

COMMITTENTE:



ALTA
SORVEGLIANZA:



GENERAL CONTRACTOR:



**INFRASTRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE DEFINITE DALLA LEGGE
OBIETTIVO N. 443/01
LINEA AV/AC TORINO – VENEZIA Tratta VERONA – PADOVA
Lotto funzionale Verona – Bivio Vicenza
PROGETTO ESECUTIVO
FABBRICATI
FA09 - FABBRICATO PC AL KM 32+300,00
STRUTTURE
RELAZIONE GEOTECNICA**

GENERAL CONTRACTOR				DIRETTORE LAVORI				SCALA -
IL PROGETTISTA INTEGRATORE		Consorzio Iricav Due						
 Ing. Giovanni MALAVENDA iscritto all'ordine degli ingegneri di Venezia n. 4289 Data:		ing. Paolo Carmona Data:		Data:				

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

I
N
1
7
1
2
E
I
2
R
B
F
A
0
9
0
0
0
0
0
0
0
1
A
0
0
1
P
0
0
1

	VISTO CONSORZIO IRICAV DUE	
	Firma	Data
	Luca RANDOLFI 	

Progettazione:

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	verificato	Data	Approvat	Data	IL PROGETTISTA
A	EMISSIONE	SBA 	31/03/2021	MPA 	31/03/2021	GSA 	31/03/2021	 Ing. Gianluigi Santini iscritto all'ordine degli ingegneri della Provincia di Verona n. 3035 Data: 31/03/2021

CIG: 8377957CD1 CUP: J41E91000000009 File: IN1712E12RBFA0900001A
 Cod. origine:



Progetto cofinanziato
dalla Unione Europea

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 		
Pag 2 di 33	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBFA0900001	A

INDICE

1	ELABORATI DI RIFERIMENTO	3
2	PREMESSA	5
3	DESCRIZIONE DELLE OPERE	5
4	NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....	11
5	VITA NOMINALE E CLASSE D'USO DELL'OPERA	12
6	CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICA DEL SITO	13
7	PARAMETRI GEOTECNICI	14
8	CATEGORIA DI SOTTOSUOLO PER LA RISPOSTA SISMICA LOCALE	15
9	LIQUEFAZIONE	17
10	COMBINAZIONE DELLE AZIONI	18
11	ANALISI FEM	22
11.1	STRUMENTI SOFTWARE	22
11.2	MODELLAZIONE DELL'EDIFICIO.....	22
12	VERIFICHE DI SICUREZZA STRUTTURA DI FONDAZIONE	25
12.1	VERIFICHE GEOTECNICHE PC – BLOCCO 1.....	25
12.2	VERIFICHE GEOTECNICHE PC – BLOCCO 2.....	28
12.3	VERIFICHE GEOTECNICHE CABINA ENEL	31

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 		
Pag 3 di 33	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica E12RBFA0900001	A

1 ELABORATI DI RIFERIMENTO

CODIFICA	TITOLO ELABORATO
IN1712EI2EEFA0900001A	ELENCO ELABORATI
IN1712EI2RGFA0900001A	RELAZIONE GENERALE DI CONFRONTO PD-PE
IN1712EI2RHFA0900001A	RELAZIONE TECNICA DESCRITTIVA
IN1712EI2RIFA0900001A	RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA
IN1712EI2RBFA0900001A	RELAZIONE GEOTECNICA
IN1712EI2RHFA0900002A	RELAZIONE ILLUSTRATIVA DEI MATERIALI
IN1712EI2CLFA0900001A	RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE
IN1712EI2RHFA0900003A	RELAZIONE SISMICA
IN1712EI2CMFA0900001A	COMPUTO METRICO
IN1712EI2CEFA0900001A	COMPUTO METRICO ESTIMATIVO
IN1712EI2RHFA0900004A	ELENCO PREZZI UNITARI
IN1712EI2APFA0900001A	ANALISI NUOVI PREZZI
IN1712EI2RHFA0900006A	PIANO DI MANUTENZIONE
IN1712EI2PZFA0900001A	PLANIMETRIA GENERALE STATO DI FATTO-RILIEVO TOPOGRAFICO
IN1712EI2PZFA0900002A	PLANIMETRIA GENERALE STATO DI PROGETTO
IN1712EI2PZFA0900003A	PLANIMETRIA STATO DI PROGETTO E ANDAMENTO ALTIMETRICO
IN1712EI2PZFA0900004A	PLANIMETRIA COSTRUZIONI E DEMOLIZIONI
IN1712EI2PZFA0900005A	PLANIMETRIA TRATTAMENTO SUPERFICI
IN1712EI2WZFA0900001A	PIAZZALE - SEZIONI TRASVERSALI
IN1712EI2FZFA0900001A	PIAZZALE - PROFILO RECINZIONI
IN1712EI2BZFA0900001A	PIAZZALE E STRADA DI ACCESSO - PARTICOLARI COSTRUTTIVI - SEZIONE TIPO
IN1712EI2BZFA0900002A	STRADA DI ACCESSO - PROFILO E SEZIONI
IN1712EI2BZFA0900003A	STRADA DI ACCESSO - SEGNALETICA VERTICALE E ORIZZONTALE
IN1712EI2PZFA0900006A	PIAZZALE - PLANIMETRIA RETI IDRAULICHE DI PROGETTO
IN1712EI2PZFA0900007A	PIAZZALE - PLANIMETRIA RETE ACQUE METEORICHE DI PROGETTO
IN1712EI2PZFA0900008A	PIAZZALE - PROFILI OPERE IDRAULICHE
IN1712EI2BZFA0900004A	PIAZZALE - PARTICOLARI COSTRUTTIVI OPERE IDRAULICHE
IN1712EI2PZFA0900009A	PIAZZALE - PLANIMETRIA RETE ACQUE REFLUE DI PROGETTO E PARTICOLARI COSTRUTTIVI
IN1712EI2PZFA0900010A	PIAZZALE - PLANIMETRIA RETE IDRICA DI PROGETTO

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 		
Pag 4 di 33	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBFA0900001	A

IN1712EI2PZFA0900011A	PIAZZALE - PLANIMETRIA OPERE ELETTROMECCANICHE INTERRATE
IN1712EI2PBFA0900001A	FABBRICATO: PIANTE
IN1712EI2PBFA0900002A	FABBRICATO: SEZIONI
IN1712EI2PBFA0900003A	FABBRICATO: PROSPETTI
IN1712EI2BZFA0900005A	FABBRICATO: PARTICOLARI
IN1712EI2BCFA0900001A	FABBRICATO: ABACO SERRAMENTI
IN1712EI2BKFA0900001A	FABBRICATO: ABACO PACCHETTI TECNOLOGICI
IN1712EI2BBFA0900001A	FABBRICATO - Carpenterie : PIANTE FONDAZIONI
IN1712EI2BBFA0900002A	FABBRICATO - Carpenterie : PIANTE COPERTURA
IN1712EI2BBFA0900003A	FABBRICATO - Carpenterie : SEZIONI
IN1712EI2BZFA0900006A	FABBRICATO - ARMATURE FONDAZIONI 1 DI 2
IN1712EI2BZFA0900007A	FABBRICATO - ARMATURE FONDAZIONI 2 DI 2
IN1712EI2BZFA0900008A	FABBRICATO - ARMATURE PILASTRI E SOLETTA CONTROTERRA
IN1712EI2BZFA0900009A	FABBRICATO - ARMATURE TRAVI
IN1712EI2BBFA0900004A	FABBRICATO - CABINA ENEL : PIANTE , SEZIONI, PROSPETTI, PARTICOLARI
IN1712EI2BZFA0900010A	FABBRICATO CABINA ENEL: PARTICOLARI
IN1712EI2BCFA0900002A	FABBRICATO CABINA ENEL: ABACO SERRAMENTI
IN1712EI2BKFA0900002A	FABBRICATO CABINA ENEL: ABACO PACCHETTI TECNOLOGICI
IN1712EI2BBFA0900005A	FABBRICATO - CABINA ENEL - PIANTE E SEZIONI
IN1712EI2BZFA0900011A	FABBRICATO - CABINA ENEL - ARMATURE FONDAZIONI E SOLETTA CONTROTERRA
IN1712EI2BZFA0900012A	FABBRICATO - CABINA ENEL - ARMATURE TRAVI E PILASTRI

Elaborati di riferimento del Progetto Definitivo:

[1]	IN0D00DI2RHGE0000009A	Relazione Geologica e Geomorfologica
[2]	IN0D00DI2RHGE0002003A	Relazione Idrogeologica
[3]	IN0D00DI2RBGE0005010D	Relazione Geotecnica Generale & Addendum - Parte 4
[4]	IN0D00DI2F5GE0002008E	Profilo Geotecnico - Tav 8/11
[5]	IN0D00DI2RHXX0000003A	Relazione Sismica
[6]	IN0D00DI2CLFA0902001B	Relazione di Calcolo Strutturale

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 		
Pag 5 di 33	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBFA0900001	A

2 PREMESSA

La presente relazione è relativa al progetto esecutivo delle opere strutturali del fabbricato FA09 – PC e cabina Enel al km 32+292.30 della nuova linea ferroviaria AV/AC Verona – Padova, 1° sublotto: Verona – Montebello Vicentino, in Comune di Montebello Vicentino, in Comune di Montebello Vicentino (VI).

In particolare la relazione illustra i parametri geotecnici alla base del progetto e riporta i calcoli del progetto esecutivo delle opere in fondazione.

3 DESCRIZIONE DELLE OPERE

Dal punto di vista architettonico il fabbricato PC è composto da un unico organismo edilizio, a pianta rettangolare con dimensioni (65,25x7,20) m e un solo piano fuori terra, copertura a padiglione con pendenza delle falde di 19°, altezza al colmo di 5,70 m e finitura con tegole laterizie, cornicione/veletta perimetrale in calcestruzzo faccia a vista con altezza alla gronda di 3,80 m fuori terra, murature perimetrali e interne in blocchi forati di calcestruzzo vibro-compresso rivestiti all'interno e faccia a vista all'esterno.

La struttura si compone di tre corpi distinti, tra loro separati mediante due giunti strutturali di 10 cm: due corpi laterali, uguali tra loro, con dimensioni in pianta di (18,95x6,70) m e un corpo centrale con dimensioni in pianta di (25,85x6,70) m, misurati sugli assi strutturali.

La struttura in elevazione è costituita da un'intelaiatura spaziale di travi e pilastri in calcestruzzo armato ordinario gettato in opera e dall'unico solaio di copertura laterocementizio, con travetti tralicciati e pignatte di alleggerimento. Sugli allineamenti trasversali sono previste “catene” in cls armato alla quota di imposta della copertura che assorbono la spinta dovuta all'inclinazione delle falde; la catena è sormontata al centro da un “monaco/ometto” che riproduce l'immagine tipica della struttura “a capriata”. Le travi di falda e di displuvio sono a spessore di solaio (s=24 cm), le travi di colmo hanno sezione (30x50) cm, le travi perimetrali hanno sezione (30x70) cm e raccordano la quota della falda con quella del cornicione, quest'ultimo con spessore di 18 cm. La catena ha sezione (40x30) cm e il monaco (25x25) cm. I pilastri di ciascun corpo hanno sezione (30x50) cm mentre i due sul giunto sono (35x50) per irrigidire questo allineamento di testata privo del pilastro intermedio (30x50) cm.

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Pag 6 di 33</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBFA090001</p>	<p>A</p>

La struttura di fondazione, anch'essa distinta per i tre corpi, è costituita da un reticolo di travi. E' prevista una trave longitudinale e di testata a "T rovescia" con suola di (100x40) cm e anima di (45x80) cm, una trave sul giunto a forma di L con suola di (70x40) cm e anima di (40x80) cm; l'altezza totale è di 120 cm sull'intero perimetro.

Sono anche previste travi di collegamento, generalmente con sezione (60x40) cm, poste sugli allineamenti strutturali trasversali e delle murature interne; la sezione ribassata favorisce il libero alloggiamento del pavimento flottante e degli impianti a questo livello. Si riportano di seguito alcune figure che illustrano sommariamente la struttura in esame, con riferimento al corpo centrale, mentre per il disegno dettagliato si rinvia agli elaborati grafici del progetto strutturale.

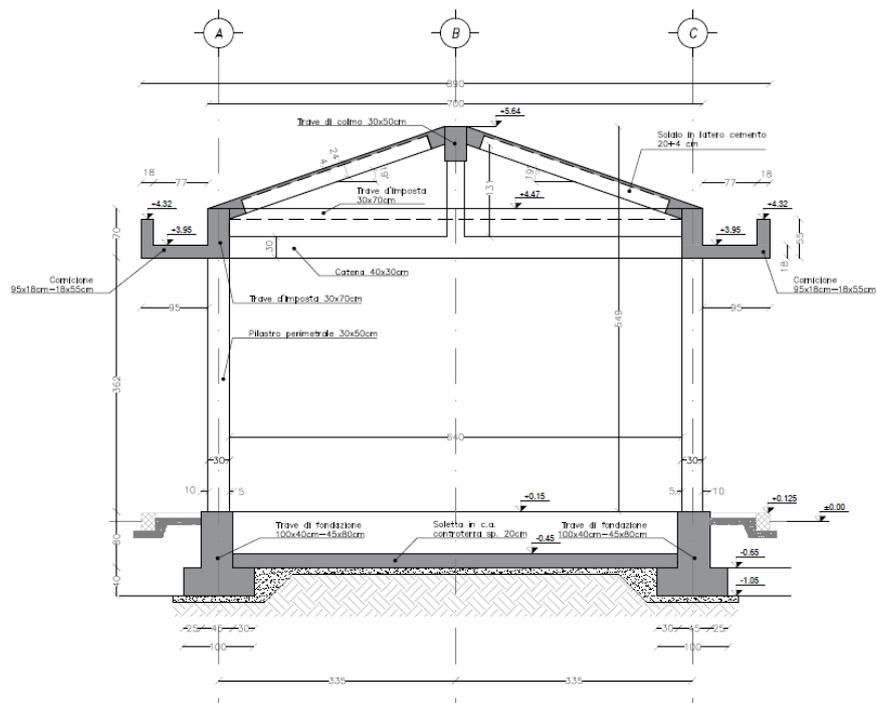


Figura 1 PC - Sezione trasversale

PIANTA FONDAZIONI Scala 1:50



Figura 2 PC - Pianta fondazioni

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Pag 8 di 33</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBFA090001</p>	<p>A</p>

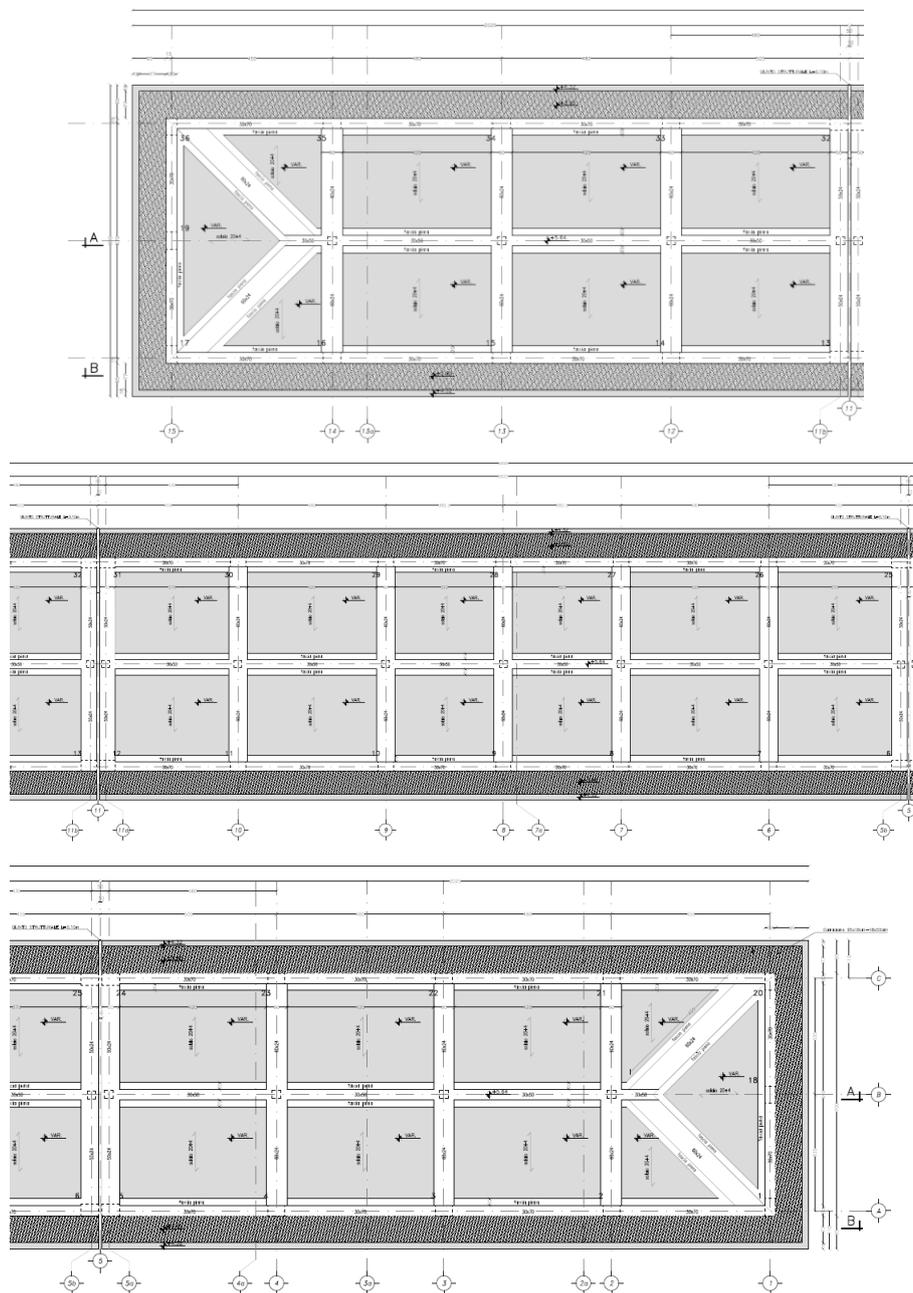


Figura 3 PC - Pianta copertura

Dal punto di vista architettonico il fabbricato Cabina Enel è composto da un organismo edilizio a pianta rettangolare, con dimensioni (11,40x5,00) m e un solo piano fuori terra, copertura a padiglione con pendenza delle falde di 19°, altezza al colmo di 5,30 m e finitura con tegole laterizie, cornicione/veletta perimetrale in calcestruzzo faccia a vista con altezza alla gronda di 3,80 m fuori terra, murature perimetrali e interne in blocchi forati di calcestruzzo vibro-compresso rivestiti all'interno e faccia a vista all'esterno. La struttura ha dimensioni in pianta di (10,90x4,50) m sugli

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 		
Pag 9 di 33	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBFA0900001	A

assi strutturali. La struttura in elevazione è costituita da un'intelaiatura spaziale di travi e pilastri in calcestruzzo armato ordinario gettato in opera e dall'unico solaio di copertura laterocementizio, con travetti tralicciati e pignatte di alleggerimento. Le travi di falda, di colmo e di displuvio sono tutte a spessore di solaio ($s=24$ cm), le travi perimetrali hanno sezione (30x70) cm e raccordano la quota della falda con quella del cornicione, quest'ultimo con spessore di 18 cm. I pilastri hanno sezione (30x40) cm.

La struttura di fondazione è costituita da un reticolo di travi. È prevista una trave perimetrale a "T rovescia" con suola di (90x40) cm, anima di (40x80) cm e altezza totale è di 120 cm sull'intero perimetro. Sono anche previsti due cordoli di collegamento interni con funzione di collegamento delle fondazioni perimetrali e di sostegno delle murature interne. Si riportano di seguito alcune figure che illustrano sommariamente la struttura in esame mentre per il disegno dettagliato si rinvia agli elaborati grafici del progetto strutturale.

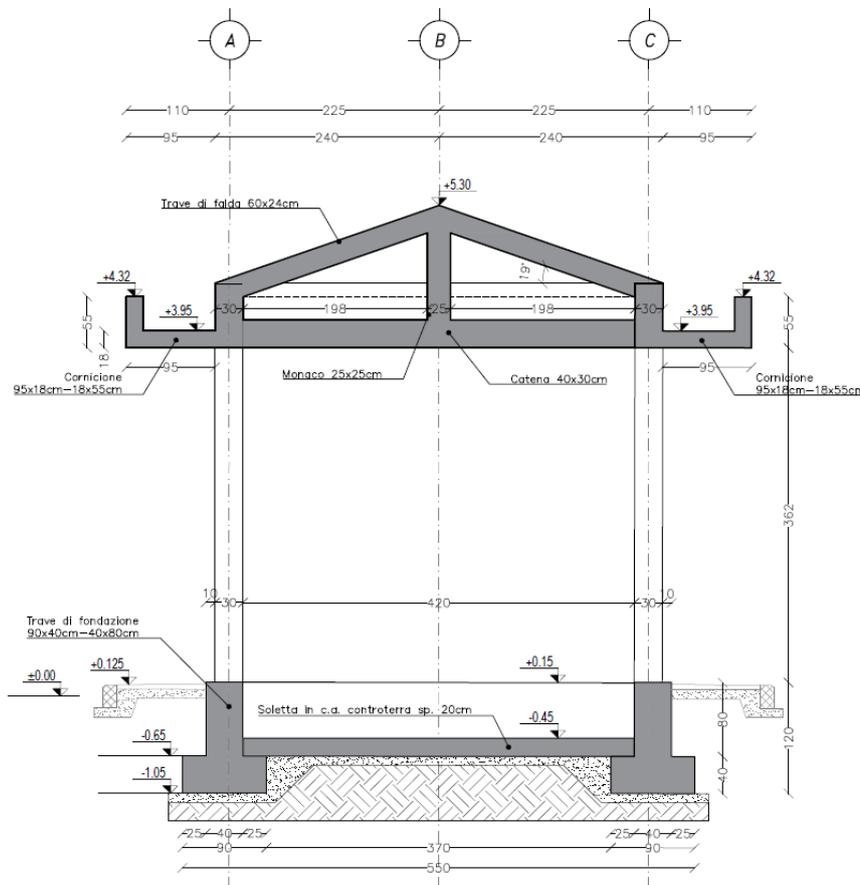


Figura 4 Cabina Enel - Sezione trasversale

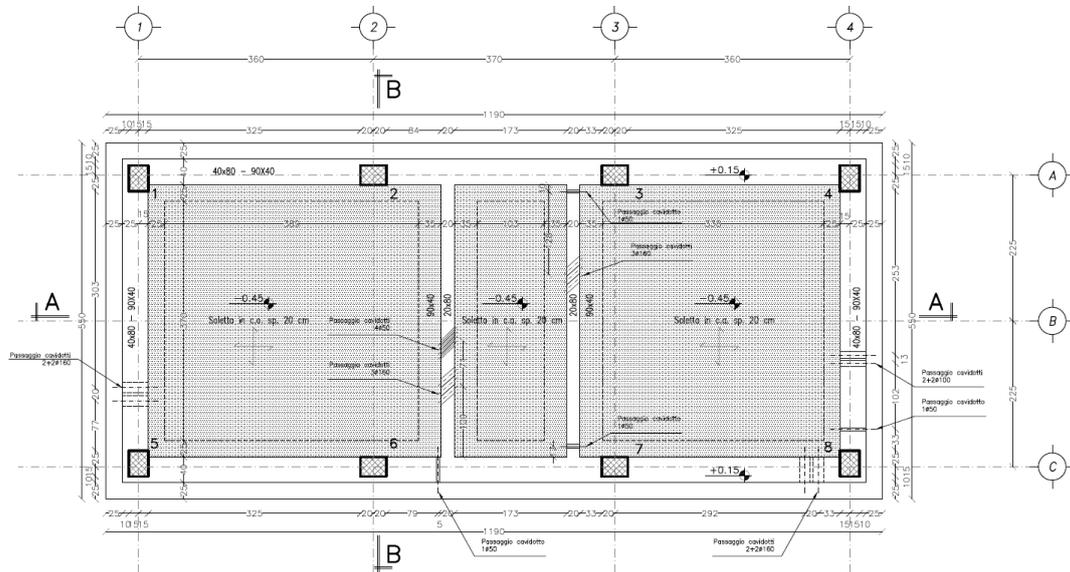


Figura 5 Cabina Enel - Pianta fondazioni

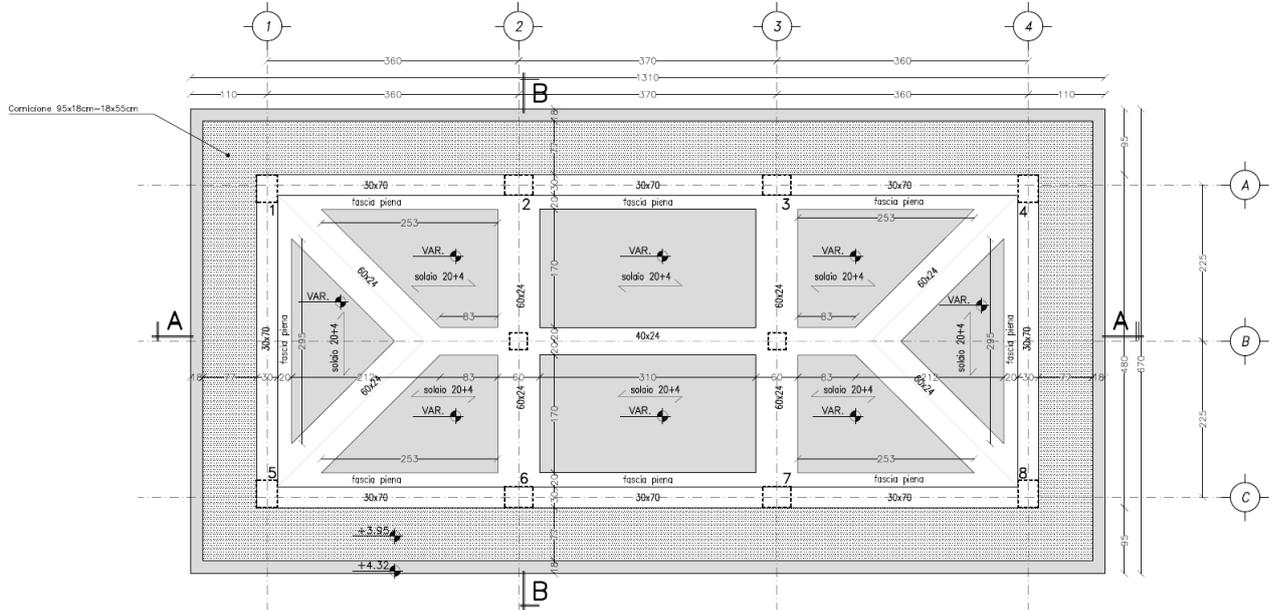


Figura 6 Cabina Enel - Pianta copertura

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 		
Pag 11 di 33	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBFA0900001	A

4 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Il dimensionamento, le analisi e le verifiche delle strutture sono stati condotti in accordo con le seguenti disposizioni normative:

- Legge n° 1086 del 05/11/1971
“Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica”.
- Legge n° 64 del 02/2/1974
“Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche
- Ordinanza del 20/3/2003 n. 3274 e s.m.i.
“Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica”.
- D.C.R. Regione Veneto 03/12/2003 n. 67
Allegato 1 – Elenco dei comuni classificati in zona sismica.
- Decreto Ministeriale 14/1/2008
“Norme tecniche per le costruzioni”
- Circolare 02/2/2009, n°617
“Istruzioni per l’applicazione delle “Nuove norme tecniche per le costruzioni” di cui al D.M. 14/1/2008”
- UNI – EN 206-1: 2206
Calcestruzzo - Parte 1: Specificazione, prestazione, produzione e conformità.
- UNI 11104: 2004
- Calcestruzzo - Specificazione, prestazione, produzione e conformità – Istruzioni complementari per l’applicazione della EN 206-1.
- Testo coordinato dell’allegato I del DM 3 agosto 2015 “Codice di prevenzione incendi” aggiornamento 19 novembre 2020

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Pag 12 di 33	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica E12RBFA0900001	A

5 VITA NOMINALE E CLASSE D'USO DELL'OPERA

Con riferimento alla destinazione d'uso e alle conseguenze di un'eventuale interruzione di operatività o collasso del fabbricato, sono stati definiti i parametri di base della progettazione strutturale, con particolare riguardo all'azione sismica (punto 2.4 NTC08):

- vita nominale $V_N = 100$ anni;
- classe d'uso III, con coefficiente d'uso $C_U = 1.5$;
- periodo di riferimento per l'azione sismica: $V_R = V_N \times C_U = 150$ anni.

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 		
Pag 13 di 33	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBFA0900001	A

6 CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICA DEL SITO

Per un'approfondita trattazione della natura geologica del sito e delle prove eseguite per la sua caratterizzazione si rimanda alla Relazione Geologica e Geomorfologica [1].

Come riportato nella Relazione Geologica [1] e nella Relazione Geotecnica [3], nel tratto in esame da piano campagna e per profondità variabili fra 5 e 12 m sono presenti terreni costituiti da ghiaia; al di sotto di tale livello, per uno spessore generalmente variabile fra 6 e 8 m, sono presenti terreni generalmente teneri, costituiti da limi argillosi. Al di sotto di tale livello sono presenti ghiaie con sabbia. In particolare, secondo quanto riportato nel profilo geotecnico [4], l'area in oggetto è costituita da ghiaia grossolana con sabbia e con presenza di ciottoli alternata a strati limosi più in profondità.

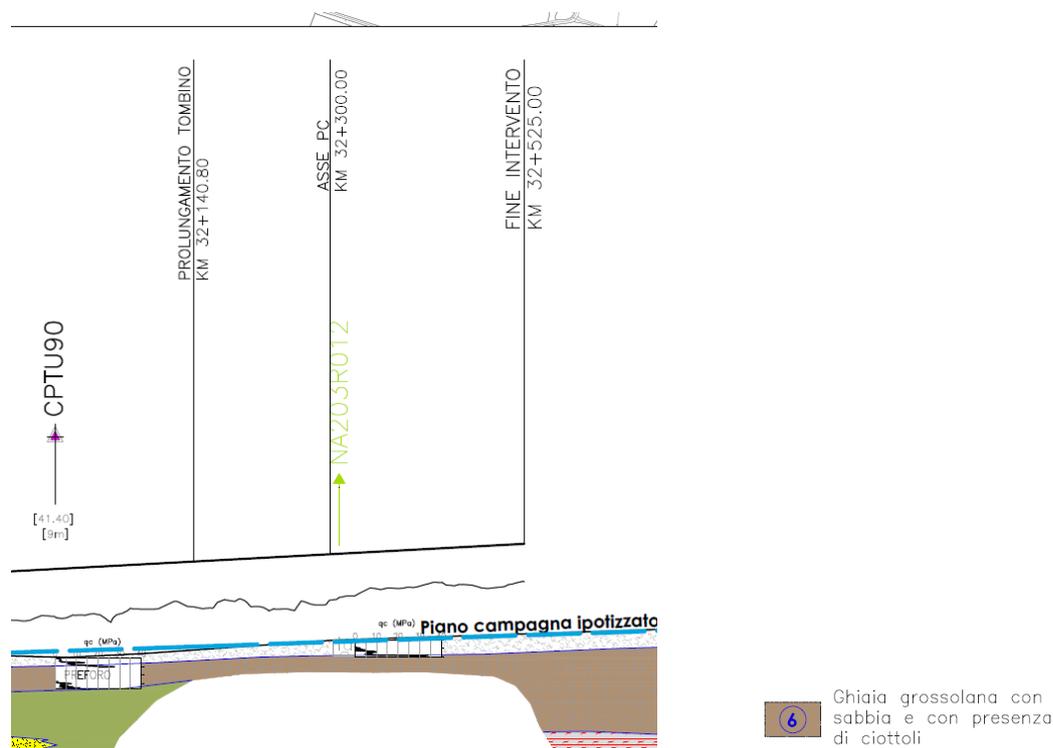


Figura 7 Profilo geotecnico dell'area di interesse

Secondo quanto riportato nella Relazione Idrogeologica [2], per quanto attiene il p.c. situato a Montebello Vicentino, “la falda manifesta una quota piezometrica compresa tra circa 38 e 41 m s.l.m. e una soggiacenza di circa 4÷9 m da p.c.”. Viene anche fornita la previsione dell'innalzamento della falda a lungo termine, secondo cui nella tratta compresa tra le progressive 38+500 e 42+000

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 		
Pag 14 di 33	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBFA0900001	A

la falda a lungo termine si posizionerà a -1 m dal piano di campagna. Dato che il fabbricato sorge sul rilevato di piazzale sopra il piano di campagna, che ha un'altezza abbondantemente maggiore della profondità del piano di posa della fondazione, il piano di fondazione dell'opera risulta sicuramente non interessato dalla falda.

7 PARAMETRI GEOTECNICI

Per la costruzione del rilevato saranno adottati materiali e tecnologie atti a garantirne le elevate prestazioni richieste dall'esercizio ferroviario. Per le verifiche geotecniche del fabbricato saranno considerate cautelativamente le seguenti caratteristiche tipiche del materiale da rilevato e da bonifico. Per le verifiche geotecniche del fabbricato saranno considerate cautelativamente le seguenti caratteristiche:

- $\gamma = 19 \text{ kN/m}^3$ peso di volume;
- $c' = 0 \text{ kPa}$ coesione drenata;
- $\varphi' = 35^\circ$ angolo di attrito interno;
- $K_w = 10000 \text{ kN/m}^3$ costante elastica di Winkler.

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 		
Pag 15 di 33	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBFA0900001	A

8 CATEGORIA DI SOTTOSUOLO PER LA RISPOSTA SISMICA LOCALE

La zonazione del tracciato di progetto rispetto alla risposta sismica locale dei terreni presenti è stata svolta in accordo alle prescrizioni delle NTC08, identificando la Categoria di Sottosuolo di appartenenza del sito sulla base dei dati delle indagini condotte. In particolare, l'associazione tra stratigrafia rilevata ai punti di interesse e relativa categoria di sottosuolo è stata condotta in funzione dei valori medi calcolati sui primi 30m di profondità della velocità di propagazione delle onde di taglio ($V_{s,30}$) definita dall'espressione:

$$V_{s,30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_{s,i}}}$$

dove:

h_i = spessore (in metri) dell' i -esimo strato compreso nei primi 30 m di profondità;

$V_{s,i}$ = velocità delle onde di taglio nell' i -esimo strato, ricavata attraverso correlazioni.

Si rimanda alla Relazione Geotecnica generale [3] per la descrizione completa delle diverse prove in sito condotte nel corso delle varie campagne, per ogni punto di interesse identificato lungo il tracciato. Nella Relazione Sismica [5] viene riportato che *“Dal km 24+000 al km 32+000 la sede del tracciato è caratterizzabile, ai fini normativi, come sito di categoria D ossia “Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 180 m/s”*. Inoltre, viene riportato che *“Dal km 33+000 al km 44+000 la sede del tracciato è omogenea dal punto di vista delle caratteristiche geodinamiche e caratterizzabile, ai fini normativi, come sito di categoria C ossia “Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o di terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{SPT,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).”*

Pertanto, in accordo con le ipotesi di base del Progetto Definitivo [6] e data la prossimità a zone ricadenti in categoria di sottosuolo D, per l'edificio in esame è stato cautelativamente assunto un sottosuolo di categoria D.

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 		
Pag 16 di 33	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica E12RBFA0900001	A

L'effetto della risposta sismica locale sulla pericolosità di base può essere determinato secondo le NTC08 attraverso l'impiego di un fattore di sito S funzione sia della categoria di sottosuolo (S_S) sopra determinata, sia dell'andamento della superficie topografica (S_T):

Il coefficiente S_S si ottiene dalla seguente espressione per un sottosuolo di categoria D (Tabella 3.2.V del par. 3.2.3 delle NTC08):

$$S_S = 0.90 \leq 2.40 - 1.50F_0 \frac{a_g}{g} \leq 1.80$$

Per quanto riguarda l'eventuale amplificazione topografica, il sito di interesse si trova su superficie sostanzialmente pianeggiante. Pertanto, esso ricade in categoria T_1 , ossia Superficie pianeggiante e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$, in accordo alla Tabella 3.2.IV al par.3.2.2. delle NTC08. Di conseguenza il fattore di amplificazione topografica ha valore unitario, $S_T = 1$.

L'azione sismica di base viene corretta per tener conto delle effettive condizioni locali, stratigrafiche (categoria di sottosuolo "D") e topografiche (superficie pianeggiante), attraverso i coefficienti correttivi che amplificano l'accelerazione riferita al suolo rigido determinando l'accelerazione di progetto: $a_{max} = S a_g (T=0)$. I valori del fattore di sito S e dell'azione sismica di progetto a_{max} per i periodi di ritorno corrispondenti ai diversi stati limite sono stati calcolati e riportati di seguito:

STATO LIMITE	S_S	S_T	$S=S_S*S_T$	a_g (g)	$a_{max}=a_g*S$ (g)
SLO	1.800	1	1.800	0.067	0.121
SLD	1.800	1	1.800	0.085	0.154
SLV	1.628	1	1.628	0.211	0.344
SLC	1.474	1	1.474	0.259	0.382

Tabella 3: Coefficienti correttivi locali e accelerazioni massime

Per un maggior dettaglio circa l'entità dell'azione sismica e i relativi spettri di risposta si rimanda alla Relazione Sismica e alla Relazione di Calcolo Strutturale.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Pag 17 di 33	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBFA0900001	A

9 LIQUEFAZIONE

La stabilità nei confronti di fenomeni di liquefazione è stata ampiamente trattata nella Relazione Sismica [5] e nella Relazione Geotecnica [3], a cui si rimanda per ogni dettaglio in merito. In particolare, la verifica alla liquefazione dei terreni presenti lungo il tracciato di progetto è stata condotta sul database complessivo delle prove CPT e SPT effettuate. Per il sito di interesse, al termine della verifica di liquefazione si è giunti alla conclusione che per quanto riguarda la tratta tra le progressive 32+525 e 51+991 *“Nella prima parte, e fino alla progressiva 43+000 circa, le indagini sono concordi nell’indicare l’assenza sostanziale di problemi di stabilità dei rilevati per liquefazione di strati granulari sciolti”* [5].

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 		
Pag 18 di 33	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBFA0900001	A

10 COMBINAZIONE DELLE AZIONI

Il metodo di calcolo utilizzato per il dimensionamento e la verifica degli elementi strutturali è il Metodo Semiprobabilistico agli Stati Limite, per cui le combinazioni di carico utilizzate per la determinazione dei Parametri delle Sollecitazioni e le deformazioni sono le seguenti:

- Stati Limite Ultimi (Combinazione Statiche):

$$\gamma_{G1}G_{K1} + \gamma_{G2}G_{K2} + \gamma_Q \left[Q_{1K} + \sum_{i=2}^n (\psi_{0i} Q_{ki}) \right]$$

dove:

- G_1 Peso proprio della struttura, nonché del peso proprio del terreno dell'acqua, quando pertinenti al loro valore caratteristico
- G_2 Peso propri degli elementi non strutturali al loro valore caratteristico
- Q_k Azioni Variabili al loro valore caratteristico
- γ_{G1} Coefficiente parziale del peso proprio della struttura, nonché del peso proprio del terreno dell'acqua, quando pertinenti
- γ_{G2} Coefficiente parziale del peso propri degli elementi non strutturali
- γ_Q Coefficiente parziale delle azioni variabili
- ψ_{0i} Coefficiente di combinazione

		γ_F	EQU	A1	A2
Carichi permanenti G_1	Favorevoli	γ_{G1}	0.9	1.0	1.0
	Sfavorevoli		1.1	1.3	1.0
Carichi permanenti non strutturali G_2	Favorevoli	γ_{G2}	0.8	0.8	0.8
	Sfavorevoli		1.5	1.5	1.3
Carichi variabili Q	Favorevoli	γ_Q	0.0	0.0	0.0
	Sfavorevoli		1.5	1.5	1.3
EQU		stato limite di equilibrio come corpo rigido			
STR		stato limite di resistenza della struttura compresi gli elementi di fondazione			
GEO		stato limite di resistenza del terreno			

Tabella 1 Coefficienti parziali impiegati

Gli stati limite STR e GEO prevedono il raggiungimento della resistenza delle strutture o del terreno, rispettivamente. Nelle verifiche di sicurezza rispetto agli stati limite ultimi, per le opere di fondazione e di sostegno delle terre, viene utilizzato l'Approccio 2 con la combinazione

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 		
Pag 19 di 33	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica E12RBFA0900001	A

(A1+M1+R3), secondo quanto riportato nel cap.6 delle NTC 08, dove la combinazione (A1+M1+R3) è dimensionante sia per le verifiche di sicurezza rispetto agli stati limite di tipo strutturale, STR, e sia per le verifiche di sicurezza rispetto agli stati limite di tipo geotecnico, GEO.

PARAMETRI TERRENO	GRANDEZZA ALLA QUALE APPLICARE IL COEFFICIENTE PARZIALE	COEFFICIENTE PARZIALE g_M	CASO	
			M1	M2
Tangente dell'angolo di resistenza a taglio	$\tan\phi'_k$	$\gamma_{\phi'}$	1.00	1.25
Coesione efficace	c'	$\gamma_{c'}$	1.00	1.25
Resistenza non drenata	c_{uk}	γ_{cu}	1.00	1.40
Peso di volume	γ	γ	1.00	1.00

Tabella 2 Coefficienti parziali impiegati per i parametri del terreno

A1 e A2 sono i coefficienti parziali da applicare alle azioni;

M1 e M2 sono i coefficienti parziali da applicare ai parametri del terreno.

- Stati Limite Ultimi (Combinazione Dinamiche):

$$E + G_1 + G_2 + \sum_i (\psi_{2i} Q_{ki})$$

dove:

E Azione Sismica per lo stato limite in esame

G_1 Peso proprio della struttura, nonché del peso proprio del terreno dell'acqua, quando pertinenti al loro valore caratteristico

G_2 Peso propri degli elementi non strutturali al loro valore caratteristico

Q_k Azioni Variabili al loro valore caratteristico

ψ_{2i} Coefficiente di combinazione

L'azione sismica viene determinata prendendo in considerazione le masse strutturali determinate secondo la seguente relazione:

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

La risposta a ciascuna componente, in accordo con il punto 7.3.5 delle NTC08, è combinata con gli effetti pseudo-statici indotti dagli spostamenti relativi prodotti dalla variabilità spaziale della componente stessa. Gli effetti sulla struttura (sollecitazioni, deformazioni, spostamenti, ecc.) sono combinati successivamente, applicando la seguente espressione:

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 		
Pag 20 di 33	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBFA0900001	A

$$1,00*E_x + 0,30*E_y + 0,30*E_z$$

con rotazione dei coefficienti moltiplicativi e conseguente individuazione degli effetti più gravosi.

- Stati Limite Ultimi (Combinazione Eccezionali: incendi, esplosioni, urti):

$$G_1 + G_2 + A_d + \sum_i (\psi_{2i} Q_{ki})$$

- Stati Limite Esercizio (Combinazione Statiche):

- Combinazione Rara

$$G_1 + G_2 + Q_{K1} + \sum_i (\psi_{0i} Q_{ki})$$

- Combinazione Frequente

$$G_1 + G_2 + \psi_1 Q_{K1} + \sum_i (\psi_{2i} Q_{ki})$$

- Combinazione Quasi Permanente

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

Valori dei coefficienti di combinazione			
Categoria/Azione variabile	ψ_{0j}	ψ_{1j}	ψ_{2j}
Categoria A Ambienti ad uso residenziale	0.7	0.5	0.3
Categoria B Uffici	0.7	0.5	0.3
Categoria C Ambienti suscettibili di affollamento	0.7	0.7	0.6
Categoria D Ambienti ad uso commerciale	0.7	0.7	0.6
Categoria E Biblioteche, archivi, magazzini e ambienti ad uso industriale	1.0	0.9	0.8
Categoria F Rimesse e parcheggi (per autoveicoli di peso ≤ 30 kN)	0.7	0.7	0.6
Categoria G Rimesse e parcheggi (per autoveicoli di peso > 30 kN)	0.7	0.5	0.3
Categorie H Coperture	0.0	0.0	0.0
Vento	0.6	0.2	0.0
Neve (a quota ≤ 1000 s.l.m.)	0.5	0.2	0.0
Neve (a quota > 1000 s.l.m.)	0.7	0.5	0.2
Variazioni termiche	0.6	0.5	0.0

Tabella 3 Coefficienti di combinazione dei carichi variabili

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 		
Pag 21 di 33	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBFA0900001	A

Le suddette combinazioni serviranno per verificare le tensioni di esercizio dei materiali, la deformabilità della struttura nonché la fessurazione nel caso di elementi in c.a. In particolar modo, le condizioni di cui tener conto nel caso di elementi in c.a. sono le seguenti:

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

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

Tabella 4 Parametri per lo stato limite di fessurazione

Dove si definiscono, in base a quanto riportato al paragrafo 4.1.2.2.4.1, le seguenti grandezze:

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

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

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

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 		
Pag 22 di 33	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBFA0900001	A

11 ANALISI FEM

11.1 STRUMENTI SOFTWARE

Per la modellazione della sovrastruttura e delle opere di fondazione è stato impiegato il software FEM Midas GEN, di Midas Information Technologies:



Figura 8 Versione di Midas Gen impiegata nella modellazione FEM del fabbricato in oggetto.

11.2 MODELLAZIONE DELL'EDIFICIO

Per la progettazione delle strutture in oggetto è stata eseguita un'analisi dinamica lineare, realizzando un modello FEM tridimensionale per ciascuna struttura, per rappresentare in modo adeguato le effettive distribuzioni spaziali di massa, rigidità e resistenza. In particolare, sono stati realizzati 3 modelli indipendenti: il primo relativo ad un blocco di estremità del PC (i blocchi di estremità del PC sono tra loro simmetrici ed analoghi), il secondo per il blocco centrale del PC ed un terzo per la Cabina Enel. Gli elementi considerati "secondari" e gli elementi non strutturali autoportanti (tamponature e tramezzi) sono stati rappresentati in termini di massa.

La rigidità degli elementi strutturali è stata rappresentata con modelli lineari. Le azioni conseguenti al moto sismico sono modellate direttamente mediante spettri di risposta.

Per tenere conto della variabilità spaziale del moto sismico, nonché di eventuali incertezze nella localizzazione delle masse, al centro di massa si è attribuita una eccentricità accidentale (0.05 volte la dimensione dell'edificio misurata perpendicolarmente alla direzione di applicazione dell'azione sismica) rispetto alla sua posizione che deriva dal calcolo.

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 		
Pag 23 di 33	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBFA0900001	A

È stata eseguita un'analisi dinamica lineare con riferimento agli spettri di progetto ottenuti assumendo un fattore di struttura q , come descritto al 9.2 della Relazione di Calcolo Strutturale.

L'analisi modale è stata impiegata per la determinazione dei modi di vibrare dell'edificio; gli effetti dell'azione sismica, rappresentata dallo spettro di risposta di progetto, sono stati calcolati per ciascuno dei modi di vibrare individuati (spectral response), e combinati utilizzando la combinazione quadratica completa CQC.

Per l'analisi elastica globale i materiali costituenti la struttura sono considerati elastici, omogenei ed isotropi e con comportamento lineare. La struttura è stata schematizzata escludendo il contributo degli elementi aventi rigidità e resistenza trascurabili a fronte dei principali.

Nel fabbricato PC le travi di fondazione sono state incluse, modellandole su un letto di molle alla Winkler, attribuendo un opportuno valore alla costante elastica delle molle che rappresentano il terreno ($k=10000\text{kN/m}^3$). La porzione di platea presente all'inizio del blocco di estremità 1 non è stata inclusa nel modello globale, data la sua limitata estensione e l'ininfluenza sul comportamento della struttura globale. Nella Cabina Enel le travi di fondazione sono state incluse, modellandole su un letto di molle alla Winkler, attribuendo un opportuno valore alla costante elastica delle molle che rappresentano il terreno ($k=10000\text{kN/m}^3$).

Nel fabbricato PC per la modellazione del solaio di copertura sono stati impiegati elementi plate ortotropi, assegnando una diversa rigidità nelle due direzioni per tener conto, oltre che della presenza della cappa di completamento del solaio, anche dei travetti presenti nella direzione di orditura del solaio latero-cementizio. La cappa di completamento, di spessore pari a 4cm, consente comunque di poter considerare il solaio infinitamente rigido nel proprio piano (NTC08 7.2.6).

Si riporta di seguito un'immagine dei modelli FEM delle strutture.

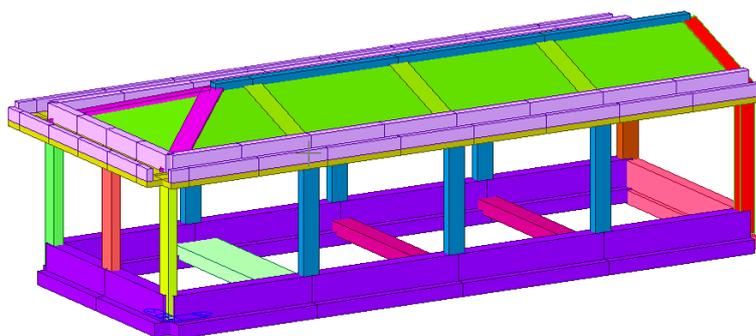


Figura 9 Modello FEM Midas Gen PC, blocco 1 di estremità

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 		
Pag 24 di 33	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBFA0900001	A

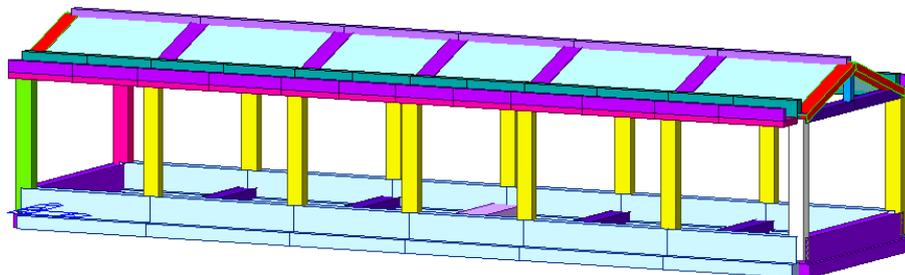


Figura 10 Modello FEM Midas Gen PC, blocco 2 centrale

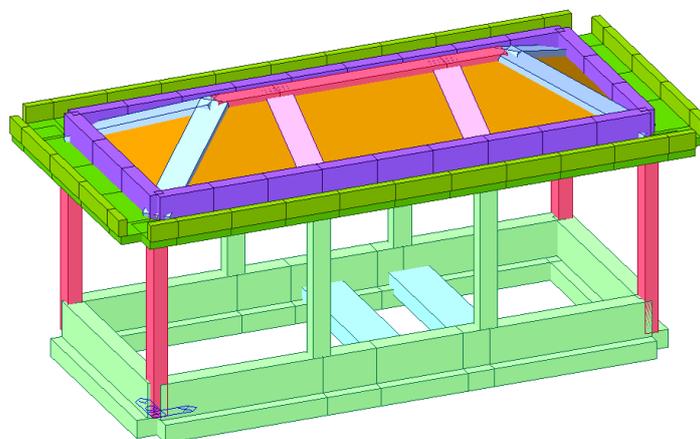


Figura 11 Modello FEM Midas Gen Cabina Enel

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 		
Pag 25 di 33	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBFA0900001	A

12 VERIFICHE DI SICUREZZA STRUTTURA DI FONDAZIONE

12.1 VERIFICHE GEOTECNICHE PC – BLOCCO 1

Le verifiche geotecniche consistono sostanzialmente nella verifica di capacità portante che viene condotta seguendo l'Approccio 2: (A1 + M1 + R3), con i coefficienti parziali indicati in dettaglio nel capitolo 8, quindi con coefficienti parziali unitari per le caratteristiche del terreno e pari a 2.3 per la fondazione superficiale (verifica di capacità portante).

A titolo di esempio, si riporta il contour plot degli spostamenti verticali sulle travi di fondazione nella combinazione quasi permanente dei carichi.

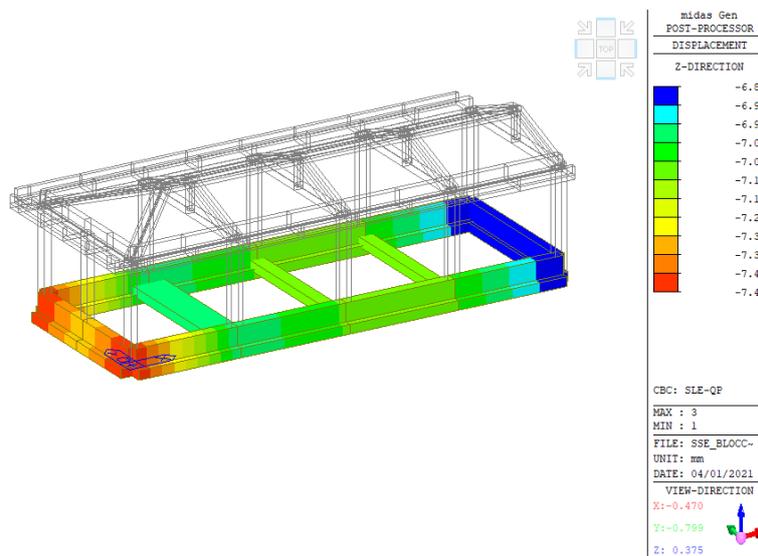


Figura 12 Spostamenti verticali sulle travi di fondazione in combinazione quasi permanente

Dal contour plot risulta una distribuzione sostanzialmente omogenea degli abbassamenti e quindi della reazione del terreno, come atteso data la notevole rigidezza delle travi rovesce.

La pressione limite q_{lim} è stata determinata con la formula generale di Brinch-Hansen, impiegata per il calcolo della capacità portante di fondazioni superficiali.

$$q_{lim} = 0.5\gamma'BN_{\gamma}s_{\gamma}d_{\gamma}i_{\gamma}b_{\gamma}g_{\gamma} + q'N_q s_q d_q i_q b_q g_q + c'N_c s_c d_c i_c b_c g_c$$

Sulla base dei parametri geotecnici, di cui al capitolo 7, sono stati calcolati i diversi termini seguenti:

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 		
Pag 26 di 33	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBFA0900001	A

Nc, Nq, N_γ : coefficienti di capacità portante

$$Nq = \tan^2(45 + \phi'/2) \cdot e^{(\pi \cdot tg \phi')}$$

$$Nc = (Nq - 1) / \tan \phi'$$

$$N_{\gamma} = 2 \cdot (Nq + 1) \cdot \tan \phi'$$

s_c, s_q, s_γ : fattori di forma

$$s_c = 1 + B \cdot Nq / (L \cdot Nc)$$

$$s_q = 1 + B \cdot \tan \phi' / L^*$$

$$s_{\gamma} = 1 - 0,4 \cdot B^* / L^*$$

i_c, i_q, i_γ : fattori di inclinazione del carico

$$i_q = (1 - H / (N + B \cdot L^* \cdot c' \cdot \cot \phi'))^m$$

$$i_c = i_q - (1 - i_q) / (Nq - 1)$$

$$i_{\gamma} = (1 - H / (N + B \cdot L^* \cdot c' \cdot \cot \phi'))^{(m+1)}$$

$$m_b = (2 + B^* / L^*) / (1 + B^* / L^*)$$

$$m_i = (2 + L^* / B^*) / (1 + L^* / B^*)$$

$$\theta = \arctg(Tb/Tl)$$

d_c, d_q, d_γ : fattori di profondità del piano di posa

$$d_c = d_q - (1 - d_q) / (N_c \tan \phi')$$

$$D/B^* \leq 1 \rightarrow d_q = 1 + 2D \tan \phi' (1 - \sin \phi')^2 / B^*$$

$$d_{\gamma}$$

$$\beta_f + \beta_p = 0.00^\circ \quad \beta_f + \beta_p < 45^\circ$$

b_c, b_q, b_γ : fattori di inclinazione base della fondazione

$$b_q = (1 - \beta_f \tan \phi')^2$$

$$b_c = b_q - (1 - b_q) / (N_c \tan \phi')$$

$$b_{\gamma} = b_q$$

g_c, g_q, g_γ : fattori di inclinazione piano di campagna

$$g_q = (1 - \tan \beta_p)^2$$

$$g_c = g_q - (1 - g_q) / (N_c \tan \phi')$$

$$g_{\gamma} = g_q$$

La verifica è stata eseguita estraendo i risultati all'involuppo SLU SLV per tutti gli elementi delle travi di fondazione, come riportato nelle tabelle seguenti. Il valore della capacità portante q_{lim} di seguito riportato è stato calcolato dividendo il risultato ottenuto con la formula di Brich-Hansen per il coefficiente parziale di sicurezza pari a 2.3, secondo l'approccio 2 di NTC08. Inoltre, la pressione agente q è quella ottenuta dai risultati del modello di calcolo, amplificando poi le sollecitazioni agenti per il coefficiente γ_{Rd} pari a 1.1 in CDB, come richiesto nel paragrafo 7.2.5 delle NTC08. È possibile osservare che i rapporti tra azione resistenti ed agenti sono largamente maggiori dell'unità e le verifiche sono abbondantemente soddisfatte in tutti i casi analizzati.



Pag

27 di 33

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBFA090001

A

Verifica in tensioni efficaci

Element	Load coml Part	Larghezz fondazione B	N (kN)	Tb (kN)	Tl (kN)	MI (kN*m)	Mb (kN*m)	q _{lim}	q	Fs=q _{lim} /q	Sd	Hd	Fs=Sd/Hd
1	SLU-SLV(I[1]	1	0.00	1.00	1.00	0.00	0.00						
1	SLU-SLV(1/4	1	123.31	1.00	1.00	0.24	0.00	495.79	135.64	3.66	86.34	1.41	61.05
1	SLU-SLV(2/4	1	121.17	1.00	1.00	0.16	0.00	495.55	133.29	3.72	84.85	1.41	60.00
1	SLU-SLV(3/4	1	119.75	1.00	1.00	0.11	0.00	495.39	131.72	3.76	83.85	1.41	59.29
1	SLU-SLV(J[7]	1	118.93	1.00	1.00	0.05	0.00	495.30	130.83	3.79	83.28	1.41	58.89
2	SLU-SLV(I[7]	1	0.00	1.00	1.00	0.00	0.00						
2	SLU-SLV(1/4	1	125.35	1.00	1.00	0.03	0.00	496.01	137.89	3.60	87.77	1.41	62.07
2	SLU-SLV(2/4	1	125.94	1.00	1.00	0.09	0.00	496.07	138.53	3.58	88.18	1.41	62.35
2	SLU-SLV(3/4	1	126.91	1.00	1.00	0.11	0.00	496.17	139.60	3.55	88.86	1.41	62.83
2	SLU-SLV(J[9]	1	127.86	1.00	1.00	0.08	0.00	496.27	140.65	3.53	89.53	1.41	63.31
3	SLU-SLV(I[9]	1	0.00	1.00	1.00	0.00	0.00						
3	SLU-SLV(1/4	1	128.49	1.00	1.00	0.04	0.00	496.34	141.34	3.51	89.97	1.41	63.62
3	SLU-SLV(2/4	1	128.68	1.00	1.00	0.00	0.00	496.36	141.55	3.51	90.10	1.41	63.71
3	SLU-SLV(3/4	1	128.44	1.00	1.00	0.05	0.00	496.33	141.28	3.51	89.93	1.41	63.59
3	SLU-SLV(J[11]	1	127.73	1.00	1.00	0.09	0.00	496.26	140.50	3.53	89.44	1.41	63.24
4	SLU-SLV(I[11]	1	0.00	1.00	1.00	0.00	0.00						
4	SLU-SLV(1/4	1	126.54	1.00	1.00	0.14	0.00	496.14	139.19	3.56	88.60	1.41	62.65
4	SLU-SLV(2/4	1	124.94	1.00	1.00	0.17	0.00	495.97	137.44	3.61	87.49	1.41	61.86
4	SLU-SLV(3/4	1	123.19	1.00	1.00	0.18	0.00	495.78	135.51	3.66	86.26	1.41	61.00
4	SLU-SLV(J[2]	1	121.59	1.00	1.00	0.15	0.00	495.60	133.75	3.71	85.14	1.41	60.20
11	SLU-SLV(I[4]	1	0.00	1.00	1.00	0.00	0.00						
11	SLU-SLV(1/4	1	89.95	1.00	1.00	0.00	0.00	490.80	98.94	4.96	62.98	1.41	44.54
11	SLU-SLV(2/4	1	90.09	1.00	1.00	0.02	0.00	490.83	99.10	4.95	63.08	1.41	44.60
11	SLU-SLV(3/4	1	90.53	1.00	1.00	0.04	0.00	490.92	99.58	4.93	63.39	1.41	44.82
11	SLU-SLV(J[1]	1	91.28	1.00	1.00	0.06	0.00	491.07	100.40	4.89	63.91	1.41	45.19
12	SLU-SLV(I[6]	1	0.00	1.00	1.00	0.00	0.00						
12	SLU-SLV(1/4	1	93.58	1.00	1.00	0.12	0.00	491.52	102.94	4.77	65.53	1.41	46.33
12	SLU-SLV(2/4	1	92.15	1.00	1.00	0.08	0.00	491.24	101.37	4.85	64.53	1.41	45.63
12	SLU-SLV(3/4	1	91.11	1.00	1.00	0.06	0.00	491.04	100.22	4.90	63.79	1.41	45.11
12	SLU-SLV(J[4]	1	90.31	1.00	1.00	0.05	0.00	490.88	99.34	4.94	63.23	1.41	44.71
13	SLU-SLV(I[8]	1	0.00	1.00	1.00	0.00	0.00						
13	SLU-SLV(1/4	1	121.05	1.00	1.00	0.08	0.00	495.54	133.15	3.72	84.76	1.41	59.93
13	SLU-SLV(2/4	1	122.21	1.00	1.00	0.14	0.00	495.67	134.43	3.69	85.57	1.41	60.51
13	SLU-SLV(3/4	1	124.03	1.00	1.00	0.20	0.00	495.87	136.43	3.63	86.84	1.41	61.41
13	SLU-SLV(J[6]	1	126.66	1.00	1.00	0.30	0.00	496.15	139.33	3.56	88.69	1.41	62.71
14	SLU-SLV(I[10]	1	0.00	1.00	1.00	0.00	0.00						
14	SLU-SLV(1/4	1	129.26	1.00	1.00	0.08	0.00	496.41	142.19	3.49	90.51	1.41	64.00
14	SLU-SLV(2/4	1	128.42	1.00	1.00	0.09	0.00	496.33	141.26	3.51	89.92	1.41	63.58
14	SLU-SLV(3/4	1	127.62	1.00	1.00	0.07	0.00	496.25	140.38	3.53	89.36	1.41	63.19
14	SLU-SLV(J[8]	1	127.28	1.00	1.00	0.00	0.00	496.21	140.01	3.54	89.12	1.41	63.02
17	SLU-SLV(I[12]	1	0.00	1.00	1.00	0.00	0.00						
17	SLU-SLV(1/4	1	129.25	1.00	1.00	0.08	0.00	496.41	142.18	3.49	90.50	1.41	64.00
17	SLU-SLV(2/4	1	129.86	1.00	1.00	0.04	0.00	496.47	142.85	3.48	90.93	1.41	64.30
17	SLU-SLV(3/4	1	130.04	1.00	1.00	0.00	0.00	496.49	143.04	3.47	91.05	1.41	64.39
17	SLU-SLV(J[10]	1	129.84	1.00	1.00	0.04	0.00	496.47	142.82	3.48	90.91	1.41	64.28
18	SLU-SLV(I[3]	1	0.00	1.00	1.00	0.00	0.00						
18	SLU-SLV(1/4	1	123.73	1.00	1.00	0.13	0.00	495.84	136.10	3.64	86.64	1.41	61.26
18	SLU-SLV(2/4	1	125.16	1.00	1.00	0.16	0.00	495.99	137.68	3.60	87.64	1.41	61.97
18	SLU-SLV(3/4	1	126.74	1.00	1.00	0.16	0.00	496.16	139.41	3.56	88.74	1.41	62.75
18	SLU-SLV(J[12]	1	128.18	1.00	1.00	0.13	0.00	496.30	141.00	3.52	89.75	1.41	63.46
19	SLU-SLV(I[7]	1.4	0.00	1.00	1.00	0.00	0.00						
19	SLU-SLV(1/4	1.4	226.40	1.00	1.00	5.10	0.00	640.97	177.88	3.60	158.53	1.41	112.09
19	SLU-SLV(2/4	1.4	202.07	1.00	1.00	1.69	0.00	639.82	158.77	4.03	141.49	1.41	100.05
19	SLU-SLV(3/4	1.4	202.76	1.00	1.00	1.88	0.00	639.85	159.31	4.02	141.98	1.41	100.39
19	SLU-SLV(J[8]	1.4	229.10	1.00	1.00	5.47	0.00	641.08	180.01	3.56	160.42	1.41	113.43
22	SLU-SLV(I[9]	0.6	0.00	1.00	1.00	0.00	0.00						
22	SLU-SLV(1/4	0.6	99.89	1.00	1.00	2.11	0.00	425.08	183.14	2.32	69.95	1.41	49.46
22	SLU-SLV(2/4	0.6	89.83	1.00	1.00	0.70	0.00	423.55	164.70	2.57	62.90	1.41	44.48
22	SLU-SLV(3/4	0.6	89.88	1.00	1.00	0.71	0.00	423.56	164.78	2.57	62.93	1.41	44.50
22	SLU-SLV(J[10]	0.6	100.51	1.00	1.00	2.25	0.00	425.16	184.26	2.31	70.38	1.41	49.76
25	SLU-SLV(I[11]	0.6	0.00	1.00	1.00	0.00	0.00						
25	SLU-SLV(1/4	0.6	100.67	1.00	1.00	1.65	0.00	425.18	184.55	2.30	70.49	1.41	49.84
25	SLU-SLV(2/4	0.6	92.78	1.00	1.00	0.55	0.00	424.03	170.10	2.49	64.97	1.41	45.94
25	SLU-SLV(3/4	0.6	92.89	1.00	1.00	0.58	0.00	424.05	170.29	2.49	65.04	1.41	45.99
25	SLU-SLV(J[12]	0.6	101.43	1.00	1.00	1.81	0.00	425.29	185.95	2.29	71.02	1.41	50.22
181	SLU-SLV(I[3]	0.7	0.00	1.00	1.00	0.00	0.00						
181	SLU-SLV(1/4	0.7	117.41	1.00	1.00	0.80	0.00	444.11	184.50	2.41	82.21	1.41	58.13
181	SLU-SLV(2/4	0.7	113.40	1.00	1.00	0.33	0.00	443.67	178.19	2.49	79.40	1.41	56.14
181	SLU-SLV(3/4	0.7	112.96	1.00	1.00	0.20	0.00	443.62	177.51	2.50	79.10	1.41	55.93
181	SLU-SLV(J[2]	0.7	115.89	1.00	1.00	0.61	0.00	443.95	182.12	2.44	81.15	1.41	57.38

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 		
Pag 28 di 33	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBFA0900001	A

12.2 VERIFICHE GEOTECNICHE PC – BLOCCO 2

Le verifiche geotecniche consistono sostanzialmente nella verifica di capacità portante che viene condotta seguendo l'Approccio 2: (A1 + M1 + R3), con i coefficienti parziali indicati in dettaglio nel capitolo 8, quindi con coefficienti parziali unitari per le caratteristiche del terreno e pari a 2.3 per la fondazione superficiale (verifica di capacità portante).

A titolo di esempio, si riporta il contour plot degli spostamenti verticali sulle travi di fondazione nella combinazione quasi permanente dei carichi.

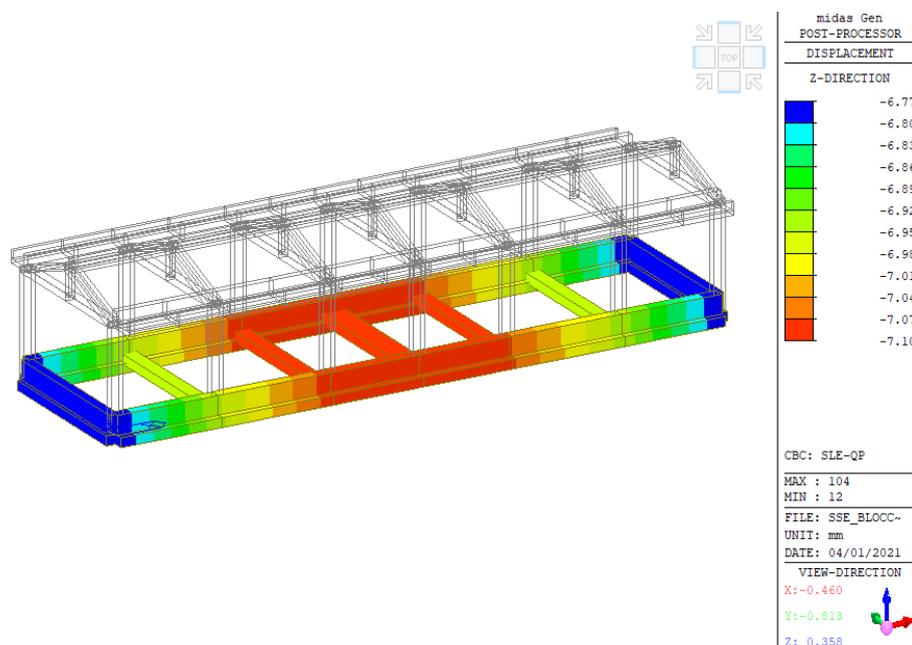


Figura 13 Spostamenti verticali sulle travi di fondazione in combinazione quasi permanente

Dal contour plot risulta una distribuzione sostanzialmente omogenea degli abbassamenti e quindi della reazione del terreno, come atteso data la notevole rigidità delle travi rovesce.

La pressione limite q_{lim} è stata determinata con la formula generale di Brinch-Hansen, impiegata per il calcolo della capacità portante di fondazioni superficiali.

$$q_{lim} = 0.5\gamma'BN_{\gamma}s_{\gamma}d_{\gamma}i_{\gamma}b_{\gamma}g_{\gamma} + q'N_q s_q d_q i_q b_q g_q + c'N_c s_c d_c i_c b_c g_c$$

Sulla base dei parametri geotecnici, di cui al capitolo 7, sono stati calcolati i diversi termini seguenti:

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 		
Pag 29 di 33	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBFA0900001	A

Nc, Nq, N_γ : coefficienti di capacità portante

$$Nq = \tan^2(45 + \varphi'/2) \cdot e^{(\pi \cdot \tan \varphi')}$$

$$Nc = (Nq - 1) / \tan \varphi'$$

$$N\gamma = 2 \cdot (Nq + 1) \cdot \tan \varphi'$$

s_c, s_q, s_γ : fattori di forma

$$s_c = 1 + B \cdot Nq / (L \cdot Nc)$$

$$s_q = 1 + B \cdot \tan \varphi' / L^*$$

$$s_\gamma = 1 - 0,4 \cdot B^* / L^*$$

i_c, i_q, i_γ : fattori di inclinazione del carico

$$i_q = (1 - H / (N + B \cdot L^* \cdot c' \cdot \cot \varphi'))^m$$

$$i_c = i_q - (1 - i_q) / (Nq - 1)$$

$$i_\gamma = (1 - H / (N + B \cdot L^* \cdot c' \cdot \cot \varphi'))^{(m+1)}$$

$$m_b = (2 + B^* / L^*) / (1 + B^* / L^*)$$

$$m_\gamma = (2 + L^* / B^*) / (1 + L^* / B^*)$$

$$\theta = \arctg(Tb/Tl)$$

d_c, d_q, d_γ : fattori di profondità del piano di posa

$$d_c = d_q - (1 - d_q) / (N_c \tan \varphi')$$

$$D/B^* \leq 1 \rightarrow d_q = 1 + 2D \tan \varphi' (1 - \sin \varphi')^2 / B^*$$

$$d_\gamma$$

$$\beta_f + \beta_p = 0.00^\circ \quad \beta_f + \beta_p < 45^\circ$$

b_c, b_q, b_γ : fattori di inclinazione base della fondazione

$$b_q = (1 - \beta_f \tan \varphi')^2$$

$$b_c = b_q - (1 - b_q) / (N_c \tan \varphi')$$

$$b_\gamma = b_q$$

g_c, g_q, g_γ : fattori di inclinazione piano di campagna

$$g_q = (1 - \tan \beta_p)^2$$

$$g_c = g_q - (1 - g_q) / (N_c \tan \varphi')$$

$$g_\gamma = g_q$$

La verifica è stata eseguita estraendo i risultati all'involuppo SLU SLV per tutti gli elementi delle travi di fondazione, come riportato nelle tabelle seguenti. Il valore della capacità portante q_{lim} di seguito riportato è stato calcolato dividendo il risultato ottenuto con la formula di Brich-Hansen per il coefficiente parziale di sicurezza pari a 2.3, secondo l'approccio 2 di NTC08. Inoltre, la pressione agente q è quella ottenuta dai risultati del modello di calcolo, amplificando poi le sollecitazioni agenti per il coefficiente γ_{Rd} pari a 1.1 in CDB, come richiesto nel paragrafo 7.2.5 delle NTC08. È possibile osservare che i rapporti tra azione resistenti ed agenti sono largamente maggiori dell'unità e le verifiche sono abbondantemente soddisfatte in tutti i casi analizzati.



Pag 30 di 33	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBFA090001	A
-----------------	------------------	-------------	---------------------------	---

		Larghezz fondazione	N	Tb	TI	MI	Mb	Verifica in tensioni efficaci					
		B	(kN)	(kN)	(kN)	(kN*m)	(kN*m)	q _{lim}	q	Fs=q _{lim} /q	Sd	Hd	Fs=Sd/Hd
Element	Load con Part												
1	SLU-SLV I[1]	1	0.00	1.00	1.00	0.00	0.00						
1	SLU-SLV 1/4	1	107.45	1.00	1.00	0.00	0.00	493.80	118.20	4.18	75.24	1.41	53.20
1	SLU-SLV 2/4	1	107.60	1.00	1.00	0.03	0.00	493.82	118.36	4.17	75.34	1.41	53.27
1	SLU-SLV 3/4	1	108.56	1.00	1.00	0.14	0.00	493.96	119.41	4.14	76.01	1.41	53.75
1	SLU-SLV J[7]	1	110.07	1.00	1.00	0.13	0.00	494.17	121.08	4.08	77.07	1.41	54.50
2	SLU-SLV I[7]	1	0.00	1.00	1.00	0.00	0.00						
2	SLU-SLV 1/4	1	124.44	1.00	1.00	0.15	0.00	495.91	136.88	3.62	87.13	1.41	61.61
2	SLU-SLV 2/4	1	125.84	1.00	1.00	0.13	0.00	496.06	138.42	3.58	88.11	1.41	62.31
2	SLU-SLV 3/4	1	127.03	1.00	1.00	0.11	0.00	496.19	139.73	3.55	88.94	1.41	62.89
2	SLU-SLV J[9]	1	128.01	1.00	1.00	0.09	0.00	496.29	140.81	3.52	89.63	1.41	63.38
3	SLU-SLV I[9]	1	0.00	1.00	1.00	0.00	0.00						
3	SLU-SLV 1/4	1	102.54	1.00	1.00	0.03	0.00	493.06	112.79	4.37	71.80	1.41	50.77
3	SLU-SLV 2/4	1	102.81	1.00	1.00	0.01	0.00	493.11	113.10	4.36	71.99	1.41	50.91
3	SLU-SLV 3/4	1	102.92	1.00	1.00	0.00	0.00	493.12	113.21	4.36	72.07	1.41	50.96
3	SLU-SLV J[11]	1	102.92	1.00	1.00	0.00	0.00	493.12	113.21	4.36	72.06	1.41	50.96
4	SLU-SLV I[11]	1	0.00	1.00	1.00	0.00	0.00						
4	SLU-SLV 1/4	1	102.87	1.00	1.00	0.00	0.00	493.12	113.16	4.36	72.03	1.41	50.93
4	SLU-SLV 2/4	1	102.80	1.00	1.00	0.01	0.00	493.10	113.08	4.36	71.98	1.41	50.90
4	SLU-SLV 3/4	1	102.65	1.00	1.00	0.02	0.00	493.08	112.92	4.37	71.88	1.41	50.83
4	SLU-SLV J[2]	1	102.37	1.00	1.00	0.03	0.00	493.04	112.60	4.38	71.68	1.41	50.68
13	SLU-SLV I[8]	1	0.00	1.00	1.00	0.00	0.00						
13	SLU-SLV 1/4	1	112.39	1.00	1.00	0.11	0.00	494.48	123.63	4.00	78.70	1.41	55.65
13	SLU-SLV 2/4	1	111.10	1.00	1.00	0.12	0.00	494.31	122.21	4.04	77.80	1.41	55.01
13	SLU-SLV 3/4	1	110.44	1.00	1.00	0.00	0.00	494.22	121.48	4.07	77.33	1.41	54.68
13	SLU-SLV J[6]	1	110.69	1.00	1.00	0.04	0.00	494.26	121.76	4.06	77.51	1.41	54.81
14	SLU-SLV I[10]	1	0.00	1.00	1.00	0.00	0.00						
14	SLU-SLV 1/4	1	129.92	1.00	1.00	0.08	0.00	496.48	142.91	3.47	90.97	1.41	64.33
14	SLU-SLV 2/4	1	129.05	1.00	1.00	0.10	0.00	496.39	141.95	3.50	90.36	1.41	63.89
14	SLU-SLV 3/4	1	128.01	1.00	1.00	0.11	0.00	496.29	140.81	3.52	89.63	1.41	63.38
14	SLU-SLV J[8]	1	126.79	1.00	1.00	0.13	0.00	496.16	139.47	3.56	88.78	1.41	62.78
17	SLU-SLV I[12]	1	0.00	1.00	1.00	0.00	0.00						
17	SLU-SLV 1/4	1	104.34	1.00	1.00	0.00	0.00	493.34	114.78	4.30	73.06	1.41	51.66
17	SLU-SLV 2/4	1	104.35	1.00	1.00	0.00	0.00	493.34	114.79	4.30	73.07	1.41	51.67
17	SLU-SLV 3/4	1	104.26	1.00	1.00	0.01	0.00	493.33	114.69	4.30	73.00	1.41	51.62
17	SLU-SLV J[10]	1	104.01	1.00	1.00	0.03	0.00	493.29	114.42	4.31	72.83	1.41	51.50
18	SLU-SLV [3]	1	0.00	1.00	1.00	0.00	0.00						
18	SLU-SLV 1/4	1	103.83	1.00	1.00	0.03	0.00	493.26	114.21	4.32	72.70	1.41	51.41
18	SLU-SLV 2/4	1	104.09	1.00	1.00	0.01	0.00	493.30	114.50	4.31	72.88	1.41	51.54
18	SLU-SLV 3/4	1	104.22	1.00	1.00	0.01	0.00	493.32	114.64	4.30	72.98	1.41	51.60
18	SLU-SLV J[12]	1	104.29	1.00	1.00	0.00	0.00	493.34	114.72	4.30	73.03	1.41	51.64
19	SLU-SLV I[7]	0.6	0.00	1.00	1.00	0.00	0.00						
19	SLU-SLV 1/4	0.6	96.43	1.00	1.00	2.00	0.00	424.59	176.79	2.40	67.52	1.41	47.75
19	SLU-SLV 2/4	0.6	86.92	1.00	1.00	0.66	0.00	423.04	159.35	2.65	60.86	1.41	43.04
19	SLU-SLV 3/4	0.6	87.18	1.00	1.00	0.73	0.00	423.09	159.84	2.65	61.05	1.41	43.17
19	SLU-SLV J[8]	0.6	97.73	1.00	1.00	2.21	0.00	424.78	179.17	2.37	68.43	1.41	48.39
22	SLU-SLV I[9]	0.6	0.00	1.00	1.00	0.00	0.00						
22	SLU-SLV 1/4	0.6	97.77	1.00	1.00	2.74	0.00	424.78	179.25	2.37	68.46	1.41	48.41
22	SLU-SLV 2/4	0.6	84.71	1.00	1.00	0.91	0.00	422.63	155.31	2.72	59.32	1.41	41.94
22	SLU-SLV 3/4	0.6	84.77	1.00	1.00	0.93	0.00	422.65	155.42	2.72	59.36	1.41	41.97
22	SLU-SLV J[10]	0.6	98.62	1.00	1.00	2.94	0.00	424.90	180.80	2.35	69.05	1.41	48.83
25	SLU-SLV I[11]	1	0.00	1.00	1.00	0.00	0.00						
25	SLU-SLV 1/4	1	162.46	1.00	1.00	4.96	0.00	499.05	178.70	2.79	113.75	1.41	80.44
25	SLU-SLV 2/4	1	138.76	1.00	1.00	1.65	0.00	497.30	152.63	3.26	97.16	1.41	68.70
25	SLU-SLV 3/4	1	138.85	1.00	1.00	1.68	0.00	497.30	152.74	3.26	97.22	1.41	68.75
25	SLU-SLV J[12]	1	163.79	1.00	1.00	5.28	0.00	499.13	180.17	2.77	114.69	1.41	81.10
181	SLU-SLV I[3]	0.6	0.00	1.00	1.00	0.00	0.00						
181	SLU-SLV 1/4	0.6	98.42	1.00	1.00	2.93	0.00	424.88	180.44	2.35	68.92	1.41	48.73
181	SLU-SLV 2/4	0.6	84.60	1.00	1.00	0.93	0.00	422.61	155.09	2.72	59.24	1.41	41.89
181	SLU-SLV 3/4	0.6	84.55	1.00	1.00	0.91	0.00	422.60	155.00	2.73	59.20	1.41	41.86
181	SLU-SLV J[2]	0.6	97.60	1.00	1.00	2.73	0.00	424.76	178.93	2.37	68.34	1.41	48.32
190	SLU-SLV I[2]	1	0.00	1.00	1.00	0.00	0.00						
190	SLU-SLV 1/4	1	127.80	1.00	1.00	0.09	0.00	496.27	140.58	3.53	89.48	1.41	63.27
190	SLU-SLV 2/4	1	126.84	1.00	1.00	0.11	0.00	496.17	139.53	3.56	88.82	1.41	62.80
190	SLU-SLV 3/4	1	125.69	1.00	1.00	0.12	0.00	496.05	138.26	3.59	88.01	1.41	62.23
190	SLU-SLV J[90]	1	124.34	1.00	1.00	0.15	0.00	495.90	136.78	3.63	87.06	1.41	61.56
191	SLU-SLV I[91]	1	0.00	1.00	1.00	0.00	0.00						
191	SLU-SLV 1/4	1	126.61	1.00	1.00	0.13	0.00	496.14	139.27	3.56	88.65	1.41	62.69
191	SLU-SLV 2/4	1	127.80	1.00	1.00	0.11	0.00	496.27	140.57	3.53	89.48	1.41	63.27
191	SLU-SLV 3/4	1	128.82	1.00	1.00	0.09	0.00	496.37	141.70	3.50	90.20	1.41	63.78
191	SLU-SLV J[31]	1	129.68	1.00	1.00	0.08	0.00	496.46	142.65	3.48	90.80	1.41	64.21

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 		
Pag 31 di 33	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica E12RBFA090001	A

192 SLU-SLV I[90]	0.6	0.00	1.00	1.00	0.00	0.00							
192 SLU-SLV 1/4	0.6	96.38	1.00	1.00	1.99	0.00	424.58	176.70	2.40	67.49	1.41	47.72	
192 SLU-SLV 2/4	0.6	86.85	1.00	1.00	0.66	0.00	423.03	159.23	2.66	60.82	1.41	43.00	
192 SLU-SLV 3/4	0.6	87.08	1.00	1.00	0.73	0.00	423.07	159.65	2.65	60.97	1.41	43.12	
192 SLU-SLV J[91]	0.6	97.59	1.00	1.00	2.21	0.00	424.76	178.92	2.37	68.34	1.41	48.32	
219 SLU-SLV I[90]	1	0.00	1.00	1.00	0.00	0.00							
219 SLU-SLV 1/4	1	110.05	1.00	1.00	0.12	0.00	494.17	121.05	4.08	77.06	1.41	54.49	
219 SLU-SLV 2/4	1	108.60	1.00	1.00	0.14	0.00	493.97	119.46	4.13	76.04	1.41	53.77	
219 SLU-SLV 3/4	1	107.71	1.00	1.00	0.02	0.00	493.84	118.49	4.17	75.42	1.41	53.33	
219 SLU-SLV J[104]	1	107.65	1.00	1.00	0.01	0.00	493.83	118.41	4.17	75.38	1.41	53.30	
220 SLU-SLV I[105]	1	0.00	1.00	1.00	0.00	0.00							
220 SLU-SLV 1/4	1	110.61	1.00	1.00	0.05	0.00	494.24	121.67	4.06	77.45	1.41	54.77	
220 SLU-SLV 2/4	1	110.34	1.00	1.00	0.00	0.00	494.21	121.37	4.07	77.26	1.41	54.63	
220 SLU-SLV 3/4	1	110.98	1.00	1.00	0.12	0.00	494.29	122.08	4.05	77.71	1.41	54.95	
220 SLU-SLV J[91]	1	112.24	1.00	1.00	0.11	0.00	494.46	123.47	4.00	78.59	1.41	55.57	
244 SLU-SLV I[105]	0.7	0.00	1.00	1.00	0.00	0.00							
244 SLU-SLV 1/4	0.7	117.34	1.00	1.00	1.00	0.00	444.10	184.39	2.41	82.16	1.41	58.10	
244 SLU-SLV 2/4	0.7	112.20	1.00	1.00	0.43	0.00	443.54	176.31	2.52	78.56	1.41	55.55	
244 SLU-SLV 3/4	0.7	111.50	1.00	1.00	0.24	0.00	443.46	175.21	2.53	78.07	1.41	55.21	
244 SLU-SLV J[104]	0.7	114.92	1.00	1.00	0.72	0.00	443.84	180.58	2.46	80.47	1.41	56.90	
246 SLU-SLV I[1]	0.7	0.00	1.00	1.00	0.00	0.00							
246 SLU-SLV 1/4	0.7	114.67	1.00	1.00	0.71	0.00	443.81	180.19	2.46	80.29	1.41	56.77	
246 SLU-SLV 2/4	0.7	111.34	1.00	1.00	0.22	0.00	443.44	174.96	2.53	77.96	1.41	55.12	
246 SLU-SLV 3/4	0.7	112.20	1.00	1.00	0.46	0.00	443.54	176.31	2.52	78.56	1.41	55.55	
246 SLU-SLV J[6]	0.7	117.42	1.00	1.00	1.00	0.00	444.11	184.52	2.41	82.22	1.41	58.14	

12.3 VERIFICHE GEOTECNICHE CABINA ENEL

Le verifiche geotecniche consistono sostanzialmente nella verifica di capacità portante che viene condotta seguendo l'Approccio 2: (A1 + M1 + R3), con i coefficienti parziali indicati in dettaglio nel capitolo 8, quindi con coefficienti parziali unitari per le caratteristiche del terreno e pari a 2.3 per la fondazione superficiale (verifica di capacità portante).

A titolo di esempio, si riporta il contour plot degli spostamenti verticali sulle travi di fondazione nella combinazione quasi permanente dei carichi.

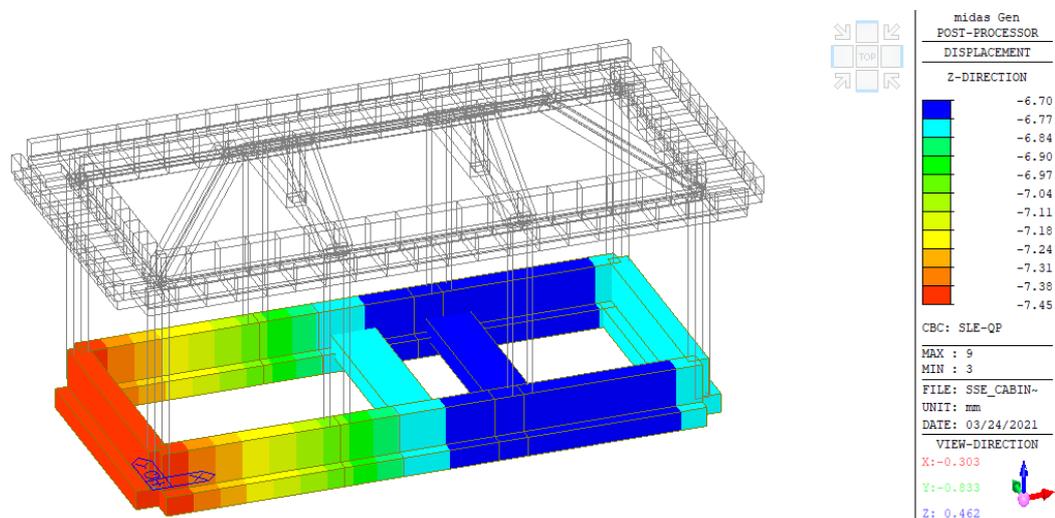


Figura 14 Spostamenti verticali sulle travi di fondazione in combinazione quasi permanente

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 		
Pag 32 di 33	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBFA0900001	A

Dal contour plot risulta una distribuzione sostanzialmente omogenea degli abbassamenti e quindi della reazione del terreno, come atteso data la notevole rigidezza delle travi rovesce.

La pressione limite q_{lim} è stata determinata con la formula generale di Brinch-Hansen, impiegata per il calcolo della capacità portante di fondazioni superficiali.

$$q_{lim} = 0.5\gamma'BN_{\gamma}s_{\gamma}d_{\gamma}i_{\gamma}b_{\gamma}g_{\gamma} + q'N_q s_q d_q i_q b_q g_q + c'N_c s_c d_c i_c b_c g_c$$

Sulla base dei parametri geotecnici, di cui al capitolo 7, sono stati calcolati i diversi termini seguenti:

Nc, Nq, N γ : coefficienti di capacità portante

$$N_q = \tan^2(45 + \phi'/2) * e^{(\pi * \tan \phi')}$$

$$N_c = (N_q - 1) / \tan \phi'$$

$$N_{\gamma} = 2 * (N_q + 1) * \tan \phi'$$

s $_c$, s $_q$, s $_{\gamma}$: fattori di forma

$$s_c = 1 + B * N_q / (L * N_c)$$

$$s_q = 1 + B * \tan \phi' / L *$$

$$s_{\gamma} = 1 - 0.4 * B * / L *$$

i $_c$, i $_q$, i $_{\gamma}$: fattori di inclinazione del carico

$$i_q = (1 - H / (N + B * L * c' \cot \phi'))^m$$

$$i_c = i_q - (1 - i_q) / (N_q - 1)$$

$$i_{\gamma} = (1 - H / (N + B * L * c' \cot \phi'))^{(m+1)}$$

$$m_c = (2 + B * / L *) / (1 + B * / L *)$$

$$m_{\gamma} = (2 + L * / B *) / (1 + L * / B *)$$

$$\theta = \arctg(Tb/Tl)$$

d $_c$, d $_q$, d $_{\gamma}$: fattori di profondità del piano di posa

$$d_c = d_q - (1 - d_q) / (N_c \tan \phi')$$

$$D/B * \leq 1 \rightarrow d_q = 1 + 2D \tan \phi' (1 - \sin \phi')^2 / B *$$

$$d_{\gamma}$$

$$\beta_r + \beta_p = 0.00 \text{ }^{\circ}$$

$$\beta_r + \beta_p < 45 \text{ }^{\circ}$$

b $_c$, b $_q$, b $_{\gamma}$: fattori di inclinazione base della fondazione

$$b_q = (1 - \beta_r \tan \phi')^2$$

$$b_c = b_q - (1 - b_q) / (N_c \tan \phi')$$

$$b_{\gamma} = b_q$$

g $_c$, g $_q$, g $_{\gamma}$: fattori di inclinazione piano di campagna

$$g_q = (1 - \tan \beta_p)^2$$

$$g_c = g_q - (1 - g_q) / (N_c \tan \phi')$$

$$g_{\gamma} = g_q$$

La verifica è stata eseguita estraendo i risultati all'involuppo SLU SLV per tutti gli elementi delle travi di fondazione, come riportato nelle tabelle seguenti. Il valore della capacità portante q_{lim} di seguito riportato è stato calcolato dividendo il risultato ottenuto con la formula di Brinch-Hansen per il coefficiente parziale di sicurezza pari a 2.3, secondo l'approccio 2 di NTC08. Inoltre, la pressione agente q è quella ottenuta dai risultati del modello di calcolo, amplificando poi le sollecitazioni agenti per il coefficiente γ_{Rd} pari a 1.1 in CDB, come richiesto nel paragrafo 7.2.5 delle NTC08.

È possibile osservare che i rapporti tra azione resistenti ed agenti sono largamente maggiori dell'unità e le verifiche sono abbondantemente soddisfatte in tutti i casi analizzati.



Pag

33 di 33

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBFA0900001

A

Verifica in tensioni efficaci

Element	Load comb.	Part	Larghezza: fondazione B	N (kN)	Tb (kN)	Tl (kN)	Ml (kN*m)	Mb (kN*m)	Verifica in tensioni efficaci							
									q _{lim}	q	Fs=q _{lim} /q	Sd	Hd	Fs=Sd/Hd		
9	SLU-SLV(all)	I[1]	0.9	0.00	1.00	1.00	0.00	0.00								
9	SLU-SLV(all)	1/4	0.9	89.77	1.00	1.00	0.13	0.00	481.91	109.72	4.39	62.86	1.41	44.45		
9	SLU-SLV(all)	2/4	0.9	88.06	1.00	1.00	0.12	0.00	481.56	107.63	4.47	61.66	1.41	43.60		
9	SLU-SLV(all)	3/4	0.9	86.45	1.00	1.00	0.12	0.00	481.22	105.66	4.55	60.53	1.41	42.80		
9	SLU-SLV(all)	J[5]	0.9	84.92	1.00	1.00	0.11	0.00	480.88	103.79	4.63	59.46	1.41	42.05		
10	SLU-SLV(all)	I[5]	0.9	0.00	1.00	1.00	0.00	0.00								
10	SLU-SLV(all)	1/4	0.9	27.74	1.00	1.00	0.00	0.00	442.69	33.90	13.06	19.42	1.41	13.73		
10	SLU-SLV(all)	2/4	0.9	27.56	1.00	1.00	0.00	0.00	442.33	33.68	13.13	19.30	1.41	13.64		
10	SLU-SLV(all)	3/4	0.9	27.37	1.00	1.00	0.00	0.00	441.96	33.46	13.21	19.17	1.41	13.55		
10	SLU-SLV(all)	J[17]	0.9	27.21	1.00	1.00	0.00	0.00	441.61	33.25	13.28	19.05	1.41	13.47		
11	SLU-SLV(all)	I[9]	0.9	0.00	1.00	1.00	0.00	0.00								
11	SLU-SLV(all)	1/4	0.9	80.79	1.00	1.00	0.01	0.00	479.91	98.74	4.86	56.57	1.41	40.00		
11	SLU-SLV(all)	2/4	0.9	81.12	1.00	1.00	0.04	0.00	479.99	99.14	4.84	56.80	1.41	40.16		
11	SLU-SLV(all)	3/4	0.9	81.71	1.00	1.00	0.05	0.00	480.14	99.87	4.81	57.22	1.41	40.46		
11	SLU-SLV(all)	J[13]	0.9	82.49	1.00	1.00	0.06	0.00	480.32	100.82	4.76	57.76	1.41	40.84		
12	SLU-SLV(all)	I[7]	0.9	0.00	1.00	1.00	0.00	0.00								
12	SLU-SLV(all)	1/4	0.9	85.89	1.00	1.00	0.12	0.00	481.10	104.97	4.58	60.14	1.41	42.53		
12	SLU-SLV(all)	2/4	0.9	87.48	1.00	1.00	0.12	0.00	481.44	106.92	4.50	61.26	1.41	43.31		
12	SLU-SLV(all)	3/4	0.9	89.16	1.00	1.00	0.13	0.00	481.79	108.98	4.42	62.43	1.41	44.15		
12	SLU-SLV(all)	J[3]	0.9	90.95	1.00	1.00	0.14	0.00	482.14	111.16	4.34	63.68	1.41	45.03		
13	SLU-SLV(all)	I[18]	0.9	0.00	1.00	1.00	0.00	0.00								
13	SLU-SLV(all)	1/4	0.9	27.50	1.00	1.00	0.00	0.00	442.21	33.61	13.16	19.25	1.41	13.61		
13	SLU-SLV(all)	2/4	0.9	27.67	1.00	1.00	0.00	0.00	442.56	33.82	13.09	19.37	1.41	13.70		
13	SLU-SLV(all)	3/4	0.9	27.86	1.00	1.00	0.00	0.00	442.94	34.05	13.01	19.51	1.41	13.79		
13	SLU-SLV(all)	J[7]	0.9	28.04	1.00	1.00	0.00	0.00	443.30	34.28	12.93	19.64	1.41	13.89		
14	SLU-SLV(all)	I[15]	0.9	0.00	1.00	1.00	0.00	0.00								
14	SLU-SLV(all)	1/4	0.9	83.21	1.00	1.00	0.06	0.00	480.49	101.70	4.72	58.26	1.41	41.20		
14	SLU-SLV(all)	2/4	0.9	82.45	1.00	1.00	0.05	0.00	480.31	100.77	4.77	57.73	1.41	40.82		
14	SLU-SLV(all)	3/4	0.9	81.86	1.00	1.00	0.04	0.00	480.17	100.05	4.80	57.32	1.41	40.53		
14	SLU-SLV(all)	J[11]	0.9	81.55	1.00	1.00	0.01	0.00	480.10	99.67	4.82	57.10	1.41	40.38		
15	SLU-SLV(all)	I[13]	0.9	0.00	1.00	1.00	0.00	0.00								
15	SLU-SLV(all)	1/4	0.9	103.22	1.00	1.00	0.08	0.00	484.26	126.16	3.84	72.28	1.41	51.11		
15	SLU-SLV(all)	2/4	0.9	102.67	1.00	1.00	0.03	0.00	484.17	125.49	3.86	71.89	1.41	50.84		
15	SLU-SLV(all)	3/4	0.9	102.81	1.00	1.00	0.05	0.00	484.20	125.66	3.85	71.99	1.41	50.90		
15	SLU-SLV(all)	J[15]	0.9	103.81	1.00	1.00	0.14	0.00	484.35	126.88	3.82	72.69	1.41	51.40		
16	SLU-SLV(all)	I[3]	0.9	0.00	1.00	1.00	0.00	0.00								
16	SLU-SLV(all)	1/4	0.9	114.08	1.00	1.00	0.14	0.00	485.75	139.43	3.48	79.88	1.41	56.48		
16	SLU-SLV(all)	2/4	0.9	112.89	1.00	1.00	0.08	0.00	485.60	137.98	3.52	79.05	1.41	55.90		
16	SLU-SLV(all)	3/4	0.9	112.44	1.00	1.00	0.00	0.00	485.55	137.43	3.53	78.73	1.41	55.67		
16	SLU-SLV(all)	J[1]	0.9	112.87	1.00	1.00	0.08	0.00	485.60	137.95	3.52	79.03	1.41	55.88		
17	SLU-SLV(all)	I[17]	0.9	0.00	1.00	1.00	0.00	0.00								
17	SLU-SLV(all)	1/4	0.9	99.10	1.00	1.00	0.42	0.00	483.61	121.12	3.99	69.39	1.41	49.07		
17	SLU-SLV(all)	2/4	0.9	96.13	1.00	1.00	0.14	0.00	483.10	117.50	4.11	67.31	1.41	47.60		
17	SLU-SLV(all)	3/4	0.9	96.36	1.00	1.00	0.18	0.00	483.14	117.77	4.10	67.47	1.41	47.71		
17	SLU-SLV(all)	J[18]	0.9	99.84	1.00	1.00	0.47	0.00	483.73	122.03	3.96	69.91	1.41	49.43		
18	SLU-SLV(all)	I[17]	0.9	0.00	1.00	1.00	0.00	0.00								
18	SLU-SLV(all)	1/4	0.9	43.72	1.00	1.00	0.01	0.00	463.19	53.44	8.67	30.62	1.41	21.65		
18	SLU-SLV(all)	2/4	0.9	43.45	1.00	1.00	0.01	0.00	462.97	53.11	8.72	30.43	1.41	21.52		
18	SLU-SLV(all)	3/4	0.9	43.27	1.00	1.00	0.01	0.00	462.81	52.89	8.75	30.30	1.41	21.42		
18	SLU-SLV(all)	J[19]	0.9	43.15	1.00	1.00	0.00	0.00	462.71	52.74	8.77	30.21	1.41	21.36		
19	SLU-SLV(all)	I[20]	0.9	0.00	1.00	1.00	0.00	0.00								
19	SLU-SLV(all)	1/4	0.9	43.58	1.00	1.00	0.00	0.00	463.07	53.26	8.69	30.51	1.41	21.58		
19	SLU-SLV(all)	2/4	0.9	43.71	1.00	1.00	0.01	0.00	463.18	53.42	8.67	30.60	1.41	21.64		
19	SLU-SLV(all)	3/4	0.9	43.90	1.00	1.00	0.01	0.00	463.34	53.66	8.63	30.74	1.41	21.74		
19	SLU-SLV(all)	J[18]	0.9	44.18	1.00	1.00	0.01	0.00	463.56	54.00	8.58	30.94	1.41	21.88		
20	SLU-SLV(all)	I[19]	0.9	0.00	1.00	1.00	0.00	0.00								
20	SLU-SLV(all)	1/4	0.9	98.33	1.00	1.00	0.41	0.00	483.48	120.18	4.02	68.85	1.41	48.69		
20	SLU-SLV(all)	2/4	0.9	95.44	1.00	1.00	0.14	0.00	482.98	116.65	4.14	66.83	1.41	47.25		
20	SLU-SLV(all)	3/4	0.9	95.61	1.00	1.00	0.17	0.00	483.01	116.86	4.13	66.95	1.41	47.34		
20	SLU-SLV(all)	J[20]	0.9	98.99	1.00	1.00	0.46	0.00	483.59	120.99	4.00	69.31	1.41	49.01		
21	SLU-SLV(all)	I[19]	0.9	0.00	1.00	1.00	0.00	0.00								
21	SLU-SLV(all)	1/4	0.9	13.10	1.00	1.00	0.00	0.00	383.50	16.01	23.96	9.17	1.41	6.48		
21	SLU-SLV(all)	2/4	0.9	13.10	1.00	1.00	0.00	0.00	383.51	16.01	23.95	9.17	1.41	6.49		
21	SLU-SLV(all)	3/4	0.9	13.11	1.00	1.00	0.00	0.00	383.57	16.02	23.95	9.18	1.41	6.49		
21	SLU-SLV(all)	J[9]	0.9	13.11	1.00	1.00	0.00	0.00	383.61	16.03	23.94	9.18	1.41	6.49		
22	SLU-SLV(all)	I[11]	0.9	0.00	1.00	1.00	0.00	0.00								
22	SLU-SLV(all)	1/4	0.9	13.24	1.00	1.00	0.00	0.00	384.64	16.18	23.77	9.27	1.41	6.55		
22	SLU-SLV(all)	2/4	0.9	13.23	1.00	1.00	0.00	0.00	384.60	16.17	23.78	9.27	1.41	6.55		
22	SLU-SLV(all)	3/4	0.9	13.23	1.00	1.00	0.00	0.00	384.55	16.17	23.79	9.26	1.41	6.55		
22	SLU-SLV(all)	J[20]	0.9	13.23	1.00	1.00	0.00	0.00	384.54	16.17	23.79	9.26	1.41	6.55		