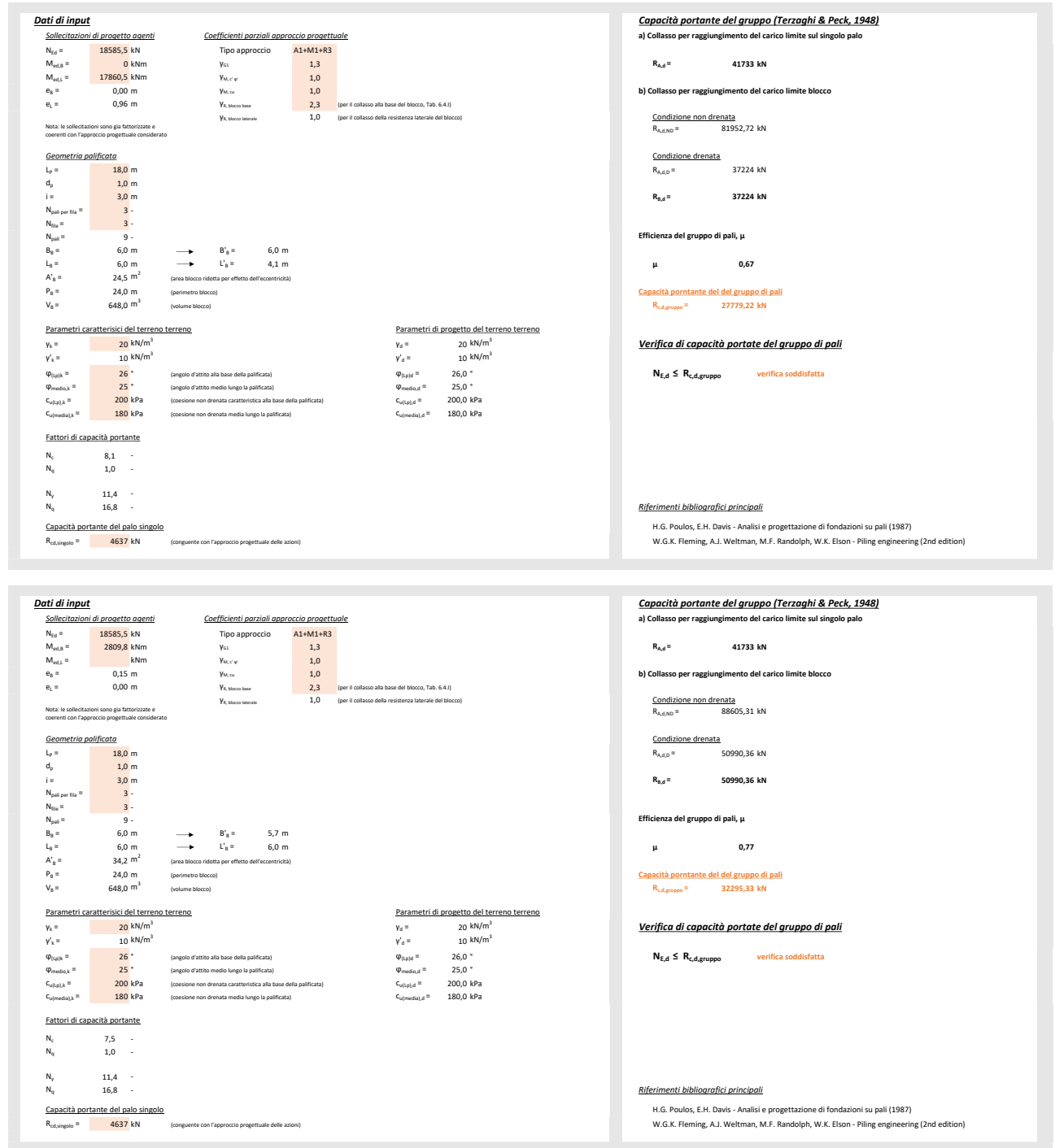


Figura 101: Pila 4: Condizione statica A1+M1+R3 - Condizione di verifica 2.

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

OS135 – DA KM 5+498 A KM 6+698 – Relazione tecnica e di Calcolo

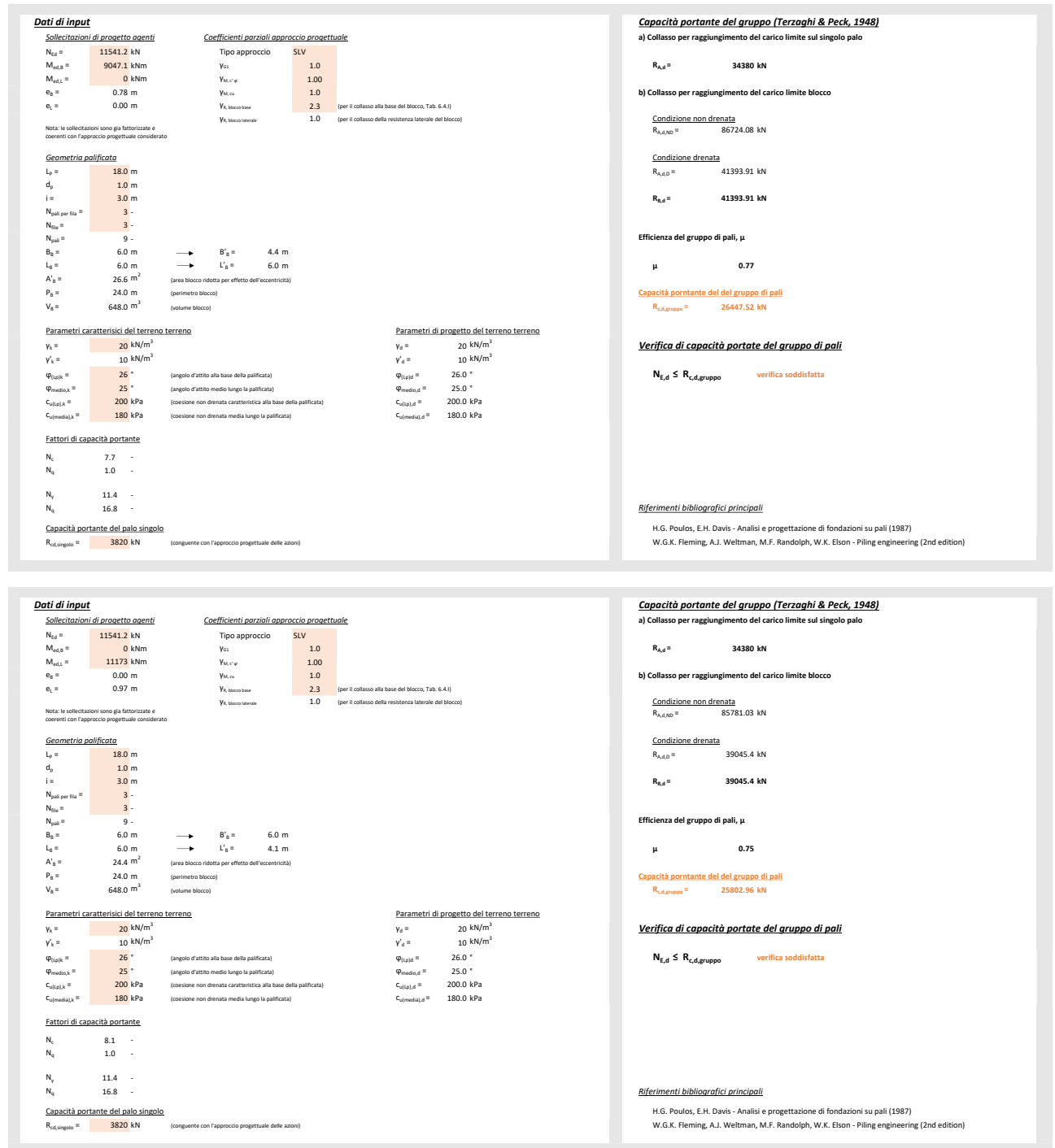


Figura 102: Pila 4: Condizione sismica A1+M1+R3 - Condizione di verifica 2.

14.9.9.2 Verifica di capacità portante dei pali per carichi orizzontali

La verifica di capacità portante dei pali per carichi orizzontali è condotta secondo la modalità indicata al paragrafo 14.2.3.

Le caratteristiche geometriche e meccaniche dei pali di fondazione sono riassunti nella seguente tabella.

Tabella 211: Caratteristiche geometriche e meccaniche dei pali di fondazione.

Diametro	1000 mm
Lunghezza	18.0m
Armatura a flessione	20Φ20

In Tabella 212 si riassumono, per ciascun palo, le azioni taglianti massime agenti ad intradosso fondazione per gli stati limite ultimi in condizione statica (SLU/A1+M1+R3) e in condizione sismica (SLV/A1+M1+R3).

Tabella 212: Sforzi di taglio massimo agente ad intradosso fondazione.

	V_{max} [kN]
SLU-A1	999
SLV	2049

La capacità portante orizzontale del singolo palo è riportato di seguito per la condizione SLU/A1+M1+R3 e SLV/A1+M1+R3.

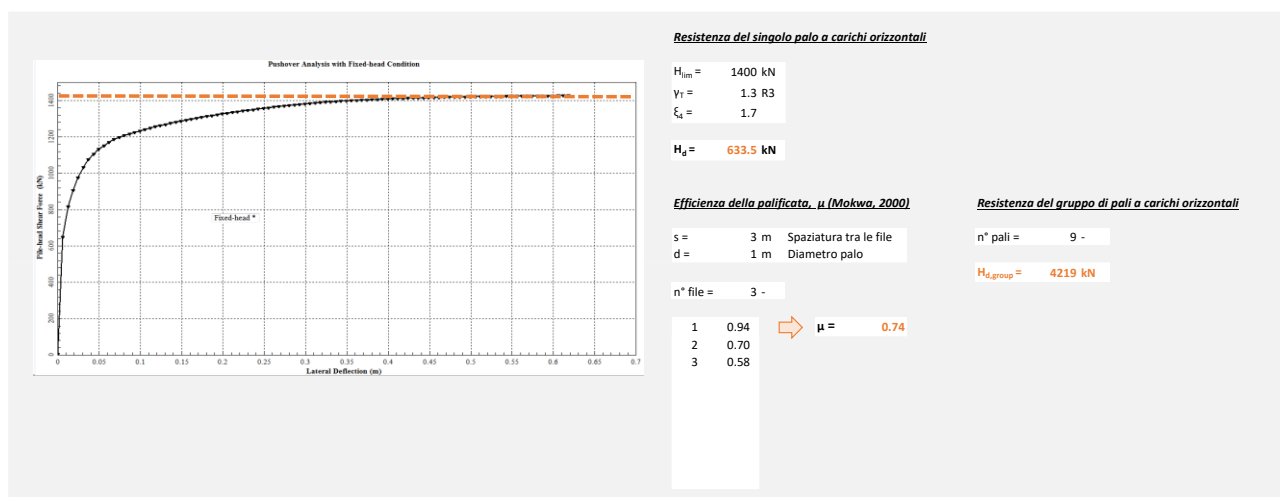


Figura 103: Pila 4: Capacità portante orizzontale - Condizione statica e simica A1+M1+R3.

In Tabella 213 si riporta la verifica a capacità portante per i carichi orizzontali; essa risulta soddisfatta.

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotatoria Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

OS135 – DA KM 5+498 A KM 6+698 – Relazione tecnica e di Calcolo

Tabella 213: Pila 4: verifica di capacità portante per carichi orizzontali.

	V_d [kN]		H_{d,singolo} [kN]
SLU – A1+M1+R3	999	<	4219
SLV – A1+M1+R3	2049	<	4219