

ORDINE DEGLI INGEGNERI  
DELLA PROV. DI TRENTO

dott.ing. **ROBERTO BOSETTI**

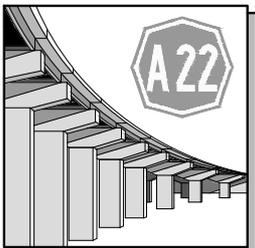
INSCRIZIONE ALBO N° 1027

IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO  
dott. ing. Roberto Bosetti

# autostrada del brennero

PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE  
DELLA TERZA CORSIA NEL TRATTO COMPRESO  
TRA VERONA NORD (KM 223) E L'INTERSEZIONE  
CON L'AUTOSTRADA A1 (KM 314)

<b>A1</b>	<b>LOTTO 2 - dal km 223+100 al km 230+717</b>
<b>4.6.1.</b>	<b>INTERVENTI SULLE OPERE D'ARTE</b> Sottopasso S.C. Cason (pr km 225+876) Relazione tecnica illustrativa e di calcolo

0	MAR. 2021	EMISSIONE	POLUZZI	M. ZINI	C. COSTA
REVISIONE:	DATA:	DESCRIZIONE:	REDAZIONE:	VERIFICA:	APPROVAZIONE:
DATA PROGETTO:			<b>DIREZIONE TECNICA GENERALE</b>		IL DIRETTORE TECNICO GENERALE E PROGETTISTA: 
LUGLIO 2009					
NUMERO PROGETTO:					
31/09					



## INDICE

<b>1</b>	<b>RELAZIONE ILLUSTRATIVA</b>	<b>5</b>
<b>1.1</b>	<b>STRUTTURA</b>	<b>9</b>
<b>1.2</b>	<b>METODO DI CALCOLO</b>	<b>9</b>
<b>1.2.1</b>	<b>CRITERI E DEFINIZIONE DELL'AZIONE SISMICA</b>	<b>10</b>
<b>1.2.2</b>	<b>COMBINAZIONI DI CARICO</b>	<b>14</b>
<b>1.2.3</b>	<b>SISTEMA DI VINCOLAMENTO</b>	<b>17</b>
<b>1.2.4</b>	<b>VALUTAZIONE DELLE SPINTE DEL TERRENO</b>	<b>17</b>
<b>1.2.5</b>	<b>VERIFICHE DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI</b>	<b>17</b>
<b>2</b>	<b>NORMATIVA DI RIFERIMENTO</b>	<b>18</b>
<b>2.1</b>	<b>OPERE IN C.A. E ACCIAIO</b>	<b>18</b>
<b>2.2</b>	<b>PRINCIPALI NORME UNI</b>	<b>18</b>
<b>2.3</b>	<b>PRINCIPALI ISTRUZIONI CNR</b>	<b>19</b>
<b>2.4</b>	<b>NORME STRADALI</b>	<b>19</b>
<b>3</b>	<b>CARATTERISTICHE DEI MATERIALI</b>	<b>21</b>
<b>3.1</b>	<b>TABELLA RIASSUNTIVA CLASSI DI ESPOSIZIONE SECONDO NORMATIVA UNI EN 206-1</b>	<b>21</b>
<b>3.2</b>	<b>CALCESTRUZZO PER MAGRONE</b>	<b>22</b>
<b>3.3</b>	<b>CALCESTRUZZO PER PALI DI FONDAZIONE</b>	<b>22</b>
<b>3.4</b>	<b>CALCESTRUZZO PER OPERE DI FONDAZIONE</b>	<b>22</b>
<b>3.5</b>	<b>CALCESTRUZZO PER OPERE DI ELEVAZIONE</b>	<b>23</b>
<b>3.6</b>	<b>CALCESTRUZZO PER TRAVI PREFABBRICATE IN C.A.P.</b>	<b>23</b>
<b>3.7</b>	<b>CALCESTRUZZO PER SOLETTA IMPALCATO</b>	<b>24</b>
<b>3.8</b>	<b>ACCIAIO PER CEMENTO ARMATO</b>	<b>24</b>
<b>3.9</b>	<b>ACCIAIO PER ARMATURA DA PRECOMPRESSIONE</b>	<b>24</b>
<b>3.10</b>	<b>COPRIFERRI</b>	<b>25</b>
<b>4</b>	<b>CODICI DI CALCOLO</b>	<b>26</b>
<b>4.1</b>	<b>CMP - XFINEST</b>	<b>26</b>
<b>4.1.1</b>	<b>VERIFICA SEZ IN C.A.</b>	<b>26</b>

4.1.2	SISTEMA DI RIFERIMENTO	27
5	RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURA	28
5.1	GEOMETRIA DELLA STRUTTURA	28
5.2	SCHEMATIZZAZIONE DELLA STRUTTURA	29
5.2.1	MODELLAZIONE	29
5.2.2	CONVENZIONI SUI SEGNI	29
5.2.3	FASI DI MODELLAZIONE	30
5.2.4	SCHEMATIZZAZIONE ELEMENTI	30
5.2.5	SEZIONI PER ELEMENTI BEAM	35
5.2.6	VINCOLI	37
5.2.7	DATI PER ANALISI SISMICA	38
5.2.8	ELENCO DATI	40
5.2.8.1	Dati impalcato	40
5.2.8.1.1	Dati relativi alla struttura in c.a.p.	40
5.2.8.1.2	Dati relativi alla soletta	40
5.2.8.1.3	Dati relativi a pavimentazione e finiture	40
5.2.8.1.4	Dati relativi ai carichi mobile	40
5.2.8.2	Dati relativi alle spalle	41
5.2.8.2.1	Dati relativi all'elevazione	41
5.2.8.2.2	Dati relativi alla platea di fondazione	41
5.2.8.2.3	Dati relativi al terreno	41
5.2.9	AZIONI IN CONDIZIONI DI ESERCIZIO	42
5.2.9.1	Azioni Permanenti	42
5.2.9.1.1	Carichi strutturali	42
5.2.9.1.2	Carichi permanenti	43
5.2.9.1.3	Azioni dovute al ritiro	43
5.2.9.1.4	Peso del Terreno	44
5.2.9.1.5	Presollecitazione	45
5.2.9.2	Azioni dovute alle spinte delle terre	45
5.2.9.2.1	Spinta a riposo	45
5.2.9.2.2	Spinta attiva	46
5.2.9.2.3	Sovraspinta sismica	47
5.2.9.3	Azioni variabili	47

SOTTOPASSO S.C. CASON (PR KM 225+876)		AUTOSTRADA DEL BRENNERO S.P.A.	
		CODIFICA DOCUMENTO AI_4_6_1_RELAZIONE.CALCOLO.DOC	FOGLIO 4 DI 111
5.2.9.3.1	Azioni orizzontali trasversali		47
5.2.9.3.2	Carichi mobili		48
5.2.9.3.3	Azioni orizzontali longitudinali		52
5.2.9.4	Palificata di fondazione		52
5.2.9.5	Casi di carico e combinazioni		53
5.2.9.5.1	Casi di carico		53
5.2.9.6	Combinazioni di carico		55
5.2.10	ANALISI MODALE		65
5.2.11	ANALISI SISMICA		66
5.2.11.1	Analisi Dinamica		68
5.3	VERIFICA DEGLI ELEMENTI		73
5.3.1	VERIFICA DEI MICROPALI		73
5.3.1.1	Verifiche di resistenza dei micropali		73
5.3.1.1.1	Verifiche T.A.-S.L.E.micropali		73
5.3.1.1.2	Verifiche S.L.U. micropali		77
5.3.1.1.3	Verifiche S.L.U. micropali a Taglio		80
5.3.2	VERIFICA SOLETTA DELL'IMPALCATO		81
5.3.2.1	Verifiche S.L.U. soletta		82
5.3.2.2	Verifiche in fase sismica della soletta.		84
5.3.3	VERIFICA PLATEE DELL'IMPALCATO		89
5.3.3.1	Verifiche S.L.U. platea impalcato		90
5.3.3.2	Verifiche in fase sismica delle platee dell'impalcato.		92
5.3.4	VERIFICA FUSTO NUOVE SPALLE		97
5.3.4.1	Verifiche S.L.U. fusto nuove spalle		98
5.3.4.2	Verifiche in fase sismica dei fusti delle nuove spalle		100
6	RELAZIONE GEOTECNICA – PORTANZA PALI		105
6.1	SOLLETAZIONI MASSIME MICROPALI		106
6.2	PORTANZA MICROPALI		110

## 1 RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Nell'ambito del progetto definitivo di adeguamento del tracciato A22 tra lo svincolo di Verona Nord (km 225+372) ed il sovrappasso della linea ferroviaria Verona-Mantova (km 230+163) è previsto l'intervento di allargamento del tratto autostradale in prossimità del ponte sulla linea Ferroviaria VERONA-MANTOVA.

I già menzionati aspetti in ordine agli aumentati carichi accidentali (D.M. 14/01/2008), agli oneri connessi alla sismica (oneri assenti all'atto della costruzione originale dei manufatti) e a diffuse situazioni di degrado dei materiali (vedasi relazione generale), ha consigliato di prevedere la sostituzione integrale degli impalcati col rispetto dei vincoli di quote connessi al profilo dell'Autostrada e del sottostante svincolo.

Il ponte presenta una campata in travi di cap per ogni via di corsa (Nord e Sud), sostenute da spalle a gravità in calcestruzzo: oltre al rifacimento dell'impalcato si pone necessario il consolidamento delle spalle esistenti. La demolizione è prevista in più fasi quasi tutte da effettuarsi in ore notturne e in concomitanza a sospensione del traffico.



**Figura 1.1 Vista planimetrica stato di fatto**

Il viadotto in progetto è a due carreggiate separate, in rettilineo, con pendenza trasversale (verso l'esterno ponte) di 2.50%: è costituito da una campata di luce 9.50m (retto impalcato) che sovrappassa la via Cason ed il franco garantito al di sotto di tale campata non viene ridotto rispetto lo stato attuale.

L'intervento di allargamento comporta tre fasi realizzative, durante le quali deve essere mantenuto il traffico, garantendo un minimo di n.2 corsie per senso di marcia:

convogliamento del traffico della corsia nord (direzione Trento) verso il centro della carreggiata, occupando la corsia di emergenza per il cantiere. Realizzazione del prolungamento delle spalle ed i relativi muri andatori su micropali, previa infissione di un palancoato provvisorio per consentire lo scavo delle fondazioni dei nuovi muri, e previo rinforzo delle spalle con tiranti e micropali. Realizzazione parziale della spalla superficiale collegata all'esistente previa demolizione del tratto superficiale della stessa fino al raggiungimento della quota di imposta della nuova spalla. Messa in opera delle travi in cap e realizzazione della soletta in calcestruzzo fino alla zona di collegamento provvisorio all'impalcato esistente.

deviazione del traffico sulla via nord (due corsie direzione Trento, due corsie direzione Modena). Demolizione dell'impalcato e della sommita' della spalla esistente e rinforzo della stessa con micropali e tiranti. Rinforzo della porzione di muri d'ala da mantenere con inserimento di micropali (demolizione della sommita'). Demolizione dei muri d'ala restanti e realizzazione dei nuovi muri d'ala. Messa in opera delle travi in cap e realizzazione dell'impalcato della via sud.

deviazione del traffico sulla via sud (due corsie direzione Trento, due corsie direzione Modena). Completamento della demolizione dell'impalcato e della sommita' della spalla esistente centrale (rimansta in fase 1) e rinforzo della stessa con micropali e tiranti. Messa in opera delle travi in cap e completamento dell'impalcato della via nord collegato opportunamente alla porzione di impalcato realizzato in fase 1.



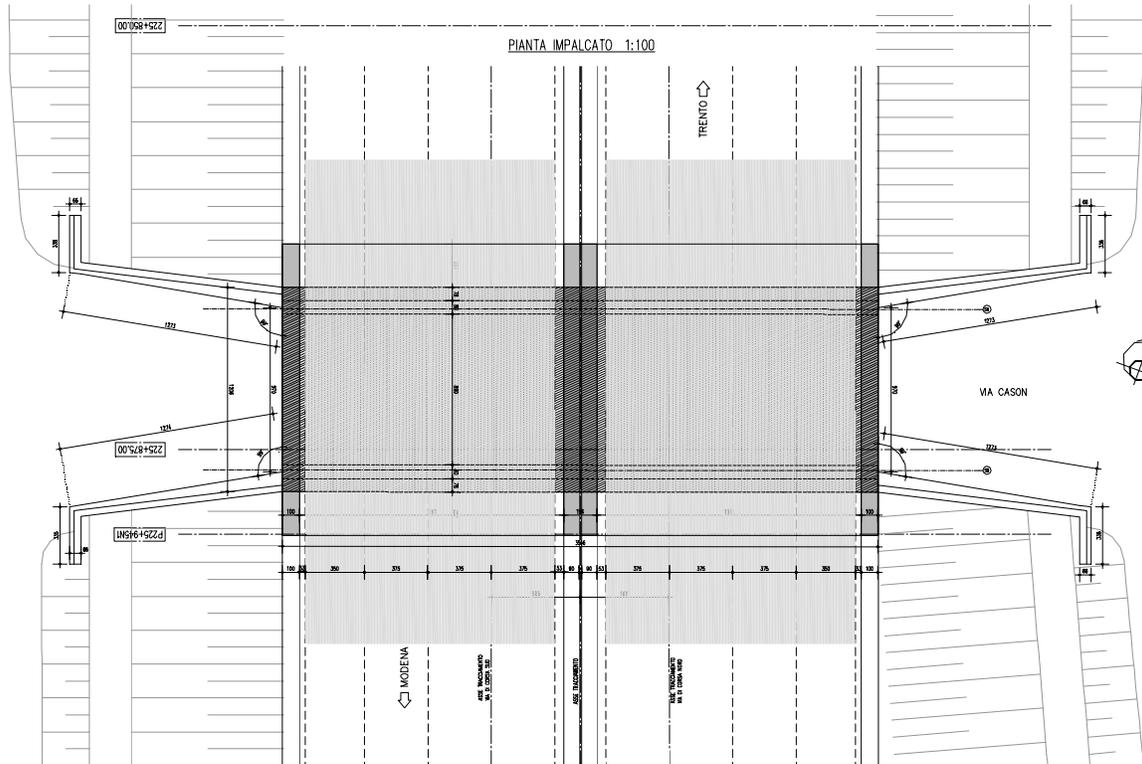


Figura 1.2 Pianta impalcato

SEZIONE LONGITUDINALE 1:100  
(IN RETTO IMPALCATO)

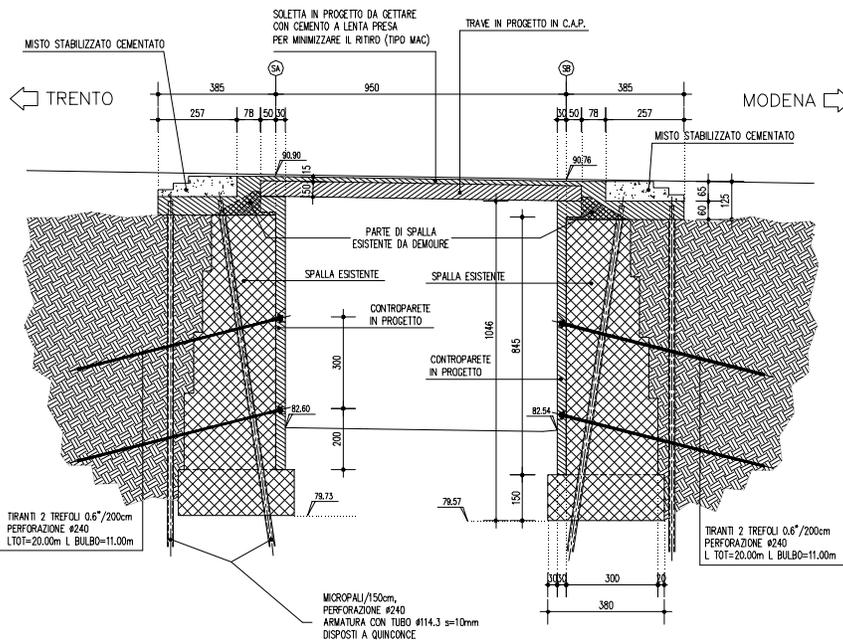


Figura 1.3 Sezione longitudinale

## 1.1 STRUTTURA

Lo scatolare possiede una luce di progetto pari a 9.50m e una larghezza complessiva di 35.16m: tale larghezza è dovuta alla somma delle larghezze di tre cordoli (due di 1.00m sui lati esterni e uno di 1.94m nella parte centrale) e ad una superficie carrabile totale di 15.61m per senso di marcia (3\*3.75+3.50+0.33+0.53m) oltre che dall'ingombro degli elementi di bordo (di 0.08m). La pendenza trasversale della carreggiata ha un valore costante del 2.50% verso l'esterno.

Il solettone verrà realizzato in travi accostate in c.a.p. di altezza 0.50m ed un getto in opera in calcestruzzo armato di spessore 15cm.

Oltre all'ingombro dell'impalcato le spalle proseguono con muri d'ala giuntati di lunghezza complessiva 12.55m per parte.

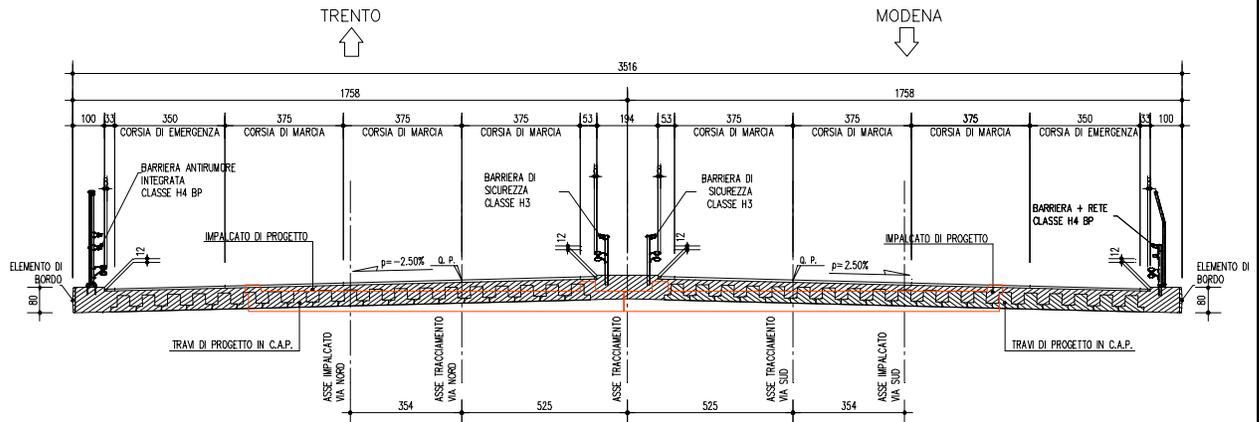


Figura 1.4 Sezione trasversale

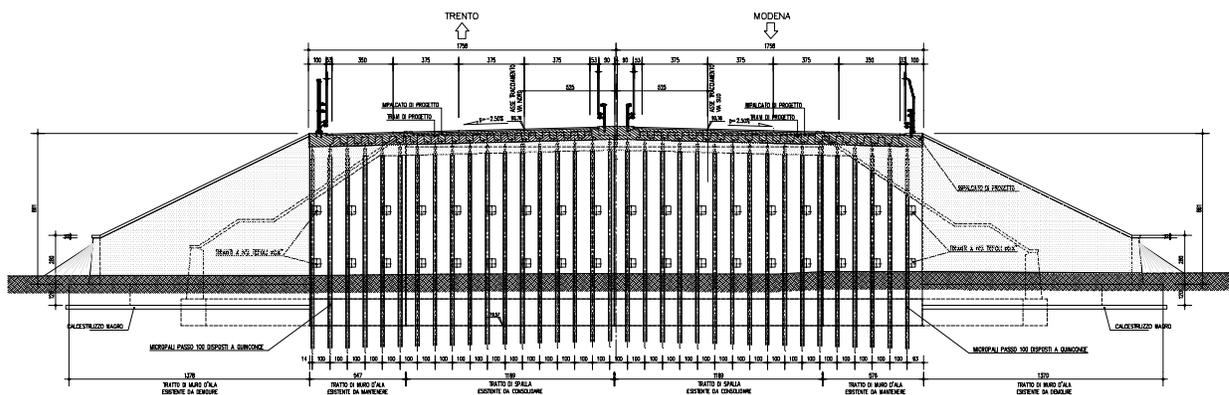


Figura 1.5 Prospetto spalla

## 1.2 METODO DI CALCOLO

La sicurezza strutturale è verificata tramite il metodo semiprobabilistico agli stati limite, applicando il DM14/01/2008 "Norme Tecniche per le costruzioni" e relative Istruzioni.

In particolare viene verificata la sicurezza sia nei confronti degli stati limite ultimi (SLU) sia nei confronti degli stati limite di esercizio (SLE).

### 1.2.1 CRITERI E DEFINIZIONE DELL'AZIONE SISMICA

L'effetto dell'azione sismica di progetto sull'opera nel suo complesso, includendo il volume significativo di terreno, la struttura di fondazione, gli elementi strutturali e non, nonché gli impianti, deve rispettare gli stati limite ultimi e di esercizio definiti al § 3.2.1, i cui requisiti di sicurezza sono indicati nel § 7.1 della norma.

Il rispetto degli stati limite si considera conseguito quando:

nei confronti degli stati limite di esercizio siano rispettate le verifiche relative al solo Stato Limite di Danno; nei confronti degli stati limite ultimi siano rispettate le indicazioni progettuali e costruttive riportate nel § 7 e siano soddisfatte le verifiche relative al solo Stato Limite di salvaguardia della Vita.

Per Stato Limite di Danno (SLD) s'intende che l'opera, nel suo complesso, a seguito del terremoto, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, subisce danni tali da non provocare rischi agli utenti e non compromette significativamente la capacità di resistenza e di rigidità nei confronti delle azioni verticali e orizzontali. Lo stato limite di esercizio comporta la verifica delle tensioni di lavoro, come riportato al § 4.1.2.2.5.

Per Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV) si intende che l'opera a seguito del terremoto subisce rotture e crolli dei componenti non strutturali e impiantistici e significativi danni di componenti strutturali, cui si associa una perdita significativa di rigidità nei confronti delle azioni orizzontali (creazione di cerniere plastiche secondo il criterio della gerarchia delle resistenze), mantenendo ancora un margine di sicurezza (resistenza e rigidità) nei confronti delle azioni verticali.

Gli stati limite, sia di esercizio sia ultimi, sono individuati riferendosi alle prestazioni che l'opera a realizzarsi deve assolvere durante un evento sismico; nel caso di specie per la funzione che l'opera deve espletare nella sua vita utile, è significativo calcolare lo Stato Limite di Danno (SLD) per l'esercizio e lo Stato Limite di Salvaguardia della Vita (SLV) per lo stato limite ultimo.

#### SOLETTA

Per quanto riguarda l'azione sismica, i suoi effetti sull'impalcato vanno valutati a ponte "scarico" (per i carichi dovuti al transito dei mezzi  $\psi_2 = 0$ , come si desume dal punto 3.2.4 e Tab.5.1.VI delle NTC, data la scarsa probabilità di avere la contemporaneità dei due eventi).

#### SPALLE

Nel paragrafo § 7.9 della NTC2008, specifico per i ponti, si legge: "La struttura del ponte deve essere concepita e dimensionata in modo tale che sotto l'azione sismica di progetto per lo SLV essa dia luogo alla

formazione di un meccanismo dissipativo stabile, nel quale la dissipazione sia limitata alle spalle o ad appositi apparecchi dissipativi”....”Gli elementi ai quali non viene richiesta capacità dissipativa e devono, quindi, mantenere un comportamento sostanzialmente elastico sono: l’impalcato, gli apparecchi di appoggio, le strutture di fondazione ed il terreno da esse interessato, le spalle se sostengono l’impalcato attraverso appoggi mobili o deformabili. A tal fine si adotta il criterio della “gerarchia delle resistenze”...”.

A riguardo delle spalle quindi, nel calcolo allo SLV, dovendo la struttura mantenere durante l’evento sismico un comportamento elastico, vengono eseguite le verifiche alle tensioni di esercizio (§ 4.1.2.2.5), assumendo come limite delle tensioni di esercizio quelle adottate per la combinazione caratteristica (rara). Tale condizione inoltre, in accordo al punto § 7.10.6.1., consente di ritenere soddisfatte anche le verifiche nei confronti dello SLD. Per quanto riguarda invece la richiesta di adottare il criterio di gerarchia delle resistenze, per le spalle (e le pile) connesse all’impalcato con appoggi fissi, rimane da verificare che tali appoggi siano in grado di trasmettere forze orizzontali tali da produrre un momento flettente pari a  $\gamma_{Rd} \cdot M_{Rd}$ , dove  $M_{Rd}$  è il momento resistente delle sezioni critiche. Nel caso in cui si utilizzi un coefficiente di struttura  $q=1$  allora la normativa concede di utilizzare direttamente tali azioni ( $M_{Rd}$ ) per il progetto degli apparecchi di appoggio. Il coefficiente di struttura adottato per la spalla SB dell’impalcato in progetto è stato assunto pari all’unità e le forze d’inerzia di progetto sono state determinate considerando un’accelerazione pari a  $a_g \cdot S$ . Infatti, in accordo con il § 7.9.5.6.2., la spalla in progetto sostiene un terreno rigido naturale per più dell’80% dell’altezza e quindi si può considerare che essa si muova con il suolo.

Per la definizione dell’azione sismica, occorre definire il periodo di riferimento  $P_{VR}$  in funzione dello stato limite considerato.

La vita nominale ( $V_N$ ) dell’opera è stata assunta pari a 100 anni.

La classe d’uso assunta è la IV.

Il periodo di riferimento ( $V_R$ ) per l’azione sismica, data la vita nominale e la classe d’uso vale:

$$V_R = V_N \cdot C_u = 200 \text{ anni}$$

I valori di probabilità di superamento del periodo di riferimento  $P_{VR}$ , cui riferirsi per individuare l’azione sismica agente è:

$$P_{VR}(SLV) = 10\%$$

Il periodo di ritorno dell’azione sismica  $T_R$  espresso in anni, vale:

$$T_R (SLV) = - \frac{V_r}{\ln(1 - P_{vr})} = 1898 \text{ anni}$$

Dato il valore del periodo di ritorno suddetto, tramite le tabelle riportate nell’Allegato B della norma, è possibile definire i valori di  $a_g$ ,  $F_0$ ,  $T^*_c$ .

$a_g$  → accelerazione orizzontale massima del terreno su suolo di categoria C, espressa come frazione dell’accelerazione di gravità;

$F_0$  → valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;

$T_c^*$  → periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale;

S → coefficiente che comprende l'effetto dell'amplificazione stratigrafica ( $S_s$ ) e dell'amplificazione topografica ( $S_t$ );

L'opera ricade all'incirca alla Latitudine di  $45^{\circ}24'15''$  N e Longitudine  $10^{\circ}54'42''$  E, ad una quota di circa 67 m.s.m..

I valori delle caratteristiche sismiche ( $a_g$ ,  $F_0$ ,  $T_c^*$ ) per lo Stato Limite di salvaguardia della Vita sono riportati di seguito:

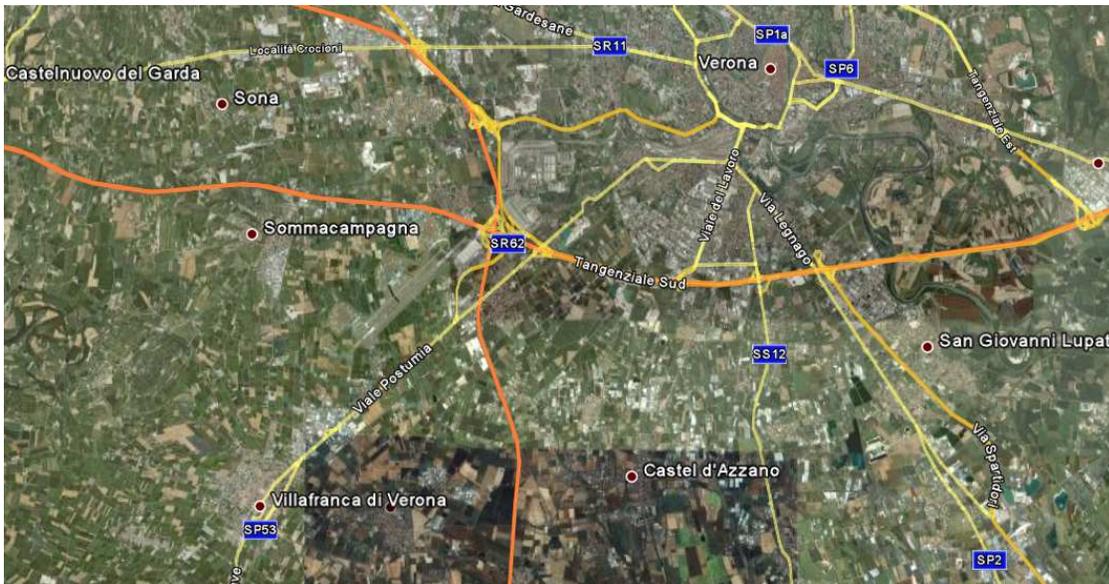


Figura 1.6 Tratto adeguamento del tracciato A22

### FASE 1. INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DEL SITO

Ricerca per coordinate

LONGITUDINE

LATITUDINE

Ricerca per comune

REGIONE

PROVINCIA

COMUNE

**Elaborazioni grafiche**

Grafici spettri di risposta →

Variabilità dei parametri →

**Elaborazioni numeriche**

Tabella parametri →

**Nodi del reticolo intorno al sito**

Reticolo di riferimento

Controllo sul reticolo

- Sito esterno al reticolo
- Interpolazione da 3 nodi
- Interpolazione corretta

Interpolazione  
superficie rigata

La "Ricerca per comune" utilizza le coordinate ISTAT del comune per identificare il sito. Si sottolinea che all'interno del territorio comunale le azioni sismiche possono essere significativamente diverse da quelle così individuate e si consiglia, quindi, la "Ricerca per coordinate".

Figura 1.7 Individuazione coordinate Verona

Valori dei parametri  $a_g$ ,  $F_o$ ,  $T_C^*$  per i periodi di ritorno  $T_R$  associati a ciascuno SL sono:

SLATO LIMITE	$T_R$ [anni]	$a_g$ [g]	$F_o$ [- ]	$T_C^*$ [s]
SLO	120	0.085	2.448	0.262
SLD	201	0.108	2.411	0.271
SLV	<b>1898</b>	<b>0.256</b>	<b>2.406</b>	<b>0.286</b>
SLC	2475	0.282	2.380	0.289

Per le spalle il calcolo viene eseguito con il metodo dell'analisi statica equivalente, applicando come prescritto da normativa un'accelerazione pari ad  $a_g S$ . Solo per l'individuazione dell'azione sismica verticale si applicherà l'analisi modale

Il sottosuolo su cui insiste l'opera può essere inserito nella categoria "A".

Il valore del coefficiente di amplificazione stratigrafico risulta:

$$S_S (SLV) \Rightarrow 1.00$$

$$S_T (SLV) \Rightarrow 1.00$$

L'accelerazione massima è valutata con la relazione

$$a_{\max}(SLV) = S \cdot a_g = S_S \cdot S_T \cdot a_g = 0.256g$$

Lo studio sismico delle opere facenti parte del tratto di intervento è stato impostato in maniera univoca, affidando a favore di sicurezza lo spettro della città di Verona (di cui si riportano i parametri di seguito), risultando questo sempre più "gravoso" di quello specifico dell'opera.

Latitudine di 45.4351 e Longitudine 10.9988.

Valori dei parametri  $a_g$ ,  $F_o$ ,  $T_C^*$  per i periodi di ritorno  $T_R$  associati a ciascuno SL sono:

SLATO LIMITE	$T_R$ [anni]	$a_g$ [g]	$F_o$ [- ]	$T_C^*$ [s]
SLO	120	0.087	2.443	0.263
SLD	201	0.111	2.409	0.271
SLV	<b>1898</b>	<b>0.260</b>	<b>2.406</b>	<b>0.287</b>
SLC	2475	0.286	2.381	0.290

### 1.2.2 COMBINAZIONI DI CARICO

Le combinazioni di carico, considerate ai fini delle verifiche, sono stabilite in modo da garantire la sicurezza in conformità a quanto prescritto al . 5.1.3.12 e 2.5.3 del D.M. 14/01/2008.

I carichi variabili sono stati suddivisi in carichi da traffico, vento e resistenza passiva dei vincoli; di conseguenza, le combinazioni sono state generate assumendo alternativamente ciascuno dei tre suddetti carichi come azione variabile di base.

Fra i carichi variabili si distinguono:

Q	carichi da traffico
Q <sub>T</sub>	azioni termiche
Q <sub>w</sub>	azione del vento

Inoltre, come indicato nella tabella 5.1.IV, sono stati identificati tre gruppi di azioni caratteristiche, corrispondenti rispettivamente ai carichi verticali, alla forza di frenamento e alla forza centrifuga.

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

**1) – Combinazione fondamentale**, generalmente impiegata per gli stati limite ultimi (SLU):

$$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \gamma_{Q2} \cdot \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \gamma_{Q3} \cdot \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots \quad (2.5.1)$$

**2) – 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:

$$G_1 + G_2 + P + Q_{k1} + \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots \quad (2.5.2)$$

**3) – Combinazione frequente**, generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) reversibili:

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots \quad (2.5.3)$$

**4) – Combinazione quasi permanente (SLE)**, generalmente impiegata per gli effetti a lungo termine:

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots \quad (2.5.4)$$

**5) – Combinazione sismica**, impiegata per gli stati limite ultimi e di esercizio connessi all'azione sismica E (v. § 3.2):

$$E + G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots \quad (2.5.5)$$

**6) – Combinazione eccezionale**, impiegata per gli stati limite ultimi connessi alle azioni eccezionali di progetto A<sub>d</sub> (v. § 3.6):

$$G_1 + G_2 + P + A_d + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots \quad (2.5.6)$$

Nelle combinazioni per SLE, si intende che vengono omissi i carichi Q<sub>kj</sub> che danno un contributo favorevole ai fini delle verifiche e, se del caso, i carichi G<sub>2</sub>.

Gli stati limite ultimi delle opere interrato si riferiscono allo sviluppo di meccanismi di collasso, determinati dalla mobilitazione della resistenza del terreno, e al raggiungimento della resistenza degli elementi strutturali che compongono l'opera.

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

- SLU di tipo geotecnico (GEO) e di equilibrio di corpo rigido (EQU): collasso per carico limite dell'insieme fondazione-terreno;

- SLU di tipo strutturale (STR): raggiungimento della resistenza negli elementi strutturali.

Le verifiche saranno condotte secondo l'approccio progettuale "Approccio 1", utilizzando i coefficienti parziali riportati nelle Tabelle 6.2.I e 5.1.V per i parametri geotecnici e le azioni, Tabella 6.2.II per i parametri del terreno, e Tabella 6.4.II e 6.4.III per i parametri di resistenza di strutture di fondazione su pali.

**OPERE DI FONDAZIONE – PALI (CAP.6.4)**

*Approccio 1*

Combinazione 1: (A1+M1+R1) (STR)

Combinazione 2: (A2+M1+R2) (GEO)

*Approccio 2*

(A1+M1+R3) (Se verifica struttura  $\gamma_r$  non si considera)

**Tabella 6.2.I/5.1.V** - Coefficienti parziali di sicurezza per le combinazioni di carico agli SLU

		Coefficiente	EQU <sup>(1)</sup>	A1 STR	A2 GEO
Carichi permanenti	favorevoli	$\gamma_{G1}$	0.90	1.00	1.00
	sfavorevoli		1.10	1.35	1.00
Carichi permanenti non strutturali <sup>(2)</sup>	favorevoli	$\gamma_{G2}$	0.00	0.00	0.00
	sfavorevoli		1.50	1.50	1.30
Carichi variabili da traffico	favorevoli	$\gamma_Q$	0.00	0.00	0.00
	sfavorevoli		1.35	1.35	1.15
Carichi variabili	favorevoli	$\gamma_{Qi}$	0.00	0.00	0.00
	sfavorevoli		1.50	1.50	1.30
Distorsioni e presollecitazioni di progetto	favorevoli	$\gamma_{e1}$	0.90	1.00	1.00
	sfavorevoli		1.00 <sup>(3)</sup>	1.00 <sup>(4)</sup>	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

<sup>(1)</sup> Equilibrio che non coinvolga i parametri di deformabilità e resistenza del terreno: altrimenti si applicano i valori GEO.

<sup>(2)</sup> Nel caso in cui i carichi permanenti non strutturali (ad es. carichi permanenti portati) siano compiutamente definiti si potranno adottare coefficienti validi per le azioni permanenti.

<sup>(3)</sup> 1.30 per instabilità in strutture con precompressione esterna.

<sup>(4)</sup> 1.20 per effetti locali

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

PARAMETRO	GRANDEZZA ALLA QUALE APPLICARE IL COEFFICIENTE PARZIALE	COEFFICIENTE PARZIALE	(M1)	(M2)
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan \phi'_k$	$\gamma_M$ $\gamma_\phi$	1.00	1.25
Coesione efficace	$c'_k$	$\gamma_c$	1.00	1.25
Resistenza non drenata	$c_{uk}$	$\gamma_{cu}$	1.00	1.40
Peso dell'unità di volume	$\gamma$	$\gamma_\gamma$	1.00	1.00

**Tabella 6.5.I** - Coefficienti parziali  $\gamma_R$  per le verifiche agli stati limite ultimi STR e GEO di muri di sostegno

PARAMETRO	COEFFICIENTE PARZIALE (R1)	COEFFICIENTE PARZIALE (R2)	COEFFICIENTE PARZIALE (R3)
Capacità portante della fondazione	$\gamma_R = 1.0$	$\gamma_R = 1.0$	$\gamma_R = 1.4$
Scorrimento	$\gamma_R = 1.0$	$\gamma_R = 1.0$	$\gamma_R = 1.1$
Resistenza del terreno a valle	$\gamma_R = 1.0$	$\gamma_R = 1.0$	$\gamma_R = 1.4$

**Tabella 6.4.II** - Coefficienti parziali  $\gamma_k$  da applicare alle resistenze caratteristiche.

Resistenza	Simbolo	Pali infissi			Pali trivellati			Pali ad elica continua		
		(R1)	(R2)	(R3)	(R1)	(R2)	(R3)	(R1)	(R2)	(R3)
Base	$\gamma_b$	1,0	1,45	1,15	1,0	1,7	1,35	1,0	1,6	1,3
Laterale in compressione	$\gamma_s$	1,0	1,45	1,15	1,0	1,45	1,15	1,0	1,45	1,15
Totale (*)	$\gamma_k$	1,0	1,45	1,15	1,0	1,6	1,30	1,0	1,55	1,25
Laterale in trazione	$\gamma_{st}$	1,0	1,6	1,25	1,0	1,6	1,25	1,0	1,6	1,25

(\*) da applicare alle resistenze caratteristiche dedotte dai risultati di prove di carico di progetto.

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

- 1A) STR)  $\Rightarrow \gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \sum_i \psi_{0i} \cdot Q_{ki} \Rightarrow$  (spinte  $\Phi_d' = \Phi_k'$ )  
 1B) GEO)  $\Rightarrow \gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \sum_i \psi_{0i} \cdot Q_{ki} \Rightarrow$  (spinte  $\Phi_d' = \Phi_k'$ )  
 6) Eccezionale)  $\Rightarrow G_1 + G_2 + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \sum_i \psi_{2i} \cdot Q_{ki}$

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

- 2) Rara)  $\Rightarrow G_1 + G_2 + P + Q_{k1} + \sum_i \psi_{0i} \cdot Q_{ki}$

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

- 3) Frequente)  $\Rightarrow G_1 + G_2 + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \sum_i \psi_{2i} \cdot Q_{ki}$   
 4) Quasi permanente)  $\Rightarrow G_1 + G_2 + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \sum_i \psi_{2i} \cdot Q_{ki}$

Per la condizione sismica, le combinazioni per gli stati limite ultimi da prendere in considerazione sono le seguenti:

- 5) STR)  $\Rightarrow E + G_1 + G_2 + \sum_i \psi_{2i} \cdot Q_{ki} \Rightarrow$  (spinte  $\Phi_d' = \Phi_k'$ )

(per i pali non c'è differenza di combinazione sismica STR da GEO)

Gli effetti dell'azione sismica saranno valutati tenendo conto delle masse associate ai seguenti carichi gravitazionali:

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

I valori del coefficiente  $\psi_{2i}$  sono quelli riportati nella tabella 2.5.I della norma; la stessa propone nel caso di ponti, e più in generale per opere stradali, di assumere per i carichi dovuti al transito dei mezzi  $\psi_{2i} = 0.2$  (condizione cautelativa). Data la natura dell'opera in progetto, così come previsto dalla norma, si assume  $\psi_{2i} = 0.00$ .

### 1.2.3 SISTEMA DI VINCOLAMENTO

La geometria dell'opera individua un comportamento a "scatolare", evidenziando una continuità strutturale tra le spalle e l'impalcato.

### 1.2.4 VALUTAZIONE DELLE SPINTE DEL TERRENO

Il calcolo delle spinte del terreno (per le strutture di sostegno – spalle) verrà svolto considerando uno schema di "spinta a riposo" in condizioni di esercizio. In condizioni sismiche, invece, si considererà lo schema di spinta attiva con incremento dinamico secondo l'approccio di Wood

$$\Delta P = (ag/g) * S * \gamma * H^2 = .2552 * 1 * 20 * 4 = 20.42 \text{ KN/ml}$$

### 1.2.5 VERIFICHE DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI

#### IMPALCATO

In particolare viene verificata la sicurezza sia nei confronti degli stati limite ultimi (SLU) sia nei confronti degli stati limite di esercizio (SLE), e stati limite ultimi sismici .

#### SPALLE

Gli elementi di sostegno (spalle) sono progettati affinché, come richiesto dalla norma stessa al paragrafo 7.9.2., si mantengano in campo elastico sotto l'azione sismica allo stato limite ultimo: in questo modo si ottiene la garanzia che, anche a seguito di un evento sismico di eccezionale intensità, gli unici elementi che ne possono rimanere danneggiati sono i dispositivi di vincolamento, più facilmente sostituibili alla fine dell'evento sismico, mentre gli elementi strutturali costituenti l'opera mantengono integre le proprie capacità di resistenza (criterio della gerarchia delle resistenze). A tal fine le verifiche in condizioni sismiche vengono svolte controllando che i materiali si mantengano al di sotto di limiti tensionali che possono ritenersi i massimi, valori entro i quali il loro comportamento si mantiene sostanzialmente lineare elastico. Tali limiti tensionali massimi assunti sono riportati nel paragrafo specifico relativo alle caratteristiche dei materiali.

Anche i pali di fondazione devono essere progettati in modo da rimanere in campo elastico, secondo quanto richiesto dalla norma al paragrafo 7.9.2..

Per le verifiche degli elementi strutturali costituenti le spalle saranno quindi svolti due tipi di verifiche: allo stato limite ultimo per le condizioni di esercizio e di controllo del mantenimento del comportamento elastico dei materiali per le condizioni sismiche, nonché le verifiche a fessurazione per lo stato limite di esercizio.

## 2        **NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

I calcoli sviluppati nel seguito sono svolti secondo il Metodo degli Stati Limite e nel rispetto della normativa vigente; in particolare si sono osservate le prescrizioni contenute nei seguenti documenti:

### 2.1        **OPERE IN C.A. E ACCIAIO**

D. M. Min. II. TT. del 14 gennaio 2008 – Norme tecniche per le costruzioni;

**Circolare 2 febbraio 2009, n. 617** – Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 14 gennaio 2008;

**Legge 5 novembre 1971 n. 1086** - Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica;

**Circ. Min. LL.PP.14 Febbraio 1974, n. 11951** – Applicazione della L. 5 novembre 1971, n. 1086”;

**Legge 2 febbraio 1974 n. 64**, recante provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche;

**Linee guida sul calcestruzzo strutturale** - Presidenza del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici - Servizio Tecnico Centrale.

### 2.2        **PRINCIPALI NORME UNI**

**UNI EN 1990 (Eurocodice 0)** – Aprile 2006: “Criteri generali di progettazione strutturale”;

**UNI EN 1991-2-4 (Eurocodice 1)** – Agosto 2004 – Azioni in generale: “Pesi per unità di volume, pesi propri e sovraccarichi per gli edifici”;

**UNI EN 1991-1-1 (Eurocodice 1)** – Agosto 2004 – Azioni in generale- Parte 1-1: “Pesi per unità di volume, pesi propri e sovraccarichi per gli edifici”;

**UNI EN 1991-2 (Eurocodice 1)** – Marzo 2005 – Azioni sulle strutture- Parte 2: “Carico da traffico sui ponti”;

**UNI EN 1992-1-1 (Eurocodice 2)** – Novembre 2005: “Progettazione delle strutture di calcestruzzo – Parte 1-1: “Regole generali e regole per gli edifici”;

**UNI EN 1992-2 (Eurocodice 2)** – Gennaio 2006: “Progettazione delle strutture di calcestruzzo – Parte 2: “Ponti in calcestruzzo - progettazione e dettagli costruttivi”;

**UNI EN 1993-1-1 (Eurocodice 3)** – Ottobre 1993: “Progettazione delle strutture in acciaio – Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici”;

**UNI EN 1997-1 (Eurocodice 7)** – Febbraio 2005: “Progettazione geotecnica – Parte 1: Regole generali”;

**UNI EN 1998-1 (Eurocodice 8)** – Marzo 2005: “Progettazione delle strutture per la resistenza sismica – Parte 1: Regole generali – Azioni sismiche e regole per gli edifici”;

**UNI EN 1998-2 (Eurocodice 8)** – Febbraio 2006: “Progettazione delle strutture per la resistenza sismica – Parte 2: Ponti”;

**UNI ENV 1998-5 (Eurocodice 8)** – Gennaio 2005: “Progettazione delle strutture per la resistenza sismica – Parte 2: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici”.

**UNI EN 197-1 giugno 2001** – “Cemento: composizione, specificazioni e criteri di conformità per cementi comuni;

**UNI EN 11104 marzo 2004** – “Calcestruzzo: specificazione, prestazione, produzione e conformità”, Istruzioni complementari per l’applicazione delle EN 206-1;

**UNI EN 206-1 ottobre 2006** – “Calcestruzzo: specificazione, prestazione, produzione e conformità”.

### 2.3 PRINCIPALI ISTRUZIONI CNR

**CNR 10011/97** – Costruzioni di acciaio. Istruzioni per il calcolo, l’ esecuzione, il collaudo e la manutenzione;

**CNR 10016/00** – Strutture composte di acciaio e calcestruzzo. Istruzioni per l’impiego nelle costruzioni;

**CNR 10018/99** – Apparecchi di appoggio per le costruzioni. Istruzioni pr l’impiego;

**CNR 10024/86** – Analisi mediante elaboratore: impostazione e redazione delle relazioni di calcolo.

Il progetto definitivo dell’opera in oggetto è stato sviluppato utilizzando le NTC2008, norma il cui utilizzo è consentito purché i lavori vengano iniziati entro marzo dell’anno 2023 (entro cioè 5 anni dall’entrata in vigore delle NTC2018 ai sensi dell’art. 2 comma 2). In fase di progettazione esecutiva l’opera sarà progettata ai sensi delle Norme Tecniche vigenti alla data in cui la progettazione esecutiva verrà svolta. Tuttavia, al fine di verificare l’idoneità delle opere progettate anche con le Norme Tecniche attualmente vigenti, è stato effettuato un confronto tra normative (NTC2008 e NTC2018) verificandone le principali differenze.

Nel caso in esame le verifiche preliminari condotte hanno evidenziato come l’utilizzo delle norme attualmente vigenti non comporti variazioni strutturali significative

### 2.4 NORME STRADALI

**D.M. 5 novembre 2001** – Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade

**D.M. 22 aprile 2004** – Modifica del decreto 5 novembre 2001, n. 6792, recante “Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade”

D. Lgs 30 aprile 1992 n. 285– Nuovo codice della strada;

**D.P.R. 16 dicembre 1992 n. 495** – Regolamento di esecuzione e di attuazione del nuovo codice della strada;

**D.Lgs. 15 gennaio 2002 n. 9** – Disposizioni integrative e correttive del nuovo codice della strada, a norma dell’articolo 1, comma 1, della L. 22 marzo 2001, n. 85.

**D.L. 20 giugno 2002 n. 121** – Disposizioni urgenti per garantire la sicurezza nella circolazione stradale

**L. 1 agosto 2002 n. 168** – Conversione in legge, con modificazioni, del D.L. 20 giugno 2002, n. 121, recante disposizioni urgenti per garantire la sicurezza nella circolazione stradale

**D.L. 27 giugno 2003 n. 151** – Modifiche ed integrazioni al codice della strada

**L. 1 agosto 2003 n. 214** – Conversione in legge, con modificazioni, del D.L. 27 giugno 2003, n. 151, recante modifiche ed integrazioni al codice della strada

**D.M. 30 novembre 1999 n. 557** – Regolamento recante norme per la definizione delle caratteristiche tecniche delle piste ciclabili

**Bollettino CNR n. 150** – Norme sull'arredo funzionale delle strade urbane.

### 3 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

Materiali come prescritti dal Decreto Ministeriale 14.01.2008 "Norme Tecniche per le Costruzioni".

#### 3.1 TABELLA RIASSUNTIVA CLASSI DI ESPOSIZIONE SECONDO NORMATIVA UNI EN 206-1

Questa tabella è da compilarsi in funzione dell'opera da eseguire: associare ad ogni elemento progettuale (fondazione, elevazione.....).

Tab 2

<b>Classi di esposizione ambientale secondo UNI EN 206-1</b>								
Classe di esposizione ambientale	Descrizione dell'ambiente di esposizione	Esempi di condizioni ambientali	UNI 9888	A/C massimo	Contenuto minimo di cemento kg/m <sup>3</sup>	Rok minima N/mm <sup>2</sup>	Contenuto minimo di aria %	Copri ferro minimo Mm
<b>1 Assenza di rischio di corrosione o attacco</b>								
X0	Molto secco	Cls per interni di edifici con umidità dell'aria molto bassa	1	-		C12/15	-	15
<b>2 Composizione delle armature per effetto della carbonatazione</b>								
XC1	Secco o permanentemente bagnato	Cls per interni di edifici con umidità relativa bassa o immerso in acqua	2a	0,65	260	C20/25	-	20
XC2	Bagnato, raramente secco	Superfici in cls a contatto con acqua per lungo tempo es. fondazioni	2a	0,60	280	C25/30	-	20
XC3	Umidità moderata	Cls per interni con umidità relativa moderata o alta e cls all'esterno protetto dalla pioggia	5a	0,55	280	C30/37	-	30
XC4	Ciclicamente bagnato ed asciutto	Superfici in cls a contatto con l'acqua, non nella classe XC2.	4a, 5b	0,50	300	C30/37	-	30
<b>3 Composizione delle armature per effetto dei cloruri esclusi quelli provenienti dall'acqua di mare</b>								
XD1	Umidità moderata	Superfici in cls esposte a nebbia salina	5a	0,55	300*	C30/37	-	30
XD2	Bagnato, raramente asciutto	Piscine; cls esposto ad acque industriali contenenti cloruri	4a, 5b	0,55	300	C30/37	-	30
XD3	Ciclicamente bagnato ed asciutto	Parti di ponti esposte a spruzzi contenenti cloruri, pavimentazioni di parcheggio	5c	0,45	320	C35/45	-	40
<b>4 Composizione delle armature indotta da cloruri presenti nell'acqua di mare</b>								
XS1	Esposto alla nebbia salina ma non all'acqua di mare	Strutture prossime o sulla costa	4a, 5b	0,50	300	C30/37	-	30
XS2	Permanentemente sommerso	Parti di strutture marine	5c	0,45	320	C35/45	-	40
XS3	Zone esposte alle onde o alla marea	Parti di strutture marine	5c	0,45	340	C35/45	-	40
<b>5 Attacco dei cicli di gelo/disgelo o con o senza sali disgelanti</b>								
XF1	Moderata saturazione d'acqua in assenza di sali disgelanti	Superfici verticali in cls esposte alla pioggia e al gelo	2b	0,55	300	C30/37	-	30
XF2	Moderata saturazione d'acqua in presenza di sali disgelanti	Superfici verticali in cls di strutture stradali esposte al gelo e nebbia dei sali disgelanti	3, 4b	0,55	300	C25/30	4,0 e aggregati resistenti al gelo/Disgelo	30
XF3	Elevata saturazione d'acqua in assenza di sali disgelanti	Superfici orizzontali in cls esposte alla pioggia e al gelo	2b	0,50	320	C30/37	4,0 e aggregati resistenti al gelo/Disgelo	30
XF4	Elevata saturazione d'acqua in presenza di sali disgelanti o acqua di mare	Strade e impalcati da ponte esposti ai sali disgelanti. Superfici in cls esposte direttamente a nebbia contenente sali disgelanti	3, 4b	0,45	340	C30/37	4,0 e aggregati resistenti al gelo/Disgelo	40
<b>6 Attacco chimico</b>								
XA1	Ambiente chimico debolmente aggressivo (vd. prospetto 2 della EN 206)	-	5a	0,55	300	C30/37	-	30
XA2	Ambiente chimico moderatamente aggressivo (vd. prospetto 2 della EN 206)	-	4*, 5b	0,50	320 cemento resistente ai solfati	C30/37	-	30
XA3	Ambiente chimico fortemente aggressivo (vd. prospetto 2 della EN 206)	-	5c	0,45	360 cemento resistente ai solfati	C35/45	-	40

Conglomerato cementizio per elementi strutturali:

ELEMENTO	CLASSE DI ESPOSIZIONE	CLASSE DI RESISTENZA MINIMA (Mpa)	COPRIFERRO (mm)	CLASSE DI CONSISTENZA	CLASSE DI CONTENUTO IN CLORURI	DIMENSIONE MASSIMA NOMINALE DEGLI AGGREGATI (mm)
PALI $\Phi < 800$ mm PALI $\Phi > 800$ mm	XC1	C25/30	60 70	S4	0.40	32
PLINTI	XC2	C25/30	50	S4	0.40	32
PILE, PULVINI ED ELEVAZIONE SPALLE	XC4+XD1+XF4	C32/40	50	S4	0.40	25
BAGGIOLI E RITEGNI	XC4+XD1+XF4	C35/45	40	S5	0.40	20
IMPALCATI GETTATI IN OPERA	XC4+XD3+XF4	C35/45	40	S4/S5	0.20	25
TRAVI PREFABBRICATE	XC4+XD3+XF4	C45/55	40	S4/S5	0.20	20/25
SOLETTE GETTATE IN OPERA	XC4+XD3+XF4	C35/45	50	S4/S5	0.20	25

### 3.2 CALCESTRUZZO PER MAGRONE

Per il magrone di sottofondazione si prevede l'utilizzo di calcestruzzo di classe Rck 15.

### 3.3 CALCESTRUZZO PER PALI DI FONDAZIONE

Per la realizzazione dei pali di fondazione in cemento armato delle spalle, si prevede l'utilizzo di calcestruzzo in classe Rck  $\geq 30$  N/mm<sup>2</sup>, che presenta le seguenti caratteristiche:

Resistenza a compressione (cilindrica)	$\rightarrow f_{ck} = 0.83 \cdot R_{ck} =$	24.90 N/mm <sup>2</sup>
Resistenza di calcolo a compressione	$\rightarrow f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot f_{ck} / \gamma_c = 0.85 \cdot f_{ck} / 1.5 =$	14.16 N/mm <sup>2</sup>
Resistenza di calcolo a compressione elastica	$\rightarrow \sigma_c = 0.60 \cdot f_{ck} =$	15.00 N/mm <sup>2</sup>
Resistenza a trazione media	$\rightarrow f_{ctm} = 0.30 \cdot f_{ck}^{2/3} =$	2.56 N/mm <sup>2</sup>
Resistenza a trazione	$\rightarrow f_{ctk} = 0.7 \cdot f_{ctm} =$	1.795 N/mm <sup>2</sup>
Resistenza a trazione di calcolo	$\rightarrow f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_c =$	1.197 N/mm <sup>2</sup>
Resistenza di calcolo a trazione	$\rightarrow \tau_c = 0.50 \cdot f_{ctk} =$	0.900 N/mm <sup>2</sup>

### 3.4 CALCESTRUZZO PER OPERE DI FONDAZIONE

Per la realizzazione della platea di fondazione in cemento armato delle spalle, si prevede l'utilizzo di calcestruzzo in classe Rck  $\geq 30$  N/mm<sup>2</sup>, che presenta le seguenti caratteristiche:

Resistenza a compressione (cilindrica)	$\rightarrow f_{ck} = 0.83 \cdot R_{ck} =$	24.90 N/mm <sup>2</sup>
--	--	-------------------------

Resistenza di calcolo a compressione	→ $f_{cd} = \alpha_{cc} * f_{ck} / \gamma_c = 0.85 * f_{ck} / 1.5 =$	14.16 N/mm <sup>2</sup>
Resistenza di calcolo a compressione elastica	→ $\sigma_c = 0.60 * f_{ck} =$	15.00 N/mm <sup>2</sup>
Resistenza a trazione media	→ $f_{ctm} = 0.30 * f_{ck}^{2/3} =$	2.56 N/mm <sup>2</sup>
Resistenza a trazione	→ $f_{ctk} = 0.7 * f_{ctm} =$	1.795 N/mm <sup>2</sup>
Resistenza a trazione di calcolo	→ $f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_c =$	1.197 N/mm <sup>2</sup>
Resistenza di calcolo a trazione	→ $\tau_c = 0.50 * f_{ctk} =$	0.900 N/mm <sup>2</sup>

### 3.5 CALCESTRUZZO PER OPERE DI ELEVAZIONE

Per la realizzazione delle opere di elevazione in cemento armato delle spalle, si prevede l'utilizzo di calcestruzzo in classe Rck ≥ 40 N/mm<sup>2</sup>, che presenta le seguenti caratteristiche:

Resistenza a compressione (cilindrica)	→ $f_{ck} = 0.83 * R_{ck} =$	33.20 N/mm <sup>2</sup>
Resistenza di calcolo a compressione	→ $f_{cd} = \alpha_{cc} * f_{ck} / \gamma_c = 0.85 * f_{ck} / 1.5 =$	18.81 N/mm <sup>2</sup>
Resistenza di calcolo a compressione elastica	→ $\sigma_c = 0.60 * f_{ck} =$	19.92 N/mm <sup>2</sup>
Resistenza a trazione media	→ $f_{ctm} = 0.30 * f_{ck}^{2/3} =$	3.10 N/mm <sup>2</sup>
Resistenza a trazione	→ $f_{ctk} = 0.7 * f_{ctm} =$	2.169 N/mm <sup>2</sup>
Resistenza a trazione di calcolo	→ $f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_c =$	1.446 N/mm <sup>2</sup>
Resistenza di calcolo a trazione	→ $\tau_c = 0.50 * f_{ctk} =$	1.080 N/mm <sup>2</sup>

\* La resistenza a taglio elastica è una tensione assunta dagli scriventi come limite superiore per la massima tensione sollecitante a taglio, nel caso di verifica sismica. Dovendo in tal caso la sezione rimanere in campo elastico e non essendoci da normativa una tensione elastica di riferimento, si è assunto che tale tensione sia assunta pari a:  $f_{ctE} = 0.5 * f_{ctk}$ .

### 3.6 CALCESTRUZZO PER TRAVI PREFABBRICATE IN C.A.P.

Per la realizzazione della soletta d'impalcato in cemento armato, si prevede l'utilizzo di calcestruzzo in classe Rck ≥ 55 N/mm<sup>2</sup>, che presenta le seguenti caratteristiche:

Resistenza a compressione (cilindrica)	→ $f_{ck} = 0.83 * R_{ck} =$	45.65 N/mm <sup>2</sup>
Resistenza di calcolo a compressione	→ $f_{cd} = \alpha_{cc} * f_{ck} / \gamma_c = 0.85 * f_{ck} / 1.5 =$	25.86 N/mm <sup>2</sup>
Resistenza a trazione media	→ $f_{ctm} = 0.30 * f_{ck}^{2/3} =$	3.83 N/mm <sup>2</sup>
Resistenza a trazione	→ $f_{ctk} = 0.7 * f_{ctm} =$	2.68 N/mm <sup>2</sup>
Resistenza a trazione di calcolo	→ $f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_c =$	1.78 N/mm <sup>2</sup>

### 3.7 CALCESTRUZZO PER SOLETTA IMPALCATO

Per la realizzazione della soletta d'impalcato in cemento armato, si prevede l'utilizzo di calcestruzzo in classe  $R_{ck} \geq 45 \text{ N/mm}^2$ , che presenta le seguenti caratteristiche:

Resistenza a compressione (cilindrica)	→ $f_{ck} = 0.83 * R_{ck} =$	37.35 N/mm <sup>2</sup>
Resistenza di calcolo a compressione	→ $f_{cd} = \alpha_{cc} * f_{ck} / \gamma_c = 0.85 * f_{ck} / 1.5 =$	21.16 N/mm <sup>2</sup>
Resistenza di calcolo a compressione elastica	→ $\sigma_c = 0.60 * f_{ck} =$	22.41 N/mm <sup>2</sup>
Resistenza a trazione media	→ $f_{ctm} = 0.30 * f_{ck}^{2/3} =$	3.35 N/mm <sup>2</sup>
Resistenza a trazione	→ $f_{ctk} = 0.7 * f_{ctm} =$	2.35 N/mm <sup>2</sup>
Resistenza a trazione di calcolo	→ $f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_c =$	1.56 N/mm <sup>2</sup>

### 3.8 ACCIAIO PER CEMENTO ARMATO

Per le armature metalliche si adottano tondini in acciaio del tipo B450C controllato in stabilimento, che presentano le seguenti caratteristiche:

Proprietà	Requisito
Limite di snervamento $f_y$	$\geq 450 \text{ MPa}$
Limite di rottura $f_t$	$\geq 540 \text{ MPa}$
Allungamento totale al carico massimo $A_{gt}$	$\geq 7\%$
Rapporto $f_t/f_y$	$1,13 \leq R_m/R_e \leq 1,35$
Rapporto $f_{y \text{ misurato}}/f_{y \text{ nom}}$	$\leq 1,25$

Tensione di snervamento caratteristica	→ $f_{yk} \geq$	450.00 N/mm <sup>2</sup>
Tensione caratteristica a rottura	→ $f_{tk} \geq$	540.00 N/mm <sup>2</sup>
Tensione di calcolo elastica	→ $\sigma_c = 0.80 * f_{yk} =$	360.00 N/mm <sup>2</sup>
Fattore di sicurezza acciaio	→ $\gamma_s =$	1.15
Resistenza a trazione di calcolo	→ $f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s =$	391.30 N/mm <sup>2</sup>

### 3.9 ACCIAIO PER ARMATURA DA PRECOMPRESSIONE

Barre per tiranti e per cavi da precompressione:

Si adotta acciaio armonico in trefoli da 0.6" (area 139 mm<sup>2</sup>) stabilizzato avente caratteristiche:

Tensione caratteristica a rottura	→ $f_{ptk} \geq$	1860.00 N/mm <sup>2</sup>
Carico caratteristico all'1%	→ $f_{p(0.1)k} \geq$	1670.00 N/mm <sup>2</sup>

### 3.10 COPRIFERRI

Spalle - Si adottano copriferrì pari a:

	Copri ferro - $c_{\min}$ [mm]
<i>FONDAZIONI</i>	
Pali $f < 800\text{mm}$	60
Pali $f \geq 800\text{mm}$	70
Platea	50
<i>ELEVAZIONE</i>	
Fusti / Risvolti / Orecchie	50
Baggioli	40
Cordoli	40

Impalcato - Si adottano copriferrì pari a:

	Copri ferro - $c_{\min}$ [mm]
Soletta	40

## 4 CODICI DI CALCOLO

### 4.1 CMP - XFINEST

La Modellazione Numerica della struttura, la rielaborazione dei risultati dell'analisi agli Elementi Finiti, la progettazione-verifica degli elementi strutturali sono state condotte utilizzando il programma **CMP** realizzato dalla Cooperativa Architetti e Ingegneri Progettazione di Reggio Emilia. Il solutore ad elementi finiti utilizzato è **XFINEST** della Ce.A.S. di Milano.

L'analisi strutturale viene effettuata con il metodo degli elementi finiti.

Gli elementi utilizzati per la modellazione dello schema statico della struttura sono i seguenti:

- Elemento tipo BEAM (trave)
- Elemento tipo SHELL (membrana o piastra quadri e trilatero)
- Elemento tipo LINK (elementi tiro BEAM ma di rigidità infinita)
- Elemento tipo CJOINT (elementi di rigidità specificata per ogni grado di libertà dei due nodi collegati)

Il programma CMP applica il metodo degli elementi finiti a strutture di forma qualunque, comunque caricate e vincolate, nell'ambito del comportamento lineare delle stesse. Oltre all'analisi statica e dinamica delle strutture, il programma può svolgere l'analisi non lineare per grandi spostamenti e pushover. L'analisi sismica lineare, infine, può essere svolta sottoponendo la struttura all'azione di uno spettro di risposta o a quella di un'accelerogramma reale (time history analysis).

#### 4.1.1 VERIFICA SEZ IN C.A.

La verifica delle sezioni facenti parte della presente relazione, viene condotta col modulo di verifica a pressoflessione deviata di sezioni in cemento armato di forma qualsiasi e comunque armate.

Il programma esegue le verifiche sia tensionali, sia agli stati limite ultimi, individuando il dominio di resistenza della sezione.

La sezione è descritta da una poligonale individuata attraverso le coordinate dei vertici; le armature sono puntiformi e vengono individuate dalla posizione del baricentro e dall'area dell'acciaio. La verifica prevede tutti i tipi di sollecitazione longitudinale: compressione e trazione semplice, flessione retta e deviata, presso e tenso flessione retta, presso e tenso flessione deviata.

#### 4.1.2 SISTEMA DI RIFERIMENTO

Il Sistema di Riferimento Locale 123 degli Elementi tipo Beam è una Terna destrorsa Cartesiana con asse 1 avente la direzione dell'elemento, asse 2 definibile dall'utente e asse 3 avente la direzione che completa la terna.

Il Sistema di Riferimento Locale 123 predefinito degli Elementi tipo Shell è una Terna destrorsa cartesiana con origine nel baricentro dell'Elemento, asse 1 avente la direzione della normale, asse 2 avente la direzione della congiungente i punti medi dei due lati N2-N3 e N1-N4 (N1,N2,N3,N4 sono i nodi che definiscono l'elemento) e asse 3 avente la direzione che completa la terna.

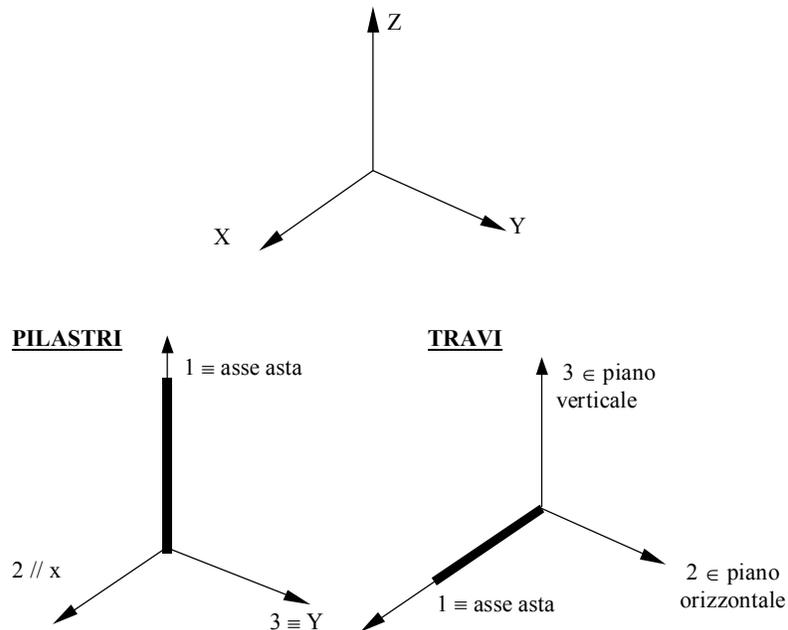


Figura 4.1 Elementi BEAM – Convenzione sui segni

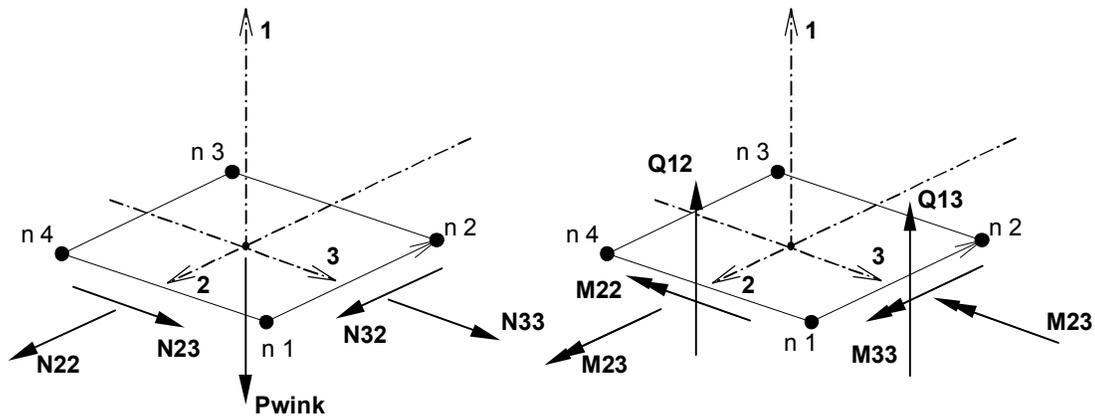


Figura 4.2 Elementi Shell – Convenzione sui segni



## 5.2 SCHEMATIZZAZIONE DELLA STRUTTURA

Per la valutazione delle sollecitazioni sulle strutture facenti parte dello scatolare (spalle, soletta, risvolti) si è fatto ricorso ad un modello di calcolo con l'elaboratore, utilizzando il programma di calcolo agli elementi finiti CMP della Cooperativa Architetti ed Ingegneri di Reggio Emilia con il solutore ad elementi finiti XFinest della Ceas di Milano.

Per la valutazione sismica, si è proceduto ad un'analisi lineare dinamica, implementando lo spettro di progetto, così come previsto dalla normativa vigente.

### 5.2.1 MODELLAZIONE

Si sono implementati i singoli elementi strutturali come di seguito descritto.

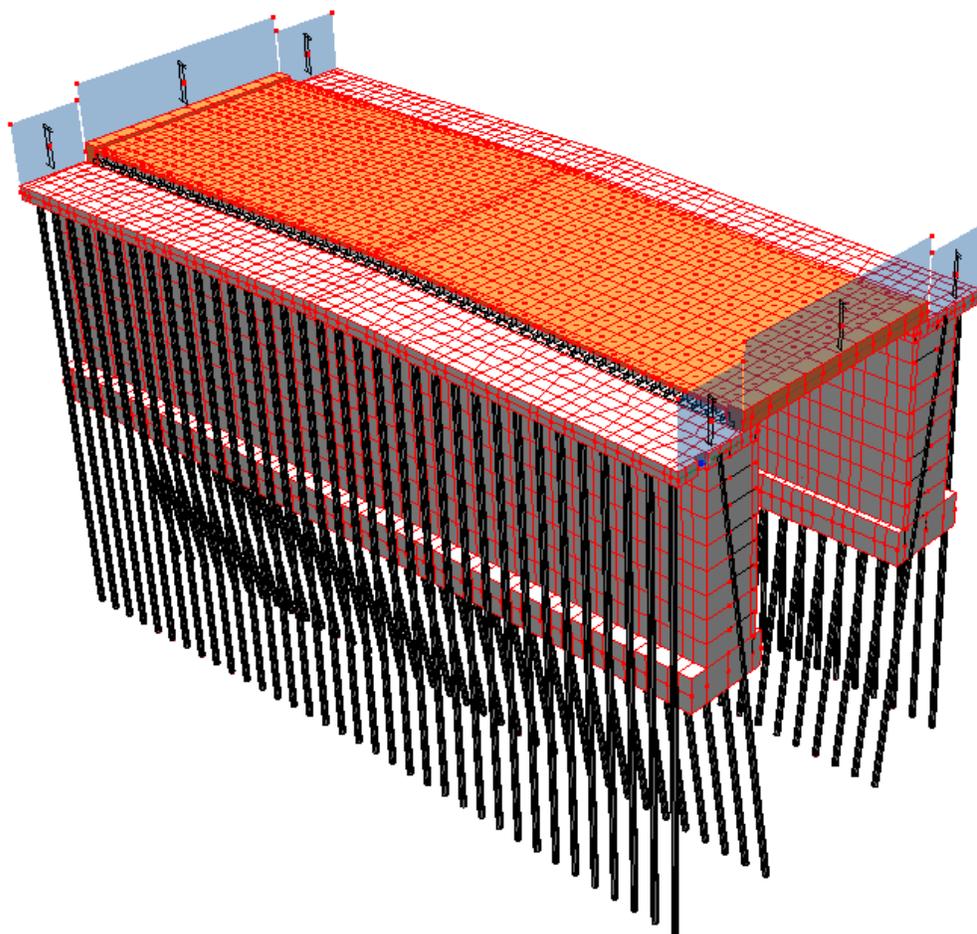


Figura 5.3 Modello 3D

### 5.2.2 CONVENZIONI SUI SEGNI

Il sistema di riferimento globale è costituito dagli assi X, Y e Z, con l'asse Y parallelo all'asse del ponte.

### 5.2.3 FASI DI MODELLAZIONE

Tenendo conto della modalità di realizzazione dell'impalcato e delle tipologie dei carichi da considerare si avranno le seguenti fasi:

FASE 1: In cui si considerano per la soletta dell'impalcato, solo le travi longitudinali e con assegnato un carico pari al peso proprio della soletta dell'impalcato di competenza. In questa fase le travi precomprese sono considerate semplicemente appoggiate alle spalle.

FASE 2: In cui vengono considerati i carichi permanenti (pavimentazione, cordoli, lastre, marciapiedi, parapetti e sicurvia) per l'analisi del comportamento viscoso del calcestruzzo. A tal fine si considera un calcestruzzo con un modulo elastico ridotto a 1/3:  $u_{\infty} = u_0 \cdot (1 + \phi_{\infty}) = 3 \cdot u_0$ . In questa fase si considera anche l'effetto del ritiro equiparato ad una distorsione termica uniforme di  $-35^{\circ}$  C tale da determinare una contrazione della soletta pari a quella prevista per il ritiro da normativa per atmosfera che comporta:

$$\varepsilon_{cs} = -0.00035 \rightarrow \Delta L/L = \alpha \cdot \Delta T \rightarrow \Delta T = \varepsilon / \alpha = 0.00035 / 0.00001 = -35^{\circ}$$

FASE 3: In cui si determinano le massime sollecitazioni per gli elementi della struttura dovuti alle azioni accidentali, spinte delle terre, carichi da traffico ecc, previsti da normativa. E' inoltre prevista un'analisi sismica ottenuta con un'analisi modale e spettro di risposta secondo normativa per l'azione lungo Z, mentre per l'azione lungo X ed Y alle masse del modello è stata applicata una accelerazione  $a_g$  o  $a_g \cdot S$  come previsto dalle NTC08 7.9.5.6.1 e 7.9.5.6.2.

### 5.2.4 SCHEMATIZZAZIONE ELEMENTI

#### Spalle

La spalle sono state modellate in ogni loro parte sia come forma geometrica che come spessore è stato assunto a favore di sicurezza uno spessore costante di 2,4 m. Il collegamento tra la parte di spalla esistente e la nuova porzione di ampliamento di spessore pari a 30 cm a cui sono applicati i tiranti, è stata eseguita considerando elementi infinitamente rigidi. La spalla esistente risulta non armata.

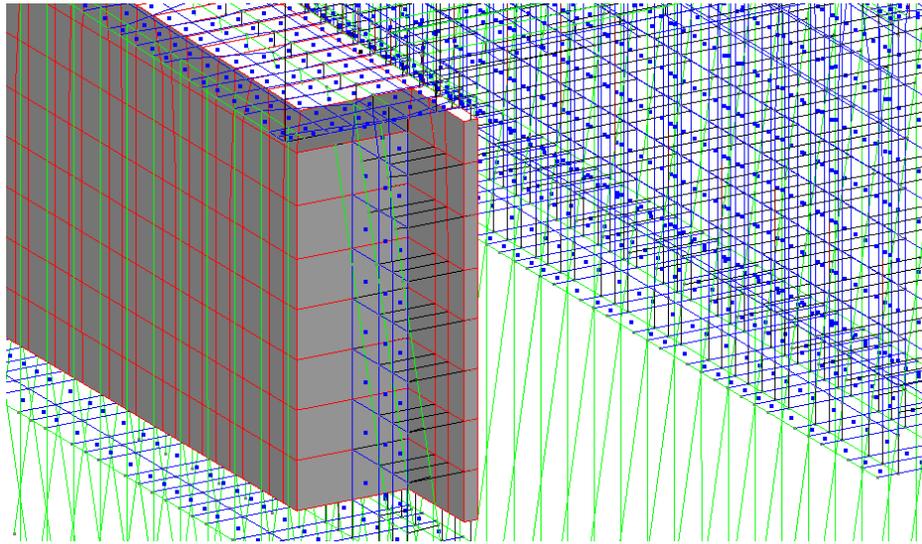


Figura 5.4 Modello 3D - Particolare dell'attacco tra la spalla esistente e la nuova con i tiranti

#### Micropali

I micropali sono schematizzati come elementi beam di rigidezza equivalente al micropalo in oggetto (modulo elastico relativo al materiale, area relativa l'elemento) immerso in un suolo elastico alla Winkler; la schematizzazione del terreno viene quindi fatta tramite "line spring", molle linari nelle 2 direzioni principali dell'elemento con costate pari a  $3,0 \text{ daN/cm}^3$ . I micropali presentano tutti una lunghezza di 20 m. La sezione è realizzata con un tubolare di diametro esterno pari a 11.43cm e spessore 1,0 cm, utilizzando acciaio tipo Fe510. Nella modellazione è stato considerato il calcestruzzo di riempimento interno all'armatura ed esterno per il riempimento del foro di diametro pari a 24,0 cm. La fila interna di micropali attraversa la spalla esistente, tale connessione è stata realizzata tramite elementi infinitamente rigidi.

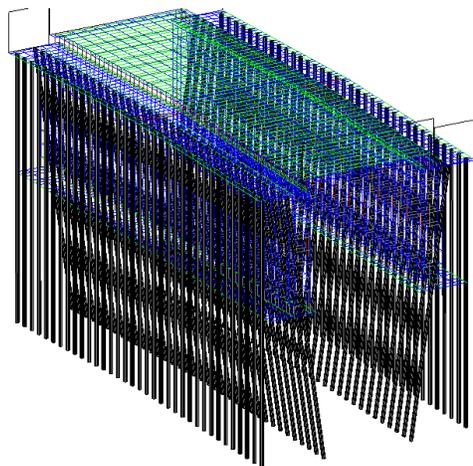
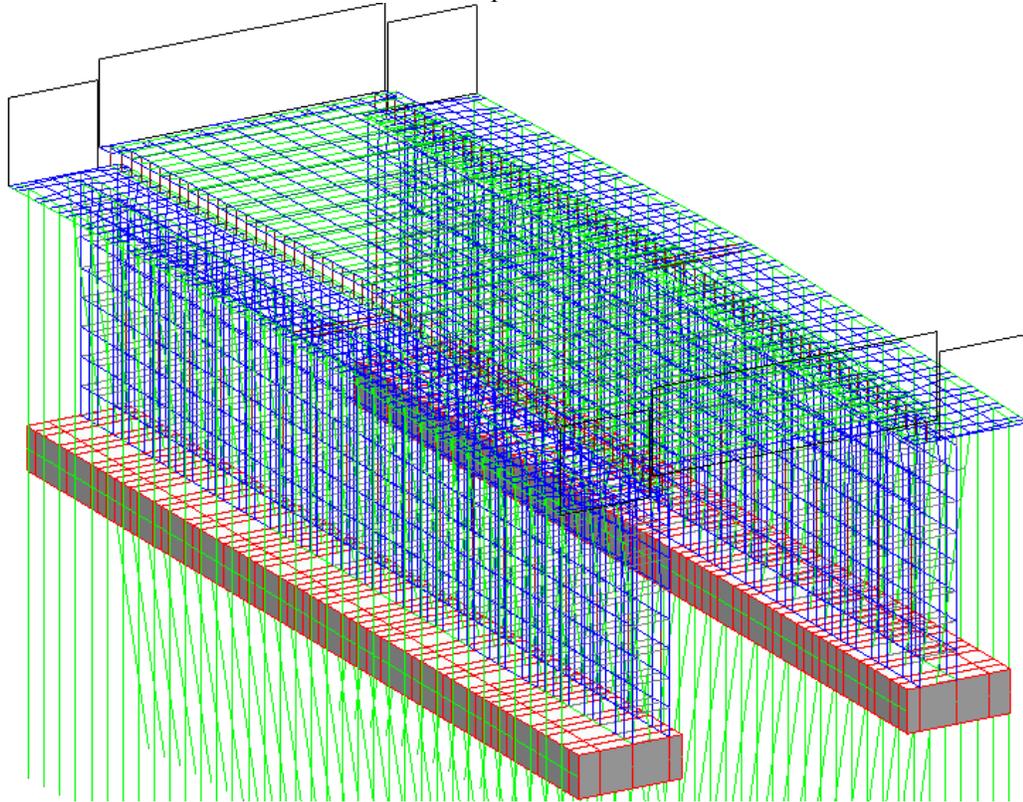


Figura 5.5 Modello 3D - Particolare dei pali di fondazione

### Fondazioni

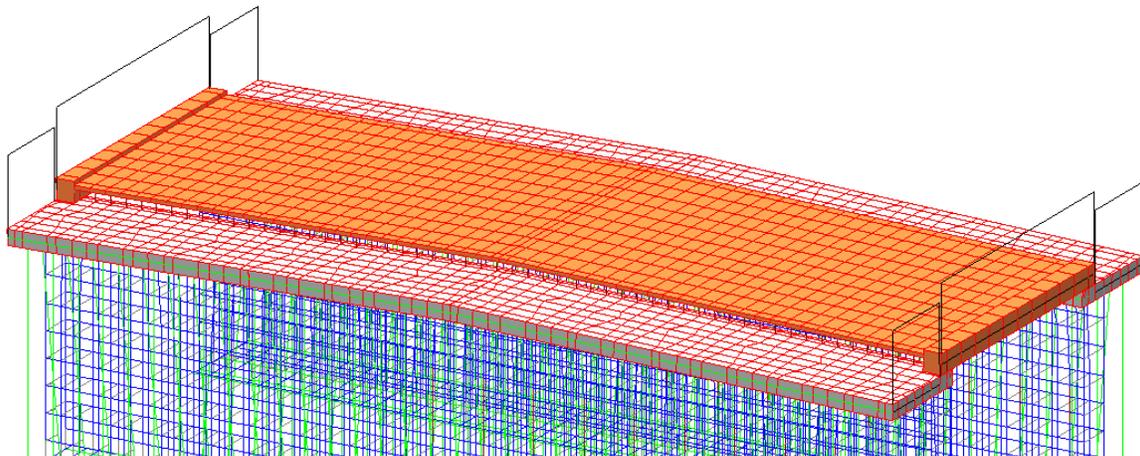
La platea di fondazione dei muri esistenti ha una altezza pari ad 150 cm e non risulta armata.



**Figura 5.6 Modello 3D - Particolare delle fondazioni dei muri**

### Impalcato

Per riuscire a schematizzare in maniera corretta le azioni che agiscono è stato implementato l'impalcato nel suo complesso, sia per la soletta che per le platee su cui essa grava.



**Figura 5.7 Modello 3D - Particolare impalcato**

### Travi

Le travi in c.a.p. sono state schematizzate con elementi tipo beam, con sezione differente a seconda della fase esaminata, la figura riportata rappresenta la fase n° 1 di getto della soletta. A seguito si riportano i particolari per tutte le 3 fasi, nell'ordine da destra a sinistra, fase di getto, fase per Def.lente ed fase di Esercizio.

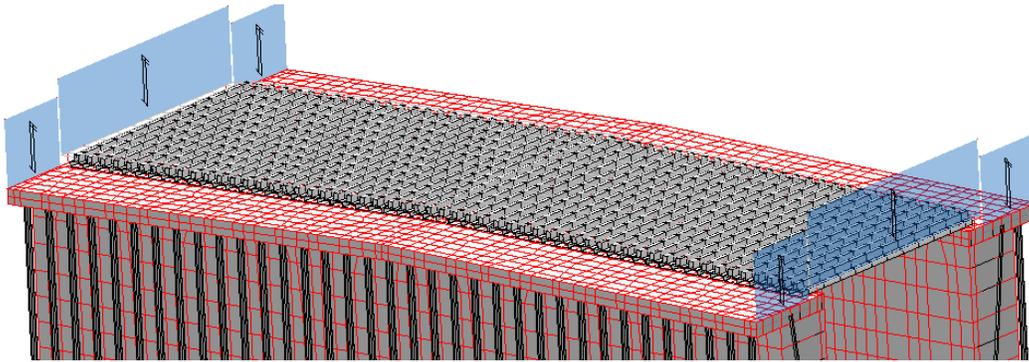


Figura 5.8 Modello 3D - Particolare delle travi in c.a.p

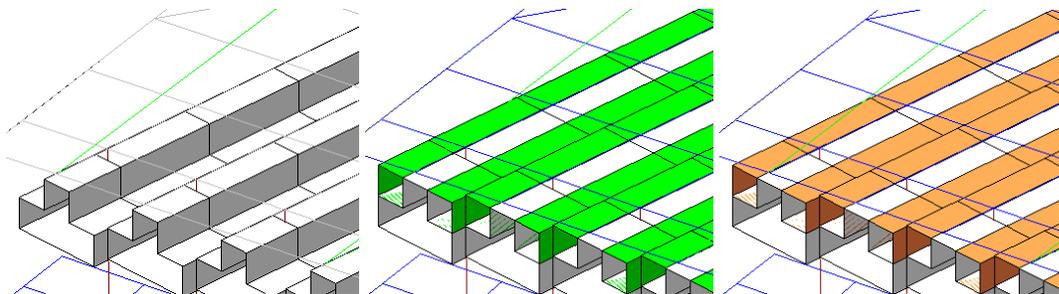


Figura 5.9 Modello 3D - Part. delle travi in c.a.p in fase di getto, Def.Lente e di Esercizio

#### Soletta

La soletta, è stata schematizzata con elementi shell di spessore equivalente, collegato all'ala superiore delle travi tramite elementi infinitamente rigidi, a schematizzare la continuità trave-soletta. Nella fase n° 1 di getto la soletta non è presente, il relativo peso viene attribuito come carico lineare alle travi precomprese; nella fase n° 2 di Def. Lente, viene utilizzato un materiale con modulo elastico ridotto ad 1/3 (colore verde); nella fase n°3 di esercizio la soletta ha le caratteristiche del materiale previste per un CLS 32/40 secondo le NTC08. La parte terminale della soletta di sinistra non avendo le travi sottostanti per problemi di geometria, viene realizzata interamente in opera per uno spessore complessivo di 55 cm, mentre nella restante parti presenta uno spessore di 15 cm.

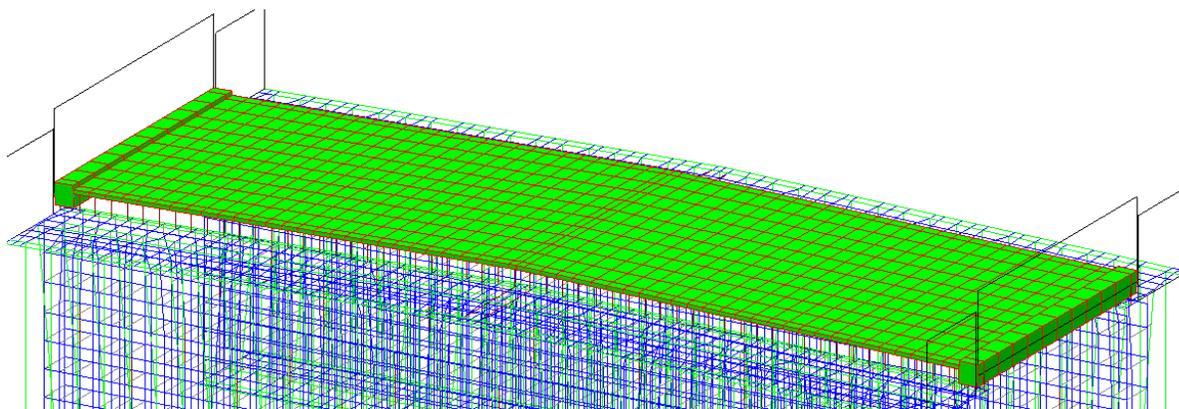


Figura 5.10 Modello 3D - Particolare della soletta in fase n°2 Def. Lente

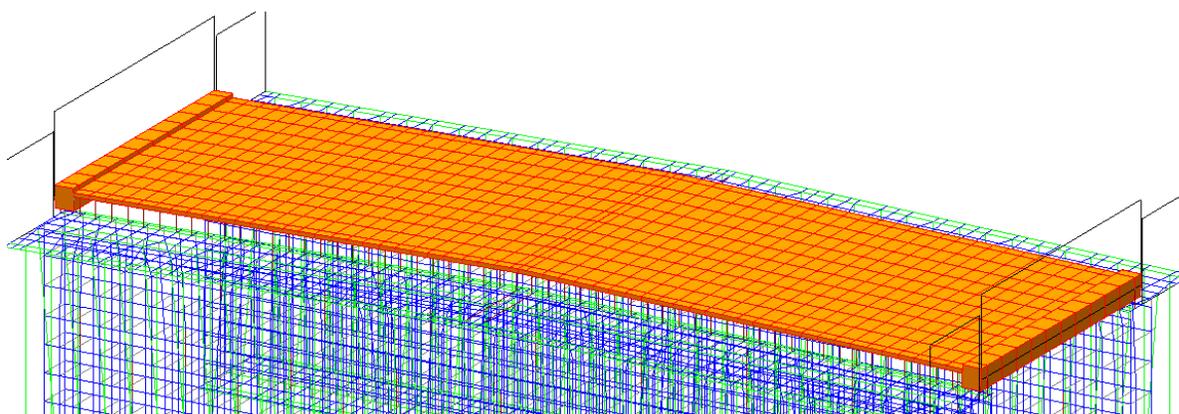


Figura 5.11 Modello 3D - Particolare della soletta in fase n°3 di Eserizio

### Barriere

E' stata considerate la possibilità di installazione di barriere fonoassorbenti alte 3 m; per considerarne il contributo al fine delle azioni del vento sono stati inseriti elementi tipo solaio, che rappresentano delle aree di carico che scaricano sugli elementi strutturali di competenza, in questo caso beam e shell, le proprie azioni, che in questo caso sono di  $250 \text{ daN/m}^2$ .

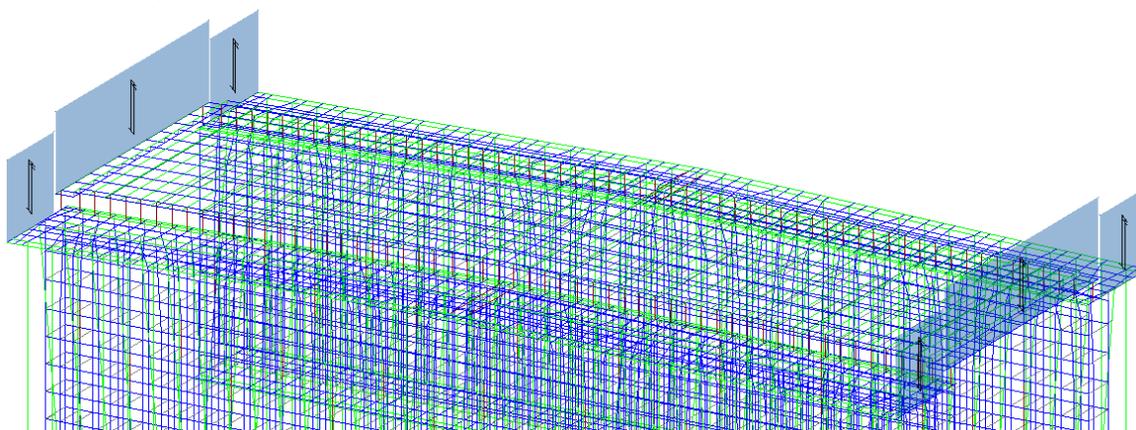


Figura 5.12 Modello 3D - Particolare elementi solaio per l'attribuzione dell'azione del vento

### 5.2.5 SEZIONI PER ELEMENTI BEAM

Sezione: Micropalo - Sezione Base

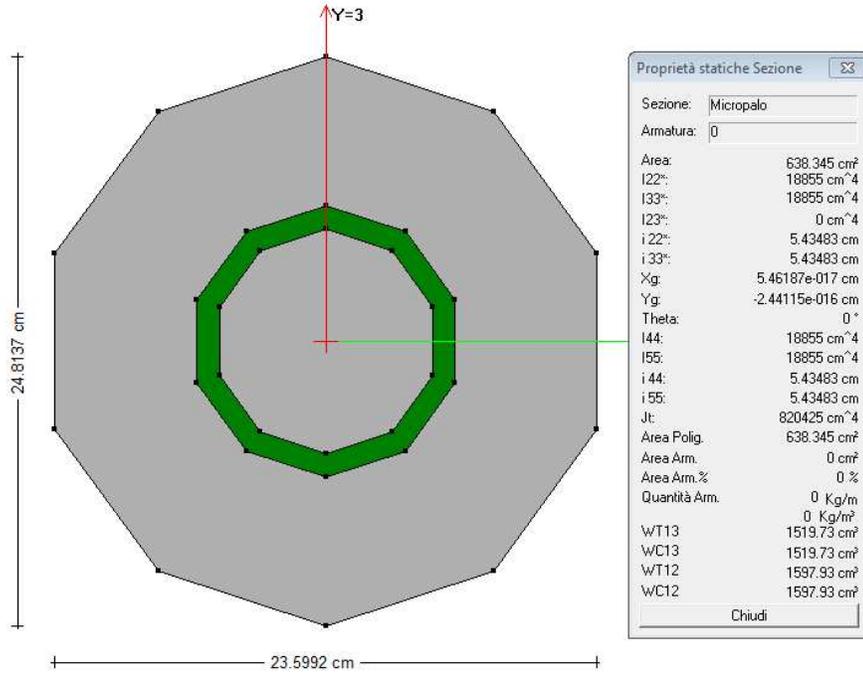


Figura 5.13 Sezione utilizzata per la schematizzazione dei micropali

Sezione: TraveT - Sezione Base

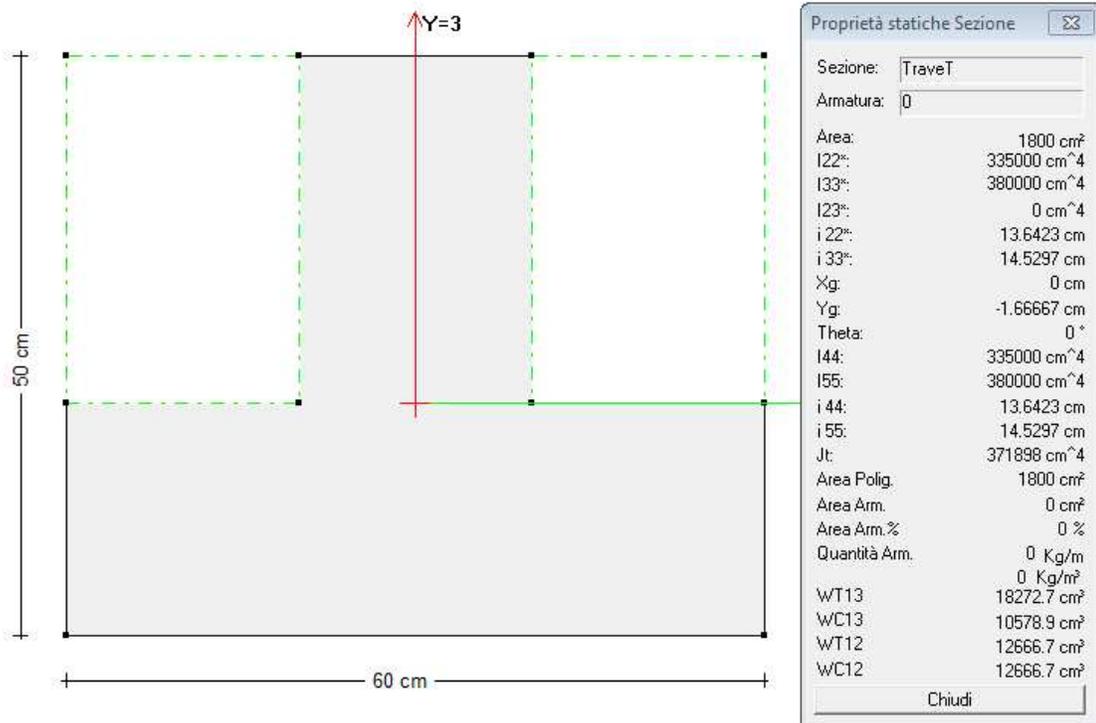
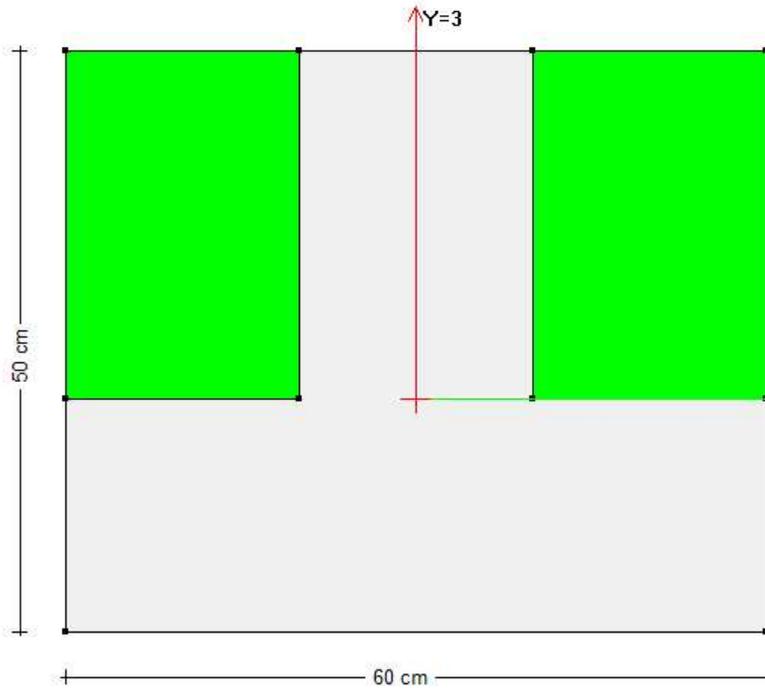


Figura 5.14 Sezione utilizzata per le travi in FASE 1

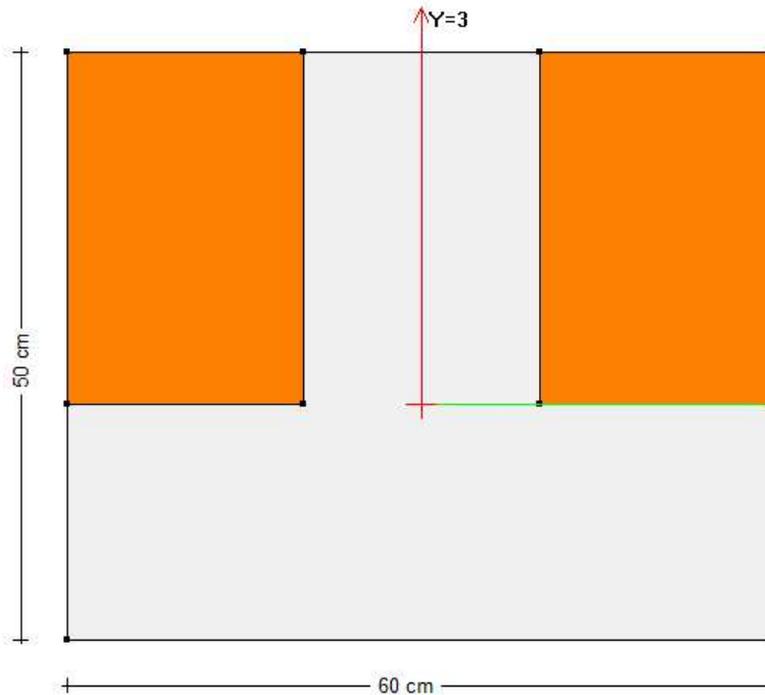
Sezione: TraveT - Sezione Base



Proprietà statiche Sezione	
Sezione:	TraveT
Armatura:	0
Area:	2167.62 cm <sup>2</sup>
I22°:	447369 cm <sup>4</sup>
I33°:	539301 cm <sup>4</sup>
I23°:	0 cm <sup>4</sup>
i 22°:	14.3662 cm
i 33°:	15.7734 cm
Xg:	0 cm
Yg:	1.15991 cm
Theta:	0 °
I44:	447369 cm <sup>4</sup>
I55:	539301 cm <sup>4</sup>
i 44:	14.3662 cm
i 55:	15.7734 cm
Jt:	566759 cm <sup>4</sup>
Area Polig.	2167.62 cm <sup>2</sup>
Area Arm.	0 cm <sup>2</sup>
Area Arm.%	0 %
Quantità Arm.	0 Kg/m
	0 Kg/m <sup>2</sup>
WT13	21142.3 cm <sup>2</sup>
WC13	15512 cm <sup>2</sup>
WT12	17976.7 cm <sup>2</sup>
WC12	17976.7 cm <sup>2</sup>
Chiudi	

Figura 5.15 Sezione utilizzata per le travi in FASE 2

Sezione: TraveT - Sezione Base



Proprietà statiche Sezione	
Sezione:	TraveT
Armatura:	0
Area:	2902.85 cm <sup>2</sup>
I22°:	607674 cm <sup>4</sup>
I33°:	857902 cm <sup>4</sup>
I23°:	0 cm <sup>4</sup>
i 22°:	14.4685 cm
i 33°:	17.1912 cm
Xg:	0 cm
Yg:	4.66533 cm
Theta:	0 °
I44:	607674 cm <sup>4</sup>
I55:	857902 cm <sup>4</sup>
i 44:	14.4685 cm
i 55:	17.1912 cm
Jt:	1.22724e+006 cm <sup>4</sup>
Area Polig.	2902.85 cm <sup>2</sup>
Area Arm.	0 cm <sup>2</sup>
Area Arm.%	0 %
Quantità Arm.	0 Kg/m
	0 Kg/m <sup>2</sup>
WT13	24636.8 cm <sup>2</sup>
WC13	23985.9 cm <sup>2</sup>
WT12	28596.7 cm <sup>2</sup>
WC12	28596.7 cm <sup>2</sup>
Chiudi	

Figura 5.16 Sezione utilizzata per le travi in FASE 3

## 5.2.6 VINCOLI

### Vincoli Pali

I micropali di fondazione risultano vincolati con una molla elastica verticale di costante pari a 50000 daN/cm e con un doppio appoggio su molle alla Winkler nelle due direzioni orizzontali lungo lo sviluppo del fusto.

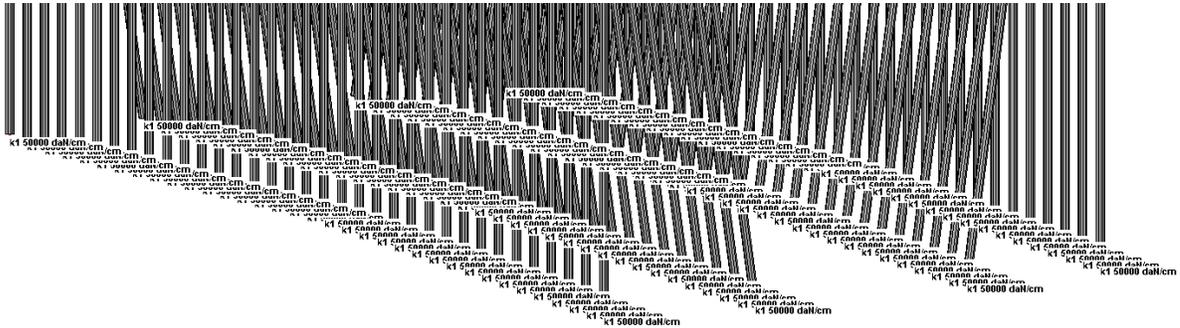


Figura 5.17 Vincolamento alla base dei micropali di fondazione

Ai nodi appartenenti alla fondazione delle spalle esistenti sono stati bloccati gli spostamenti nelle due direzioni orizzontali X ed Y, per la direzione verticale Z è stato assegnato un letto di molle alla Winkler con costante pari a  $5 \text{ daN/cm}^3$ .

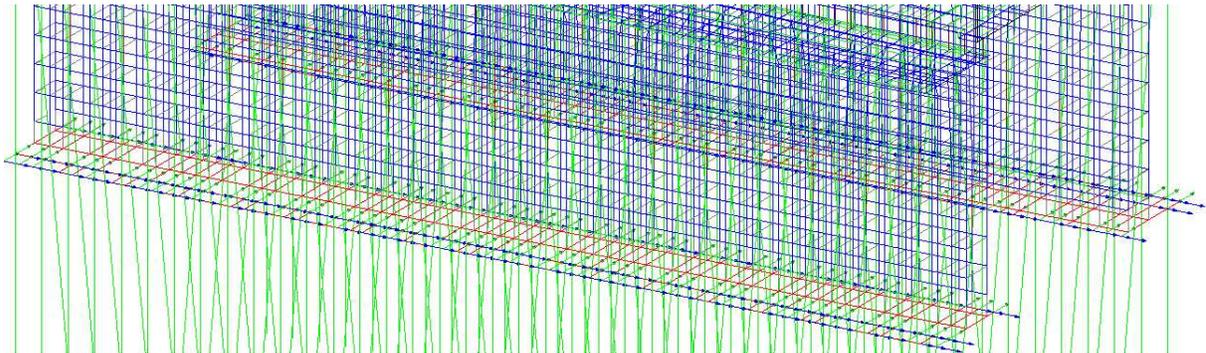


Figura 5.18 Vincolamento dei nodi appartenenti alle fondazioni delle spalle esistenti

Il collegamento tra le travi dell'impalcato e le spalle risulta differente in funzione della fase considerata, per la fase di getto si considera un collegamento di semplice appoggio, per la fase di Def.Lente e di Esercizio di continuità strutturale, attraverso l'utilizzo di elementi CJoint.

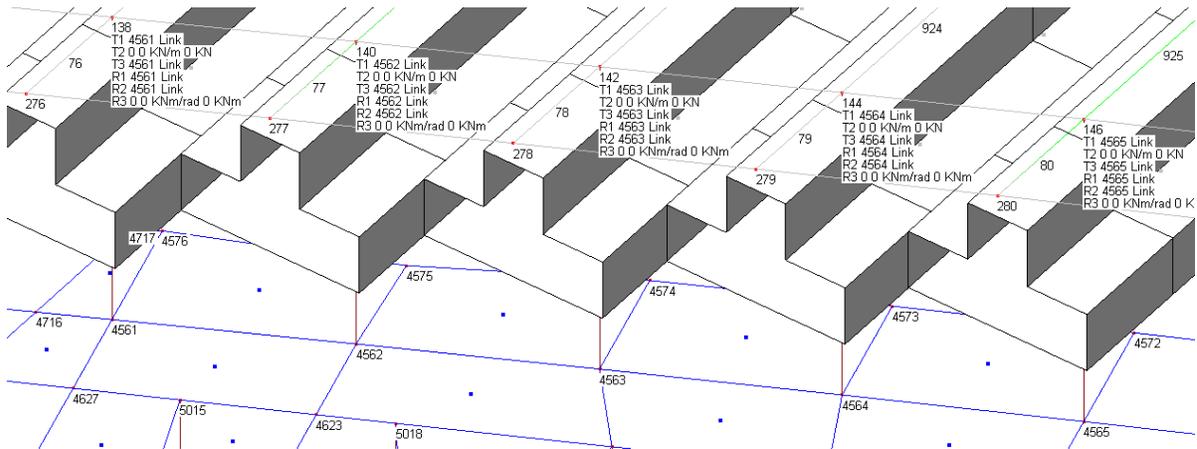


Figura 5.19 Vincolamento travi in fase di getto

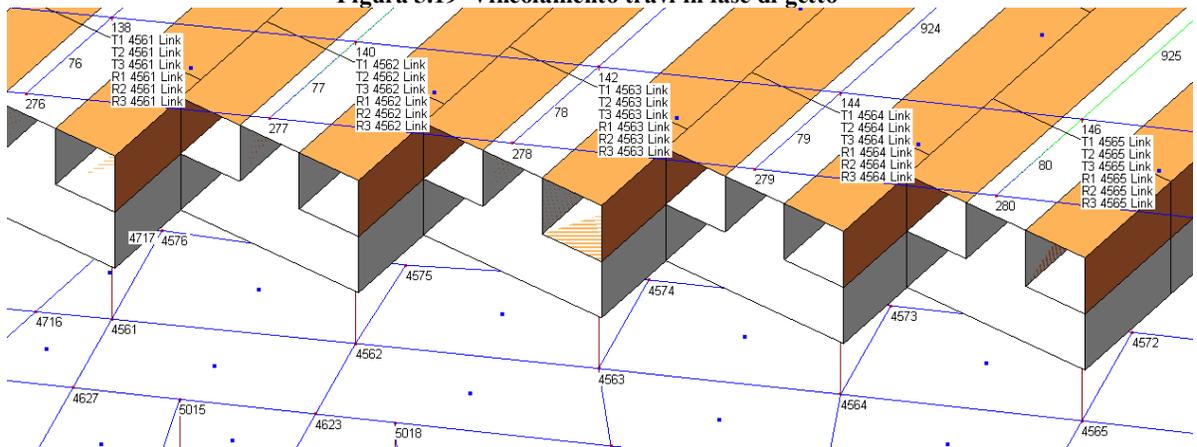


Figura 5.20 Vincolamento travi in fase di Def.Lente e di Esercizio

### 5.2.7 DATI PER ANALISI SISMICA

In merito alle pile, nel rispetto del punto § 7.9.2., si è applicato il metodo GR (gerarchia delle resistenze), considerando l'elemento a bassa duttilità (CD "B"): le parti strutturali sono state dimensionate per rimanere in campo elastico (platea, pali, spalle).

Le verifiche sismiche delle pile da ponte, possono essere eseguite applicando l'azione sismica indipendentemente nelle due direzioni orizzontali ed in quella verticale, rispettivamente trasversale e longitudinale e verticale, e combinandole successivamente tra di loro.

Gli effetti massimi generati dalle due componenti sismiche ai fini delle verifiche di resistenza allo SLU, possono essere ottenuti utilizzando come azione di progetto:

$$\gamma_I \times E + G_k + P_k$$

Le combinazioni delle azioni dovute alle due componenti orizzontali sono ottenute utilizzando come azione di progetto (§ 7.3.5), la combinazione più sfavorevole tra:

$$E_L = A_{EL} + 0.30 A_{ET} + 0.30 A_{EV}$$

$$E_T = A_{ET} + 0.30 A_{EL} + 0.30 A_{EV}$$

$$E_V = A_{EV} + 0.30 A_{EL} + 0.30 A_{ET}$$

Per il calcolo delle forze d'inerzia agenti sulla pila, vengono considerati i contributi di tutte le sue parti, dei carichi strutturali e permanenti dell'impalcato, nonché del terreno imbarcato.

L'analisi sismica è stata ottenuta con un'analisi modale e spettro di risposta secondo normativa per l'azione lungo Z, mentre per l'azione lungo X ed Y alle masse del modello è stata applicata una accelerazione  $a_g$  o  $a_g \cdot S$  come previsto dalle NTC08 7.9.5.6.1 e 7.9.5.6.2, attraverso azioni statiche.

## 5.2.8 ELENCO DATI

### 5.2.8.1 Dati impalcato

#### 5.2.8.1.1 Dati relativi alla struttura in c.a.p.

##### VIA DI CORSA NORD (DIREZIONE TRENTO)

numero travi in c.a.p.	28
peso della struttura in c.a.p. (kN/ml)	4.50
interasse travi (m)	0.61
altezza trave massima (m)	0.50
altezza trave minima (m)	0.50
lunghezza dell'impalcato di pertinenza (P1)	17.58

##### VIA DI CORSA SUD (DIREZIONE MODENA)

numero travi in acciaio	28
peso della struttura in c.a.p. (kN/ml)	4.50
interasse travi (m)	0.61
altezza trave massima (m)	0.50
altezza trave minima (m)	0.50
lunghezza dell'impalcato di pertinenza (P1)	17.58

#### 5.2.8.1.2 Dati relativi alla soletta

##### VIA DI CORSA NORD (DIREZIONE TRENTO) e VIA DI CORSA SUD (DIREZIONE MODENA)

larghezza totale soletta (m)	35.16
Spessore minimo soletta (m)	0.150
larghezza cordolo n° 1 (m)	1.000
larghezza cordolo n° 2 (m)	1.000
Altezza media cordoli (m)	0.120

#### 5.2.8.1.3 Dati relativi a pavimentazione e finiture

##### VIA DI CORSA NORD (DIREZIONE TRENTO) e VIA DI CORSA SUD (DIREZIONE MODENA)

peso pavimentazione (kN/m <sup>2</sup> )	3.000
peso barriere antirumore – cordolo esterno (kN/m)	4.000
peso barriere di sicurezza – cordolo interno (kN/m)	2.000

#### 5.2.8.1.4 Dati relativi ai carichi mobile

##### VIA DI CORSA NORD (DIREZIONE TRENTO) e VIA DI CORSA SUD (DIREZIONE MODENA)

numero max. colonne di carico	8
larghezza colonne di carico (m)	3.000
larghezza colonna q <sub>IF</sub> su cordolo n.1 sx - esterno (m)	0.000
larghezza colonna q <sub>IF</sub> su cordolo n.2 sx - interno (m)	0.000
larghezza colonna q <sub>IF</sub> su cordolo n.1 dx - esterno (m)	0.000
larghezza colonna q <sub>IF</sub> su cordolo n.2 dx - interno (m)	0.000

### 5.2.8.2 Dati relativi alle spalle

#### 5.2.8.2.1 Dati relativi all'elevazione

altezza fusto (m) - variabile	8.40/7.96
obliquità (°)	0
lunghezza in pianta -dir.y- del fusto in sommità (m)	35.16
larghezza in pianta -dir.x- del fusto in sommità (m)	2.4+0.3
lunghezza in pianta -dir.y- del fusto alla base (m)	35.16
larghezza in pianta -dir.x- del fusto alla base (m)	2.4+0.3

#### 5.2.8.2.2 Dati relativi alla platea di fondazione

peso specifico calcestruzzo (kN/m <sup>3</sup> )	25.000
lunghezza platea (m)	3.8
larghezza platea (m)	55.000
spessore platea (m)	1.5

#### 5.2.8.2.3 Dati relativi al terreno

peso specifico terreno (kN/m <sup>3</sup> )	20.000
altezza di ricoprimento platea (m)	0.500

## 5.2.9 AZIONI IN CONDIZIONI DI ESERCIZIO

### 5.2.9.1 Azioni Permanenti

#### 5.2.9.1.1 Carichi strutturali

I carichi strutturali relativi l'impalcato sono stati inseriti come moltiplicatore gravitazionale pari a -1 in direzione Z, ad eccezione della soletta che è stata assegnata come carico distribuito sugli elementi trave, di intensità pari a:

soletta di competenza trave:  $q_{c.a.} = 25.0 * 0.15 * 0.61 = 2.29 \text{ kN/ml}$

riempimento tra trave e trave:  $q_{c.a.} = 25.0 * 2 * 0.2 * 0.3 = 3.00 \text{ kN/ml}$

peso specifico strutture in c.a.  $25.0 \text{ kN/m}^3$

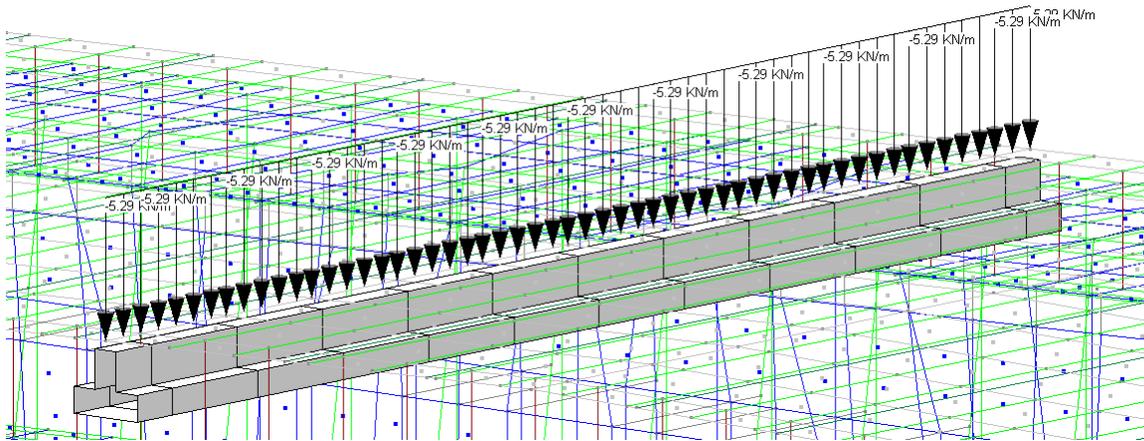


Figura 5.21 Peso proprio soletta gravante su ogni trave

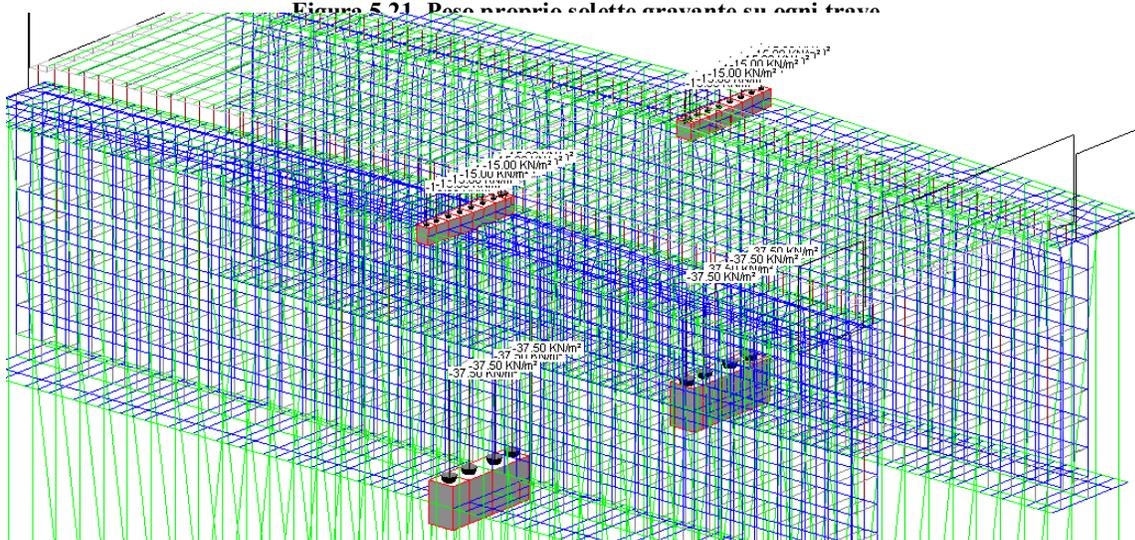


Figura 5.22 Peso proprio platee

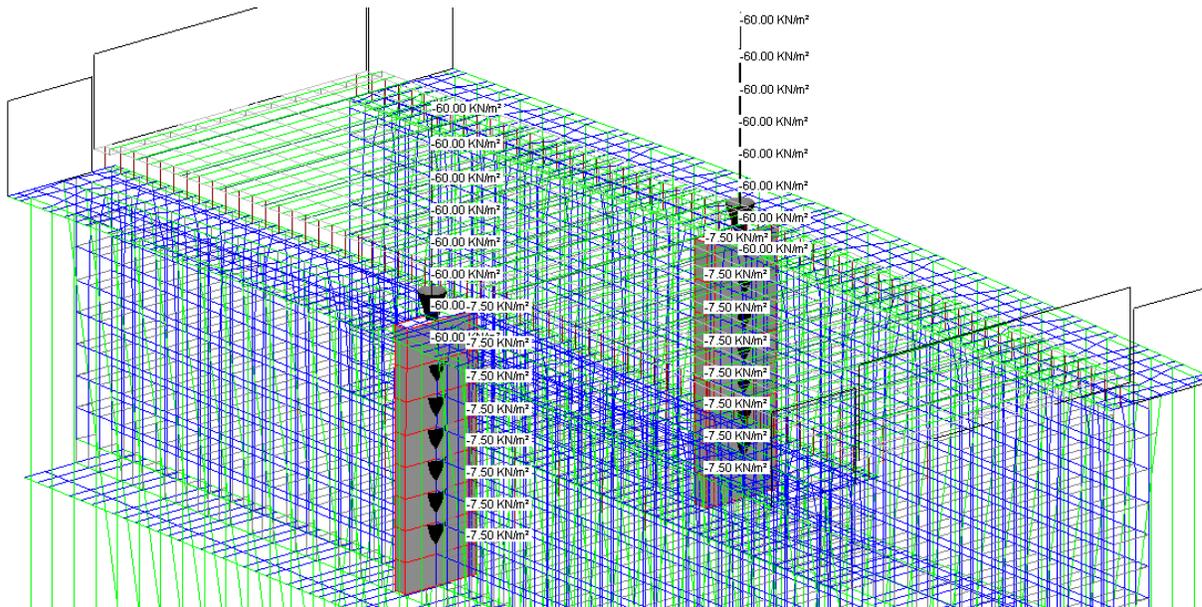


Figura 5.23 Peso proprio spalle

#### 5.2.9.1.2 Carichi permanenti

Si riassumono di seguito i valori dei carichi permanenti:

Pavimentazione:  $q_{pav} = 3.00 \text{ kN/mq}$

Barriera antirumore:  $q_{ba} = 4.00 \text{ kN/m}$

Barriera sicurezza:  $q_{bs} = 2.00 \text{ kN/m}$

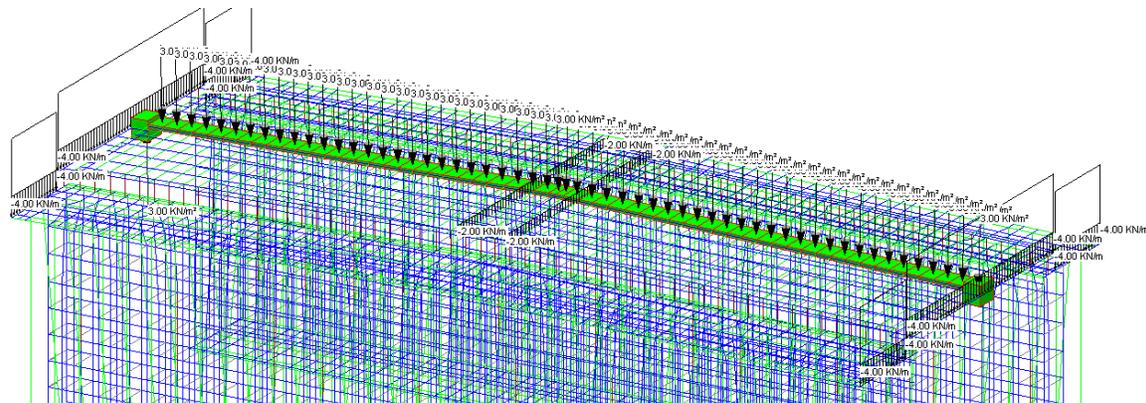


Figura 5.24 Sovraccarico permanente soletta e barriere

#### 5.2.9.1.3 Azioni dovute al ritiro

Si considera soggetta a fenomeni di ritiro la sola soletta superiore.

La deformazione totale da ritiro si può esprimere come:

$$\varepsilon_{cs} = \varepsilon_{cd} + \varepsilon_{ca}$$

dove:

$\varepsilon_{cs}$  è la deformazione totale per ritiro

$\varepsilon_{cd}$  è la deformazione per ritiro da essiccamento

$\varepsilon_{ca}$  è la deformazione per ritiro autogeno.

Il valore medio a tempo infinito della deformazione per ritiro da essiccamento:

$$\varepsilon_{cd,\infty} = k_h * \varepsilon_{c0}$$

può essere valutato mediante i valori delle seguenti Tab. 11.2.Va-b (NTC) in funzione della resistenza caratteristica a compressione, dell'umidità relativa e del parametro  $h_0$ .

Il valore medio a tempo infinito della deformazione per ritiro autogeno  $\varepsilon_{ca,\infty}$  può essere valutato mediante l'espressione:

$$\varepsilon_{ca,\infty} = -2.5 * (f_{ck} - 10) * 10^{-6} \quad (\text{con } f_{ck} \text{ in N/mm}^2)$$

Assumendo come umidità relativa  $U_r = 70\%$ , si ha il seguente valore del ritiro:  $\varepsilon_{cs} = -0.00035$

Trattandosi di un fenomeno lento si utilizza un modulo di elasticità pari a  $1/3 E_c$ .

L'effetto del ritiro è stato equiparato ad una distorsione termica uniforme di  $-35^\circ \text{C}$  tale da determinare una contrazione della soletta pari a quella prevista per il ritiro da normativa, che comporta:

$$\varepsilon_{cs} = -0.00035 \rightarrow \Delta L/L = \alpha \cdot \Delta T \rightarrow \Delta T = \varepsilon / \alpha = 0.00035 / 0.00001 = -35^\circ$$

Al fine di ridurre l'effetto del ritiro sulle strutture, si prescrive l'utilizzo appositi additivi per il getto della soletta dell'impalcato e di utilizzare travi in c.a.p. ad almento sei mesi dallo getto. A favore di sicurezza l'effetto del ritiro viene considerato comunque al 50%, equivalente ad una contrazione termica di  $17,5^\circ$ .

#### 5.2.9.1.4 Peso del Terreno

Sulle platee delle spalle e su quella su cui appoggia l'impalcato, è stato assegnato un carico proporzionale alla profondità in cui si trovano. Il peso assunto per il terreno per tale azione è di  $20 \text{ KN/m}^3$ .

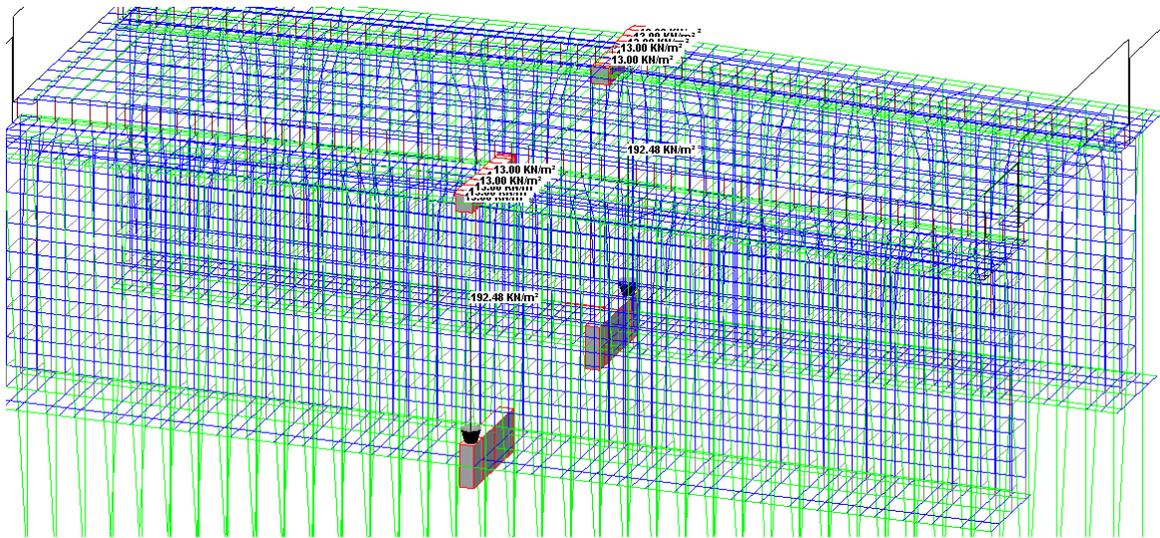


Figura 5.25 Peso del terreno sulle platee

### 5.2.9.1.5 Presollecitazione

Constatato che la spalla esistente è stata realizzata con un muro in cls non armato, è prevista la realizzazione di una contro spalla in aderenza all'esistente di spessore pari a 30 cm, a cui vengono applicati 36 tiranti per assorbirsi la spinta delle terre. Ogni tirante presenta una inclinazione rispetto all'orizzontale di 14° e un tiro di 400 KN che scomposto nelle direzioni verticale ed orizzontale origina due componenti pari a 97 KN e 390 KN.

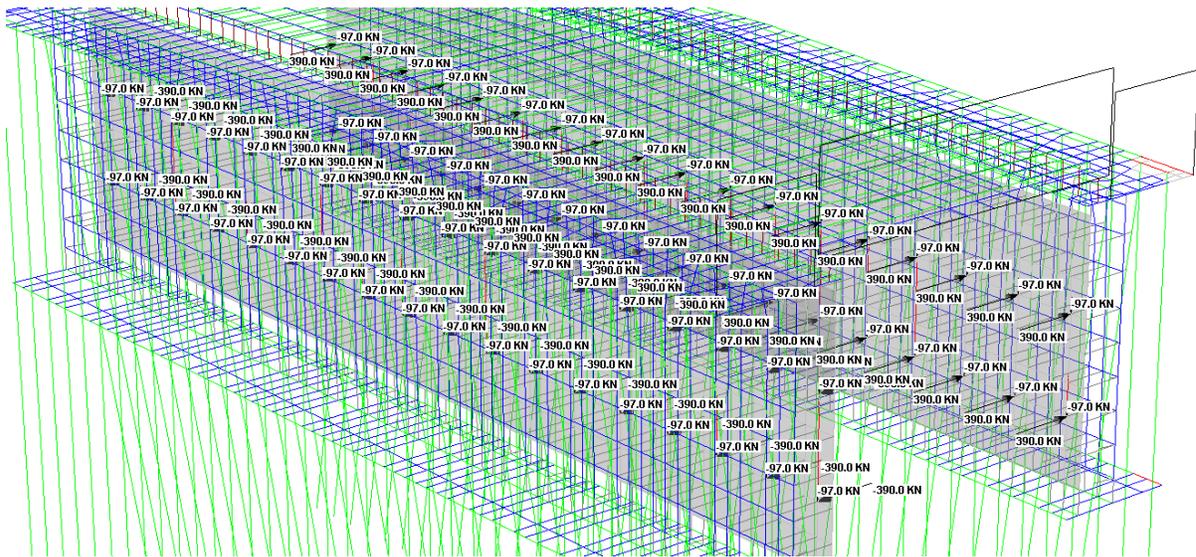


Figura 5.26 Azioni trasmesse dai tiranti

### 5.2.9.2 Azioni dovute alle spinte delle terre

#### 5.2.9.2.1 Spinta a riposo

Per simulare la spinta del terreno in condizioni di esercizio, è stato assunto il coefficiente di spinta a riposo, con un angolo di attrito pari a 35° risulta:  $K_r = (1 - \sin 35^\circ) = 0.4264$

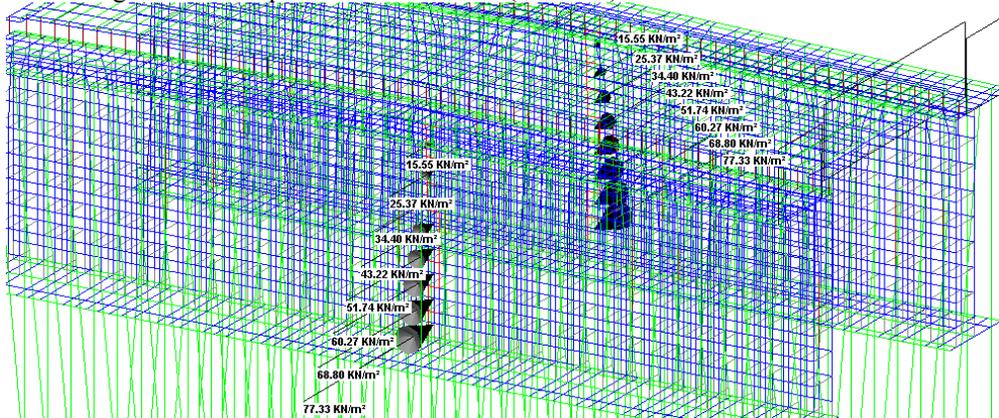


Figura 5.27 Azione dovuta alla spinta a riposo

### Azione accidentale

L'azione accidentale dovuta ai carichi da traffico determina una sovraspinta che si diffonde in profondità con un angolo di 30° e moltiplicata per il coefficiente di spinta a riposo risulta di:

$$(200 / ((3 + H \cdot \tan 30^\circ) \cdot (2.2 + 2 \cdot H \cdot \tan 30^\circ))) \cdot K_r$$

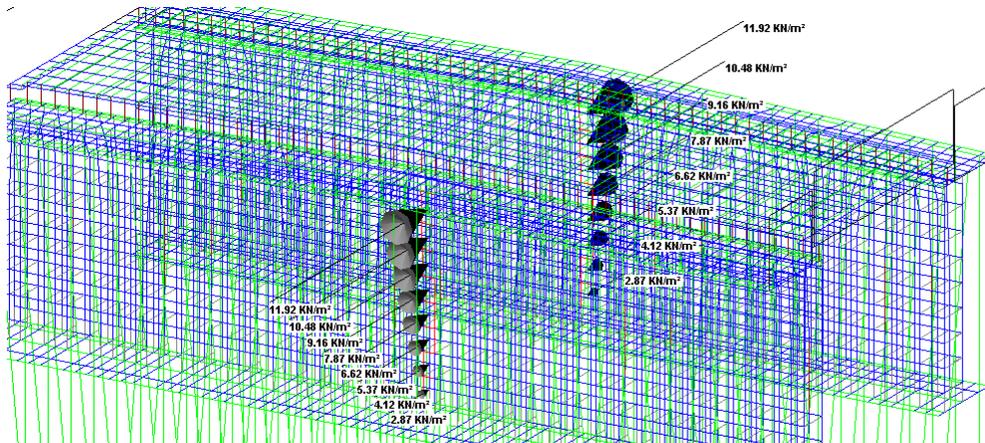


Figura 5.28 Azione dovuta alla sovraspinta accidentale

### Azione dovuta alla Folla

E' stata considerata anche la condizione di carico delle folla uniformemente distribuita su tutta l'area dell'impalcato:

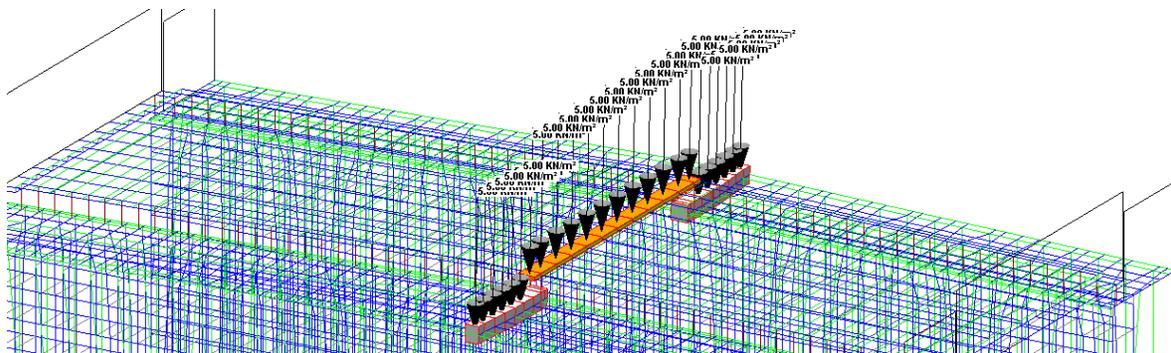


Figura 5.29 Azione dovuta alla Folla

#### 5.2.9.2.2 Spinta attiva

Nel caso di azione sismica, la spinta del terreno viene calcolata con il coefficiente di spinta attiva calcolato secondo Coulomb. Per un terreno che possiede un'angolo di attrito pari a 35°,  $K_a$  assume il valore di 0,27.

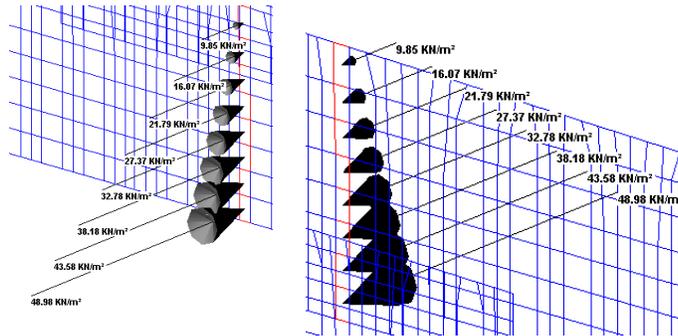


Figura 5.30 Azione dovuta alla spinta attiva +Y e -Y

### 5.2.9.2.3 Sovrappinta sismica

Nel caso di azione sismica, la sovrappinta sismica è stata determinata utilizzando Wood:

$$\Delta P = (ag/g) * S * \gamma * H^2 = .2604 * 1 * 20 * 8.4 = 43.75 \text{ KN/ml}$$

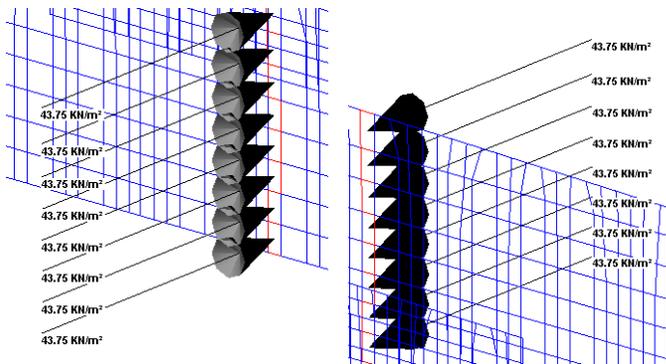


Figura 5.31 Azione dovuta alla sovrappinta sismica +Y e -Y

### 5.2.9.3 Azioni variabili

#### 5.2.9.3.1 Azioni orizzontali trasversali

Come prescritto nel § 5.1.3.7 (Azioni di Neve, Vento: q5) del D.M. del 14.01.2008 (Norme tecniche per le costruzioni), per le azioni da neve e vento vale quanto specificato al Cap. 3.

L'azione del vento può essere convenzionalmente assimilata ad un carico orizzontale statico, diretto ortogonalmente all'asse del ponte e/o diretto nelle direzioni più sfavorevoli per alcuni dei suoi elementi. Tale azione si considera agente sulla proiezione nel piano verticale delle superfici direttamente investite.

La superficie dei carichi transianti sul ponte esposta al vento si assimila ad una parete rettangolare continua dell'altezza di 3 m a partire dal piano stradale.

Il carico neve si considera non concomitante con i carichi da traffico, salvo che per ponti coperti

La pressione del vento è stata assunta pari a 2,5 KN/m<sup>2</sup>.



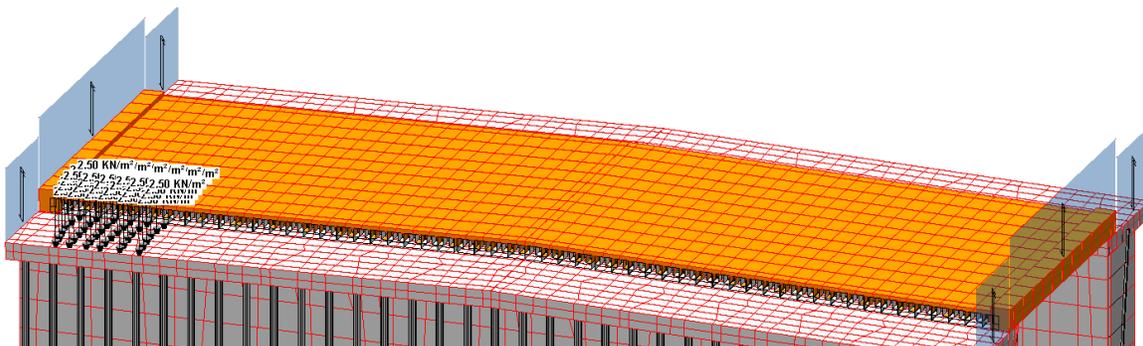


Figura 5.33 Prima posizione carico  $Q_{1k}$  colonna tipo

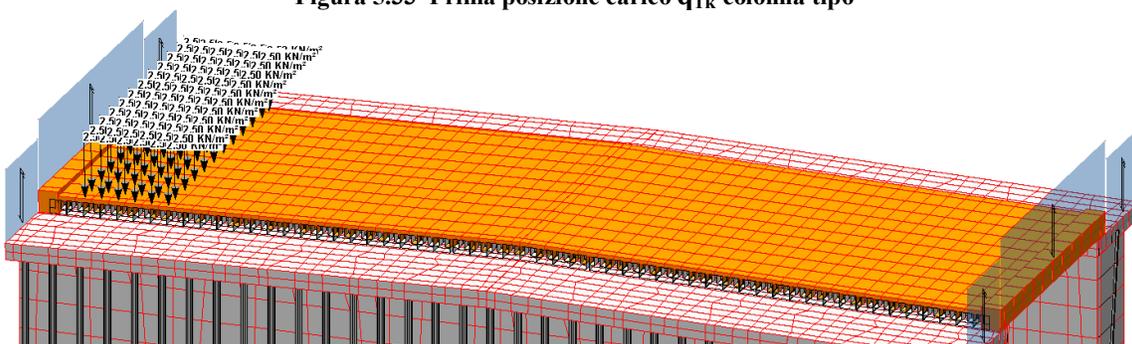


Figura 5.34 Seconda posizione carico  $Q_{1k}$  colonna tipo

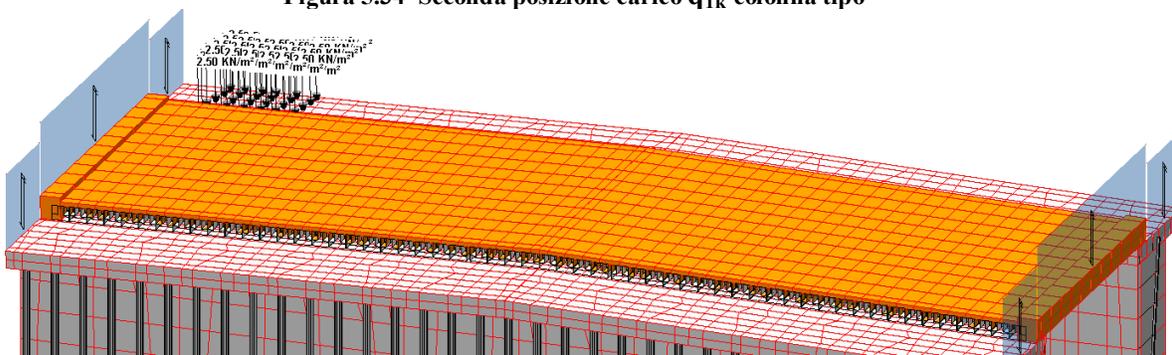


Figura 5.35 Terza posizione carico  $Q_{1k}$  colonna tipo

Per ogni colonna di carico sono state utilizzate 3 posizioni del carico  $Q_{1k}$ , inizio, fine e mezziera soletta. Il carico è stato assegnato come una coppia di carichi distribuiti linearmente sui 40 cm dell'impronta:  $Q_{1k} = 2 \times 50 \text{ KN}/0.4\text{m} = 2 \times 125,0 \text{ KN/ml}$

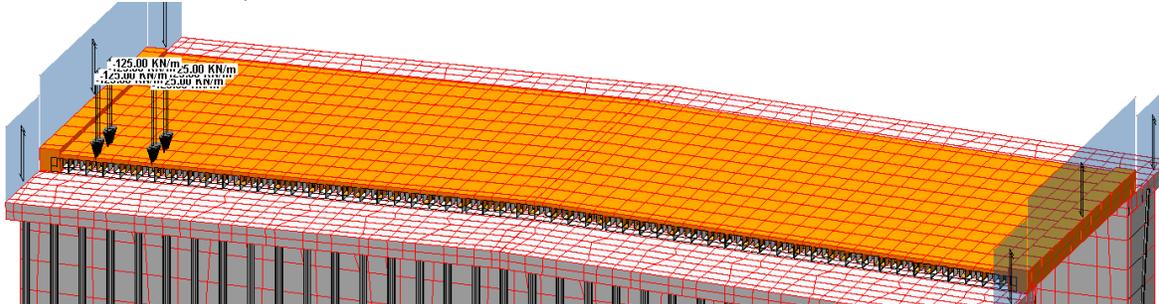


Figura 5.36 Prima posizione carico  $Q_{1k}$  colonna tipo

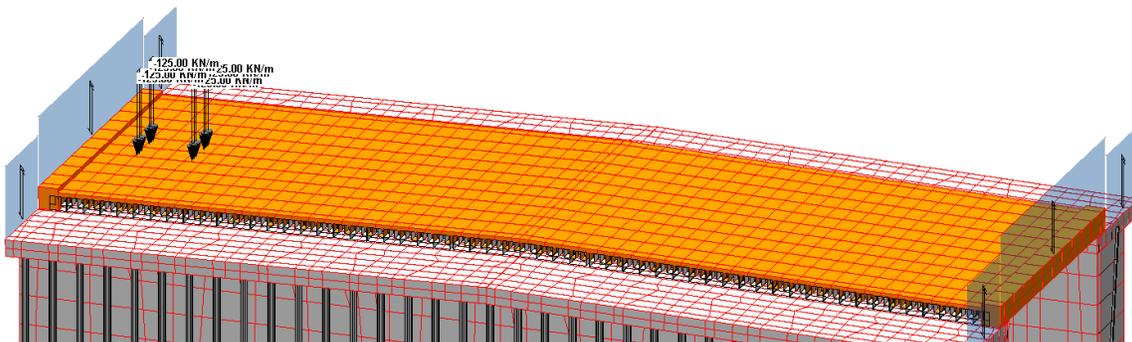


Figura 5.37 Seconda posizione carico  $Q_{1k}$  colonna tipo

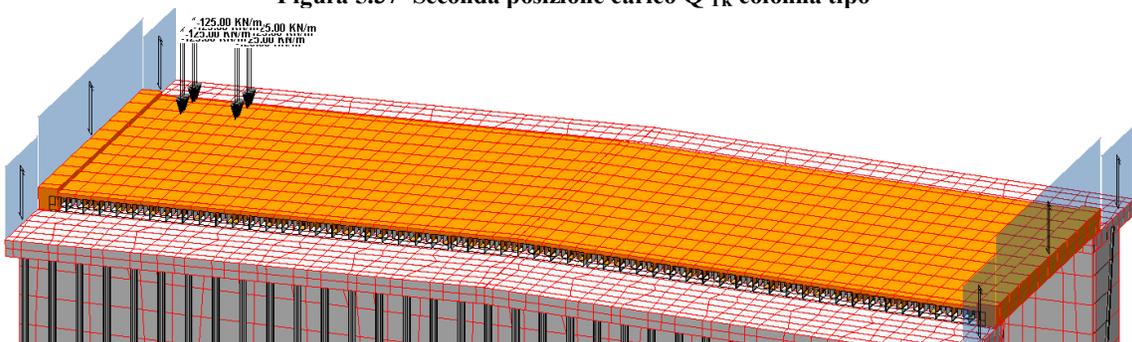


Figura 5.38 Terza posizione carico  $Q_{1k}$  colonna tipo

Per individuare le posizioni delle 8 colonne di carico si riportano per ogni colonna la posizione in mezzzeria del carico  $Q_{1k}$ .

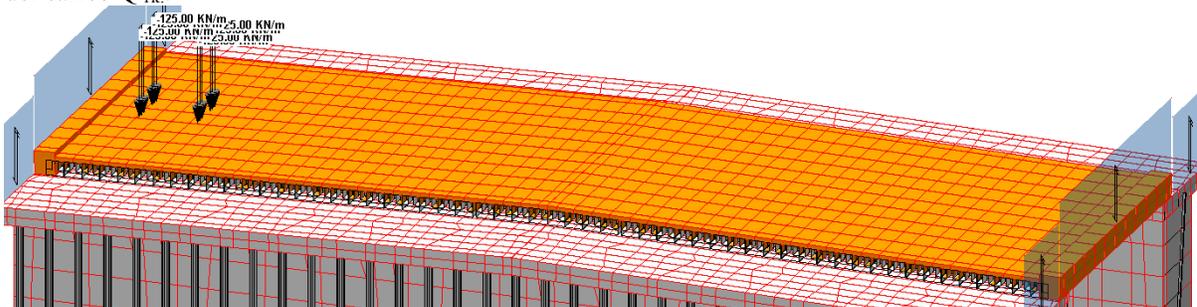


Figura 5.39 Seconda posizione carico  $Q_{1k}$  colonna n°1

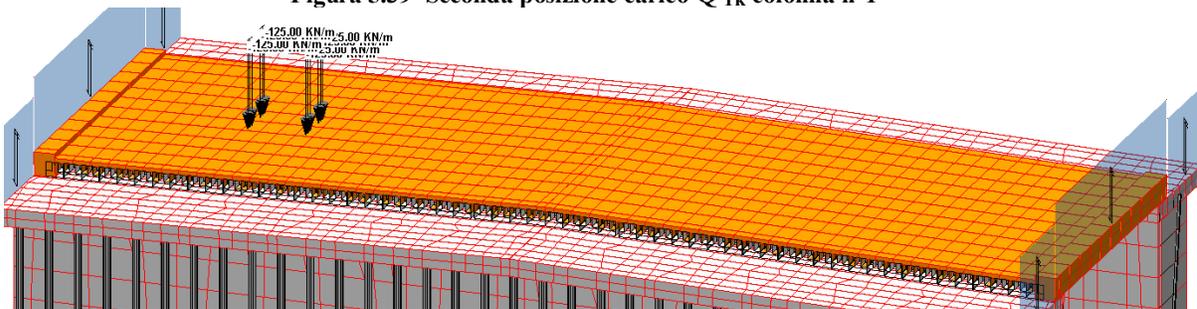


Figura 5.40 Seconda posizione carico  $Q_{1k}$  colonna n°2

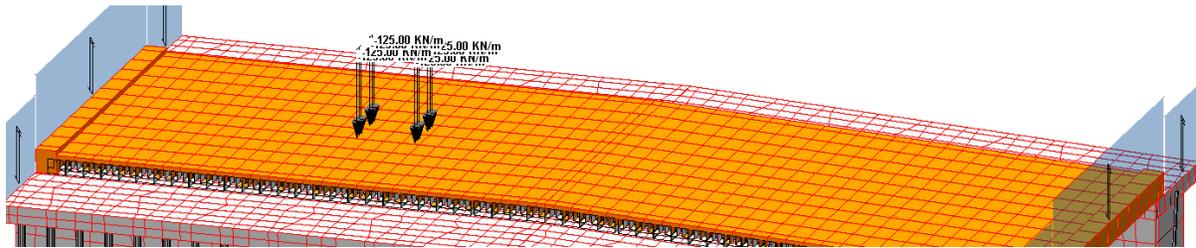


Figura 5.41 Seconda posizione carico  $Q_{1k}$  colonna n°3

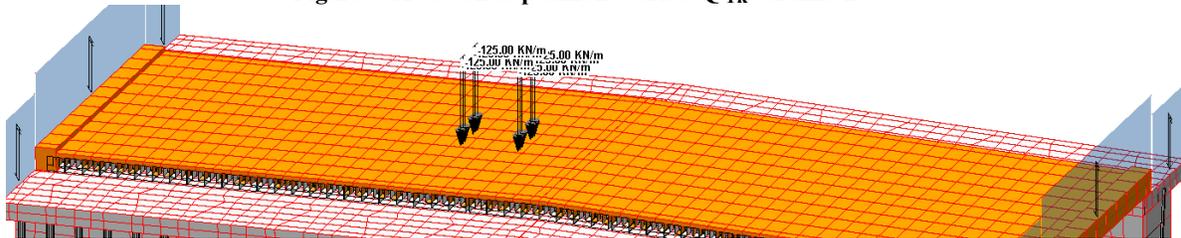


Figura 5.42 Seconda posizione carico  $Q_{1k}$  colonna n°4

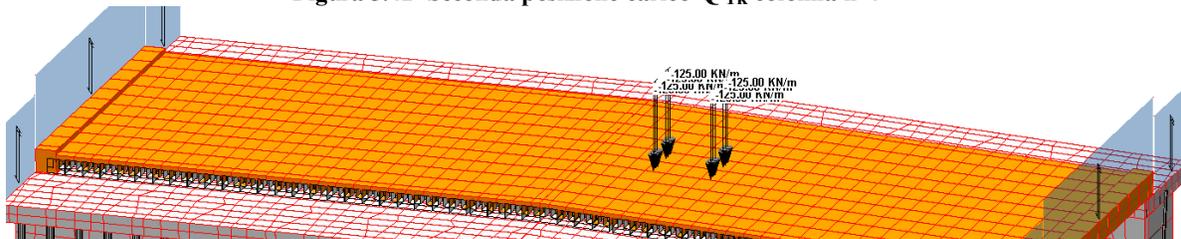


Figura 5.43 Seconda posizione carico  $Q_{1k}$  colonna n°5

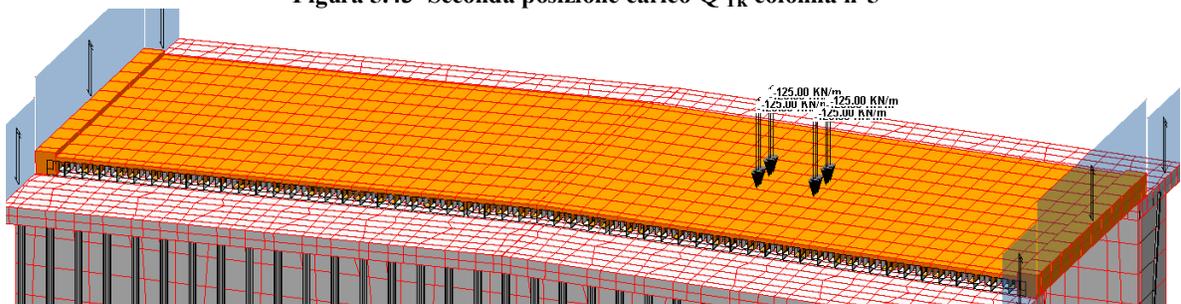


Figura 5.44 Seconda posizione carico  $Q_{1k}$  colonna n°6

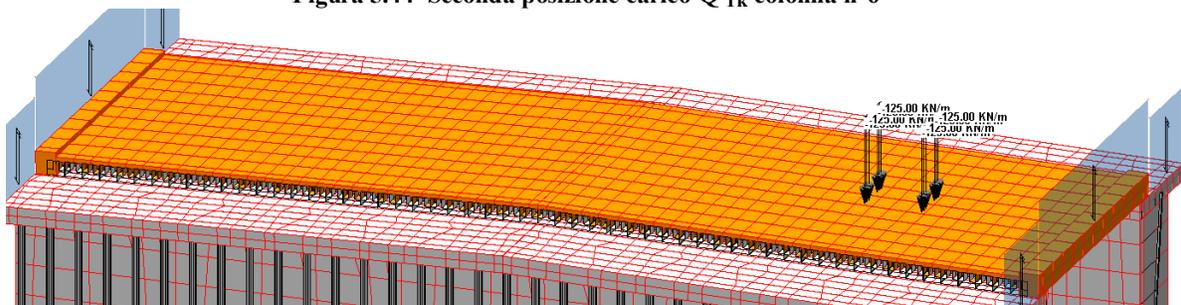


Figura 5.45 Seconda posizione carico  $Q_{1k}$  colonna n°7

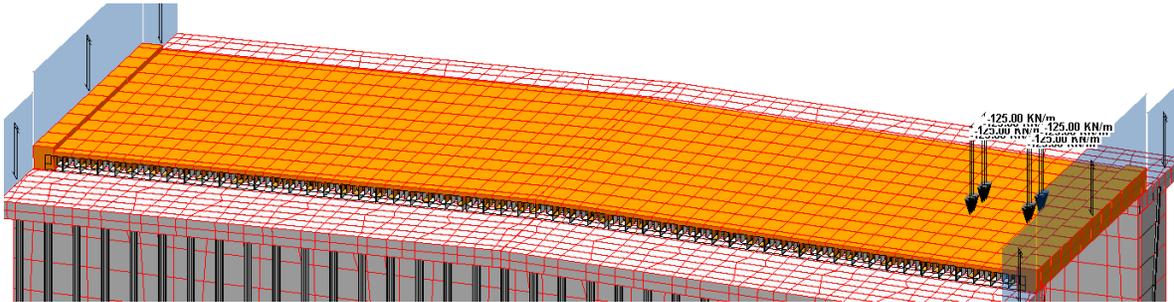


Figura 5.46 Seconda posizione carico  $Q_{1k}$  colonna n°8

### 5.2.9.3.3 Azioni orizzontali longitudinali

Azione di frenamento

L'azione di frenamento è stata valutata in 384,3 KN che distribuiti ripartiti su una colonna tipo di 3,0 x 10,5 m porta a 12,33 KN/m<sup>2</sup>. E' stata creata una condizione di carico per l'azione di frenamento per ognuna delle 8 colonne previste.

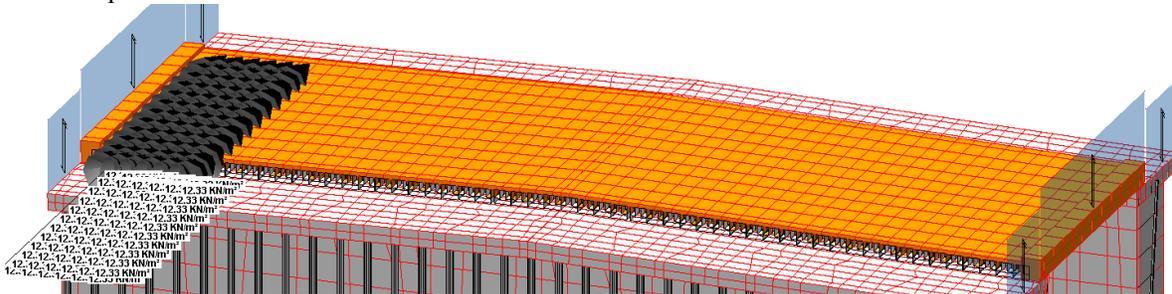


Figura 5.47 Azione di frenamento

### 5.2.9.4 Palificata di fondazione

Come indicato nel capitolo 7.1.1, il palo è schematizzato come element immerse in suolo elastico alla Winkler: le caratteristiche del terreno inducono ad assumere una costante elastico pari a:

$$k_w = 0.03 \text{ N/mm}^3$$

#### Geometria Della Palificata

diametro micropali =	114,3 mm
spessore armatura =	10 mm
numero totale pali =	142
numero pali attivi longitudinalmente =	142
numero pali attivi trasversalmente =	142

### 5.2.9.5 Casi di carico e combinazioni

#### 5.2.9.5.1 Casi di carico

Vengono di seguito indicate le risultanti delle CdC elementari statiche:

CdC = Condizione di Carico Elementare

Descrizione = Descrizione tipologia CdC

Fx, Fy, Fz = forza risultante dai carichi applicati e dai pesi propri della CdC

Mx, My, Mz = momento calcolato rispetto all'origine e risultante dai carichi applicati e dai pesi propri della CdC

Fase = viene indicato (se presente) la fase a cui la CdC appartiene

CdC	Descrizione	Fx (KN)	Fy (KN)	Fz (KN)	Mx (KNm)	My (KNm)	Mz (KNm)	Fase
1	<b>Peso proprio</b>	0.	-2.387e-15	-66105.106	-393325.38	786650.758	-2.841e-14	1
2	<b>Sovr.Permanente</b>	-1.1195222	7.8886e-34	-1240.8100	-7382.8195	15536.7834	6.66115700	2
3	<b>Ritiro</b>	0.	0.	0.	0.	0.	0.	2
4	<b>Temperatura</b>	0.	0.	0.	0.	0.	0.	3
5	<b>Peso terreno</b>	2.6930e-15	2.1760e-17	-13799.077	-82104.510	164209.020	8.7311e-16	3
6	<b>Presollecitazione</b>	0.	0.	-6984.0000	-41554.800	83109.6000	0.	3
7	<b>Spinta a riposo</b>	0.	-6.636e-12	0.	-2.021e-11	0.	-7.588e-11	3
8	<b>Spinta attiva +Y</b>	0.	8508.64388	0.	55137.0458	0.	101252.862	3
9	<b>Sovr.Sismica +Y</b>	0.	12582.8583	0.	68910.3420	0.	149736.014	3
10	<b>Spinta attiva -Y</b>	0.	-8508.6439	0.	-55137.046	0.	-101252.86	3
11	<b>Sovr.Sismica -Y</b>	0.	-12582.858	0.	-68910.342	0.	-149736.01	3
12	<b>Vento</b>	255.000000	0.	0.	0.	-223.16250	-1517.2500	3
13	<b>Spinta att.sovraccarico</b>	0.	4.1882e-13	0.	-2.705e-12	0.	1.1571e-11	3
14	<b>Folla su carreggiata</b>	-1.8658703	-2.331e-18	-2914.0500	-17338.598	35962.4360	11.1019283	3
15	<b>q1 Colonna n°1 A</b>	0.74613909	-0.0026454	-29.881250	29.7937849	-75.835239	0.74963652	3
16	<b>q1 Colonna n°1</b>	2.40460751	0.	-96.075000	-571.64625	-243.92016	-14.307415	3
17	<b>q1 Colonna n°1 B</b>	0.74613909	0.00264541	-29.881250	-385.38067	-75.835239	-9.6286917	3
18	<b>q1 Colonna n°2 A</b>	0.73235122	-0.0015648	-29.268750	29.8532130	32.4073346	0.74637281	3
19	<b>q1 Colonna n°2</b>	2.40460749	0.	-96.074999	-571.64625	107.934606	-14.307415	3
20	<b>q1 Colonna n°2 B</b>	0.73235122	0.00156481	-29.268750	-378.15134	32.4073346	-9.4613523	3
21	<b>q1 Colonna n°3 A</b>	0.75547409	-0.0013008	-30.181250	31.9630816	144.000342	0.79365884	3
22	<b>q1 Colonna n°3</b>	2.40460752	0.	-96.075001	-571.64625	459.789381	-14.307415	3
23	<b>q1 Colonna n°3 B</b>	0.75547409	0.00130084	-30.181250	-391.11996	144.000342	-9.7838005	3
24	<b>q1 Colonna n°4 A</b>	0.75983344	-5.435e-04	-30.386250	30.2420766	258.115778	0.75141461	3
25	<b>q1 Colonna n°4</b>	2.47030717	0.	-98.700000	-587.26500	838.758312	-14.698328	3
26	<b>q1 Colonna n°4 B</b>	0.75983344	5.4350e-04	-30.386250	-391.83845	258.115778	-9.7934326	3
27	<b>q1 Colonna n°5 A</b>	-0.7598334	-5.435e-04	-30.386250	30.2420766	465.076972	-0.7643499	3
28	<b>q1 Colonna n°5</b>	-2.4703072	0.	-98.700000	-587.26500	1510.30169	14.6983276	3
29	<b>q1 Colonna n°5 B</b>	-0.7598334	5.4350e-04	-30.386250	-391.83845	465.076972	9.80636780	3
30	<b>q1 Colonna n°6 A</b>	-0.7554741	-0.0013008	-30.181250	31.9630816	574.313412	-0.8246188	3
31	<b>q1 Colonna n°6</b>	-2.4046075	0.	-96.075001	-571.64625	1826.79563	14.3074148	3
32	<b>q1 Colonna n°6 B</b>	-0.7554741	0.00130084	-30.181250	-391.11996	574.313412	9.81476045	3
33	<b>q1 Colonna n°7 A</b>	-0.7323512	-0.0015648	-29.268750	29.8532130	664.188917	-0.7836153	3
34	<b>q1 Colonna n°7</b>	-2.4046075	0.	-96.074999	-571.64625	2178.65038	14.3074146	3
35	<b>q1 Colonna n°7 B</b>	-0.7323512	0.00156481	-29.268750	-378.15134	664.188917	9.49859480	3
36	<b>q1 Colonna n°8 A</b>	-0.7461391	-0.0026454	-29.881250	29.7937849	787.009001	-0.8125972	3
37	<b>q1 Colonna n°8</b>	-2.4046075	0.	-96.075000	-571.64625	2530.50516	14.3074147	3
38	<b>q1 Colonna n°8 B</b>	-0.7461391	0.00264541	-29.881250	-385.38067	787.009001	9.69165238	3
39	<b>Q1 Colonna 1 pos n°1</b>	6.6613e-18	5.1699e-29	-200.00000	-300.00000	-540.00000	-9.693e-17	3
40	<b>Q1 Colonna 1 pos n°2</b>	-3.695e-16	0.	-200.00000	-1190.0000	-540.00000	2.1915e-15	3

41	Q1 Colonna 1 pos n°3	-2.860e-16	-5.170e-29	-200.00000	-2080.0000	-540.00000	2.9130e-15	3
42	Q1 Colonna 2 pos n°1	-2.345e-16	0.	-200.00000	-300.00000	210.000000	4.3023e-16	3
43	Q1 Colonna 2 pos n°2	-2.558e-16	0.	-200.00000	-1190.0000	210.000000	1.4117e-15	3
44	Q1 Colonna 2 pos n°3	-2.238e-16	0.	-200.00000	-2080.0000	210.000000	2.1278e-15	3
45	Q1 Colonna 3 pos n°1	8.1712e-17	-5.170e-29	-200.00000	-300.00000	960.000000	3.4177e-17	3
46	Q1 Colonna 3 pos n°2	-1.990e-16	0.	-200.00000	-1190.0000	960.000000	7.9780e-16	3
47	Q1 Colonna 3 pos n°3	-2.132e-17	5.1699e-29	-200.00000	-2080.0000	960.000000	1.6556e-17	3
48	Q1 Colonna 4 pos n°1	-3.197e-16	-7.415e-32	-200.00000	-300.00000	1710.00000	6.1362e-16	3
49	Q1 Colonna 4 pos n°2	-2.274e-16	-2.524e-32	-200.00000	-1190.0000	1710.00000	1.2977e-15	3
50	Q1 Colonna 4 pos n°3	-1.688e-16	-1.578e-33	-200.00000	-2080.0000	1710.00000	1.6502e-15	3

CdC	Descrizione	Fx (KN)	Fy (KN)	Fz (KN)	Mx (KNm)	My (KNm)	Mz (KNm)	Fase
51	Q1 Colonna 5 pos n°1	3.9613e-16	3.7865e-32	-200.00000	-300.00000	3050.00000	-8.148e-16	3
52	Q1 Colonna 5 pos n°2	6.8212e-16	-1.010e-31	-200.00000	-1190.0000	3050.00000	-4.114e-15	3
53	Q1 Colonna 5 pos n°3	6.2528e-16	-5.165e-29	-200.00000	-2080.0000	3050.00000	-6.188e-15	3
54	Q1 Colonna 6 pos n°1	-2.203e-16	-5.170e-29	-200.00000	-300.00000	3800.00000	2.9743e-16	3
55	Q1 Colonna 6 pos n°2	-2.274e-16	0.	-200.00000	-1190.0000	3800.00000	1.4631e-15	3
56	Q1 Colonna 6 pos n°3	-6.040e-17	5.1699e-29	-200.00000	-2080.0000	3800.00000	7.9702e-16	3
57	Q1 Colonna 7 pos n°1	2.5402e-16	0.	-200.00000	-300.00000	4550.00000	-6.034e-16	3
58	Q1 Colonna 7 pos n°2	5.6843e-16	0.	-200.00000	-1190.0000	4550.00000	-3.437e-15	3
59	Q1 Colonna 7 pos n°3	2.9132e-16	0.	-200.00000	-2080.0000	4550.00000	-2.843e-15	3
60	Q1 Colonna 8 pos n°1	8.4821e-17	5.1699e-29	-200.00000	-300.00000	5300.00000	-3.644e-17	3
61	Q1 Colonna 8 pos n°2	5.0449e-16	0.	-200.00000	-1190.0000	5300.00000	-3.002e-15	3
62	Q1 Colonna 8 pos n°3	2.8155e-16	-5.170e-29	-200.00000	-2080.0000	5300.00000	-2.813e-15	3
63	Frenamento Colonna n° n°1	0.	473.990289	0.	167.631600	0.	-1199.1954	3
64	Frenamento Colonna n° n°2	0.	473.990287	0.	124.212147	0.	535.609018	3
65	Frenamento Colonna n° n°3	0.	473.990292	0.	80.7926970	0.	2270.41350	3
66	Frenamento Colonna n° n°4	0.	486.940844	0.	37.7850030	0.	4138.99717	3
67	Frenamento Colonna n° n°5	0.	486.940844	0.	37.7850030	0.	7450.19491	3
68	Frenamento Colonna n° n°6	0.	473.990292	0.	80.7926970	0.	9010.55546	3
69	Frenamento Colonna n° n°7	0.	473.990287	0.	124.212147	0.	10745.3598	3
70	Frenamento Colonna n° n°8	0.	473.990289	0.	167.631600	0.	12480.1643	3
71	Sisma X	16775.2427	0.	0.	0.	-85263.674	-99812.694	3
72	Sisma Y	0.	16775.2427	0.	85263.6743	0.	199826.020	3

### 5.2.9.6 Combinazioni di carico

Tipologia delle condizioni di carico:

**-Permanente:** la CdC elementare è sempre presente nell'involuppo.

**-Variabile:** le sollecitazioni della CdC elementare sono sommate solo se la componente considerata (N22, N33, N23, ...) è a sfavore, diminuendo il valore finale se si cerca il minimo, aumentando il valore finale se si cerca il massimo.

**-Variabile non Contemporanea:** analoga alla Variabile ma vengono sommate le sollecitazioni della CdC più gravosa, per la componente in esame, fra tutte quelle che appartengono allo stesso gruppo (colonna grp).

**-Permanente non Contemporanea:** analoga alle var. non contemporanea con la differenza che le sollecitazioni di almeno una CdC dello stesso gruppo vengono sommate indipendentemente se più o meno gravose per la componente in esame

**-Variabile Contemporanea:** le sollecitazioni della CdC elementare sono sommate insieme a tutte quelle Variabili Contemporanee che appartengono allo stesso gruppo (colonna grp) solo se applicandole tutte assieme vanno a sfavore diminuendo il valore finale se si cerca il minimo, aumentando il valore finale se si cerca il massimo.

Sono di seguito elencati le composizioni dei seguenti involuppi:

- GEO Carreggiata Unica : utilizzato per la verifica dei pali allo SLU
- GEO comb.n°4 Sisma : utilizzato per la verifica sismica in campo elastico
- STR 2 Carreggiate: utilizzato per la verifica dell'impalcato allo SLU
- STR Carreggiata Unica: utilizzato per la verifica delle spalle e plinti allo SLU
- STR comb.n°4 Sisma : utilizzato per la verifica sismica in campo elastico dell'impalcato, spalle e plinti

#### Stati limite ultimo

1A) Carichi elementari combinazione AI-M1 (terreno non defattorizzato e spinta a riposo)

$$\gamma_{G1} * G1 + \gamma_{G2} * G2 + \gamma_P * P + \gamma_{Q1} * Q_{k1} + \gamma_{Q2} * \psi_{02} * Q_{k2} + \gamma_{Q3} * \psi_{03} * Q_{k3} + \dots$$

**Descrizione Inviluppo "GEO Carreggiata Unica"**

N°CDC O INVILUPPO	NOME CDC O INVILUPPO	TIPOLOGIA	GRUPPO	MOLT.MAX	MOLT.MIN
INVILUPPO	GEO COMB.N°1 CARR.UNICA	PERM.NON CONTEMP.	1	1	1
INVILUPPO	GEO COMB.N°2 CARR.UNICA	PERM.NON CONTEMP.	1	1	1
INVILUPPO	GEO COMB.N°3 CARR.UNICA	PERM.NON CONTEMP.	1	1	1

**Descrizione inviluppo "GEO comb.n°1 Carr.Unica":**

N°CDC O INVILUPPO	NOME CDC O INVILUPPO	TIPOLOGIA	GRUPPO	MOLT.MAX	MOLT.MIN
CDC ELEM. 1ST	PESO PROPRIO	PERMANENTE		1	1
CDC ELEM. 2ST	SOVR.PERMANENTE	PERMANENTE		1.3	1
CDC ELEM. 3ST	RITIRO	VARIABILE		1	1
CDC ELEM. 4ST	TEMPERATURA	VARIABILE		0.6	-0.6
CDC ELEM. 5ST	PESO TERRENO	PERMANENTE		1	1
CDC ELEM. 6ST	PRESOLLECITAZIONE	PERMANENTE		1	1
CDC ELEM. 7ST	SPINTA A RIPOSO	PERMANENTE		1	1
CDC ELEM. 12ST	VENTO	VARIABILE		0.78	-0.78
CDC ELEM. 13ST	SPINTA ATT.SOVRACCARICO	VARIABILE		1.15	1
INVILUPPO	AZIONI DA TRAFFICO CARREGGIATA UNICA	VARIABILE		1.15	1

**Descrizione inviluppo "GEO comb.n°2 Carr.Unica":**

N°CDC O INVILUPPO	NOME CDC O INVILUPPO	TIPOLOGIA	GRUPPO	MOLT.MAX	MOLT.MIN
CDC ELEM. 1ST	PESO PROPRIO	PERMANENTE		1	1
CDC ELEM. 2ST	SOVR.PERMANENTE	PERMANENTE		1.3	1
CDC ELEM. 3ST	RITIRO	VARIABILE		1	1
CDC ELEM. 4ST	TEMPERATURA	VARIABILE		1	-1
CDC ELEM. 5ST	PESO TERRENO	PERMANENTE		1	1
CDC ELEM. 6ST	PRESOLLECITAZIONE	PERMANENTE		1	1
CDC ELEM. 7ST	SPINTA A RIPOSO	PERMANENTE		1	1
CDC ELEM. 12ST	VENTO	VARIABILE		0.78	-0.78
CDC ELEM. 13ST	SPINTA ATT.SOVRACCARICO	VARIABILE		0.8625	0.8625
INVILUPPO	AZIONI DA TRAFFICO CARREGGIATA UNICA	VARIABILE		0.8625	0.8625

**Descrizione inviluppo "GEO comb.n°3 Carr.Unica":**

N°CDC O INVILUPPO	NOME CDC O INVILUPPO	TIPOLOGIA	GRUPPO	MOLT.MAX	MOLT.MIN
CDC ELEM. 1ST	PESO PROPRIO	PERMANENTE		1	1
CDC ELEM. 2ST	SOVR.PERMANENTE	PERMANENTE		1.3	1
CDC ELEM. 3ST	RITIRO	VARIABILE		1	1
CDC ELEM. 4ST	TEMPERATURA	VARIABILE		0.6	-0.6
CDC ELEM. 5ST	PESO TERRENO	PERMANENTE		1	1
CDC ELEM. 6ST	PRESOLLECITAZIONE	PERMANENTE		1	1
CDC ELEM. 7ST	SPINTA A RIPOSO	PERMANENTE		1	1
CDC ELEM. 12ST	VENTO	VARIABILE		1.3	-1.3
CDC ELEM. 13ST	SPINTA ATT.SOVRACCARICO	VARIABILE		0.8625	0.8625
INVILUPPO	AZIONI DA TRAFFICO CARREGGIATA UNICA	VARIABILE		0.8625	0.8625

**Descrizione inviluppo "Azioni da Traffico Carreggiata unica":**

N°CDC O INVILUPPO	NOME CDC O INVILUPPO	TIPOLOGIA	GRUPPO	MOLT.MAX	MOLT.MIN
INVILUPPO	TRAFFICO CARREGGIATA UNICA GRP.1	VAR.NON CONTEMP.	1	1	1
INVILUPPO	TRAFFICO CARREGGIATA UNICA GRP.2	VAR.NON CONTEMP.	1	1	1
INVILUPPO	TRAFFICO 1 E 2 CARREGGIATE GRP.3-4	VAR.NON CONTEMP.	1	1	1

**Descrizione inviluppo "GEO comb.n°4 Sisma":**

N°CDC O INVILUPPO	NOME CDC O INVILUPPO	TIPOLOGIA	GRUPPO	MOLT.MAX	MOLT.MIN
CDC ELEM. 1ST	PESO PROPRIO	PERMANENTE		1	1
CDC ELEM. 2ST	SOVR.PERMANENTE	PERMANENTE		1	1
CDC ELEM. 3ST	RITIRO	VARIABILE		1	1
CDC ELEM. 4ST	TEMPERATURA	VARIABILE		0.6	-0.6
CDC ELEM. 5ST	PESO TERRENO	PERMANENTE		1	1
CDC ELEM. 6ST	PRESOLLECITAZIONE	PERMANENTE		1	1
INVILUPPO	SISMA XYX	VARIABILE		1	1

**DESCRIZIONE Inviluppo "STR 2 Carreggiate"**

N°CDC O INVILUPPO	NOME CDC O INVILUPPO	TIPOLOGIA	GRUPPO	MOLT.MAX	MOLT.MIN
INVILUPPO	STR 2 CARREGGiate COMB.N°1	PERM.NON CONTEMP.	1	1	1
INVILUPPO	STR 2 CARREGGiate COMB.N°2	PERM.NON CONTEMP.	1	1	1
INVILUPPO	STR 2 CARREGGiate COMB.N°3	PERM.NON CONTEMP.	1	1	1

Descrizione inviluppo "STR 2 Carreggiate comb.n°1":

N°CDC O INVILUPPO	NOME CDC O INVILUPPO	TIPOLOGIA	GRUPPO	MOLT.MAX	MOLT.MIN
CDC ELEM. 1ST	PESO PROPRIO	PERMANENTE		1.35	1
CDC ELEM. 2ST	SOVR.PERMANENTE	PERMANENTE		1.35	1
CDC ELEM. 3ST	RITIRO	VARIABILE		1.2	1
CDC ELEM. 4ST	TEMPERATURA	VARIABILE		0.72	-0.72
CDC ELEM. 5ST	PESO TERRENO	PERMANENTE		1.35	1
CDC ELEM. 6ST	PRESOLLECITAZIONE	PERMANENTE		1	1
CDC ELEM. 7ST	SPINTA A RIPOSO	PERMANENTE		1.35	1
CDC ELEM. 12ST	VENTO	VARIABILE		0.9	-0.9
CDC ELEM. 13ST	SPINTA ATT.SOVRACCARICO	VARIABILE		1.35	1.35
INVILUPPO	AZIONI DA TRAFFICO 2 CARREGGiate	VARIABILE		1.35	1

Descrizione inviluppo "STR 2 Carreggiate comb.n°2":

N°CDC O INVILUPPO	NOME CDC O INVILUPPO	TIPOLOGIA	GRUPPO	MOLT.MAX	MOLT.MIN
CDC ELEM. 1ST	PESO PROPRIO	PERMANENTE		1.35	1
CDC ELEM. 2ST	SOVR.PERMANENTE	PERMANENTE		1.35	1
CDC ELEM. 3ST	RITIRO	VARIABILE		1.2	1
CDC ELEM. 4ST	TEMPERATURA	VARIABILE		1.2	-1.2
CDC ELEM. 5ST	PESO TERRENO	PERMANENTE		1.35	1
CDC ELEM. 6ST	PRESOLLECITAZIONE	PERMANENTE		1	1
CDC ELEM. 7ST	SPINTA A RIPOSO	PERMANENTE		1.35	1
CDC ELEM. 12ST	VENTO	VARIABILE		0.9	-0.9
CDC ELEM. 13ST	SPINTA ATT.SOVRACCARICO	VARIABILE		1.0125	1.0125
INVILUPPO	AZIONI DA TRAFFICO 2 CARREGGiate	VARIABILE		1.0125	1

Descrizione inviluppo "STR 2 Carreggiate comb.n°3":

N°CDC O INVILUPPO	NOME CDC O INVILUPPO	TIPOLOGIA	GRUPPO	MOLT.MAX	MOLT.MIN
CDC ELEM. 1ST	PESO PROPRIO	PERMANENTE		1.35	1
CDC ELEM. 2ST	SOVR.PERMANENTE	PERMANENTE		1.35	1
CDC ELEM. 3ST	RITIRO	VARIABILE		1.2	1
CDC ELEM. 4ST	TEMPERATURA	VARIABILE		0.72	-0.72
CDC ELEM. 5ST	PESO TERRENO	PERMANENTE		1.35	1
CDC ELEM. 6ST	PRESOLLECITAZIONE	PERMANENTE		1	1
CDC ELEM. 7ST	SPINTA A RIPOSO	PERMANENTE		1.35	1
CDC ELEM. 12ST	VENTO	VARIABILE		1.5	-1.5
CDC ELEM. 13ST	SPINTA ATT.SOVRACCARICO	VARIABILE		1.0125	1.0125
INVILUPPO	AZIONI DA TRAFFICO 2 CARREGGiate	VARIABILE		1.0125	1

**Descrizione inviluppo "STR comb.n°4 Sisma":**

N°CDC O INVILUPPO	NOME CDC O INVILUPPO	TIPOLOGIA	GRUPPO	MOLT.MAX	MOLT.MIN
CDC ELEM. 1ST	PESO PROPRIO	PERMANENTE		1.35	1
CDC ELEM. 2ST	SOVR.PERMANENTE	PERMANENTE		1.35	1
CDC ELEM. 3ST	RITIRO	VARIABILE		1.2	1
CDC ELEM. 4ST	TEMPERATURA	VARIABILE		0.6	-0.6
CDC ELEM. 5ST	PESO TERRENO	PERMANENTE		1.35	1
CDC ELEM. 6ST	PRESOLLECITAZIONE	PERMANENTE		1	1
INVILUPPO	SISMA XYX	VARIABILE		1	1

Descrizione inviluppo "Azioni da Traffico 2 Carreggiate":

N°CDC O INVILUPPO	NOME CDC O INVILUPPO	TIPOLOGIA	GRUPPO	MOLT.MAX	MOLT.MIN
INVILUPPO	TRAFFICO 2 CARREGGiate GRP.1	VAR.NON CONTEMP.	1	1	1
INVILUPPO	TRAFFICO 2 CARREGGiate GRP.2	VAR.NON CONTEMP.	1	1	1
INVILUPPO	TRAFFICO 1 E 2 CARREGGiate GRP.3-4	VAR.NON CONTEMP.	1	1	1

Descrizione inviluppo "Traffico 2 Carreggiate Grp.1":

N°CDC O INVILUPPO	NOME CDC O INVILUPPO	TIPOLOGIA	GRUPPO	MOLT.MAX	MOLT.MIN
INVILUPPO	CARICHI DA TRAFFICO 2 CARREGGiate	VARIABILE		1	1

Descrizione inviluppo "Traffico 2 Carreggiate Grp.2":

N°CDC O INVILUPPO	NOME CDC O INVILUPPO	TIPOLOGIA	GRUPPO	MOLT.MAX	MOLT.MIN
INVILUPPO	CARICHI DA TRAFFICO 2 CARREGGiate	VARIABILE		0.75	0.75
INVILUPPO	FRENATURA	VARIABILE		1	1

Descrizione inviluppo "Traffico 1 e 2 Carreggiate Grp.3-4":

N°CDC O INVILUPPO	NOME CDC O INVILUPPO	TIPOLOGIA	GRUPPO	MOLT.MAX	MOLT.MIN
CDC ELEM. 18ST	FOLLA SU CARREGGIATA	VARIABILE		1	1

**DESCRIZIONE Inviluppo "STR Carreggiata Unica"**

N°CDC O INVILUPPO	NOME CDC O INVILUPPO	TIPOLOGIA	GRUPPO	MOLT.MAX	MOLT.MIN
INVILUPPO	STR COMB.N°1 CARR.UNICA	PERM.NON CONTEMP.	1	1	1
INVILUPPO	STR COMB.N°2 CARR.UNICA	PERM.NON CONTEMP.	1	1	1
INVILUPPO	STR COMB.N°3 CARR.UNICA	PERM.NON CONTEMP.	1	1	1

Descrizione inviluppo "STR comb.n°1 Carr.Unica":

N°CDC O INVILUPPO	NOME CDC O INVILUPPO	TIPOLOGIA	GRUPPO	MOLT.MAX	MOLT.MIN
CDC ELEM. 1ST	PESO PROPRIO	PERMANENTE		1.35	1
CDC ELEM. 2ST	SOVR.PERMANENTE	PERMANENTE		1.35	1
CDC ELEM. 3ST	RITIRO	VARIABILE		1.2	1
CDC ELEM. 4ST	TEMPERATURA	VARIABILE		0.72	-0.72
CDC ELEM. 5ST	PESO TERRENO	PERMANENTE		1.35	1
CDC ELEM. 7ST	PRESOLLECITAZIONE	PERMANENTE		1	1
CDC ELEM. 12ST	SPINTA A RIPOSO	PERMANENTE		1.35	1
CDC ELEM. 13ST	VENTO	VARIABILE		0.9	-0.9
CDC ELEM. 1ST	SPINTA ATT.SOVRACCARICO	VARIABILE		1.35	1.35
INVILUPPO	AZIONI DA TRAFFICO CARREGGIATA UNICA	VARIABILE		1.35	1

Descrizione inviluppo "STR comb.n°2 Carr.Unica":

N°CDC O INVILUPPO	NOME CDC O INVILUPPO	TIPOLOGIA	GRUPPO	MOLT.MAX	MOLT.MIN
CDC ELEM. 1ST	PESO PROPRIO	PERMANENTE		1.35	1
CDC ELEM. 2ST	SOVR.PERMANENTE	PERMANENTE		1.35	1
CDC ELEM. 3ST	RITIRO	VARIABILE		1.2	1
CDC ELEM. 4ST	TEMPERATURA	VARIABILE		1.2	-1.2
CDC ELEM. 5ST	PESO TERRENO	PERMANENTE		1.35	1
CDC ELEM. 7ST	PRESOLLECITAZIONE	PERMANENTE		1	1
CDC ELEM. 12ST	SPINTA A RIPOSO	PERMANENTE		1.35	1
CDC ELEM. 13ST	VENTO	VARIABILE		0.9	-0.9
INVILUPPO	SPINTA ATT.SOVRACCARICO	VARIABILE		1.0125	1.0125
CDC ELEM. 1ST	AZIONI DA TRAFFICO CARREGGIATA UNICA	VARIABILE		1.0125	1

Descrizione inviluppo "STR comb.n°3 Carr.Unica":

N°CDC O INVILUPPO	NOME CDC O INVILUPPO	TIPOLOGIA	GRUPPO	MOLT.MAX	MOLT.MIN
CDC ELEM. 1ST	PESO PROPRIO	PERMANENTE		1.35	1
CDC ELEM. 2ST	SOVR.PERMANENTE	PERMANENTE		1.35	1
CDC ELEM. 3ST	RITIRO	VARIABILE		1.2	1
CDC ELEM. 4ST	TEMPERATURA	VARIABILE		0.72	-0.72
CDC ELEM. 5ST	PESO TERRENO	PERMANENTE		1.35	1
CDC ELEM. 7ST	PRESOLLECITAZIONE	PERMANENTE		1	1
CDC ELEM. 12ST	SPINTA A RIPOSO	PERMANENTE		1.35	1
CDC ELEM. 13ST	VENTO	VARIABILE		1.5	-1.5
INVILUPPO	SPINTA ATT.SOVRACCARICO	VARIABILE		1.0125	1.0125
CDC ELEM. 1ST	AZIONI DA TRAFFICO CARREGGIATA UNICA	VARIABILE		1.0125	1

Descrizione inviluppo "Carichi da Traffico 2 Carreggiate":

N°CDC O INVILUPPO	NOME CDC O INVILUPPO	TIPOLOGIA	GRUPPO	MOLT.MAX	MOLT.MIN
INVILUPPO	CARREGGIATA 1 COLONNA 1	VAR.NON CONTEMP.	1	1	1
INVILUPPO	CARREGGIATA 1 COLONNA 2	VAR.NON CONTEMP.	1	1	1
INVILUPPO	CARREGGIATA 1 COLONNA 3	VAR.NON CONTEMP.	1	1	1
INVILUPPO	CARREGGIATA 1 COLONNA 4	VAR.NON CONTEMP.	1	1	1
INVILUPPO	CARREGGIATA 2 COLONNA 5	VAR.NON CONTEMP.	2	1	1
INVILUPPO	CARREGGIATA 2 COLONNA 6	VAR.NON CONTEMP.	2	1	1
INVILUPPO	CARREGGIATA 2 COLONNA 7	VAR.NON CONTEMP.	2	1	1
INVILUPPO	CARREGGIATA 2 COLONNA 8	VAR.NON CONTEMP.	2	1	1

Descrizione inviluppo "Carreggiata 1 colonna 1":

N°CDC O INVILUPPO	NOME CDC O INVILUPPO	TIPOLOGIA	GRUPPO	MOLT.MAX	MOLT.MIN
INVILUPPO	Q1 COLONNA N°1	VARIABILE		3	3
INVILUPPO	Q1 COLONNA N°2	VARIABILE		2	2
INVILUPPO	Q1 COLONNA N°3	VARIABILE		1	1
INVILUPPO	Q1 COLONNA N°1	VARIABILE		3.6	3.6
INVILUPPO	Q1 COLONNA N°2	VARIABILE		1	1
INVILUPPO	Q1 COLONNA N°3	VARIABILE		1	1
INVILUPPO	Q1 COLONNA N°4	VARIABILE		1	1

Descrizione inviluppo "Carreggiata 1 colonna 2":

N°CDC O INVILUPPO	NOME CDC O INVILUPPO	TIPOLOGIA	GRUPPO	MOLT.MAX	MOLT.MIN
INVILUPPO	Q1 COLONNA N°2	VARIABILE		3	3
INVILUPPO	Q1 COLONNA N°3	VARIABILE		2	2
INVILUPPO	Q1 COLONNA N°4	VARIABILE		1	1
INVILUPPO	Q1 COLONNA N°1	VARIABILE		1	1
INVILUPPO	Q1 COLONNA N°2	VARIABILE		3.6	3.6
INVILUPPO	Q1 COLONNA N°3	VARIABILE		1	1
INVILUPPO	Q1 COLONNA N°4	VARIABILE		1	1

Descrizione inviluppo "Carreggiata 1 colonna 3":

N°CDC O INVILUPPO	NOME CDC O INVILUPPO	TIPOLOGIA	GRUPPO	MOLT.MAX	MOLT.MIN
INVILUPPO	Q1 COLONNA N°3	VARIABILE		3	3
INVILUPPO	Q1 COLONNA N°4	VARIABILE		2	2
INVILUPPO	Q1 COLONNA N°2	VARIABILE		1	1
INVILUPPO	Q1 COLONNA N°1	VARIABILE		1	1
INVILUPPO	Q1 COLONNA N°2	VARIABILE		1	1
INVILUPPO	Q1 COLONNA N°3	VARIABILE		3.6	3.6
INVILUPPO	Q1 COLONNA N°4	VARIABILE		1	1

Descrizione inviluppo "Carreggiata 1 colonna 4":

N°CDC O INVILUPPO	NOME CDC O INVILUPPO	TIPOLOGIA	GRUPPO	MOLT.MAX	MOLT.MIN
INVILUPPO	Q1 COLONNA N°4	VARIABILE		3	3
INVILUPPO	Q1 COLONNA N°3	VARIABILE		2	2
INVILUPPO	Q1 COLONNA N°2	VARIABILE		1	1
INVILUPPO	Q1 COLONNA N°1	VARIABILE		1	1
INVILUPPO	Q1 COLONNA N°2	VARIABILE		1	1
INVILUPPO	Q1 COLONNA N°3	VARIABILE		1	1
INVILUPPO	Q1 COLONNA N°4	VARIABILE		3.6	3.6

Descrizione inviluppo "Carreggiata 2 colonna 5":

N°CDC O INVILUPPO	NOME CDC O INVILUPPO	TIPOLOGIA	GRUPPO	MOLT.MAX	MOLT.MIN
INVILUPPO	Q1 COLONNA N°5	VARIABILE		3	3
INVILUPPO	Q1 COLONNA N°6	VARIABILE		2	2
INVILUPPO	Q1 COLONNA N°7	VARIABILE		1	1
INVILUPPO	Q1 COLONNA N°5	VARIABILE		3.6	3.6
INVILUPPO	Q1 COLONNA N°6	VARIABILE		1	1
INVILUPPO	Q1 COLONNA N°7	VARIABILE		1	1
INVILUPPO	Q1 COLONNA N°8	VARIABILE		1	1

Descrizione inviluppo "Carreggiata 2 colonna 6":

N°CDC O INVILUPPO	NOME CDC O INVILUPPO	TIPOLOGIA	GRUPPO	MOLT.MAX	MOLT.MIN
INVILUPPO	Q1 COLONNA N°6	VARIABILE		3	3
INVILUPPO	Q1 COLONNA N°7	VARIABILE		2	2
INVILUPPO	Q1 COLONNA N°8	VARIABILE		1	1
INVILUPPO	Q1 COLONNA N°5	VARIABILE		1	1
INVILUPPO	Q1 COLONNA N°6	VARIABILE		3.6	3.6
INVILUPPO	Q1 COLONNA N°7	VARIABILE		1	1
INVILUPPO	Q1 COLONNA N°8	VARIABILE		1	1

Descrizione inviluppo "Carreggiata 2 colonna 7":

N°CDC O INVILUPPO	NOME CDC O INVILUPPO	TIPOLOGIA	GRUPPO	MOLT.MAX	MOLT.MIN
INVILUPPO	Q1 COLONNA N°7	VARIABILE		3	3
INVILUPPO	Q1 COLONNA N°8	VARIABILE		2	2
INVILUPPO	Q1 COLONNA N°6	VARIABILE		1	1
INVILUPPO	Q1 COLONNA N°5	VARIABILE		1	1
INVILUPPO	Q1 COLONNA N°6	VARIABILE		1	1
INVILUPPO	Q1 COLONNA N°7	VARIABILE		3.6	3.6
INVILUPPO	Q1 COLONNA N°8	VARIABILE		1	1

Descrizione inviluppo "Carreggiata 2 colonna 8":

N°CDC O INVILUPPO	NOME CDC O INVILUPPO	TIPOLOGIA	GRUPPO	MOLT.MAX	MOLT.MIN
INVILUPPO	Q1 COLONNA N°8	VARIABILE		3	3
INVILUPPO	Q1 COLONNA N°7	VARIABILE		2	2

INVILUPPO	Q1 COLONNA N°6	VARIABILE	1	1
INVILUPPO	Q1 COLONNA N°5	VARIABILE	1	1
INVILUPPO	Q1 COLONNA N°6	VARIABILE	1	1
INVILUPPO	Q1 COLONNA N°7	VARIABILE	1	1
INVILUPPO	Q1 COLONNA N°8	VARIABILE	3.6	3.6

Descrizione inviluppo "Sisma XYX":

N°CDC O INVILUPPO	NOME CDC O INVILUPPO	TIPOLOGIA	GRUPPO	MOLT.MAX	MOLT.MIN
INVILUPPO	SISMA 0.3X 0.3Y 1Z	VAR.NON CONTEMP.	1	1	1
INVILUPPO	SISMA 0.3X 1Y 0.3Z	VAR.NON CONTEMP.	1	1	1
INVILUPPO	SISMA 1X 0.3Y 0.3Z	VAR.NON CONTEMP.	1	1	1

Descrizione inviluppo "Sisma 0.3X 0.3Y 1Z":

N°CDC O INVILUPPO	NOME CDC O INVILUPPO	TIPOLOGIA	GRUPPO	MOLT.MAX	MOLT.MIN
CDC ELEM. 8ST	SPINTA ATTIVA +Y	PERMANENTE		1.35	1
CDC ELEM. 9ST	SOVR.SISMICA +Y	VAR.NON CONTEMP.	2	0.3	0.3
CDC ELEM. 10ST	SPINTA ATTIVA -Y	PERMANENTE		1.35	1
CDC ELEM. 11ST	SOVR.SISMICA -Y	VAR.NON CONTEMP.	2	0.3	0.3
CDC ELEM. 1DY	SISMA SLV Z	VARIABILE		1	-1

Descrizione inviluppo "Sisma 0.3X 1Y 0.3Z":

N°CDC O INVILUPPO	NOME CDC O INVILUPPO	TIPOLOGIA	GRUPPO	MOLT.MAX	MOLT.MIN
CDC ELEM. 8ST	SPINTA ATTIVA +Y	PERMANENTE		1.35	1
CDC ELEM. 9ST	SOVR.SISMICA +Y	VAR.NON CONTEMP.	2	1	1
CDC ELEM. 10ST	SPINTA ATTIVA -Y	PERMANENTE		1.35	1
CDC ELEM. 11ST	SOVR.SISMICA -Y	VAR.NON CONTEMP.	2	1	1
CDC ELEM. 1DY	SISMA SLV Z	VARIABILE		0.3	-0.3

Descrizione inviluppo "Sisma 1X 0.3Y 0.3Z":

N°CDC O INVILUPPO	NOME CDC O INVILUPPO	TIPOLOGIA	GRUPPO	MOLT.MAX	MOLT.MIN
CDC ELEM. 8ST	SPINTA ATTIVA +Y	PERMANENTE		1.35	1
CDC ELEM. 9ST	SOVR.SISMICA +Y	VAR.NON CONTEMP.	2	0.3	0.3
CDC ELEM. 10ST	SPINTA ATTIVA -Y	PERMANENTE		1.35	1
CDC ELEM. 11ST	SOVR.SISMICA -Y	VAR.NON CONTEMP.	2	0.3	0.3
CDC ELEM. 1DY	SISMA SLV Z	VARIABILE		0.3	-0.3

Descrizione inviluppo "Azioni da Traffico Carreggiata unica":

N°CDC O INVILUPPO	NOME CDC O INVILUPPO	TIPOLOGIA	GRUPPO	MOLT.MAX	MOLT.MIN
INVILUPPO	TRAFFICO CARREGGIATA UNICA GRP.1	VAR.NON CONTEMP.	1	1	1
INVILUPPO	TRAFFICO CARREGGIATA UNICA GRP.2	VAR.NON CONTEMP.	1	1	1
INVILUPPO	TRAFFICO 1 E 2 CARREGGIATE GRP.3-4	VAR.NON CONTEMP.	1	1	1

Descrizione inviluppo "Traffico Carreggiata unica Grp.1":

N°CDC O INVILUPPO	NOME CDC O INVILUPPO	TIPOLOGIA	GRUPPO	MOLT.MAX	MOLT.MIN
INVILUPPO	CARICHI DA TRAFFICO UNICA CARREGGIATA	VARIABILE		1	1

Descrizione inviluppo "Traffico Carreggiata unica Grp.2":

N°CDC O INVILUPPO	NOME CDC O INVILUPPO	TIPOLOGIA	GRUPPO	MOLT.MAX	MOLT.MIN
INVILUPPO	CARICHI DA TRAFFICO UNICA CARREGGIATA	VARIABILE		0.75	0.75
INVILUPPO	FRENATURA	VARIABILE		1	1

Descrizione inviluppo "Traffico 1 e 2 Carreggiate Grp.3-4":

N°CDC O INVILUPPO	NOME CDC O INVILUPPO	TIPOLOGIA	GRUPPO	MOLT.MAX	MOLT.MIN
CDC ELEM. 18ST	FOLLA SU CARREGGIATA	VARIABILE		1	1

Descrizione inviluppo "Carichi da Traffico unica Carreggiata":

N°CDC O INVILUPPO	NOME CDC O INVILUPPO	TIPOLOGIA	GRUPPO	MOLT.MAX	MOLT.MIN
INVILUPPO	CARREGGIATA UNICA COLONNA 1	VAR.NON CONTEMP.	1	1	1
INVILUPPO	CARREGGIATA UNICA COLONNA 2	VAR.NON CONTEMP.	1	1	1
INVILUPPO	CARREGGIATA UNICA COLONNA 3	VAR.NON CONTEMP.	1	1	1
INVILUPPO	CARREGGIATA UNICA COLONNA 4	VAR.NON CONTEMP.	1	1	1
INVILUPPO	CARREGGIATA UNICA COLONNA 5	VAR.NON CONTEMP.	1	1	1
INVILUPPO	CARREGGIATA UNICA COLONNA 6	VAR.NON CONTEMP.	1	1	1
INVILUPPO	CARREGGIATA UNICA COLONNA 7	VAR.NON CONTEMP.	1	1	1
INVILUPPO	CARREGGIATA UNICA COLONNA 8	VAR.NON CONTEMP.	1	1	1

Descrizione inviluppo "Carreggiata unica colonna 1":

N°CDC O INVILUPPO	NOME CDC O INVILUPPO	TIPOLOGIA	GRUPPO	MOLT.MAX	MOLT.MIN
INVILUPPO	Q1 COLONNA N°1	VARIABILE		3	3
INVILUPPO	Q1 COLONNA N°2	VARIABILE		2	2

INVILUPPO	Q1 COLONNA N°3	VARIABILE	1	1
INVILUPPO	Q1 COLONNA N°1	VARIABILE	3.6	3.6
INVILUPPO	Q1 COLONNA N°2	VARIABILE	1	1
INVILUPPO	Q1 COLONNA N°3	VARIABILE	1	1
INVILUPPO	Q1 COLONNA N°4	VARIABILE	1	1
INVILUPPO	Q1 COLONNA N°5	VARIABILE	1	1
INVILUPPO	Q1 COLONNA N°6	VARIABILE	1	1
INVILUPPO	Q1 COLONNA N°7	VARIABILE	1	1
INVILUPPO	Q1 COLONNA N°8	VARIABILE	1	1

Descrizione inviluppo "Carreggiata unica colonna 2":

N°CDC O INVILUPPO	NOME CDC O INVILUPPO	TIPOLOGIA	GRUPPO	MOLT.MAX	MOLT.MIN
INVILUPPO	Q1 COLONNA N°2	VARIABILE		3	3
INVILUPPO	Q1 COLONNA N°3	VARIABILE		2	2
INVILUPPO	Q1 COLONNA N°4	VARIABILE		1	1
INVILUPPO	Q1 COLONNA N°1	VARIABILE		1	1
INVILUPPO	Q1 COLONNA N°2	VARIABILE		3.6	3.6
INVILUPPO	Q1 COLONNA N°3	VARIABILE		1	1
INVILUPPO	Q1 COLONNA N°4	VARIABILE		1	1
INVILUPPO	Q1 COLONNA N°5	VARIABILE		1	1
INVILUPPO	Q1 COLONNA N°6	VARIABILE		1	1
INVILUPPO	Q1 COLONNA N°7	VARIABILE		1	1
INVILUPPO	Q1 COLONNA N°8	VARIABILE		1	1

Descrizione inviluppo "Carreggiata unica colonna 3":

N°CDC O INVILUPPO	NOME CDC O INVILUPPO	TIPOLOGIA	GRUPPO	MOLT.MAX	MOLT.MIN
INVILUPPO	Q1 COLONNA N°3	VARIABILE		3	3
INVILUPPO	Q1 COLONNA N°4	VARIABILE		2	2
INVILUPPO	Q1 COLONNA N°5	VARIABILE		1	1
INVILUPPO	Q1 COLONNA N°1	VARIABILE		1	1
INVILUPPO	Q1 COLONNA N°2	VARIABILE		1	1
INVILUPPO	Q1 COLONNA N°3	VARIABILE		3.6	3.6
INVILUPPO	Q1 COLONNA N°4	VARIABILE		1	1
INVILUPPO	Q1 COLONNA N°5	VARIABILE		1	1
INVILUPPO	Q1 COLONNA N°6	VARIABILE		1	1
INVILUPPO	Q1 COLONNA N°7	VARIABILE		1	1
INVILUPPO	Q1 COLONNA N°8	VARIABILE		1	1

Descrizione inviluppo "Carreggiata unica colonna 4":

N°CDC O INVILUPPO	NOME CDC O INVILUPPO	TIPOLOGIA	GRUPPO	MOLT.MAX	MOLT.MIN
INVILUPPO	Q1 COLONNA N°4	VARIABILE		3	3
INVILUPPO	Q1 COLONNA N°5	VARIABILE		2	2
INVILUPPO	Q1 COLONNA N°6	VARIABILE		1	1
INVILUPPO	Q1 COLONNA N°1	VARIABILE		1	1
INVILUPPO	Q1 COLONNA N°2	VARIABILE		1	1
INVILUPPO	Q1 COLONNA N°3	VARIABILE		1	1
INVILUPPO	Q1 COLONNA N°4	VARIABILE		3.6	3.6
INVILUPPO	Q1 COLONNA N°5	VARIABILE		1	1
INVILUPPO	Q1 COLONNA N°6	VARIABILE		1	1
INVILUPPO	Q1 COLONNA N°7	VARIABILE		1	1
INVILUPPO	Q1 COLONNA N°8	VARIABILE		1	1

Descrizione inviluppo "Carreggiata unica colonna 5":

N°CDC O INVILUPPO	NOME CDC O INVILUPPO	TIPOLOGIA	GRUPPO	MOLT.MAX	MOLT.MIN
INVILUPPO	Q1 COLONNA N°5	VARIABILE		3	3
INVILUPPO	Q1 COLONNA N°6	VARIABILE		2	2
INVILUPPO	Q1 COLONNA N°7	VARIABILE		1	1
INVILUPPO	Q1 COLONNA N°1	VARIABILE		1	1
INVILUPPO	Q1 COLONNA N°2	VARIABILE		1	1
INVILUPPO	Q1 COLONNA N°3	VARIABILE		1	1
INVILUPPO	Q1 COLONNA N°4	VARIABILE		1	1
INVILUPPO	Q1 COLONNA N°5	VARIABILE		3.6	3.6
INVILUPPO	Q1 COLONNA N°6	VARIABILE		1	1
INVILUPPO	Q1 COLONNA N°7	VARIABILE		1	1
INVILUPPO	Q1 COLONNA N°8	VARIABILE		1	1

Descrizione inviluppo "Carreggiata unica colonna 6":

N°CDC O INVILUPPO	NOME CDC O INVILUPPO	TIPOLOGIA	GRUPPO	MOLT.MAX	MOLT.MIN
INVILUPPO	Q1 COLONNA N°6	VARIABILE		3	3
INVILUPPO	Q1 COLONNA N°7	VARIABILE		2	2
INVILUPPO	Q1 COLONNA N°8	VARIABILE		1	1
INVILUPPO	Q1 COLONNA N°1	VARIABILE		1	1

INVILUPPO	Q1 COLONNA N°2	VARIABILE	1	1
INVILUPPO	Q1 COLONNA N°3	VARIABILE	1	1
INVILUPPO	Q1 COLONNA N°4	VARIABILE	1	1
INVILUPPO	Q1 COLONNA N°5	VARIABILE	1	1
INVILUPPO	Q1 COLONNA N°6	VARIABILE	3.6	3.6
INVILUPPO	Q1 COLONNA N°7	VARIABILE	1	1
INVILUPPO	Q1 COLONNA N°8	VARIABILE	1	1

Descrizione inviluppo "Carreggiata unica colonna 7":

N°CDC O INVILUPPO	NOME CDC O INVILUPPO	TIPOLOGIA	GRUPPO	MOLT.MAX	MOLT.MIN
INVILUPPO	Q1 COLONNA N°7	VARIABILE		3	3
INVILUPPO	Q1 COLONNA N°8	VARIABILE		2	2
INVILUPPO	Q1 COLONNA N°6	VARIABILE		1	1
INVILUPPO	Q1 COLONNA N°1	VARIABILE		1	1
INVILUPPO	Q1 COLONNA N°2	VARIABILE		1	1
INVILUPPO	Q1 COLONNA N°3	VARIABILE		1	1
INVILUPPO	Q1 COLONNA N°4	VARIABILE		1	1
INVILUPPO	Q1 COLONNA N°5	VARIABILE		1	1
INVILUPPO	Q1 COLONNA N°6	VARIABILE		1	1
INVILUPPO	Q1 COLONNA N°7	VARIABILE		3.6	3.6
INVILUPPO	Q1 COLONNA N°8	VARIABILE		1	1

Descrizione inviluppo "Carreggiata unica colonna 8":

N°CDC O INVILUPPO	NOME CDC O INVILUPPO	TIPOLOGIA	GRUPPO	MOLT.MAX	MOLT.MIN
INVILUPPO	Q1 COLONNA N°8	VARIABILE		3	3
INVILUPPO	Q1 COLONNA N°7	VARIABILE		2	2
INVILUPPO	Q1 COLONNA N°6	VARIABILE		1	1
INVILUPPO	Q1 COLONNA N°1	VARIABILE		1	1
INVILUPPO	Q1 COLONNA N°2	VARIABILE		1	1
INVILUPPO	Q1 COLONNA N°3	VARIABILE		1	1
INVILUPPO	Q1 COLONNA N°4	VARIABILE		1	1
INVILUPPO	Q1 COLONNA N°5	VARIABILE		1	1
INVILUPPO	Q1 COLONNA N°6	VARIABILE		1	1
INVILUPPO	Q1 COLONNA N°7	VARIABILE		1	1
INVILUPPO	Q1 COLONNA N°8	VARIABILE		3.6	3.6

Descrizione inviluppo "q1 Colonna n°1":

N°CDC O INVILUPPO	NOME CDC O INVILUPPO	TIPOLOGIA	GRUPPO	MOLT.MAX	MOLT.MIN
CDC ELEM. 15ST	Q1 COLONNA N°1 A	PERMANENTE		1	1
CDC ELEM. 16ST	Q1 COLONNA N°1	PERMANENTE		1	1
CDC ELEM. 17ST	Q1 COLONNA N°1 B	PERMANENTE		1	1

Descrizione inviluppo "q1 Colonna n°2":

N°CDC O INVILUPPO	NOME CDC O INVILUPPO	TIPOLOGIA	GRUPPO	MOLT.MAX	MOLT.MIN
CDC ELEM. 18ST	Q1 COLONNA N°2 A	PERMANENTE		1	1
CDC ELEM. 19ST	Q1 COLONNA N°2	PERMANENTE		1	1
CDC ELEM. 20ST	Q1 COLONNA N°2 B	PERMANENTE		1	1

Descrizione inviluppo "q1 Colonna n°3":

N°CDC O INVILUPPO	NOME CDC O INVILUPPO	TIPOLOGIA	GRUPPO	MOLT.MAX	MOLT.MIN
CDC ELEM. 21ST	Q1 COLONNA N°3 A	PERMANENTE		1	1
CDC ELEM. 22ST	Q1 COLONNA N°3	PERMANENTE		1	1
CDC ELEM. 23ST	Q1 COLONNA N°3 B	PERMANENTE		1	1

Descrizione inviluppo "q1 Colonna n°4":

N°CDC O INVILUPPO	NOME CDC O INVILUPPO	TIPOLOGIA	GRUPPO	MOLT.MAX	MOLT.MIN
CDC ELEM. 24ST	Q1 COLONNA N°4 A	PERMANENTE		1	1
CDC ELEM. 25ST	Q1 COLONNA N°4	PERMANENTE		1	1
CDC ELEM. 26ST	Q1 COLONNA N°4 B	PERMANENTE		1	1

Descrizione inviluppo "q1 Colonna n°5":

N°CDC O INVILUPPO	NOME CDC O INVILUPPO	TIPOLOGIA	GRUPPO	MOLT.MAX	MOLT.MIN
CDC ELEM. 27ST	Q1 COLONNA N°5 A	PERMANENTE		1	1
CDC ELEM. 28ST	Q1 COLONNA N°5	PERMANENTE		1	1
CDC ELEM. 29ST	Q1 COLONNA N°5 B	PERMANENTE		1	1

Descrizione inviluppo "q1 Colonna n°6":

N°CDC O INVILUPPO	NOME CDC O INVILUPPO	TIPOLOGIA	GRUPPO	MOLT.MAX	MOLT.MIN
CDC ELEM. 30ST	Q1 COLONNA N°6 A	PERMANENTE		1	1
CDC ELEM. 31ST	Q1 COLONNA N°6	PERMANENTE		1	1
CDC ELEM. 32ST	Q1 COLONNA N°6 B	PERMANENTE		1	1

Descrizione inviluppo "q1 Colonna n°7":

N°CDC O INVILUPPO	NOME CDC O INVILUPPO	TIPOLOGIA	GRUPPO	MOLT.MAX	MOLT.MIN
CDC ELEM. 33ST	Q1 COLONNA N°7 A	PERMANENTE		1	1
CDC ELEM. 34ST	Q1 COLONNA N°7	PERMANENTE		1	1
CDC ELEM. 35ST	Q1 COLONNA N°7 B	PERMANENTE		1	1

Descrizione inviluppo "Q1 Colonna n°8":

N°CDC O INVILUPPO	NOME CDC O INVILUPPO	TIPOLOGIA	GRUPPO	MOLT.MAX	MOLT.MIN
CDC ELEM. 36ST	Q1 COLONNA N°8 A	PERMANENTE		1	1
CDC ELEM. 37ST	Q1 COLONNA N°8	PERMANENTE		1	1
CDC ELEM. 38ST	Q1 COLONNA N°8 B	PERMANENTE		1	1

Descrizione inviluppo "Q1 Colonna n°1":

N°CDC O INVILUPPO	NOME CDC O INVILUPPO	TIPOLOGIA	GRUPPO	MOLT.MAX	MOLT.MIN
CDC ELEM. 15ST	Q1 COLONNA N°1 A	VAR.NON CONTEMP.	1	6.7	6.7
CDC ELEM. 17ST	Q1 COLONNA N°1 B	VAR.NON CONTEMP.	1	6.7	6.7
CDC ELEM. 39ST	Q1 COLONNA 1 POS N°1	VAR.NON CONTEMP.	1	1	1
CDC ELEM. 40ST	Q1 COLONNA 1 POS N°2	VAR.NON CONTEMP.	1	1	1
CDC ELEM. 41ST	Q1 COLONNA 1 POS N°3	VAR.NON CONTEMP.	1	1	1

Descrizione inviluppo "Q1 Colonna n°2":

N°CDC O INVILUPPO	NOME CDC O INVILUPPO	TIPOLOGIA	GRUPPO	MOLT.MAX	MOLT.MIN
CDC ELEM. 18ST	Q1 COLONNA N°2 A	VAR.NON CONTEMP.	2	6.7	6.7
CDC ELEM. 20ST	Q1 COLONNA N°2 B	VAR.NON CONTEMP.	2	6.7	6.7
CDC ELEM. 42ST	Q1 COLONNA 2 POS N°1	VAR.NON CONTEMP.	2	1	1
CDC ELEM. 43ST	Q1 COLONNA 2 POS N°2	VAR.NON CONTEMP.	2	1	1
CDC ELEM. 44ST	Q1 COLONNA 2 POS N°3	VAR.NON CONTEMP.	2	1	1

Descrizione inviluppo "Q1 Colonna n°3":

N°CDC O INVILUPPO	NOME CDC O INVILUPPO	TIPOLOGIA	GRUPPO	MOLT.MAX	MOLT.MIN
CDC ELEM. 21ST	Q1 COLONNA N°3 A	VAR.NON CONTEMP.	3	6.7	6.7
CDC ELEM. 23ST	Q1 COLONNA N°3 B	VAR.NON CONTEMP.	3	6.7	6.7
CDC ELEM. 45ST	Q1 COLONNA 3 POS N°1	VAR.NON CONTEMP.	3	1	1
CDC ELEM. 46ST	Q1 COLONNA 3 POS N°2	VAR.NON CONTEMP.	3	1	1
CDC ELEM. 47ST	Q1 COLONNA 3 POS N°3	VAR.NON CONTEMP.	3	1	1

Descrizione inviluppo "Q1 Colonna n°4":

N°CDC O INVILUPPO	NOME CDC O INVILUPPO	TIPOLOGIA	GRUPPO	MOLT.MAX	MOLT.MIN
CDC ELEM. 24ST	Q1 COLONNA N°4 A	VAR.NON CONTEMP.	4	6.7	6.7
CDC ELEM. 26ST	Q1 COLONNA N°4 B	VAR.NON CONTEMP.	4	6.7	6.7
CDC ELEM. 48ST	Q1 COLONNA 4 POS N°1	VAR.NON CONTEMP.	4	1	1
CDC ELEM. 49ST	Q1 COLONNA 4 POS N°2	VAR.NON CONTEMP.	4	1	1
CDC ELEM. 50ST	Q1 COLONNA 4 POS N°3	VAR.NON CONTEMP.	4	1	1

Descrizione inviluppo "Q1 Colonna n°5":

N°CDC O INVILUPPO	NOME CDC O INVILUPPO	TIPOLOGIA	GRUPPO	MOLT.MAX	MOLT.MIN
CDC ELEM. 27ST	Q1 COLONNA N°5 A	VAR.NON CONTEMP.	5	6.7	6.7
CDC ELEM. 29ST	Q1 COLONNA N°5 B	VAR.NON CONTEMP.	5	6.7	6.7
CDC ELEM. 51ST	Q1 COLONNA 5 POS N°1	VAR.NON CONTEMP.	5	1	1
CDC ELEM. 52ST	Q1 COLONNA 5 POS N°2	VAR.NON CONTEMP.	5	1	1
CDC ELEM. 53ST	Q1 COLONNA 5 POS N°3	VAR.NON CONTEMP.	5	1	1

Descrizione inviluppo "Q1 Colonna n°6":

N°CDC O INVILUPPO	NOME CDC O INVILUPPO	TIPOLOGIA	GRUPPO	MOLT.MAX	MOLT.MIN
CDC ELEM. 30ST	Q1 COLONNA N°6 A	VAR.NON CONTEMP.	6	6.7	6.7
CDC ELEM. 32ST	Q1 COLONNA N°6 B	VAR.NON CONTEMP.	6	6.7	6.7
CDC ELEM. 54ST	Q1 COLONNA 6 POS N°1	VAR.NON CONTEMP.	6	1	1
CDC ELEM. 55ST	Q1 COLONNA 6 POS N°2	VAR.NON CONTEMP.	6	1	1
CDC ELEM. 56ST	Q1 COLONNA 6 POS N°3	VAR.NON CONTEMP.	6	1	1

Descrizione inviluppo "Q1 Colonna n°7":

N°CDC O INVILUPPO	NOME CDC O INVILUPPO	TIPOLOGIA	GRUPPO	MOLT.MAX	MOLT.MIN
CDC ELEM. 33ST	Q1 COLONNA N°7 A	VAR.NON CONTEMP.	7	6.7	6.7
CDC ELEM. 35ST	Q1 COLONNA N°7 B	VAR.NON CONTEMP.	7	6.7	6.7
CDC ELEM. 57ST	Q1 COLONNA 7 POS N°1	VAR.NON CONTEMP.	7	1	1
CDC ELEM. 58ST	Q1 COLONNA 7 POS N°2	VAR.NON CONTEMP.	7	1	1
CDC ELEM. 59ST	Q1 COLONNA 7 POS N°3	VAR.NON CONTEMP.	7	1	1

Descrizione inviluppo "Q1 Colonna n°8":

N°CDC O INVILUPPO	NOME CDC O INVILUPPO	TIPOLOGIA	GRUPPO	MOLT.MAX	MOLT.MIN
CDC ELEM. 36ST	Q1 COLONNA N°8 A	VAR.NON CONTEMP.	8	6.7	6.7
CDC ELEM. 38ST	Q1 COLONNA N°8 B	VAR.NON CONTEMP.	8	6.7	6.7
CDC ELEM. 60ST	Q1 COLONNA 8 POS N°1	VAR.NON CONTEMP.	8	1	1

CDC ELEM. 61ST	Q1 COLONNA 8 POS N°2	VAR.NON CONTEMP.	8	1	1
CDC ELEM. 62ST	Q1 COLONNA 8 POS N°3	VAR.NON CONTEMP.	8	1	1

Descrizione inviluppo "Frenatura":

N°CDC O INVILUPPO	NOME CDC O INVILUPPO	TIPOLOGIA	GRUPPO	MOLT.MAX	MOLT.MIN
CDC ELEM. 63ST	FRENAMENTO COLONNA N° N°1	VAR.NON CONTEMP.	1	1	-1
CDC ELEM. 64ST	FRENAMENTO COLONNA N° N°2	VAR.NON CONTEMP.	1	1	-1
CDC ELEM. 65ST	FRENAMENTO COLONNA N° N°3	VAR.NON CONTEMP.	1	1	-1
CDC ELEM. 66ST	FRENAMENTO COLONNA N° N°4	VAR.NON CONTEMP.	1	1	-1
CDC ELEM. 67ST	FRENAMENTO COLONNA N° N°5	VAR.NON CONTEMP.	1	1	-1
CDC ELEM. 68ST	FRENAMENTO COLONNA N° N°6	VAR.NON CONTEMP.	1	1	-1
CDC ELEM. 69ST	FRENAMENTO COLONNA N° N°7	VAR.NON CONTEMP.	1	1	-1
CDC ELEM. 70ST	FRENAMENTO COLONNA N° N°8	VAR.NON CONTEMP.	1	1	-1

### 5.2.10 ANALISI MODALE

Di seguito sono descritti tutti i parametri utilizzati per l'analisi modale.

Metodo di calcolo utilizzato: LANCZOS

Matrici di Massa: CONSISTENT matrice di massa completa

Sequenza di STURM Abilitata

Moto Rigido consentito

Tolleranza per calcolo autovalori 0

Numero Massimo di iterazioni per il calcolo autovalori 24

L'analisi modale è stata svolta considerando il modello nella fase 3.

Di seguito sono indicati i periodi per ogni modo di vibrare estratto

N. MODO	PERIODO (SECONDI)						
1	0.391	40	0.02671	79	0.018319	118	0.013686
2	0.28349	41	0.026613	80	0.018117	119	0.013639
3	0.13428	42	0.026428	81	0.017788	120	0.013527
4	0.12875	43	0.026334	82	0.017498	121	0.013499
5	0.12473	44	0.025989	83	0.017493	122	0.0134
6	0.12082	45	0.025774	84	0.017487	123	0.013364
7	0.10435	46	0.025685	85	0.017462	124	0.013237
8	0.10038	47	0.02535	86	0.017436	125	0.013227
9	0.099767	48	0.025059	87	0.017436	126	0.013189
10	0.092897	49	0.024679	88	0.017419	127	0.013183
11	0.089716	50	0.024653	89	0.017337	128	0.012982
12	0.085803	51	0.024185	90	0.017239	129	0.012897
13	0.077341	52	0.023975	91	0.016844	130	0.012845
14	0.073367	53	0.023526	92	0.01683	131	0.012838
15	0.070426	54	0.023176	93	0.016497	132	0.012836
16	0.063414	55	0.022935	94	0.016375	133	0.012762
17	0.059449	56	0.022517	95	0.016201	134	0.012672
18	0.058091	57	0.0225	96	0.01587	135	0.012662
19	0.052863	58	0.022478	97	0.015868	136	0.012652
20	0.048905	59	0.022255	98	0.015769	137	0.012645
21	0.048472	60	0.021742	99	0.015756	138	0.012638
22	0.044658	61	0.02146	100	0.015714	139	0.012627
23	0.040925	62	0.021342	101	0.01537	140	0.012583
24	0.038079	63	0.021093	102	0.01526	141	0.012483
25	0.035267	64	0.020913	103	0.015237	142	0.012446
26	0.034867	65	0.020864	104	0.014913	143	0.012426
27	0.033966	66	0.020547	105	0.014774	144	0.012224
28	0.033021	67	0.020479	106	0.014662	145	0.012216
29	0.03269	68	0.020399	107	0.014514	146	0.01211
30	0.030334	69	0.020334	108	0.014416	147	0.012098
31	0.030165	70	0.019869	109	0.014369	148	0.01205
32	0.029404	71	0.019549	110	0.014275	149	0.012027
33	0.028832	72	0.019392	111	0.014274	150	0.012003
34	0.0285	73	0.019227	112	0.014199		
35	0.028301	74	0.019219	113	0.014143		
36	0.027861	75	0.018575	114	0.014091		
37	0.027751	76	0.018527	115	0.013952		
38	0.026968	77	0.01847	116	0.013837		
39	0.026865	78	0.018397	117	0.013738		

### 5.2.11 ANALISI SISMICA

Di seguito vengono indicati i parametri dell'analisi sismica.

Parametri del DM 14/01/2008:

Categoria suolo di fondazione: A

Categoria Topografica: T1

Coeff.smorzam.equivalente  $\xi$ : 5

Fattore di struttura  $q_x, q_y$  per sismi in dir.x e y (orizzontali) e  $q_z$  (verticali): 1, 1, 1

Classe di duttilità: Bassa

Percentuale eccentricità accidentale centro di massa: 0

#### Fattore di Struttura per Sisma in Direzione X

Il fattore di struttura  $q_x$  è stato calcolato secondo il par.7.3.1 e 7.4.3.2 del DM 2008 per edifici con struttura in cemento armato.

Il valore di  $q_x$  è stato imposto a  $q_x = 1$ .

#### Fattore di Struttura per Sisma in Direzione Y

Il fattore di struttura  $q_y$  è stato calcolato secondo il par.7.3.1 e 7.4.3.2 del DM 2008 per edifici con struttura in cemento armato.

Il valore di  $q_y$  è stato imposto a  $q_y = 1$ .

#### Fase di appartenenza dell'Analisi Sismica

L'analisi sismica è stata svolta considerando il modello nella fase 3.

#### Condizioni Sismiche Dinamiche

La presente analisi numerica prevede l'esame delle condizioni di carico sismiche corrispondenti alle seguenti tipologie di azioni indicate in tabella:

CdC = numero della condizione di carico dinamica

Lancio = ad ogni lancio corrisponde una distribuzione delle masse differente; tutte le CdC di tipo sismico statico equivalente sono analizzate in un unico lancio statico del solutore, mentre per le CdC dinamiche ad ogni lancio corrisponde un lancio dinamico del solutore.

Nome = nome della CdC dinamica

Tipo = indica la direzione ed eventualmente il tipo di CdC sismica

SottoTipo: indica il tipo di stato limite:

SLO, SLD, SLV, SLC sono gli stati limite del par.3.2.1 DM 14/01/2008

SLD 2/3 è lo spettro di risposta con  $\eta=2/3$  per le verifiche di resistenza a SLU (combinaz.eceez.) secondo il par.7.3.7.1 DM 14/01/2008

Spettro di risposta = definisce il coefficiente di risposta in funzione del periodo

$a_g/g$  = questo valore indica l'accelerazione di picco del suolo, espressa in  $g = 9.80665 \text{ m/s}^2$

$D_y$  = indica che si tratta di una CdC dinamica

Molt.X , Molt.Y , Molt.Z: moltiplicatori per applicare lo spettro di risposta alle varie direzioni.

CDC	LANCIO	NOME	TIPO	SPETTRO DI RISPOSTA	AG/G	MOLT.X	MOLT.Y	MOLT.Z
1	1	SISMA SLV Z	SISMA SLV Z(DY)	~DM 14/1/2008 SLV Z	0.2552	0	0	-1
SOTTOTIPO: SLV								

#### Parametri per Calcolo Spettri di Risposta

Per il calcolo degli spettri di risposta secondo il par.3.2 del DM 14/01/2008 sono stati utilizzati i seguenti parametri, ove:

$P_{VR}$  = probabilità di superamento nel periodo di ritorno

$T_R$  = periodo di ritorno

$a_g/g$  = accelerazione orizzontale massima del suolo

$F_0$  = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale

$T_{c^*}$  = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale

Collocazione del sito: Longitudine =  $10.9083^\circ$ , Latitudine =  $45.4067^\circ$

#### **SLO:**

$P_{VR}=81\%$ ,  $T_R= 120$  anni,  $a_g/g = 0.0848$  sec,  $F_0 = 2.4523$ ,  $T_{c^*}= 0.26$  sec

#### **SLD:**

$P_{VR}=63\%$ ,  $T_R= 201$  anni,  $a_g/g = 0.1082$  sec,  $F_0 = 2.4156$ ,  $T_{c^*}= 0.27$  sec

#### **SLV:**

$P_{VR}=10\%$ ,  $T_R= 1898$  anni,  $a_g/g = 0.2552$  sec,  $F_0 = 2.4053$ ,  $T_{c^*}= 0.2871$  sec

#### Spettri di Risposta Utilizzati

--- Spettro per Punti ~DM 14/1/2008 SLV Z

PUNTO	PERIODO (SECONDI)	ACCELERAZIONE NORMALIZZATA
1	0	0.682
2	0.05	1.64
3	0.15	1.64
4	0.35	0.703
5	0.55	0.447
6	0.75	0.328
7	0.95	0.259
8	1	0.246
9	1.2	0.2
10	1.4	0.2
11	1.6	0.2
12	1.8	0.2
13	2	0.2
14	2.2	0.2
15	2.4	0.2
16	2.6	0.2
17	2.8	0.2

PUNTO	PERIODO (SECONDI)	ACCELERAZIONE NORMALIZZATA
18	3	0.2
19	3.2	0.2
20	3.4	0.2
21	3.6	0.2
22	3.8	0.2
23	4	0.2

#### Moltiplicatori Calcolo Automatico Masse

Di seguito sono elencati i moltiplicatori delle CdC elementari per il calcolo automatico delle masse:

CdC = n. Condizione di Carico Elementare

Coeff.SLE = moltiplicatori per lo Stato Limite d'Esercizio

Coeff.SLU = moltiplicatori per lo Stato Limite Ultimo

X, Y, Z = coefficienti di direzionalità

CDC	COEFF.SLE	COEFF.SLU	X	Y	Z
1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	1	1
5	1	1	1	1	1

#### **5.2.11.1 Analisi Dinamica**

Metodo di combinazione modale:

- CQC nel calcolo della risposta sismica, i contributi derivanti dai singoli modi sono combinati tenendo conto del segno delle singole componenti modali. La generica componente  $U_i$  delle risposta sismica è data da una combinazione quadratica delle componenti  $U_{ij}$  ( $j=1, N.modi$ ) in cui i coefficienti di combinazione fra due modi distinti dipendono dai coefficienti di smorzamento dei due modi e dal rapporto fra le due frequenze. Se non vengono assegnati smorzamenti modali, i risultati forniti da questo metodo coincidono con quelli del metodo RMS.

#### Masse Movimentate

La massa movimentata è calcolata in percentuale sulla massa totale applicata ai gradi di libertà dei nodi non vincolati.

A seguito sono descritte le percentuali di masse movimentate:

N. MODO	PERIODO (SEC.)	TOT. X %	PARZ. X %	TOT. Y %	PARZ. Y %	TOT. Z %	PARZ. Z %
1	0.391	0.000	0.000	44.159	44.159	0.000	0.000
2	0.28349	0.000	0.000	73.163	29.004	0.000	0.000
3	0.13428	0.289	0.289	73.163	0.000	0.000	0.000
4	0.12875	10.606	10.317	73.163	0.000	0.051	0.051
5	0.12473	10.619	0.013	73.176	0.013	52.343	52.292
6	0.12082	11.109	0.490	73.176	0.000	52.343	0.000
7	0.10435	11.109	0.000	73.176	0.000	54.176	1.833
8	0.10038	18.699	7.590	73.176	0.000	54.176	0.000
9	0.099767	18.699	0.000	73.176	0.000	54.176	0.000
10	0.092897	22.783	4.084	73.176	0.000	54.186	0.010
11	0.089716	22.783	0.000	73.188	0.013	94.228	40.042
12	0.085803	22.783	0.000	73.188	0.000	99.523	5.295
13	0.077341	22.909	0.126	73.188	0.000	99.523	0.000
14	0.073367	23.010	0.101	73.188	0.000	99.523	0.000
15	0.070426	23.010	0.000	73.188	0.000	99.544	0.020
16	0.063414	23.035	0.025	73.188	0.000	99.544	0.000
17	0.059449	23.035	0.000	73.188	0.000	99.544	0.000
18	0.058091	23.035	0.000	73.188	0.000	99.544	0.000
19	0.052863	23.047	0.013	73.188	0.000	99.544	0.000
20	0.048905	23.047	0.000	73.188	0.000	99.544	0.000
21	0.048472	23.047	0.000	73.188	0.000	99.544	0.000
22	0.044658	23.060	0.013	73.188	0.000	99.544	0.000
23	0.040925	23.060	0.000	73.188	0.000	99.544	0.000
24	0.038079	23.072	0.013	73.188	0.000	99.544	0.000
25	0.035267	23.072	0.000	73.188	0.000	99.544	0.000
26	0.034867	23.072	0.000	73.188	0.000	99.544	0.000
27	0.033966	23.286	0.214	73.188	0.000	99.544	0.000
28	0.033021	23.286	0.000	73.188	0.000	99.544	0.000
29	0.03269	23.311	0.025	73.188	0.000	99.544	0.000
30	0.030334	23.839	0.528	73.188	0.000	99.544	0.000
31	0.030165	23.839	0.000	73.188	0.000	99.544	0.000
32	0.029404	23.839	0.000	73.201	0.013	99.544	0.000
33	0.028832	24.040	0.201	73.201	0.000	99.544	0.000
34	0.0285	24.040	0.000	73.213	0.013	99.544	0.000
35	0.028301	26.390	2.350	73.213	0.000	99.544	0.000
36	0.027861	48.382	21.992	73.213	0.000	99.544	0.000
37	0.027751	52.818	4.436	73.213	0.000	99.544	0.000
38	0.026968	52.818	0.000	74.005	0.792	99.635	0.092
39	0.026865	52.818	0.000	74.030	0.025	99.829	0.193
40	0.02671	53.132	0.314	74.030	0.000	99.829	0.000
41	0.026613	53.132	0.000	74.457	0.427	99.941	0.112
42	0.026428	56.022	2.890	74.457	0.000	99.941	0.000
43	0.026334	56.022	0.000	74.457	0.000	99.941	0.000
44	0.025989	56.022	0.000	74.457	0.000	99.961	0.020
45	0.025774	56.022	0.000	74.495	0.038	99.961	0.000
46	0.025685	56.047	0.025	74.495	0.000	99.961	0.000
47	0.02535	56.186	0.138	74.495	0.000	99.961	0.000
48	0.025059	57.367	1.181	74.495	0.000	99.961	0.000
49	0.024679	57.367	0.000	74.495	0.000	99.961	0.000
50	0.024653	57.505	0.138	74.495	0.000	99.961	0.000
51	0.024185	57.505	0.000	74.495	0.000	99.961	0.000
52	0.023975	57.505	0.000	74.508	0.013	99.961	0.000
53	0.023526	57.518	0.013	74.508	0.000	99.961	0.000
54	0.023176	57.518	0.000	74.508	0.000	99.961	0.000
55	0.022935	57.694	0.176	74.508	0.000	99.961	0.000
56	0.022517	57.694	0.000	74.508	0.000	99.961	0.000
57	0.0225	57.744	0.050	74.508	0.000	99.961	0.000
58	0.022478	57.744	0.000	74.508	0.000	99.961	0.000
59	0.022255	57.756	0.013	74.508	0.000	99.961	0.000
60	0.021742	57.807	0.050	74.508	0.000	99.961	0.000
61	0.02146	57.807	0.000	74.508	0.000	99.961	0.000
62	0.021342	57.807	0.000	74.583	0.075	99.961	0.000
63	0.021093	57.807	0.000	76.594	2.011	99.961	0.000
64	0.020913	57.807	0.000	76.594	0.000	99.961	0.000
65	0.020864	57.807	0.000	76.657	0.063	99.961	0.000
66	0.020547	57.807	0.000	76.707	0.050	99.961	0.000
67	0.020479	57.807	0.000	76.707	0.000	99.961	0.000
68	0.020399	57.807	0.000	76.707	0.000	99.961	0.000

69	0.020334	58.598	0.792	76.707	0.000	99.961	0.000
70	0.019869	58.598	0.000	76.707	0.000	99.961	0.000
71	0.019549	58.598	0.000	76.707	0.000	99.961	0.000
72	0.019392	58.825	0.226	76.707	0.000	99.961	0.000
73	0.019227	58.825	0.000	76.707	0.000	99.961	0.000
74	0.019219	58.825	0.000	76.707	0.000	99.961	0.000
75	0.018575	63.537	4.712	76.707	0.000	99.961	0.000
76	0.018527	63.575	0.038	76.707	0.000	99.961	0.000
77	0.01847	63.638	0.063	76.707	0.000	99.961	0.000
78	0.018397	63.638	0.000	77.989	1.282	99.961	0.000
79	0.018319	63.650	0.013	77.989	0.000	99.961	0.000
80	0.018117	63.726	0.075	77.989	0.000	99.961	0.000
81	0.017788	63.738	0.013	77.989	0.000	99.961	0.000
82	0.017498	65.384	1.646	77.989	0.000	99.961	0.000
83	0.017493	65.384	0.000	77.989	0.000	99.961	0.000
84	0.017487	65.384	0.000	77.989	0.000	99.961	0.000
85	0.017462	65.384	0.000	77.989	0.000	99.961	0.000
86	0.017436	65.397	0.013	77.989	0.000	99.961	0.000
87	0.017436	65.397	0.000	77.989	0.000	99.961	0.000
88	0.017419	65.749	0.352	77.989	0.000	99.961	0.000
89	0.017337	65.900	0.151	77.989	0.000	99.961	0.000
90	0.017239	65.900	0.000	77.989	0.000	99.961	0.000
91	0.016844	76.028	10.129	77.989	0.000	99.961	0.000
92	0.01683	76.380	0.352	77.989	0.000	99.961	0.000
93	0.016497	76.380	0.000	77.989	0.000	99.961	0.000
94	0.016375	76.380	0.000	77.989	0.000	99.961	0.000
95	0.016201	76.393	0.013	77.989	0.000	99.961	0.000
96	0.01587	76.393	0.000	77.989	0.000	99.961	0.000
97	0.015868	76.405	0.013	77.989	0.000	99.961	0.000
98	0.015769	76.694	0.289	77.989	0.000	99.961	0.000
99	0.015756	76.719	0.025	77.989	0.000	99.961	0.000
100	0.015714	76.719	0.000	77.989	0.000	99.961	0.000
101	0.01537	76.719	0.000	77.989	0.000	99.961	0.000
102	0.01526	77.310	0.591	77.989	0.000	99.961	0.000
103	0.015237	77.323	0.013	77.989	0.000	99.961	0.000
104	0.014913	77.323	0.000	77.989	0.000	99.961	0.000
105	0.014774	77.323	0.000	77.989	0.000	99.961	0.000
106	0.014662	79.673	2.350	77.989	0.000	99.961	0.000
107	0.014514	79.673	0.000	77.989	0.000	99.961	0.000
108	0.014416	79.823	0.151	77.989	0.000	99.961	0.000
109	0.014369	79.861	0.038	77.989	0.000	99.961	0.000
110	0.014275	79.861	0.000	77.989	0.000	99.961	0.000
111	0.014274	79.861	0.000	77.989	0.000	99.961	0.000
112	0.014199	79.861	0.000	78.265	0.276	99.961	0.000
113	0.014143	79.861	0.000	78.667	0.402	99.961	0.000
114	0.014091	79.861	0.000	78.680	0.013	99.961	0.000
115	0.013952	80.200	0.339	78.680	0.000	99.961	0.000
116	0.013837	80.477	0.276	78.680	0.000	99.961	0.000
117	0.013738	80.477	0.000	78.730	0.050	99.961	0.000
118	0.013686	80.477	0.000	78.919	0.188	99.961	0.000
119	0.013639	80.477	0.000	79.082	0.163	99.961	0.000
120	0.013527	80.552	0.075	79.082	0.000	99.961	0.000
121	0.013499	81.118	0.565	79.082	0.000	99.961	0.000
122	0.0134	81.118	0.000	79.082	0.000	99.961	0.000
123	0.013364	81.143	0.025	79.082	0.000	99.961	0.000
124	0.013237	81.155	0.013	79.082	0.000	99.961	0.000
125	0.013227	81.507	0.352	79.082	0.000	99.961	0.000
126	0.013189	81.507	0.000	79.095	0.013	99.961	0.000
127	0.013183	81.746	0.239	79.095	0.000	99.961	0.000
128	0.012982	81.746	0.000	79.095	0.000	99.961	0.000
129	0.012897	81.746	0.000	79.107	0.013	99.961	0.000
130	0.012845	81.796	0.050	79.107	0.000	99.961	0.000
131	0.012838	81.796	0.000	79.107	0.000	99.961	0.000
132	0.012836	81.796	0.000	79.107	0.000	99.961	0.000
133	0.012762	81.796	0.000	80.339	1.232	99.961	0.000
134	0.012672	81.796	0.000	82.374	2.036	99.961	0.000
135	0.012662	82.073	0.276	82.374	0.000	99.961	0.000
136	0.012652	82.073	0.000	82.374	0.000	99.961	0.000
137	0.012645	82.073	0.000	82.374	0.000	99.961	0.000
138	0.012638	82.073	0.000	82.450	0.075	99.961	0.000

139	0.012627	82.073	0.000	83.040	0.591	99.961	0.000
140	0.012583	82.890	0.817	83.040	0.000	99.961	0.000
141	0.012483	83.103	0.214	83.040	0.000	99.961	0.000
142	0.012446	83.116	0.013	83.040	0.000	99.961	0.000
143	0.012426	83.116	0.000	83.141	0.101	99.961	0.000
144	0.012224	83.430	0.314	83.141	0.000	99.961	0.000
145	0.012216	83.468	0.038	83.141	0.000	99.961	0.000
146	0.012111	83.493	0.025	83.141	0.000	99.961	0.000
147	0.012098	85.543	2.050	83.141	0.000	99.961	0.000
148	0.01205	85.593	0.050	83.141	0.000	99.961	0.000
149	0.012027	85.593	0.000	86.191	3.050	99.961	0.000
150	0.012003	85.593	0.000	86.229	0.038	99.961	0.000

Autovalori

Di seguito sono indicati gli autovalori trovati:

Lancio n°1:

numero autovalori: 150

N°	AUTOVALORE	N°	AUTOVALORE	N°	AUTOVALORE	N°	AUTOVALORE
1	258.233	40	55338.5	79	117645	118	210778
2	491.233	41	55741.2	80	120280	119	212213
3	2189.33	42	56523.8	81	124764	120	215742
4	2381.59	43	56929.7	82	128935	121	216665
5	2537.46	44	58450.5	83	129008	122	219853
6	2704.66	45	59430.9	84	129094	123	221046
7	3625.38	46	59843.5	85	129465	124	225318
8	3917.78	47	61432.6	86	129852	125	225668
9	3966.34	48	62869.9	87	129852	126	226942
10	4574.65	49	64819.6	88	130117	127	227150
11	4904.76	50	64958.7	89	131343	128	234258
12	5362.36	51	67492.4	90	132845	129	237329
13	6600	52	68679.5	91	139138	130	239281
14	7334.27	53	71328.3	92	139370	131	239519
15	7959.73	54	73496.1	93	145062	132	239610
16	9817.17	55	75053.1	94	147222	133	242379
17	11170.3	56	77863.8	95	150401	134	245861
18	11698.8	57	77979.3	96	156758	135	246225
19	14127.2	58	78131.7	97	156784	136	246618
20	16506.3	59	79707.4	98	158763	137	246908
21	16802.5	60	83512.9	99	159030	138	247160
22	19794.9	61	85724.9	100	159870	139	247590
23	23571.5	62	86671.9	101	167121	140	249337
24	27226.5	63	88732.4	102	169529	141	253369
25	31742	64	90269.1	103	170040	142	254866
26	32474.4	65	90687.4	104	177505	143	255683
27	34218.6	66	93511.3	105	180858	144	264198
28	36205.3	67	94132.6	106	183649	145	264540
29	36943.8	68	94874.3	107	187418	146	269189
30	42904.8	69	95479.9	108	189951	147	269724
31	43387	70	99999.3	109	191204	148	271880
32	45662.3	71	103302	110	193742	149	272918
33	47490.1	72	104981	111	193767	150	274027
34	48604.7	73	106795	112	195822		
35	49290.2	74	106879	113	197356		
36	50859.5	75	114424	114	198826		
37	51263	76	115011	115	202820		
38	54281.8	77	115720	116	206207		
39	54699.9	78	116643	117	209190		

Periodi Spettri utilizzati nelle Verifiche

Nell'esecuzione delle verifiche, qual'ora queste li richiedano, i periodi degli spettri utilizzati sono, in secondi:

Periodi fondam.  $T_{1x}$ ,  $T_{1y}$ ,  $T_{1z}$  (per sisma in dir.x,y,z): 0.027861, 0.391, 0.12473

Periodo  $T_c$  per sismi x,y: 0.2871

Periodo  $T_c$  per sismi z: 0.15

### 5.3 VERIFICA DEGLI ELEMENTI

#### 5.3.1 VERIFICA DEI MICROPALI

Di seguito si riportano le sollecitazioni più significative per le Combinazioni di carico risultate più critiche. Si prevede una lunghezza dei micropali di fondazione pari a:

$$L = 20.00m$$

Involuppi considerati:

- GEO Carreggiata Unica
- GEO comb.n°4 Sisma

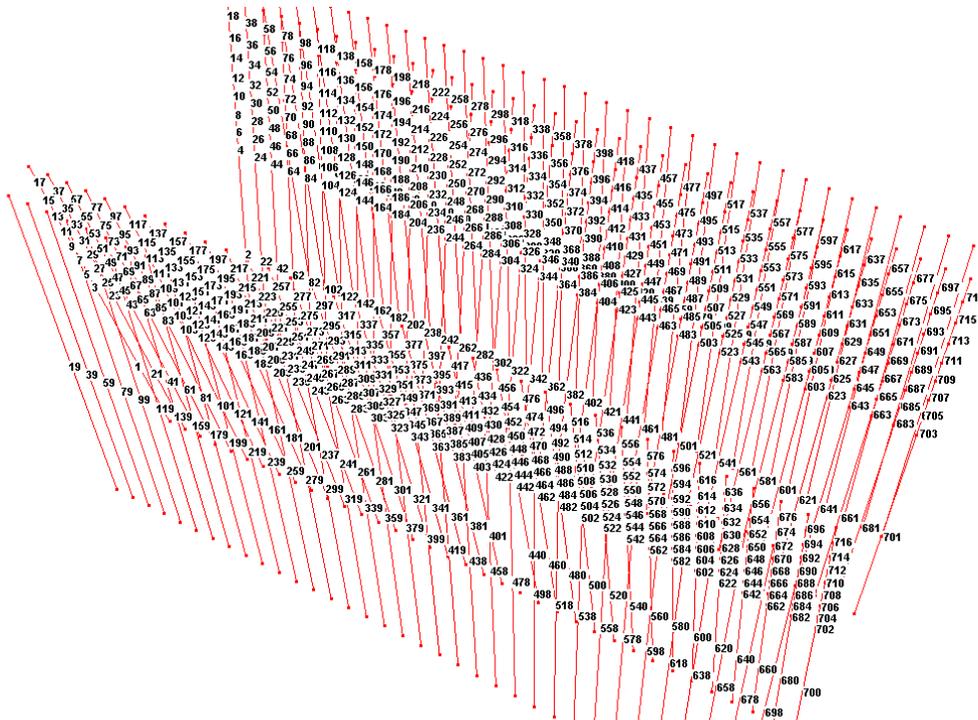


Figura 5.48 Numerazione elementi beam che costituiscono i micropali

#### 5.3.1.1 Verifiche di resistenza dei micropali

##### 5.3.1.1.1 Verifiche T.A.-S.L.E.micropali

A seguito verranno indicate le verifiche più gravose per ogni elemento beam-truss

Significato dei parametri:

Mat: indica il numero del materiale a cui la verifica fa riferimento

Ver: indica la condizione di carico elementare di appartenenza delle

sollecitazioni di verifica. Se la verifica è stata generata da un involuppo assume il seguente significato:

- 1 involuppo che determina lo sforzo normale massimo negativo
- 2 involuppo che determina lo sforzo normale massimo positivo
- 3 involuppo che determina il taglio 1-2 massimo negativo
- 4 involuppo che determina il taglio 1-2 massimo positivo
- 5 involuppo che determina il taglio 1-3 massimo negativo
- 6 involuppo che determina il taglio 1-3 massimo positivo
- 7 involuppo che determina il momento torcente massimo negativo
- 8 involuppo che determina il momento torcente massimo positivo
- 9 involuppo che determina il momento flettente 1-2 massimo negativo
- 10 involuppo che determina il momento flettente 1-2 massimo positivo
- 11 involuppo che determina il momento flettente 1-3 massimo negativo
- 12 involuppo che determina il momento flettente 1-3 massimo positivo
- 17 involuppo che determina S1 massimo negativo
- 18 involuppo che determina S1 massimo positivo
- 19 involuppo che determina S2 massimo negativo
- 20 involuppo che determina S2 massimo positivo
- 21 involuppo che determina S3 massimo negativo
- 22 involuppo che determina S3 massimo positivo
- 23 involuppo che determina S4 massimo negativo
- 24 involuppo che determina S4 massimo positivo

I simboli S1,S2,S3,S4 indicano la sigma combinata e si riferiscono al calcolo della sigma ideale valutata con la formula (sigma positiva indica trazione)

$$\sigma_{id} = \frac{N}{A} \pm \frac{M_{12}}{W_{12}} \pm \frac{M_{13}}{W_{13}}$$

(W sono i moduli di resistenza) sui quattro spigoli del rettangolo circoscritto alla sezione base dell'asta.

Dist: indica la distanza dal punto di inizio beam della sezione verificata

Sollecitazioni di verifica:

N = sforzo normale agente in direzione dell'asse locale 1

V12, V13 = tagli agenti in direzione 2 e 3

M12, M13 = momenti agenti nei piani 12 e 13

MT = momento torcente

ArmNM= indica il tratto di armatura interessato dalla verifica a pressoflessione deviata, seguito dalla posizione delle barre al positivo e al negativo; le verifiche vengono svolte con le posizioni inferiori o uguali alle posizioni al positivo e maggiori o uguali al negativo.

ArmT = indica il tratto di armatura interessato dalla verifica a taglio, seguito dal numero del tratto di staffatura

ArmNMT=indica il tratto di armatura interessato dalla verifica a pressoflessione deviata e taglio, seguito dalla posizione delle barre al positivo, al negativo e dal tratto di staffatura

d2, d3 = altezze utili per verifiche a taglio agente in direzione 2 e 3

bw2, bw3 = larghezze utili per verifiche a taglio agente in direzione 2 e 3

nst2, nst3 = numero braccia utili per le verifiche a taglio V12 e V13 agenti in direzione 2 e 3 rispettivamente.

corr. = armatura longitudinale corrente

Pos = posizione delle barre longitudinali di armatura

$\sigma_{max}$ ,  $\sigma_{min}$ : indicano le tensioni massime ottenute dalla verifica a tenso-pressoflessione deviata

CoeffV12, CoeffV13: indicano i coefficienti di sfruttamento a taglio in direzione 2 e 3. CoeffV12 è dato dal rapporto tra il taglio di calcolo V12 agente in direzione 2 e la resistenza a taglio Vr12 in direzione 2.

All'inizio di una riga, nelle tabelle con i risultati delle verifiche, possono comparire i seguenti simboli:

VT = verifica a taglio a Tensioni Ammissibili

VF = verifica di formazione delle fessure:  $\sigma_{max}$  è la massima tensione di trazione (su sezione non fessurata) del materiale di calcestruzzo con ID pari a MatCls. Vengono riportati solo i valori di trazione delle tensioni (se presenti).

VD = verifica di decompressione:  $\sigma_{max}$  è la massima tensione di trazione (su sezione non fessurata) del materiale di calcestruzzo con ID pari a MatCls. Vengono riportati solo i valori di trazione delle tensioni (se presenti).

VA = verifica di apertura delle fessure: w è l'apertura della fessura. Il gruppo di esigenza ed il valore ammissibile utilizzati sono quelli del materiale di riferimento della sottosezione (armatura), ed il tipo di armatura (sensibile/poco sensibile) è quello del materiale delle barre di armatura della sottosezione (se è presente almeno una barra sensibile viene considerata questa come tipo di armatura nella verifica). Nella colonna IDc/TArm, IDc è l'ID del materiale calcestruzzo di riferimento della sottosezione, TArm è il tipo di armatura utilizzato nella verifica di apertura delle fessure (0 = armatura sensibile, 1 = armatura poco sensibile);

Un asterisco a fianco di un record individua le verifiche non soddisfatte

**Tensioni ammissibili a trazione e compressione dei materiali impiegati:**

ID MATERIALE	NOME MATERIALE	SIGMA AMM. TRAZIONE (daN/cm <sup>2</sup> )	SIGMA AMM. COMPRESSIONE (daN/cm <sup>2</sup> )
n.10	Fe 510	2840	-
n.17	Cls C20/25	0	120

Unità di misura lunghezze: m  
Unità di misura sforzi Normali e Tagli: daN  
Unità di misura dei Momenti: daNm  
Unità di misura delle Tensioni: daN/cm<sup>2</sup>

Beam n.239 - Sezione "MicroP"

Coord.punto di applicazione sforzo N (piano locale 2-3): 0 m; 0 m

Riepilogo tratti di armatura sull'asta:

Sezione Base fino a fine asta

**Verifiche a tenso-presso flessione deviata:**

Fs	Mat	Ver	Dist (m)	N (daN)	M12 (daNm)	M13 (daNm)	ArmNM	$\sigma_{max}$ (daN/cm <sup>2</sup> )	$\sigma_{min}$ (daN/cm <sup>2</sup> )
3	10	1	1.00	-22278.52	8.97	-3437.66	0 (0,0)	1671.42	-1104.30
3	10	2	1.00	117.43	-5.52	3575.90	0 (0,0)	2598.52	-924.99

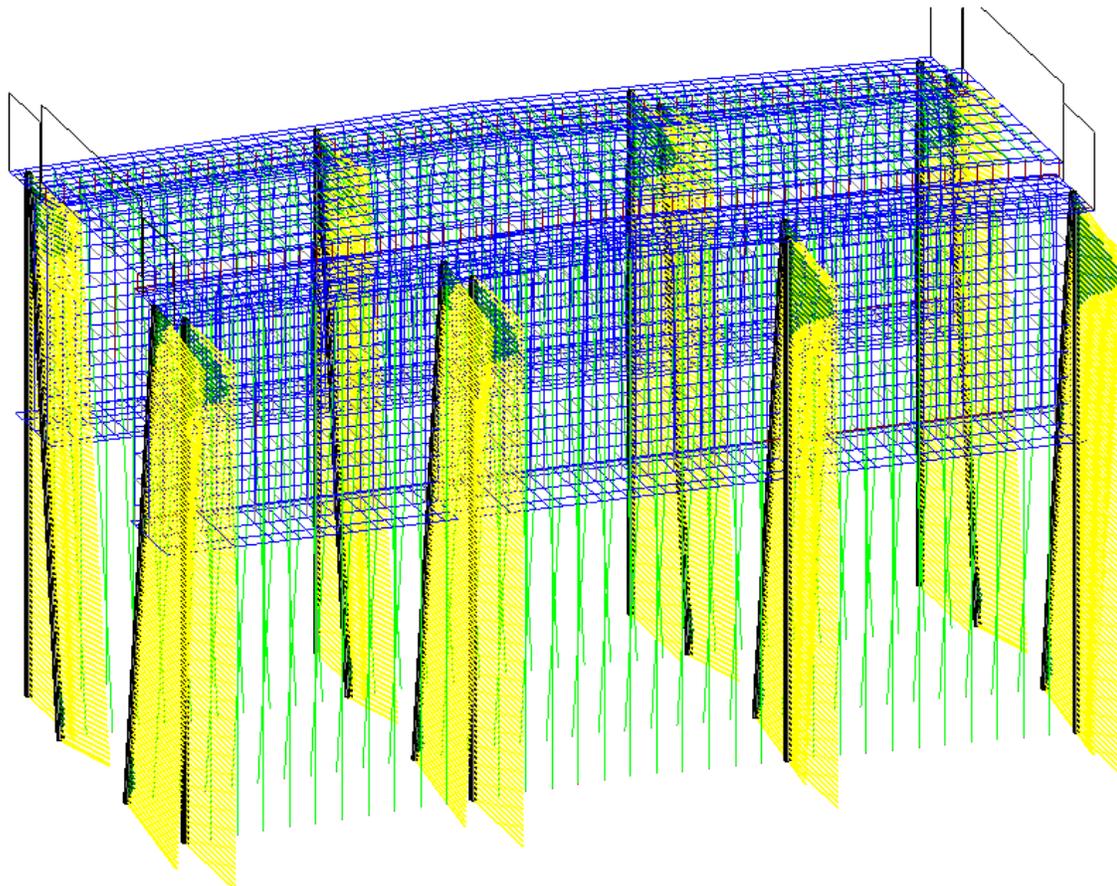


Figura 5.49 Verifiche TA sui micropali

### 5.3.1.1.2 Verifiche S.L.U. micropali

Significato dei parametri:

Ver: assume il seguente significato:

- 1 inviluppo che determina lo sforzo normale massimo negativo
- 2 inviluppo che determina lo sforzo normale massimo positivo
- 3 inviluppo che determina il taglio 1-2 massimo negativo
- 4 inviluppo che determina il taglio 1-2 massimo positivo
- 5 inviluppo che determina il taglio 1-3 massimo negativo
- 6 inviluppo che determina il taglio 1-3 massimo positivo
- 7 inviluppo che determina il momento torcente massimo negativo
- 8 inviluppo che determina il momento torcente massimo positivo
- 9 inviluppo che determina il momento flettente 1-2 massimo negativo
- 10 inviluppo che determina il momento flettente 1-2 massimo positivo
- 11 inviluppo che determina il momento flettente 1-3 massimo negativo
- 12 inviluppo che determina il momento flettente 1-3 massimo positivo
- 17 inviluppo che determina S1 massimo negativo
- 18 inviluppo che determina S1 massimo positivo
- 19 inviluppo che determina S2 massimo negativo
- 20 inviluppo che determina S2 massimo positivo
- 21 inviluppo che determina S3 massimo negativo
- 22 inviluppo che determina S3 massimo positivo
- 23 inviluppo che determina S4 massimo negativo
- 24 inviluppo che determina S4 massimo positivo

I simboli S1,S2,S3,S4 indicano la sigma combinata e si riferiscono al calcolo della sigma ideale valutata con la formula (sigma positiva indica trazione)

$$\sigma_{id} = \frac{N}{A} \pm \frac{M_{12}}{W_{12}} \pm \frac{M_{13}}{W_{13}}$$

(W sono i moduli di resistenza) sui quattro spigoli del rettangolo circoscritto alla sezione base dell'asta.

Dist: indica la distanza dal punto di inizio beam della sezione verificata

Sollecitazioni di verifica:

N = sforzo normale agente in direzione dell'asse locale 1

V12, V13 = tagli agenti in direzione 2 e 3

M12, M13 = momenti agenti nei piani 12 e 13

MT = momento torcente

ArmNM= indica il tratto di armatura interessato dalla verifica a pressoflessione deviata, seguito dalla posizione delle barre al positivo e al negativo; le verifiche vengono svolte con le posizioni inferiori o uguali alle posizioni al positivo e maggiori o uguali al negativo.

ArmT = indica il tratto di armatura interessato dalla verifica a taglio, seguito dal numero del tratto di staffatura

ArmNMT=indica il tratto di armatura interessato dalla verifica a pressoflessione deviata e taglio, seguito dalla posizione delle barre al positivo, al negativo e dal tratto di staffatura

d2, d3 = altezze utili per verifiche a taglio agente in direzione 2 e 3

bw2, bw3 = larghezze utili per verifiche a taglio agente in direzione 2 e 3

n<sub>st2</sub>, n<sub>st3</sub> = numero braccia utili per le verifiche a taglio V12 e V13 agenti in direzione 2 e 3 rispettivamente.

corr. = armatura longitudinale corrente

Pos = posizione delle barre longitudinali di armatura

CoeffMN: indica il coefficiente di sfruttamento a flessione e sforzo normale; data la terna di sollecitazione N, M12, M13 si definisce coefficiente di sfruttamento il seguente rapporto (con il pedice "r" sono indicati i valori di resistenza ultimi):

$$\text{CoeffMN} = \frac{N}{N_r} = \frac{M_{12}}{M_{r12}} = \frac{M_{13}}{M_{r13}}$$

CoeffV12, CoeffV13: indicano i coefficienti di sfruttamento a taglio in direzione 2 e 3. CoeffV12 è dato dal rapporto tra il taglio di calcolo V12 agente in direzione 2 e la resistenza a taglio Vr12 in direzione 2. Analogo discorso vale per CoeffV13. Vr12 e Vr13 sono calcolati secondo il par.4.1.2.1.3 DM 14/01/2008. Per i parametri non indicati in questo paragrafo si veda i parametri delle verifiche a taglio nelle caratteristiche dei materiali.

Tipo: questa colonna contiene eventualmente indicazioni sul tipo di verifica

Un asterisco a fianco di un record individua le verifiche non soddisfatte (CoeffMN>1, CoeffV12>1 e CoeffV13>1).

Per le verifiche a pressoflessione sui pilastri in c.a. in zona sismica si applicano le limitazioni alle sollecitazioni di compressione indicate al paragrafo 7.4.4.2.2.1 DM2008.

**Resistenza di calcolo a trazione e compressione per SLU:**

ID MATERIALE	NOME MATERIALE	FD A TRAZIONE (DAN/CM <sup>2</sup> )	FD A COMPRESIONE (DAN/CM <sup>2</sup> )
N.10	FE 510	3380.95	3380.95
N.17	CLS C20/25	0	113.333

Unità di misura lunghezze: m  
Unità di misura sforzi Normali e Tagli: daN  
Unità di misura dei Momenti: daNm  
Unità di misura delle Tensioni: daN/cm<sup>2</sup>

Beam n.701 - Sezione "MicroP"

Coord.punto di applicazione sforzo N (piano locale 2-3): 6.5769e-019 m; -1.888e-018 m

Riepilogo tratti di armatura sull'asta:

Sezione Base fino a fine asta

Descrizione Armatura Sezione Base:

Armatura longitudinale:

$d_2 = 0$  cm,  $b_{w2} = 0$  cm,  $d_3 = 0$  cm,  $b_{w3} = 0$  cm

Armatura trasversale tratto di staffatura n°1:

staffe tutte non strutturali

Ver	Dist (m)	N (daN)	M12 (daNm)	M13 (daNm)	V12 (daN)	V13 (daN)	ArmNMT
	CoeffMN	CoeffV12	CoeffV13	Tipo			
<b>Massimo CoeffMN:</b>							
1	11.87	-19477.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0 (0,0,0)
	0.5844	0.0000	0.0000				

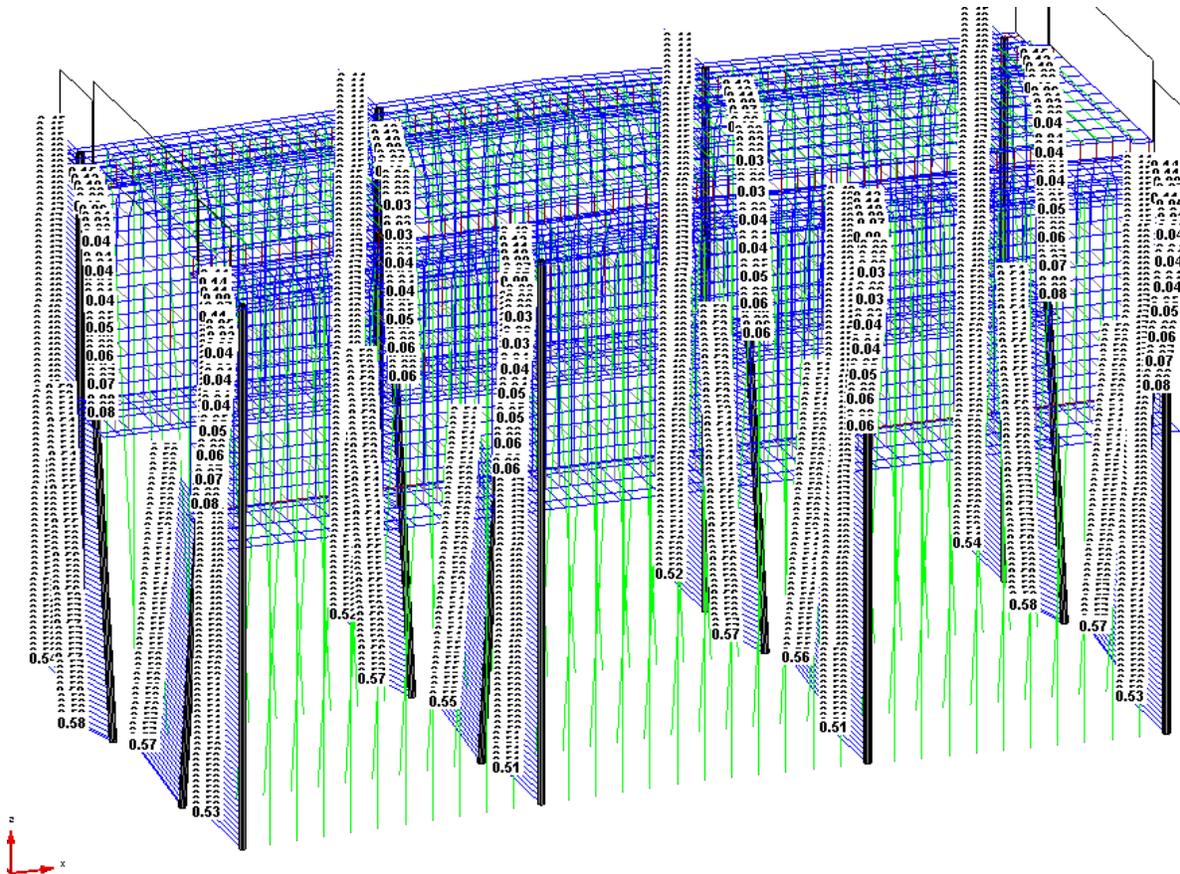


Figura 5.50 Verifiche SLU sui micropali

5.3.1.1.3 Verifiche S.L.U. micropali a Taglio

La massima resistenza al taglio di un tubolare in acciaio risulta dato dalla formula:

$$V_{c,Rd} = \frac{2 \cdot A}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} \cdot f_{yk} = \frac{2 \cdot A}{\sqrt{3}} \cdot 3550 = 127509 daN$$

Valori massimi di sollecitazione rilevati per l'involuppo Beam\Truss GEO Carreggiata Unica

Tipo n°Asta	Tipo Asta	X	N	T12	T13	MT	M12	M13
	(cm)	(daN)	(daN)	(daN)	( daNm)	( daNm)	( daNm)	
N min	701	Beam	1186.88 -19477.0	0.00	2921.55	0.00	0.00	0.00
N max	497	Beam	0.00 6205.09	-0.02	228.27	-5.83	-0.68	-234.47
T12 min	240	Beam	0.00 -13226.2	-283.17	858.17	0.00	185.17	-17.15
T12 max	717	Beam	0.00 5388.50	275.93	387.82	12.04	-143.97	-302.75
T13 min	699	Beam	0.00 -8807.36	-187.43	-3495.18	0.00	125.56	149.80
T13 max	701	Beam	1186.88 -19477.0	0.00	2921.55	0.00	0.00	0.00
Mt min	16	Beam	0.00 356.35	-236.56	59.96	-185.77	161.31	-39.60
Mt max	715	Beam	0.00 365.08	238.63	60.32	187.28	-163.52	-39.77
M12 min	699	Beam	0.00 -12684.2	268.43	982.33	0.00	-187.65	-59.85
M12 max	20	Beam	0.00 -12644.6	-279.58	988.10	0.00	194.65	-60.12
M13 min	699	Beam	120.00 -8973.95	-47.55	143.58	0.00	-7.80	-1414.56
M13 max	700	Beam	1080.00 -18916.0	0.01	15.74	0.00	-0.00	1240.79

Combinando i tagli nella condizione peggiore si ottiene:

$$V_{Ed} = \sqrt{T12^2 + T13^2} = \sqrt{283.17^2 + 3495.18^2} = 3506 daN$$

### 5.3.2 VERIFICA SOLETTA DELL'IMPALCATO

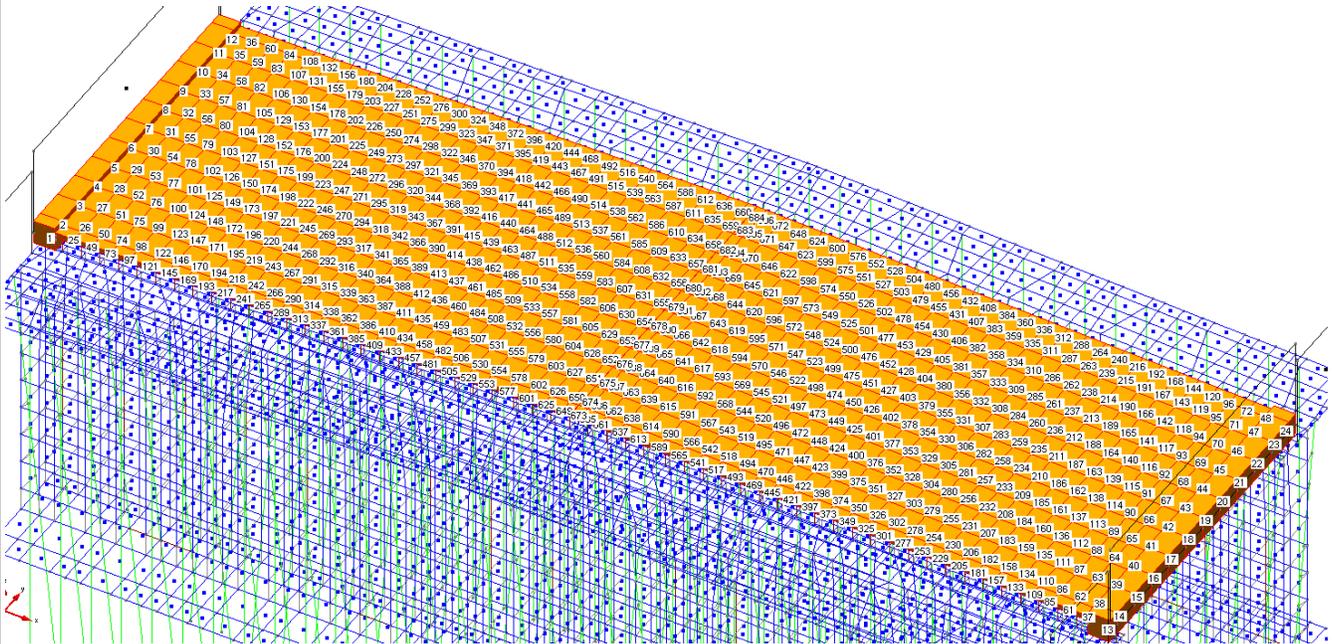


Figura 5.51 Numerazione soletta impalcato

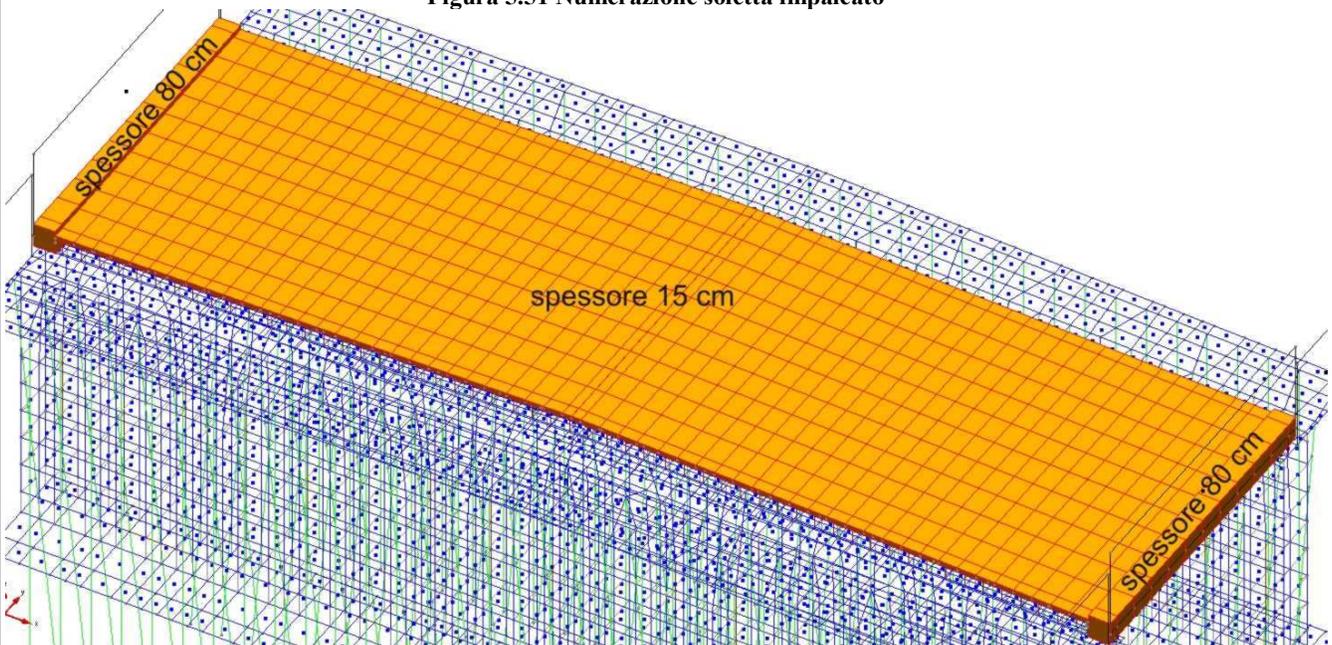


Figura 5.52 Spessori soletta impalcato

L'armatura della soletta è disposta lungo le direzioni 2 e 3; Dir.2 coincide con la giacitura delle travi precomprese, Dir.3 risulta ad essa perpendicolare.

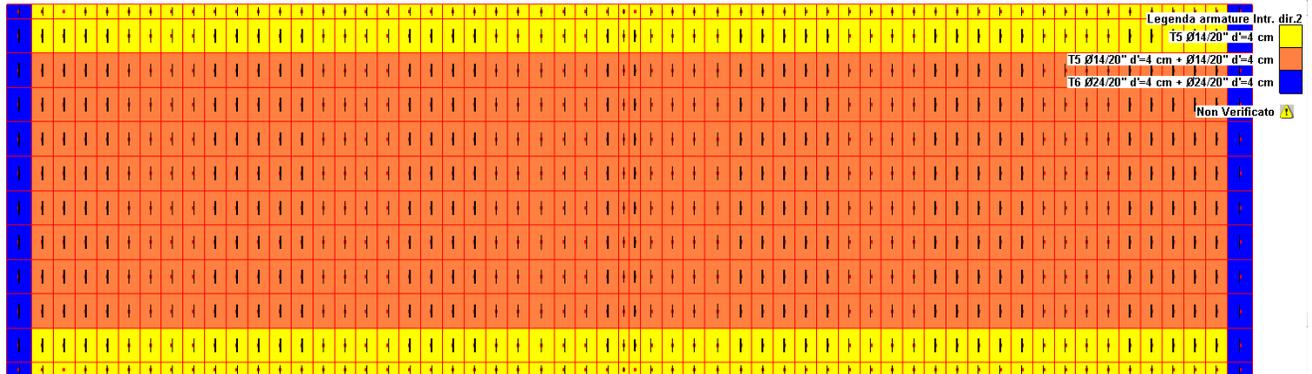


Figura 5.53 Armatura soletta di Intradosso - Estradosso direzione 2

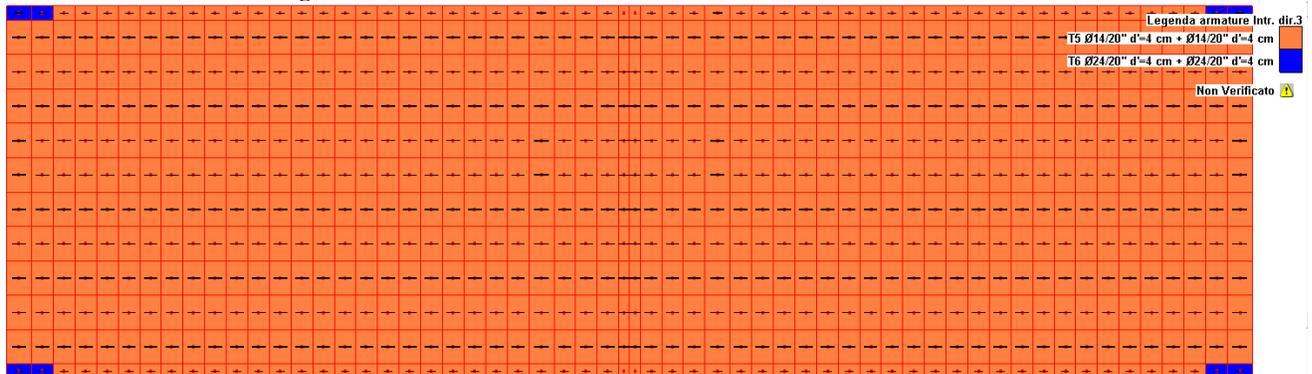


Figura 5.54 Armatura soletta di Intradosso - Estradosso direzione 3

### 5.3.2.1 Verifiche S.L.U. soletta

#### Significato dei parametri:

n°Shell = Numero dello shell interessato dalla verifica

Dir = Direzione locale rispetto cui si esegue la verifica

N = Forza Normale per unità di larghezza di verifica

M = Momento Flettente per unità di larghezza di verifica

CoeffMN= indica il coefficiente di sfruttamento a flessione e sforzo normale; data la coppia di sollecitazione per unità di larghezza N, M, da intendersi come N22, m22 per la direzione 2 e n33 e m33 per la direzione 3, si definisce coefficiente di sfruttamento il seguente rapporto (con il pedice “r” sono indicati i valori di resistenza ultimi):

$$\text{CoeffMN} = \frac{N}{N_r} = \frac{M}{M_r}$$

Un asterisco a fianco di un record individua le verifiche non soddisfatte (CoeffMN>1).

#### Verifica Shell di Resistenza “NTC\_2008 SLU”

Tipo Verifica: SLU (DM 14/01/2008)

Set Involuppo di Verifica utilizzato: “NTC\_2008”

Gli involucri con i quali agisce la verifica sono:

- STR 2 Carreggiate

Resistenza di calcolo a trazione e compressione per SLU:

ID MATERIALE	NOME MATERIALE	FD A TRAZIONE (daN/cm <sup>2</sup> )	FD A COMPRESIONE (daN/cm <sup>2</sup> )
N.26	B450C	3913.04	3913.04
N.46	CLS C32/40 NO PESO	0	181.333

### Descrizione Risultati Verifiche

Si riportano solo i valori numerici delle verifiche peggiori per ogni armatura.:

#### Valori per spessore shell: 15 cm

Armatura di estradosso: Ø14/20"

Armatura di intradosso: Ø14/20"

n°Shell	Dir	N(KN/m)	M(KNm/m)	CoeffMN
407	2	556.18	3.07	0.99

Armatura di estradosso: Ø24/20" + Ø24/20"

Armatura di intradosso: Ø24/20" + Ø24/20"

n°Shell	Dir	N(KN/m)	M(KNm/m)	CoeffMN
36	3	1390.39	2.73	0.40

Armatura di estradosso: Ø14/20" + Ø14/20"

Armatura di intradosso: Ø14/20" + Ø14/20"

n°Shell	Dir	N(KN/m)	M(KNm/m)	CoeffMN
49	3	1141.66	0.41	0.95

#### Valori per spessore shell: 80 cm

Armatura di estradosso: Ø24/20" + Ø24/20"

Armatura di intradosso: Ø24/20" + Ø24/20"

n°Shell	Dir	N(KN/m)	M(KNm/m)	CoeffMN
7	2	294.81	-825.52	0.72

Armatura di estradosso: Ø14/20" + Ø14/20"

Armatura di intradosso: Ø14/20" + Ø14/20"

n°Shell	Dir	N(KN/m)	M(KNm/m)	CoeffMN
23	3	933.59	-19.28	0.82

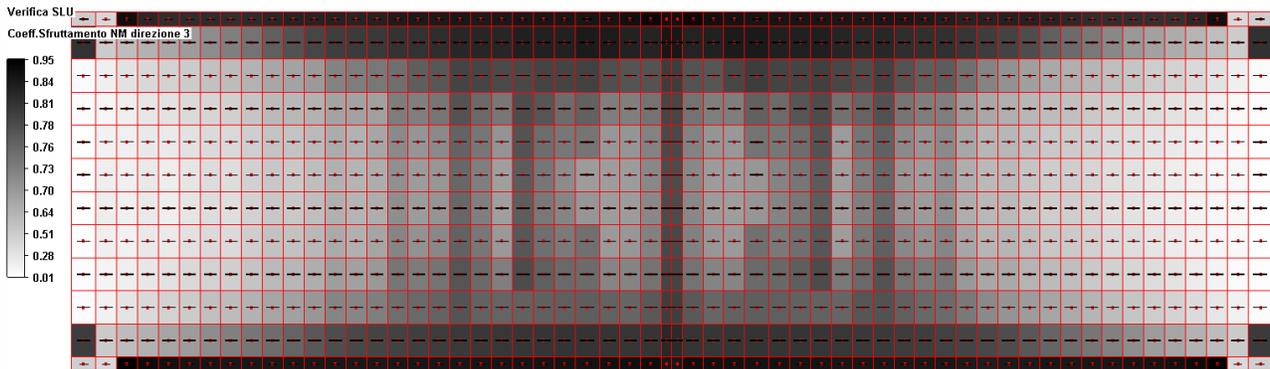


Figura 5.55 Verifica SLU Dir.3

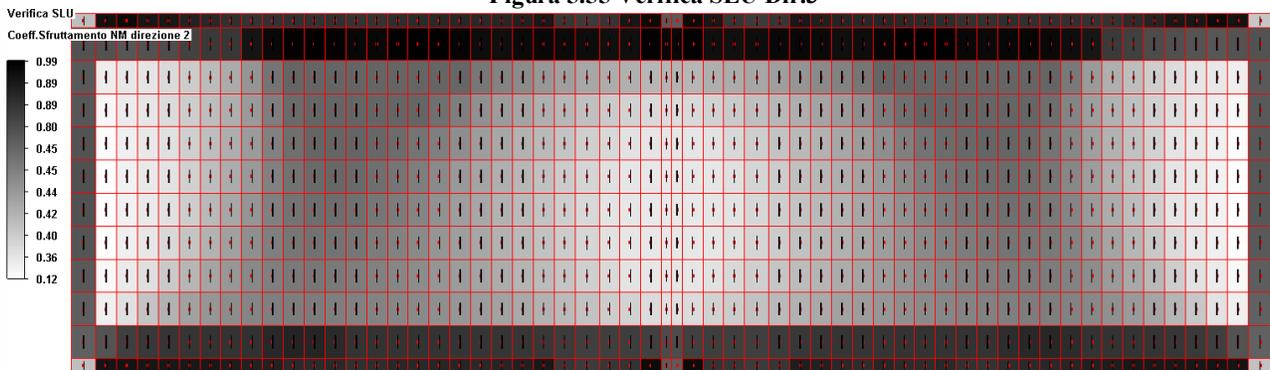


Figura 5.56 Verifica SLU Dir.2

### 5.3.2.2 Verifiche in fase sismica della soletta.

#### Significato dei parametri:

$n^\circ$ Shell = Numero dello shell interessato dalla verifica

Dir = Direzione locale rispetto cui si esegue la verifica

Mat = Numero del materiale a cui la verifica fa riferimento

N = Forza Normale per unità di larghezza di verifica

M = Momento Flettente per unità di larghezza di verifica

$\sigma_{\min}$  = Tensione minima riscontrata per il materiale corrente

$\sigma_{\max}$  = Tensione massima riscontrata per il materiale corrente

Nel caso di verifiche di fessurazione, nelle relative tabelle con i risultati delle verifiche, all'inizio di una riga possono comparire uno dei seguenti simboli:

VF = verifica di formazione delle fessure:  $\sigma_{\max}$  è la massima tensione di trazione (su sezione non fessurata) del materiale di calcestruzzo con ID pari a MatCl. Vengono riportati solo i valori di trazione delle tensioni (se presenti).

VD = verifica di decompressione:  $\sigma_{max}$  è la massima tensione di trazione (su sezione non fessurata) del materiale di calcestruzzo con ID pari a MatCls. Vengono riportati solo i valori di trazione delle tensioni (se presenti).

VA = verifica di apertura delle fessure: verifica di apertura delle fessure:  $w$  è l'apertura della fessura. Il gruppo di esigenza ed il valore ammissibile utilizzati sono quelli del materiale calcestruzzo dello shell ed il tipo di armatura (sensibile/poco sensibile) è quello dell'armatura dello shell.

Un asterisco a fianco di un record individua le verifiche non soddisfatte.

#### Verifica Shell di Resistenza "NTC\_2008 Sisma"

Tipo Verifica: Tensionale per azione sismica (DM 14/01/2008)

Set Involuppo di Verifica utilizzato: "NTC\_2008"

Gli involuppi con i quali agisce la verifica sono: STR COMB.N°4 SISMA

Tensioni ammissibili a trazione e compressione dei materiali impiegati:

ID MATERIALE	NOME MATERIALE	SIGMA AMM. TRAZIONE (daN/cm <sup>2</sup> )	SIGMA AMM. COMPRESSIONE (daN/cm <sup>2</sup> )
n.26	B450C	3600	-
n.46	Cls C32/40 no peso	0	192

#### Descrizione Risultati Verifiche

Si riportano solo i valori numerici delle verifiche peggiori per ogni armatura.:

**Valori per spessore shell: 15 cm**

Armatura di estradosso: Ø14/20"

Armatura di intradosso: Ø14/20"

**Verifiche a tenso-presso flessione semplice:**

n°Shell	Dir	Mat	N(KN/m)	M(KNm/m)	$\sigma_{min}(daN/cm^2)$	$\sigma_{max}(daN/cm^2)$
659	2	26	458.27	1.46	2706.00	3247.97
683	2	26	-313.37	-0.28	-276.36	-266.77
326	2	46	-57.23	-1.73	-7.62	0.00
683	2	46	-313.37	-0.28	-18.79	-17.42

Armatura di estradosso: Ø24/20" + Ø24/20"

Armatura di intradosso: Ø24/20" + Ø24/20"

**Verifiche a tenso-presso flessione semplice:**

n°Shell	Dir	Mat	N(KN/m)	M(KNm/m)	$\sigma_{min}(daN/cm^2)$	$\sigma_{max}(daN/cm^2)$
48	3	26	1046.57	1.32	1114.87	1198.55
36	3	26	-528.27	-1.06	-289.72	-264.96
48	3	46	-192.80	-1.06	-8.52	-4.97
36	3	46	-528.27	-1.06	-20.26	-16.72

Armatura di estradosso: Ø14/20" + Ø14/20"

Armatura di intradosso: Ø14/20" + Ø14/20"

**Verifiche a tenso-presso flessione semplice:**

n°Shell	Dir	Mat	N(KN/m)	M(KNm/m)	$\sigma_{min}(daN/cm^2)$	$\sigma_{max}(daN/cm^2)$
343	2	26	887.17	-2.23	2674.97	3088.21
367	2	26	-752.19	3.59	-630.95	-519.30
616	2	46	237.42	-3.93	-0.61	0.00
367	2	46	-752.19	3.59	-46.32	-30.37

**Valori per spessore shell: 80 cm**

Armatura di estradosso: Ø24/20" + Ø24/20"

Armatura di intradosso: Ø24/20" + Ø24/20"

**Verifiche a tenso-presso flessione semplice:**

n°Shell	Dir	Mat	N(KN/m)	M(KNm/m)	$\sigma_{min}(daN/cm^2)$	$\sigma_{max}(daN/cm^2)$
19	2	26	217.74	759.08	-752.57	2622.90
18	2	26	179.86	763.14	-766.50	2597.51
7	2	46	-555.62	-275.40	-28.25	0.00
18	2	46	179.86	763.14	-63.56	0.00

Armatura di estradosso: Ø14/20" + Ø14/20"

Armatura di intradosso: Ø14/20" + Ø14/20"

**Verifiche a tenso-presso flessione semplice:**

n°Shell	Dir	Mat	N(KN/m)	M(KNm/m)	$\sigma_{min}(daN/cm^2)$	$\sigma_{max}(daN/cm^2)$
11	3	26	738.65	5.55	2349.09	2449.26
23	3	26	-250.67	-6.54	-51.70	-37.17
10	3	46	-32.09	17.64	-2.75	0.00
23	3	46	-250.67	-6.54	-3.50	-2.42

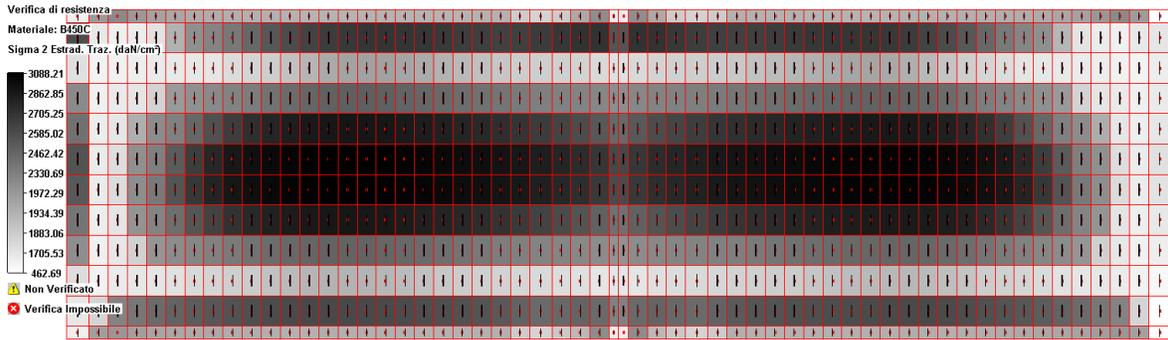


Figura 5.57 Verifica Sismica manteriale B450C Dir.2 Estradosso a trazione

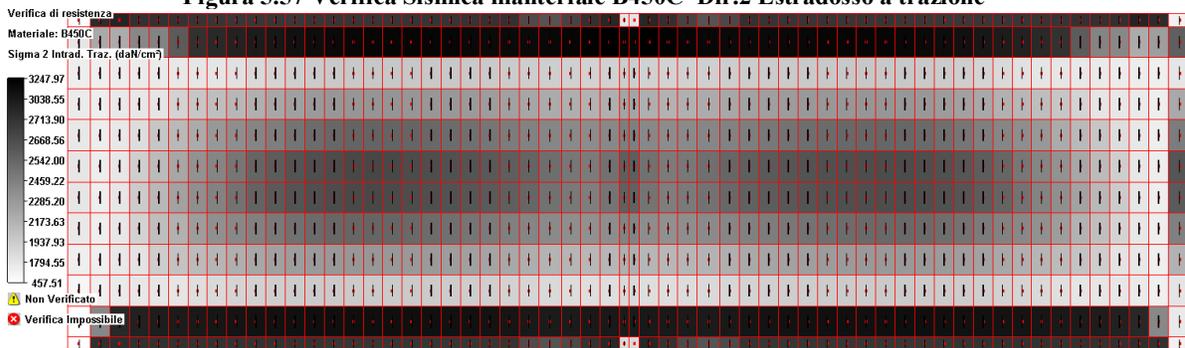


Figura 5.58 Verifica Sismica manteriale B450C Dir.2 Intradosso a trazione

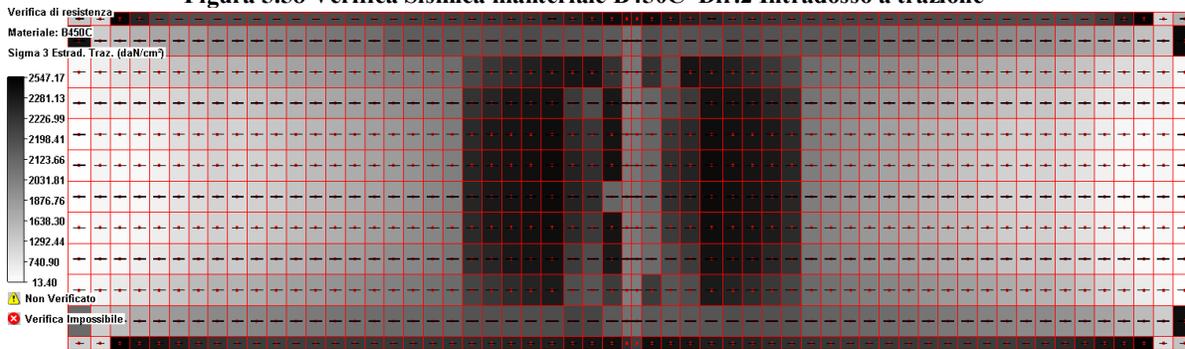


Figura 5.59 Verifica Sismica manteriale B450C Dir.3 Estradosso a trazione

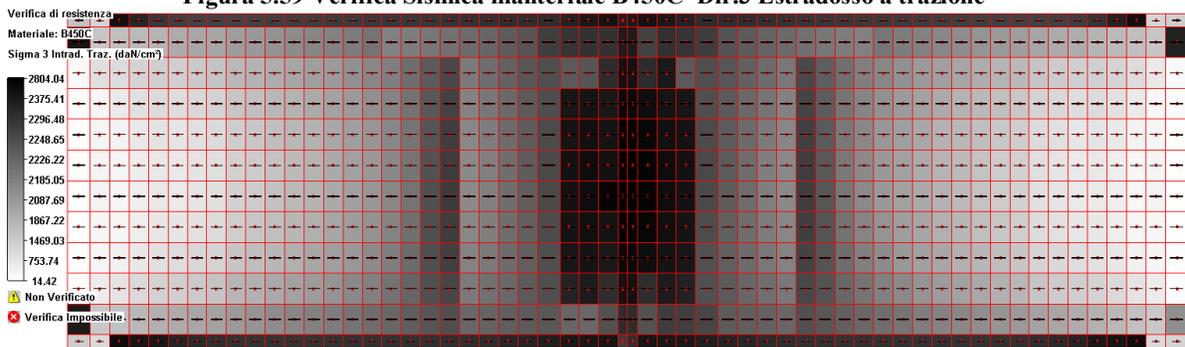


Figura 5.60 Verifica Sismica manteriale B450C Dir.3 Intradosso a trazione

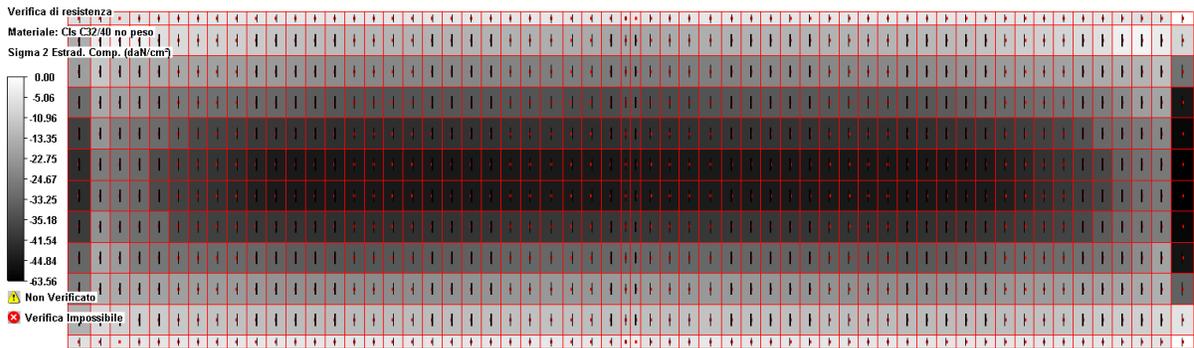


Figura 5.61 Verifica Sismica manteriale C32/40 Dir.2 Estradosso a compressione

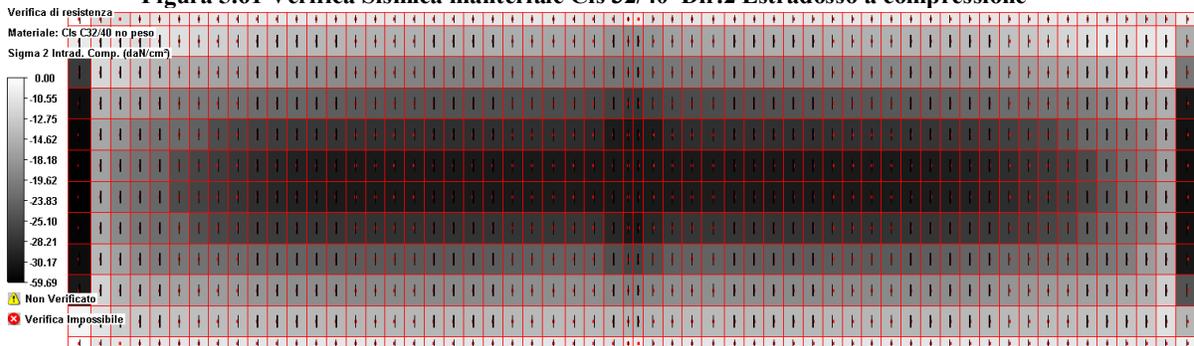


Figura 5.62 Verifica Sismica manteriale C32/40 Dir.2 Intradosso a compressione

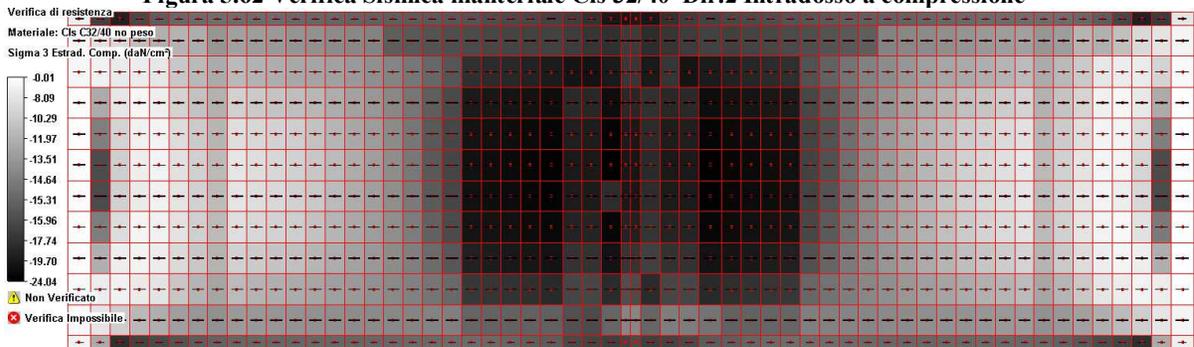


Figura 5.63 Verifica Sismica manteriale C32/40 Dir.3 Estradosso a compressione

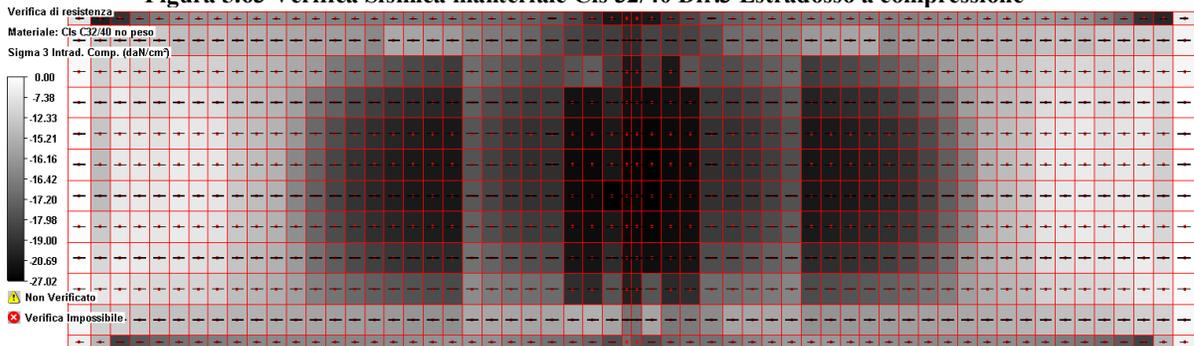


Figura 5.64 Verifica Sismica manteriale C32/40 Dir.3 Intradosso a compressione

### 5.3.3 VERIFICA PLATEE DELL'IMPALCATO

434301 4272 4274274 42754276 4277 42714279 42864281 4282 4284284 42854286 4287 4284289 4290 42914292 4294294 4295 42964297 429429967 786 1785 784 1783 1782 781 1780 779 1778 1777 776 1775 1774 773 1772 771 1770 1769 768 1767 766 1765 1764 763 1762 761 1760 1759 98  
434395 4308 431 14314 43114320 4323 43284329 43324335 4338 43414344 43474350 4353 43584359 4362 43654368 43714374 4377 43814383 43864389 77 874 1871 868 1865 18621859 1856 853 1850 1847 844 1841 1838 835 1832 829 1826 1823 820 18171814 1811 1808 805 1802 799 1796 1883 30  
434396 4309 4312 4315 43184321 4324 4327 43304333 4336 4339 434243454348 4351 4354 4357 4360 4363 4366 43694372 4375 4378 4381438443874390 176 875 18721869 1866 1863 18601857 1854 1851 18481845 1842 1839 183618331830 1827 1824 18211818 1815 1812 18091806 1803 1800 1797 1884 81  
434397 13104313 4316 4319 43224325 4328 43314334 4337 4340434343464349 4352 4355435843614364 4367 43704373 4376 43794382 438543884391 879 876 873 1870 867 1864 1861 858 1855 1852184918461843 1840 1837 83418311828 1825 1822 819 1816 1813 810 1807 1804 1801 17961885 82  
434303 42444245 4248 4247 42484249 4250 42514252 4253 42544255 42564257 4258 42594260 42614262 4263 42644265 4266 4267 4268 426942714271 159 7581757 1756 1755 1754 17531752 1751 17501749 17481747 1746 1745 744 17431742 1741 17401739 1738 17371736 1735 1734 173317321731 90  
4401 994457 4455 4453 4451 4449 4447 4445 4443 4441 4439 4437 4435 4433 4431 4429 4427 4425 4423 4421 4419 4417 4415 4413 4411 4409 4407 4405 403 81893 1895 1897 1899 1901 19031905 1907 1909 1911 1913 1915 1917 19191921 1923 1925 1927 1929 1931 1933 1935 1937 1939 1941 1943 1945181889  
4400 964456 4454 4452 4450 4448 4446 4444 4442 4440 4438 4436 4434 4432 4430 4428 4426 4424 4422 4420 4418 4416 4414 4412 4410 4408 4406 4404 402 81892 1894 1896 1898 1900 1902 1904 1906 1908 1910 1912 1914 1916 1918 1920 1922 1924 1926 1928 1930 1932 1934 1936 1938 1940 1942 1944 81888  
434307 186 4150 4152 4154 4156 4158 4200 4202 4204 4206 4208 4210 4212 4214 4216 42184220 4222 4224 4226 4228 4230 4232 4234 4236 4238 42404242 30 726 1726 1724 1722 1720 1718 1716 1714 1712 1710 1708 1706 1704 1702 1700 1698 1696 1694 1692 1690 1688 1686 1684 1682 1680 1678 16761735 94  
434305 189 4191 4193 4195 4197 4199 4201 4203 4205 4207 4209 4211 4213 4215 4217 4219 4221 4223 4225 4227 4229 4231 4233 4235 4237 4239 42414243 31 729 1727 1725 1723 1721 1719 1717 1715 1713 1711 1709 1707 1705 1703 1701 1699 1697 1695 1693 1691 1689 1687 1685 1683 1681 1679 1677 1675 92

Figura 5.65 Numerazione Platee impalcato

2872875 759 2761 2763 2765 2767 2769 2771 2773 2775 2777 2779 2781 2783 2785 2787 2789 2791 2793 2795 2797 2799 2801 2803 2805 2807 2809 281 2813 22 357 5359 5361 5363 5407 5616 5476 5480 5482 5484 5519 5323 5324 5366 5367 5369 5371 5617 5480 5486 5488 5490 5492 5326 5327 5329 53315667 62  
2872877 136 4190 4192 4194 4196 4198 4200 4202 4204 4206 4208 4210 4212 4214 4216 4218 4220 4222 4224 4226 4228 4230 4232 4234 4236 4238 4240 4242 30 726 1726 1724 1722 1720 1718 1716 1714 1712 1710 1708 1706 1704 1702 1700 1698 1696 1694 1692 1690 1688 1686 1684 1682 1680 1678 16761735 94  
2970 663026 3024 3022 3020 3018 3016 3014 3012 3010 3008 3006 3004 3002 3000 2998 2996 2994 2992 2990 2988 2986 2984 2982 2980 2978 2976 2974 972 39604 5602 5600 5598 5643 5533 5531 5529 5527 5525 5523 5521 5639 5637 5596 5594 5636 5646 5544 5542 5523 5521 5354 5634 5632 5628 445356  
2971 69 3027 3025 3023 3021 3019 3017 3015 3013 3011 3009 3007 3005 3003 3001 2999 2997 2995 2993 2991 2989 2987 2985 2983 2981 2979 2977 2975 973 39603 5601 5599 5390 5534 5532 5530 5528 5526 5662 5642 5640 5638 5597 5595 5389 5547 5545 5543 5524 5522 5661 5663 5633 5631 5629 5627 566007  
2872873 1814 2815 2816 2817 28182819 2820 2821 2822 2823 2824 2825 28262827 2828 28292830 28312832 2833 28342835 2836 2837 2838 2839284 2841 327 538 539 5540 5541 5321 5689 5396 5397 5398 5399 5400 5401 5402 5403 5404 5405 5615 5406 5510 5511 5512 5513 5514 5515 5516 5517 55185453 54  
2912967 3880 2883 2886 2889 2892 2895 2898 2901 2904 2907 29102913 29162919 2922 29252928 2931 2934 2937 29402943 2946 29492952 29552958 2961 501 644 679 5582 5585 5316 5463 504 5607 5610 5585 5588 5591 5317 5465 468 5471 611 5687 5570 673 5318 5447 5450 5475 5612 5549 5552 5495 98  
2912966 2879 2880 2885 2888 2891 2894 2897 2900 2903 2906 2909 2912 2915 2918 2921 2924 2927 2930 2933 2936 2939 2942 2945 2948 2951 2954 2957 2960 395 391 3800 5509 5684 5502 5505 5508 5392 5506 5509 5592 5585 5466 5469 5472 5393 5588 5571 1574 5686 5448 5451 5476 5394 5550 5553 5488 99  
29 2965 2876 2861 2894 2887 2890 2893 2896 2899 2902 2905 2908 2911 2914 2917 2920 2923 2926 2929 2932 2935 2938 2941 2944 2947 2950 2953 2956 2959 36 678 5581 694 5609 5462 5503 5506 609 5564 5587 590 5593 5464 5467 5470 473 5566 5569 5572 5575 5446 5449 5474 5477 5548 551 5576 5497 30  
28 2871 2842 2844 2846 2848 2849 2851 2852 2853 2854 2855 2856 2857 2858 2859 2860 2861 2862 2863 2864 2865 2866 2867 2868 2869 2870 2871 2872 2873 2874 2875 2876 2877 2878 2879 2880 2881 2882 2883 2884 2885 2886 2887 2888 2889 2890 2891 2892 2893 2894 2895 2896 2897 2898 2899 2900 2901 2902 2903 2904 2905 2906 2907 2908 2909 2910 2911 2912 2913 2914 2915 2916 2917 2918 2919 2920 2921 2922 2923 2924 2925 2926 2927 2928 2929 2930 2931 2932 2933 2934 2935 2936 2937 2938 2939 2940 2941 2942 2943 2944 2945 2946 2947 2948 2949 2950 2951 2952 2953 2954 2955 2956 2957 2958 2959 2960 2961 2962 2963 2964 2965 2966 2967 2968 2969 2970 2971 2972 2973 2974 2975 2976 2977 2978 2979 2980 2981 2982 2983 2984 2985 2986 2987 2988 2989 2990 2991 2992 2993 2994 2995 2996 2997 2998 2999 3000 3001 3002 3003 3004 3005 3006 3007 3008 3009 3010 3011 3012 3013 3014 3015 3016 3017 3018 3019 3020 3021 3022 3023 3024 3025 3026 3027 3028 3029 3030 3031 3032 3033 3034 3035 3036 3037 3038 3039 3040 3041 3042 3043 3044 3045 3046 3047 3048 3049 3050 3051 3052 3053 3054 3055 3056 3057 3058 3059 3060 3061 3062 3063 3064 3065 3066 3067 3068 3069 3070 3071 3072 3073 3074 3075 3076 3077 3078 3079 3080 3081 3082 3083 3084 3085 3086 3087 3088 3089 3090 3091 3092 3093 3094 3095 3096 3097 3098 3099 3100 3101 3102 3103 3104 3105 3106 3107 3108 3109 3110 3111 3112 3113 3114 3115 3116 3117 3118 3119 3120 3121 3122 3123 3124 3125 3126 3127 3128 3129 3130 3131 3132 3133 3134 3135 3136 3137 3138 3139 3140 3141 3142 3143 3144 3145 3146 3147 3148 3149 3150 3151 3152 3153 3154 3155 3156 3157 3158 3159 3160 3161 3162 3163 3164 3165 3166 3167 3168 3169 3170 3171 3172 3173 3174 3175 3176 3177 3178 3179 3180 3181 3182 3183 3184 3185 3186 3187 3188 3189 3190 3191 3192 3193 3194 3195 3196 3197 3198 3199 3200 3201 3202 3203 3204 3205 3206 3207 3208 3209 3210 3211 3212 3213 3214 3215 3216 3217 3218 3219 3220 3221 3222 3223 3224 3225 3226 3227 3228 3229 3230 3231 3232 3233 3234 3235 3236 3237 3238 3239 3240 3241 3242 3243 3244 3245 3246 3247 3248 3249 3250 3251 3252 3253 3254 3255 3256 3257 3258 3259 3260 3261 3262 3263 3264 3265 3266 3267 3268 3269 3270 3271 3272 3273 3274 3275 3276 3277 3278 3279 3280 3281 3282 3283 3284 3285 3286 3287 3288 3289 3290 3291 3292 3293 3294 3295 3296 3297 3298 3299 3300 3301 3302 3303 3304 3305 3306 3307 3308 3309 3310 3311 3312 3313 3314 3315 3316 3317 3318 3319 3320 3321 3322 3323 3324 3325 3326 3327 3328 3329 3330 3331 3332 3333 3334 3335 3336 3337 3338 3339 3340 3341 3342 3343 3344 3345 3346 3347 3348 3349 3350 3351 3352 3353 3354 3355 3356 3357 3358 3359 3360 3361 3362 3363 3364 3365 3366 3367 3368 3369 3370 3371 3372 3373 3374 3375 3376 3377 3378 3379 3380 3381 3382 3383 3384 3385 3386 3387 3388 3389 3390 3391 3392 3393 3394 3395 3396 3397 3398 3399 3400 3401 3402 3403 3404 3405 3406 3407 3408 3409 3410 3411 3412 3413 3414 3415 3416 3417 3418 3419 3420 3421 3422 3423 3424 3425 3426 3427 3428 3429 3430 3431 3432 3433 3434 3435 3436 3437 3438 3439 3440 3441 3442 3443 3444 3445 3446 3447 3448 3449 3450 3451 3452 3453 3454 3455 3456 3457 3458 3459 3460 3461 3462 3463 3464 3465 3466 3467 3468 3469 3470 3471 3472 3473 3474 3475 3476 3477 3478 3479 3480 3481 3482 3483 3484 3485 3486 3487 3488 3489 3490 3491 3492 3493 3494 3495 3496 3497 3498 3499 3500 3501 3502 3503 3504 3505 3506 3507 3508 3509 3510 3511 3512 3513 3514 3515 3516 3517 3518 3519 3520 3521 3522 3523 3524 3525 3526 3527 3528 3529 3530 3531 3532 3533 3534 3535 3536 3537 3538 3539 3540 3541 3542 3543 3544 3545 3546 3547 3548 3549 3550 3551 3552 3553 3554 3555 3556 3557 3558 3559 3560 3561 3562 3563 3564 3565 3566 3567 3568 3569 3570 3571 3572 3573 3574 3575 3576 3577 3578 3579 3580 3581 3582 3583 3584 3585 3586 3587 3588 3589 3590 3591 3592 3593 3594 3595 3596 3597 3598 3599 3600 3601 3602 3603 3604 3605 3606 3607 3608 3609 3610 3611 3612 3613 3614 3615 3616 3617 3618 3619 3620 3621 3622 3623 3624 3625 3626 3627 3628 3629 3630 3631 3632 3633 3634 3635 3636 3637 3638 3639 3640 3641 3642 3643 3644 3645 3646 3647 3648 3649 3650 3651 3652 3653 3654 3655 3656 3657 3658 3659 3660 3661 3662 3663 3664 3665 3666 3667 3668 3669 3670 3671 3672 3673 3674 3675 3676 3677 3678 3679 3680 3681 3682 3683 3684 3685 3686 3687 3688 3689 3690 3691 3692 3693 3694 3695 3696 3697 3698 3699 3700 3701 3702 3703 3704 3705 3706 3707 3708 3709 3710 3711 3712 3713 3714 3715 3716 3717 3718 3719 3720 3721 3722 3723 3724 3725 3726 3727 3728 3729 3730 3731 3732 3733 3734 3735 3736 3737 3738 3739 3740 3741 3742 3743 3744 3745 3746 3747 3748 3749 3750 3751 3752 3753 3754 3755 3756 3757 3758 3759 3760 3761 3762 3763 3764 3765 3766 3767 3768 3769 3770 3771 3772 3773 3774 3775 3776 3777 3778 3779 3780 3781 3782 3783 3784 3785 3786 3787 3788 3789 3790 3791 3792 3793 3794 3795 3796 3797 3798 3799 3800 3801 3802 3803 3804 3805 3806 3807 3808 3809 3810 3811 3812 3813 3814 3815 3816 3817 3818 3819 3820 3821 3822 3823 3824 3825 3826 3827 3828 3829 3830 3831 3832 3833 3834 3835 3836 3837 3838 3839 3840 3841 3842 3843 3844 3845 3846 3847 3848 3849 3850 3851 3852 3853 3854 3855 3856 3857 3858 3859 3860 3861 3862 3863 3864 3865 3866 3867 3868 3869 3870 3871 3872 3873 3874 3875 3876 3877 3878 3879 3880 3881 3882 3883 3884 3885 3886 3887 3888 3889 3890 3891 3892 3893 3894 3895 3896 3897 3898 3899 3900 3901 3902 3903 3904 3905 3906 3907 3908 3909 3910 3911 3912 3913 3914 3915 3916 3917 3918 3919 3920 3921 3922 3923 3924 3925 3926 3927 3928 3929 3930 3931 3932 3933 3934 3935 3936 3937 3938 3939 3940 3941 3942 3943 3944 3945 3946 3947 3948 3949 3950 3951 3952 3953 3954 3955 3956 3957 3958 3959 3960 3961 3962 3963 3964 3965 3966 3967 3968 3969 3970 3971 3972 3973 3974 3975 3976 3977 3978 3979 3980 3981 3982 3983 3984 3985 3986 3987 3988 3989 3990 3991 3992 3993 3994 3995 3996 3997 3998 3999 4000 4001 4002 4003 4004 4005 4006 4007 4008 4009 4010 4011 4012 4013 4014 4015 4016 4017 4018 4019 4020 4021 4022 4023 4024 4025 4026 4027 4028 4029 4030 4031 4032 4033 4034 4035 4036 4037 4038 4039 4040 4041 4042 4043 4044 4045 4046 4047 4048 4049 4050 4051 4052 4053 4054 4055 4056 4057 4058 4059 4060 4061 4062 4063 4064 4065 4066 4067 4068 4069 4070 4071 4072 4073 4074 4075 4076 4077 4078 4079 4080 4081 4082 4083 4084 4085 4086 4087 4088 4089 4090 4091 4092 4093 4094 4095 4096 4097 4098 4099 4100 4101 4102 4103 4104 4105 4106 4107 4108 4109 4110 4111 4112 4113 4114 4115 4116 4117 4118 4119 4120 4121 4122 4123 4124 4125 4126 4127 4128 4129 4130 4131 4132 4133 4134 4135 4136 4137 4138 4139 4140 4141 4142 4143 4144 4145 4146 4147 4148 4149 4150 4151 4152 4153 4154 4155 4156 4157 4158 4159 4160 4161 4162 4163 4164 4165 4166 4167 4168 4169 4170 4171 4172 4173 4174 4175 4176 4177 4178 4179 4180 4181 4182 4183 4184 4185 4186 4187 4188 4189 4190 4191 4192 4193 4194 4195 4196 4197 4198 4199 4200 4201 4202 4203 4204 4205 4206 4207 4208 4209 4210 4211 4212 4213 4214 4215 4216 4217 4218 4219 4220 4221 4222 4223 4224 4225 4226 4227 4228 4229 4230 4231 4232 4233 4234 4235 4236 4237 4238 4239 4240 4241 4242 4243 4244 4245 4246 4247 4248 4249 4250 4251 4252 4253 4254 4255 4256 4257 4258 4259 4260 4261 4262 4263 4264 4265 4266 4267 4268 4269 4270 4271 4272 4273 4274 4275 4276 4277 4278

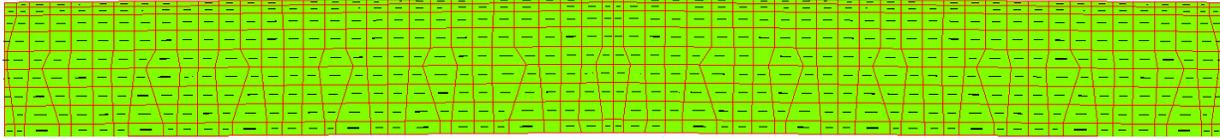


Figura 5.69 Armatura platea impalcato di Estradosso direzione 3

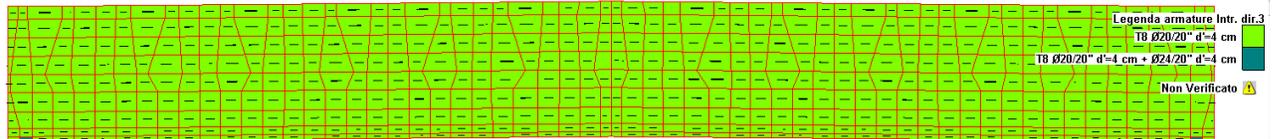


Figura 5.70 Armatura platea impalcato di Intradosso direzione 3

### 5.3.3.1 Verifiche S.L.U. platea impalcato

#### Significato dei parametri:

n°Shell = Numero dello shell interessato dalla verifica

Dir = Direzione locale rispetto cui si esegue la verifica

N = Forza Normale per unità di larghezza di verifica

M = Momento Flettente per unità di larghezza di verifica

CoeffMN= indica il coefficiente di sfruttamento a flessione e sforzo normale; data la coppia di sollecitazione per unità di larghezza N, M, da intendersi come N22, m22 per la direzione 2 e n33 e m33 per la direzione 3, si definisce coefficiente di sfruttamento il seguente rapporto (con il pedice “r” sono indicati i valori di resistenza ultimi):

$$\text{CoeffMN} = \frac{N}{N_r} = \frac{M}{M_r}$$

Un asterisco a fianco di un record individua le verifiche non soddisfatte (CoeffMN>1).

#### Verifica Shell di Resistenza “NTC\_2008 SLU”

Tipo Verifica: SLU (DM 14/01/2008)

Set Involuppo di Verifica utilizzato: “NTC\_2008”

Gli involuppi con i quali agisce la verifica sono: - STR 2 Carreggiate

Resistenza di calcolo a trazione e compressione per SLU:

ID MATERIALE	NOME MATERIALE	FD A TRAZIONE (daN/cm <sup>2</sup> )	FD A COMPRESSIONE (daN/cm <sup>2</sup> )
N.26	B450C	3913.04	3913.04
N.19	CLS C28/35	0	158.667

#### Descrizione Risultati Verifiche

Si riportano solo i valori numerici delle verifiche peggiori per ogni armature.:

**Valori per spessore shell: 60 cm**

Armatura di estradosso: Ø20/20" + Ø24/20"

Armatura di intradosso: Ø20/20"

n°Shell	Dir	N(KN/m)	M(KNm/m)	CoeffMN
2841	2	-144.34	360.73	0.97

Armatura di estradosso: Ø20/20" + Ø24/20"

Armatura di intradosso: Ø20/20" + Ø24/20"

n°Shell	Dir	N(KN/m)	M(KNm/m)	CoeffMN
4401	2	1563.33	42.45	0.57

Armatura di estradosso: Ø20/20"

Armatura di intradosso: Ø20/20" + Ø24/20"

n°Shell	Dir	N(KN/m)	M(KNm/m)	CoeffMN
4267	2	-31.22	375.50	0.47

Armatura di estradosso: Ø20/20"

Armatura di intradosso: Ø20/20"

n°Shell	Dir	N(KN/m)	M(KNm/m)	CoeffMN
1813	2	0.31	321.81	0.97

Verifica SLU

Coeff.Sfruttamento NM direzione 3

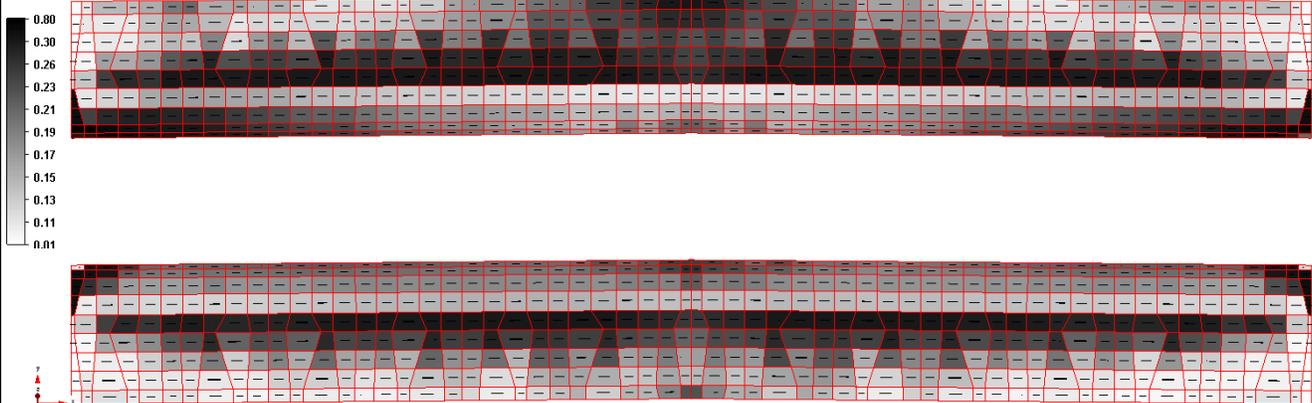
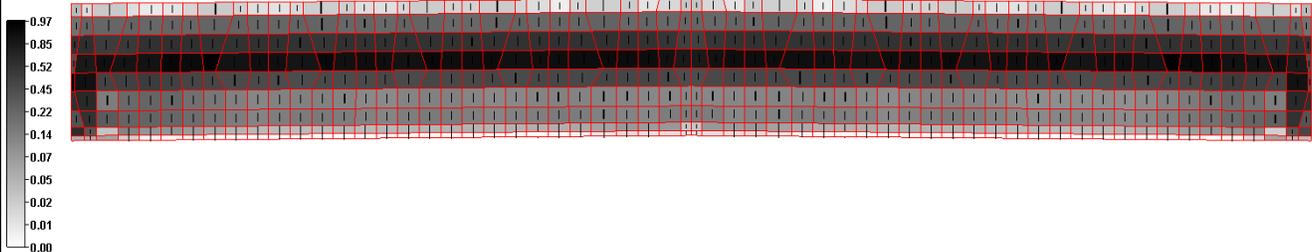


Figura 5.71 Verifica SLU Dir.3

Verifica SLU

Coeff.Sfruttamento NM direzione 2



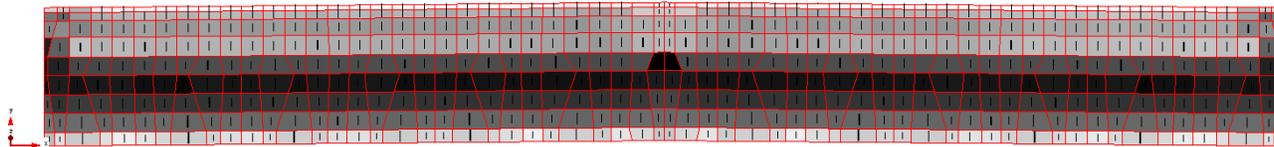


Figura 5.72 Verifica SLU Dir.2

### 5.3.3.2 Verifiche in fase sismica delle platee dell'impalcato.

#### Significato dei parametri:

$n^{\circ}$ Shell = Numero dello shell interessato dalla verifica

Dir = Direzione locale rispetto cui si esegue la verifica

Mat = Numero del materiale a cui la verifica fa riferimento

N = Forza Normale per unità di larghezza di verifica

M = Momento Flettente per unità di larghezza di verifica

$\sigma_{\min}$  = Tensione minima riscontrata per il materiale corrente

$\sigma_{\max}$  = Tensione massima riscontrata per il materiale corrente

Nel caso di verifiche di fessurazione, nelle relative tabelle con i risultati delle verifiche, all'inizio di una riga possono comparire uno dei seguenti simboli:

VF = verifica di formazione delle fessure:  $\sigma_{\max}$  è la massima tensione di trazione (su sezione non fessurata) del materiale di calcestruzzo con ID pari a MatCls. Vengono riportati solo i valori di trazione delle tensioni (se presenti).

VD = verifica di decompressione:  $\sigma_{\max}$  è la massima tensione di trazione (su sezione non fessurata) del materiale di calcestruzzo con ID pari a MatCls. Vengono riportati solo i valori di trazione delle tensioni (se presenti).

VA = verifica di apertura delle fessure: verifica di apertura delle fessure:  $w$  è l'apertura della fessura. Il gruppo di esigenza ed il valore ammissibile utilizzati sono quelli del materiale calcestruzzo dello shell ed il tipo di armatura (sensibile/poco sensibile) è quello dell'armatura dello shell.

Un asterisco a fianco di un record individua le verifiche non soddisfatte.

#### Verifica Shell di Resistenza "NTC\_2008 Sisma"

Tipo Verifica: Tensionale per azione sismica (DM 14/01/2008)

Set Involuppo di Verifica utilizzato: "NTC\_2008"

Gli involuppi con i quali agisce la verifica sono: STR COMB.N°4 SISMA

Tensioni ammissibili a trazione e compressione dei materiali impiegati:

ID MATERIALE	NOME MATERIALE	SIGMA AMM. TRAZIONE (daN/cm <sup>2</sup> )	SIGMA AMM. COMPRESSIONE (daN/cm <sup>2</sup> )
n.26	B450C	3600	-
n.19	Cls C28/35	0	168

### Descrizione Risultati Verifiche

Si riportano solo i valori numerici delle verifiche peggiori per ogni armatura.:

#### Valori per spessore shell: 60 cm

Armatura di estradosso: Ø20/20" + Ø24/20"

Armatura di intradosso: Ø20/20"

#### Verifiche a tenso-presso flessione semplice:

n°Shell	Dir	Mat	N(KN/m)	M(KNm/m)	σmin(daN/cm <sup>2</sup> )	σmax(daN/cm <sup>2</sup> )
2841	2	19	82.73	30.26	-4.25	0.00
5537	2	19	-115.77	299.22	-62.75	0.00
5537	2	26	-115.77	299.22	-638.16	3301.44

Armatura di estradosso: Ø20/20" + Ø24/20"

Armatura di intradosso: Ø20/20" + Ø24/20"

#### Verifiche a tenso-presso flessione semplice:

n°Shell	Dir	Mat	N(KN/m)	M(KNm/m)	σmin(daN/cm <sup>2</sup> )	σmax(daN/cm <sup>2</sup> )
4249	2	19	111.15	31.94	-1.83	0.00
5516	2	19	-5.40	308.01	-46.68	0.00
4400	2	26	2010.61	-89.31	2174.82	3071.05
5538	2	26	-61.44	300.87	-541.68	1471.31

Armatura di estradosso: Ø20/20"

Armatura di intradosso: Ø20/20" + Ø24/20"

#### Verifiche a tenso-presso flessione semplice:

n°Shell	Dir	Mat	N(KN/m)	M(KNm/m)	σmin(daN/cm <sup>2</sup> )	σmax(daN/cm <sup>2</sup> )
4394	2	19	303.91	-100.42	-13.05	0.00
1759	2	19	-76.01	296.24	-53.62	0.00
1738	2	26	210.09	-240.35	-382.50	3586.08
1759	2	26	-76.01	296.24	-642.72	1457.86

Armatura di estradosso: Ø20/20"

Armatura di intradosso: Ø20/20"

#### Verifiche a tenso-presso flessione semplice:

n°Shell	Dir	Mat	N(KN/m)	M(KNm/m)	σmin(daN/cm <sup>2</sup> )	σmax(daN/cm <sup>2</sup> )
2758	3	19	-474.46	93.36	-22.60	0.00
5447	2	19	-4.54	261.50	-63.23	0.00
1677	3	26	957.72	-32.77	2647.35	3449.67
5447	2	26	-4.54	261.50	-652.18	3200.28

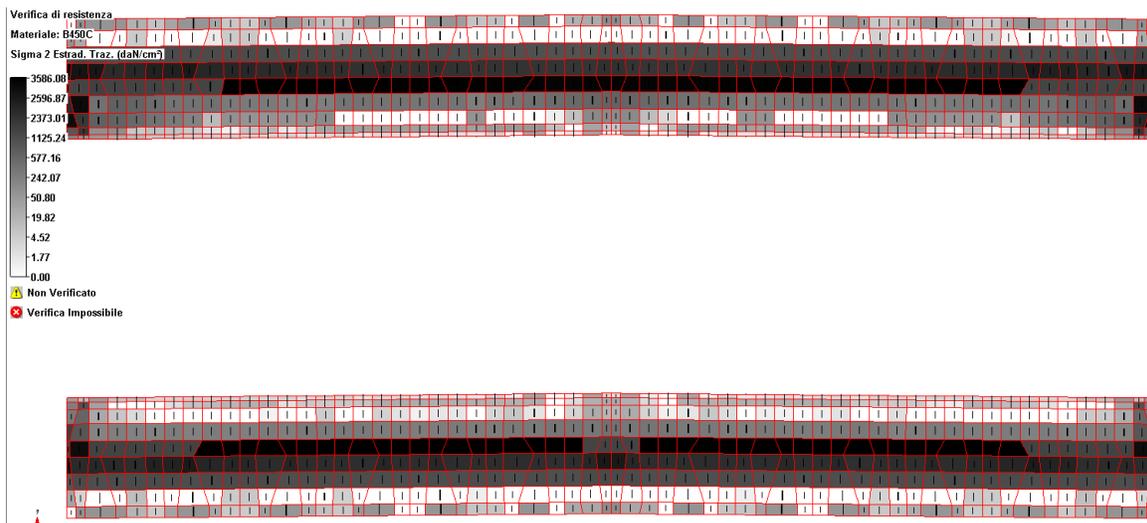


Figura 5.73 Verifica Sismica manteriale B450C Dir.2 Estradosso a trazione

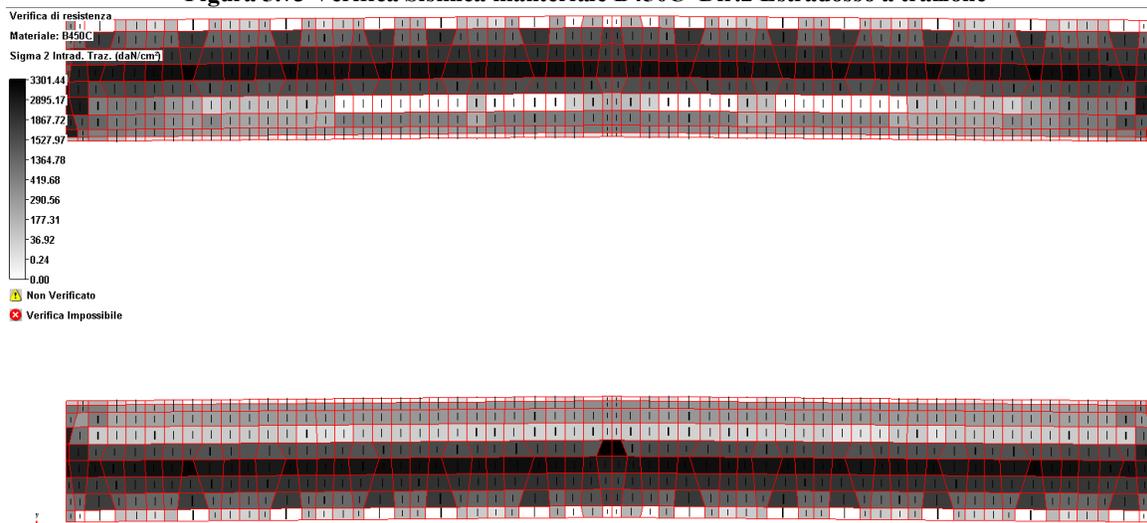


Figura 5.74 Verifica Sismica manteriale B450C Dir.2 Intradosso a trazione

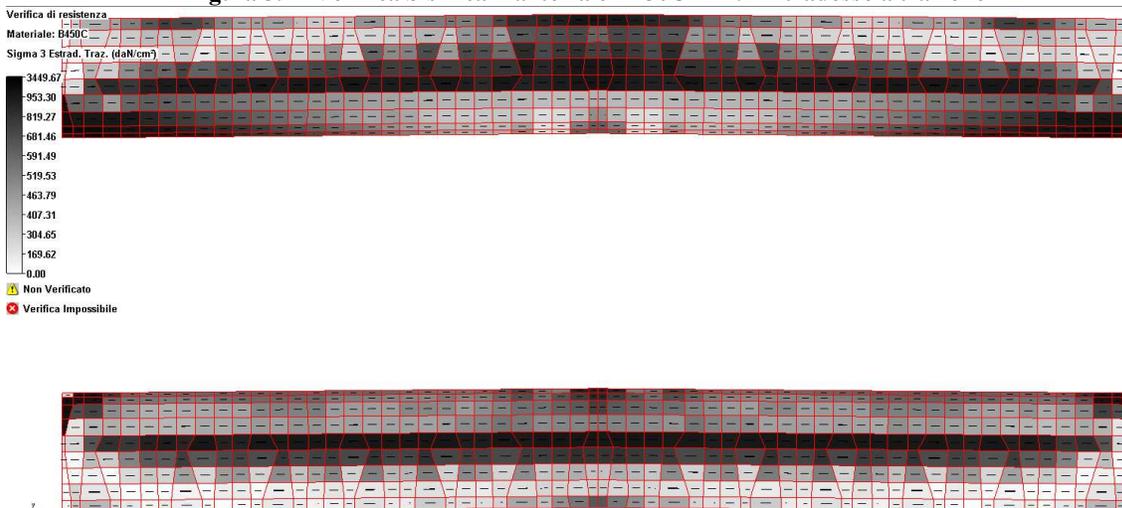


Figura 5.75 Verifica Sismica manteriale B450C Dir.3 Estradosso a trazione

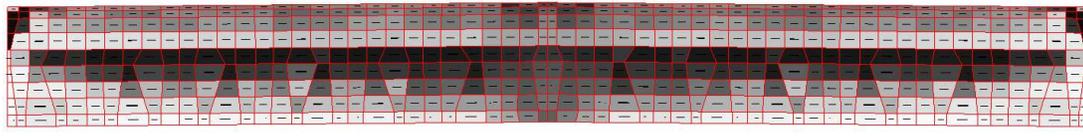
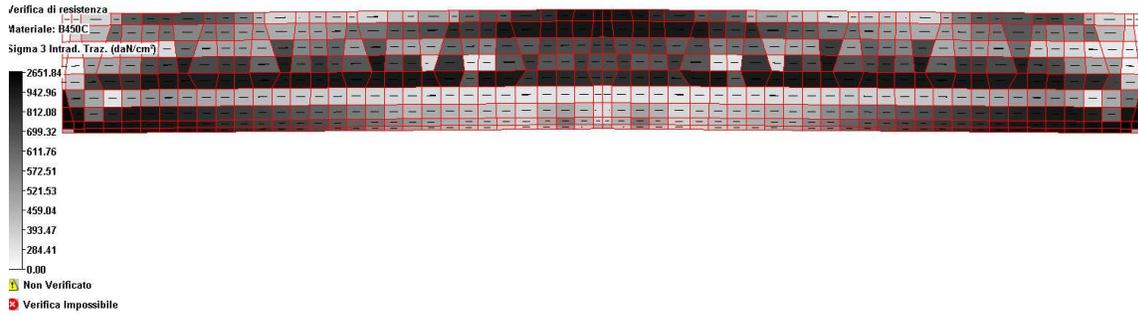


Figura 5.76 Verifica Sismica manteriale B450C Dir.3 Intradosso a trazione

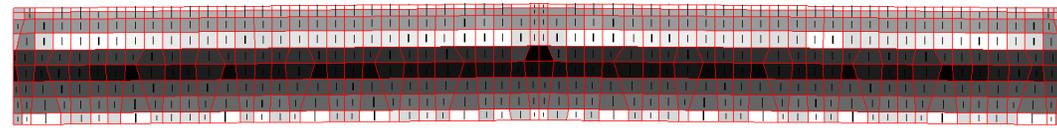
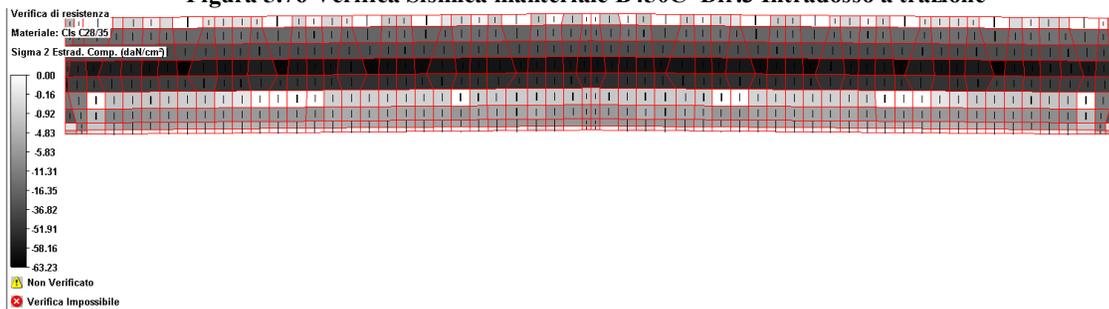


Figura 5.77 Verifica Sismica manteriale C18/35 Dir.2 Estradosso a compressione

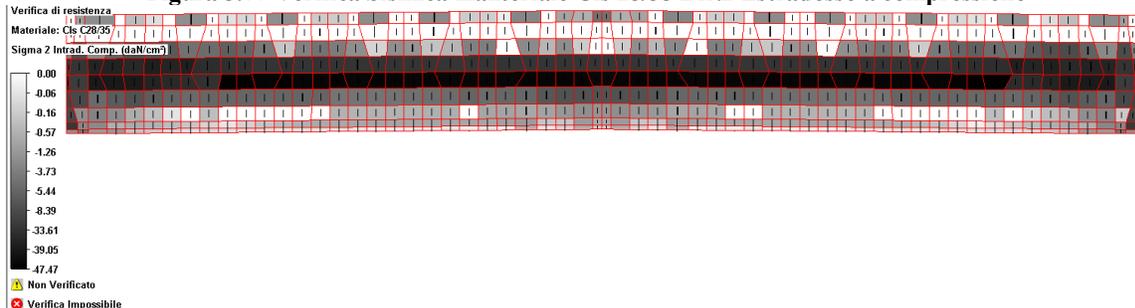


Figura 5.78 Verifica Sismica manteriale C18/35 Dir.2 Intradosso a compressione

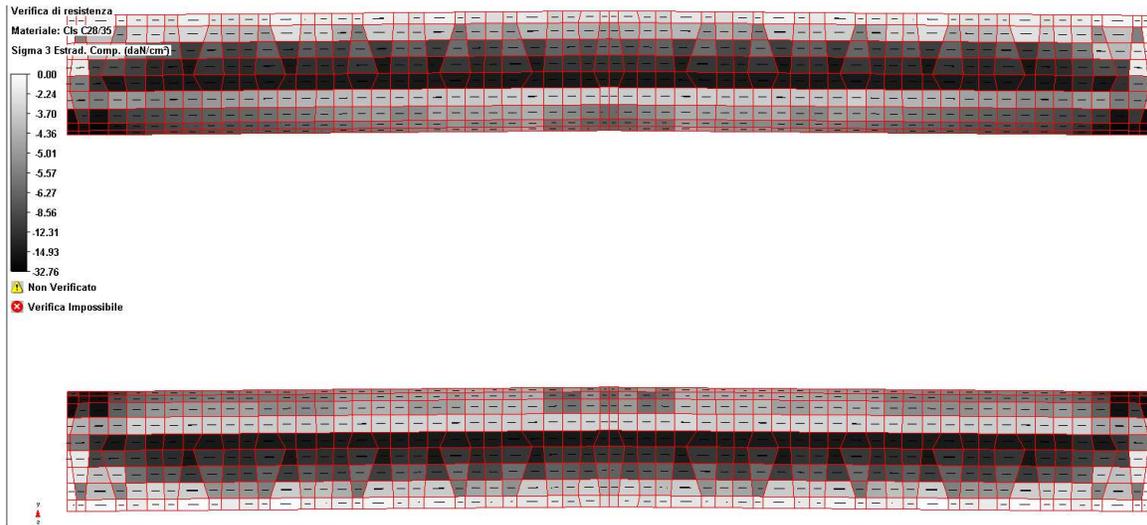


Figura 5.79 Verifica Sismica manteriale C18/35 Dir.3 Estradosso a compressione

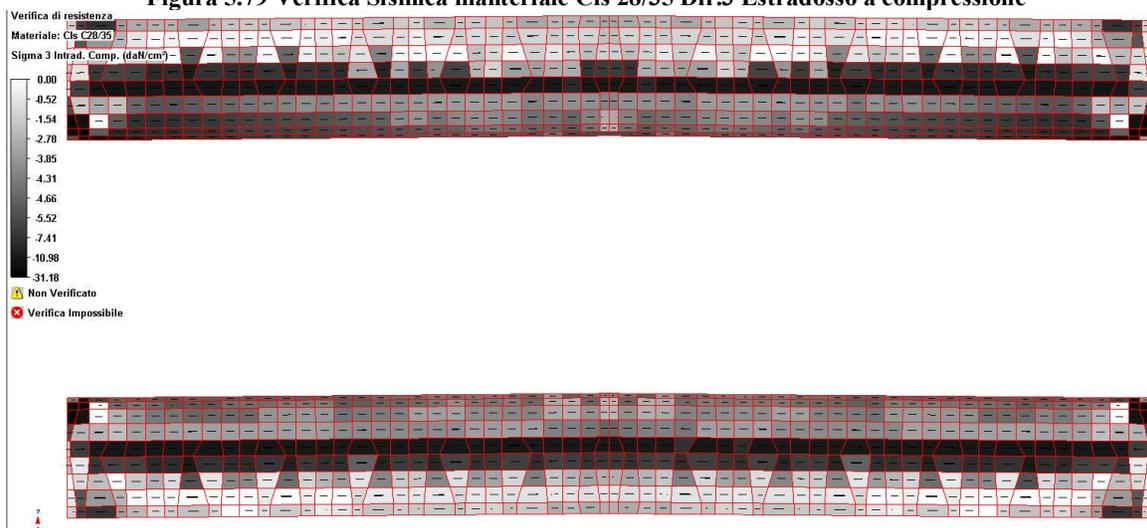


Figura 5.80 Verifica Sismica manteriale C18/35 Dir.3 Intradosso a compressione

5.3.4 VERIFICA FUSTO NUOVE SPALLE

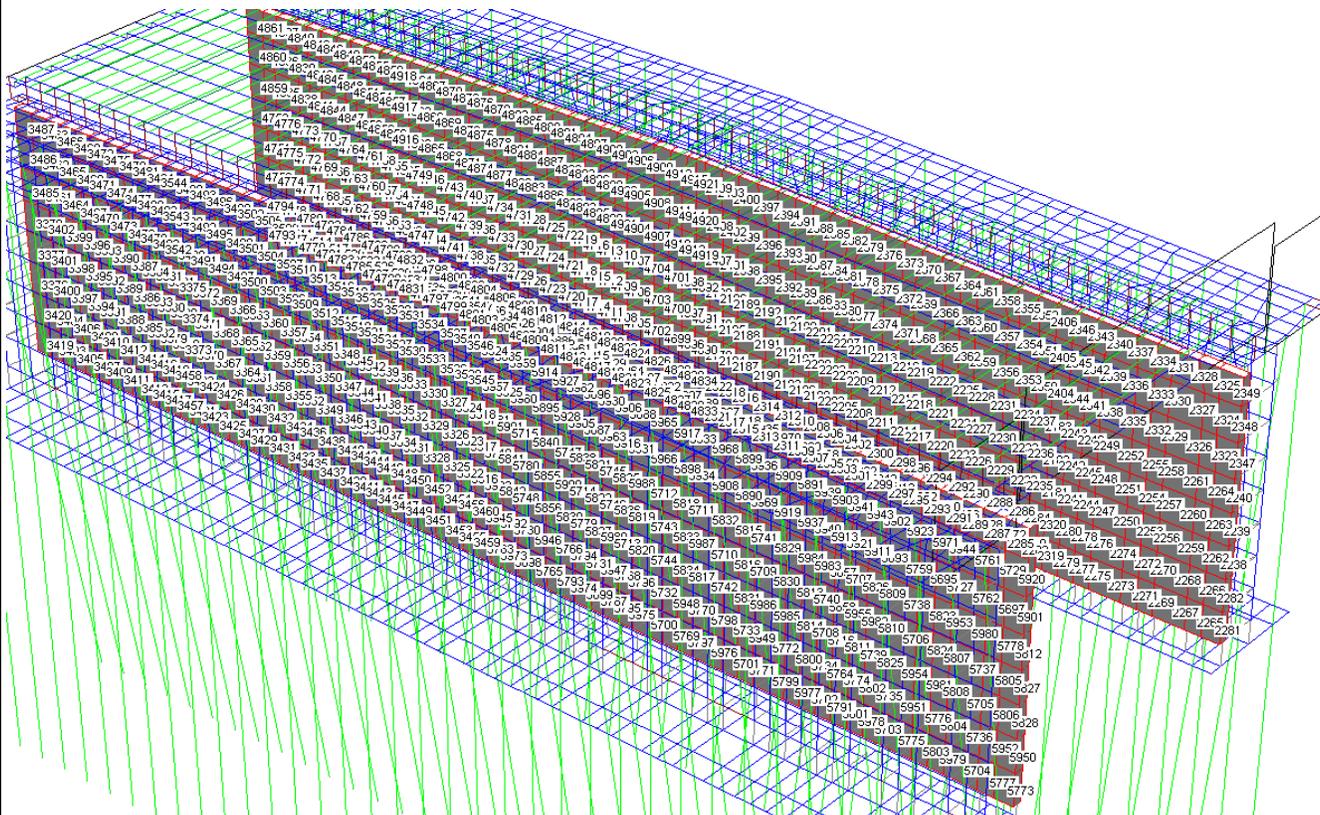


Figura 5.81 Numerazione Fusti nuove spalle

L'armatura della soletta è disposta lungo le direzioni 2 e 3; Dir.3 coincide con l'asse verticale, Dir.2 risulta orizzontale.

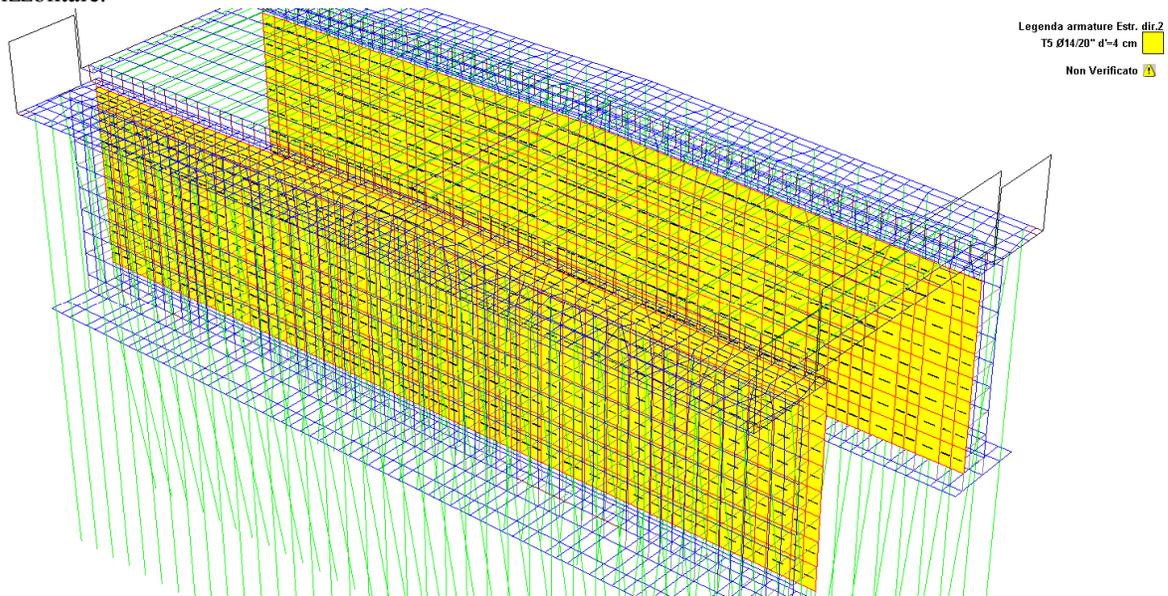


Figura 5.82 Armatura fusto Spalla di Estradosso ed Intradosso direzione 2

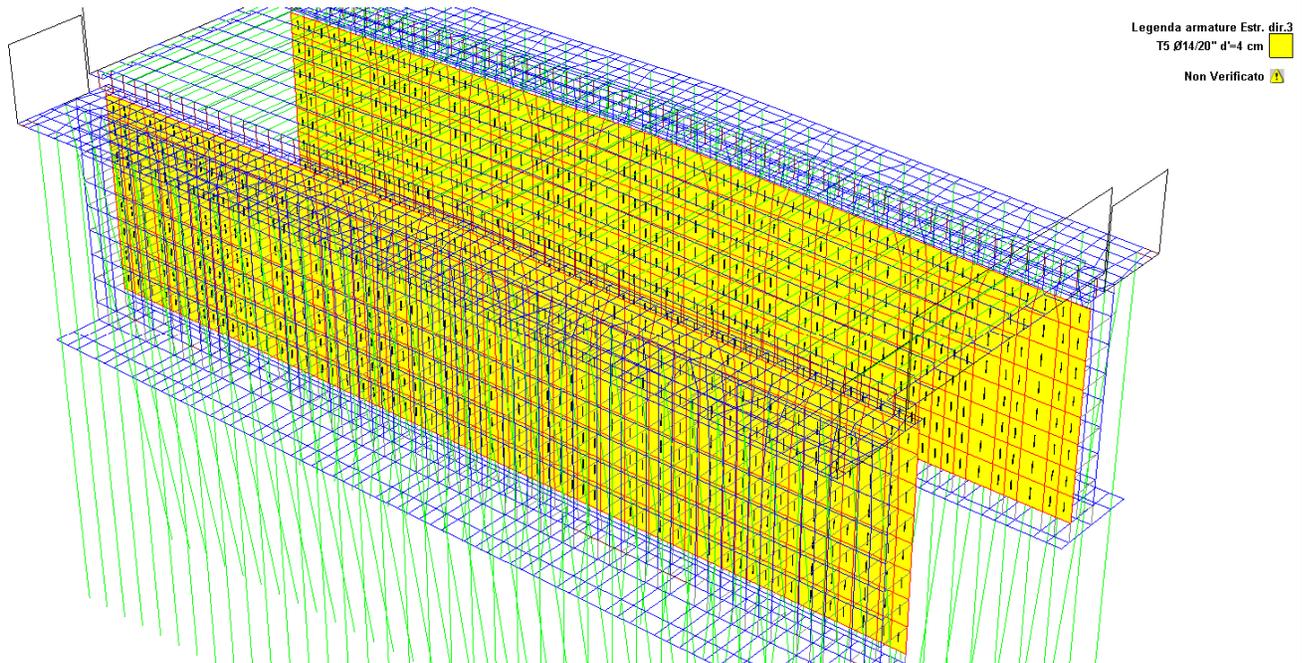


Figura 5.83 Armatura fusto Spalla di Estradosso ed Intradosso direzione 3

#### 5.3.4.1 Verifiche S.L.U. fusto nuove spalle

##### Significato dei parametri:

n°Shell = Numero dello shell interessato dalla verifica

Dir = Direzione locale rispetto cui si esegue la verifica

N = Forza Normale per unità di larghezza di verifica

M = Momento Flettente per unità di larghezza di verifica

CoeffMN= indica il coefficiente di sfruttamento a flessione e sforzo normale; data la coppia di sollecitazione per unità di larghezza N, M, da intendersi come N22, m22 per la direzione 2 e n33 e m33 per la direzione 3, si definisce coefficiente di sfruttamento il seguente rapporto (con il pedice “r” sono indicati i valori di resistenza ultimi):

$$\text{CoeffMN} = \frac{N}{N_r} = \frac{M}{M_r}$$

Un asterisco a fianco di un record individua le verifiche non soddisfatte (CoeffMN>1).

##### Verifica Shell di Resistenza “NTC\_2008 SLU”

Tipo Verifica: SLU (DM 14/01/2008)

Set Involuppo di Verifica utilizzato: “NTC\_2008”

Gli involuppi con i quali agisce la verifica sono: STR CARREGGIATA UNICA

Resistenza di calcolo a trazione e compressione per SLU:

ID MATERIALE	NOME MATERIALE	FD A TRAZIONE (daN/cm <sup>2</sup> )	FD A COMPRESSIONE (daN/cm <sup>2</sup> )
N.19	CLS C28/35	0	158.667
N.26	B450C	3913.04	3913.04

### Descrizione Risultati Verifiche

Si riportano solo i valori numerici delle verifiche peggiori per ogni armature:

**Valori per spessore shell: 30 cm**

Armatura di estradosso: Ø14/20"

Armatura di intradosso: Ø14/20"

n°Shell	Dir	N(KN/m)	M(KNm/m)	CoeffMN
4861	3	411.83	-6.51	0.76

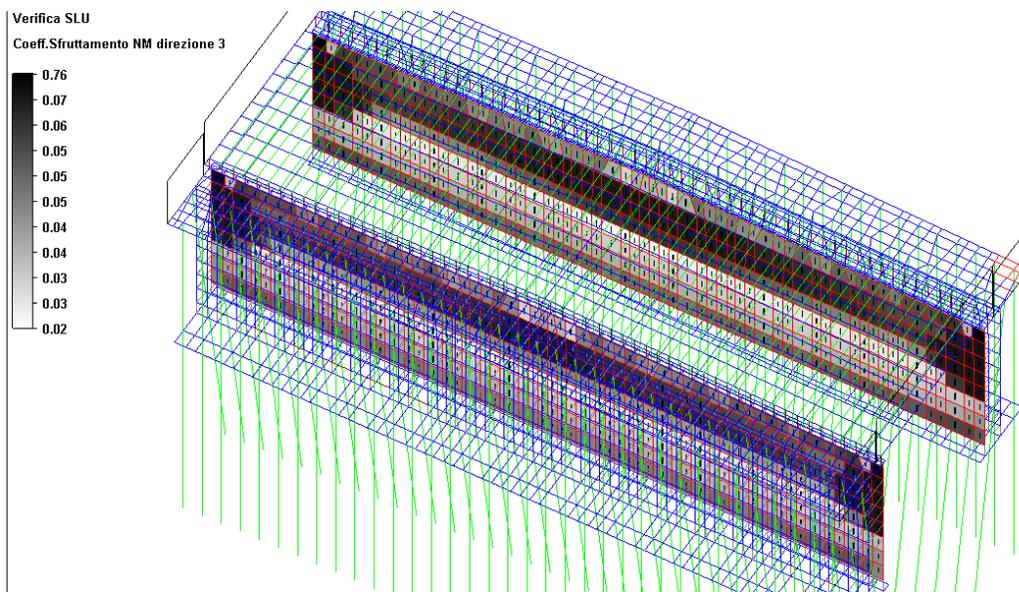


Figura 5.84 Verifica SLU Dir.3

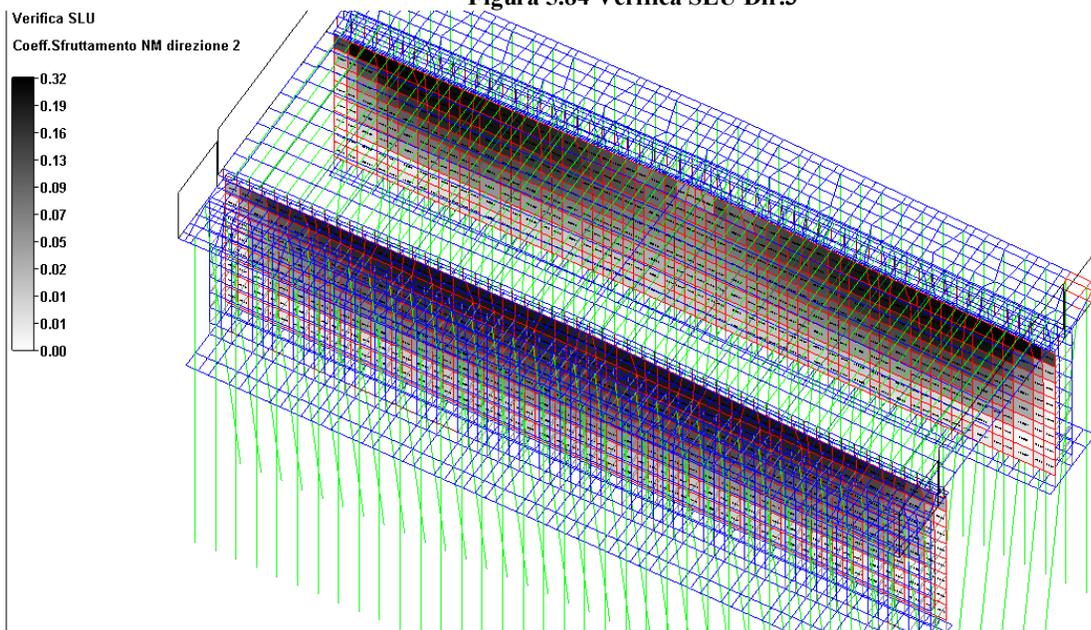


Figura 5.85 Verifica SLU Dir.2

### 5.3.4.2 Verifiche in fase sismica dei fusti delle nuove spalle

#### Significato dei parametri:

n°Shell = Numero dello shell interessato dalla verifica

Dir = Direzione locale rispetto cui si esegue la verifica

Mat = Numero del materiale a cui la verifica fa riferimento

N = Forza Normale per unità di larghezza di verifica

M = Momento Flettente per unità di larghezza di verifica

$\sigma_{min}$  = Tensione minima riscontrata per il materiale corrente

$\sigma_{max}$  = Tensione massima riscontrata per il materiale corrente

Nel caso di verifiche di fessurazione, nelle relative tabelle con i risultati delle verifiche, all'inizio di una riga possono comparire uno dei seguenti simboli:

VF = verifica di formazione delle fessure:  $\sigma_{max}$  è la massima tensione di trazione (su sezione non fessurata) del materiale di calcestruzzo con ID pari a MatCls. Vengono riportati solo i valori di trazione delle tensioni (se presenti).

VD = verifica di decompressione:  $\sigma_{max}$  è la massima tensione di trazione (su sezione non fessurata) del materiale di calcestruzzo con ID pari a MatCls. Vengono riportati solo i valori di trazione delle tensioni (se presenti).

VA = verifica di apertura delle fessure: verifica di apertura delle fessure: w è l'apertura della fessura. Il gruppo di esigenza ed il valore ammissibile utilizzati sono quelli del materiale calcestruzzo dello shell ed il tipo di armatura (sensibile/poco sensibile) è quello dell'armatura dello shell.

Un asterisco a fianco di un record individua le verifiche non soddisfatte.

#### Verifica Shell di Resistenza "NTC\_2008 Sisma"

Tipo Verifica: Tensionale per azione sismica (DM 14/01/2008)

Set Involuppo di Verifica utilizzato: "NTC\_2008"

Gli involuppi con i quali agisce la verifica sono: STR COMB.N°4 SISMA

Tensioni ammissibili a trazione e compressione dei materiali impiegati:

ID MATERIALE	NOME MATERIALE	SIGMA AMM. TRAZIONE (daN/cm <sup>2</sup> )	SIGMA AMM. COMPRESSIONE (daN/cm <sup>2</sup> )
n.21	Cls C32/40	0	192
n.26	B450C	3600	-

#### Descrizione Risultati Verifiche

Si riportano solo i valori numerici delle verifiche peggiori per ogni armatura.:

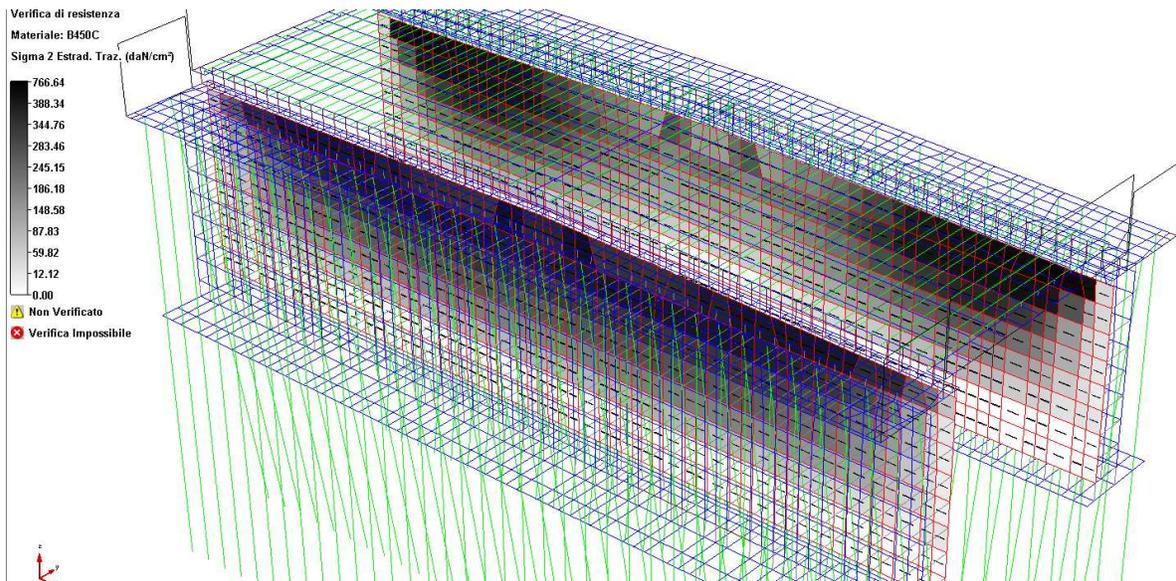


Figura 5.86 Verifica Sismica materiale B450C Dir.2 Estradosso a trazione

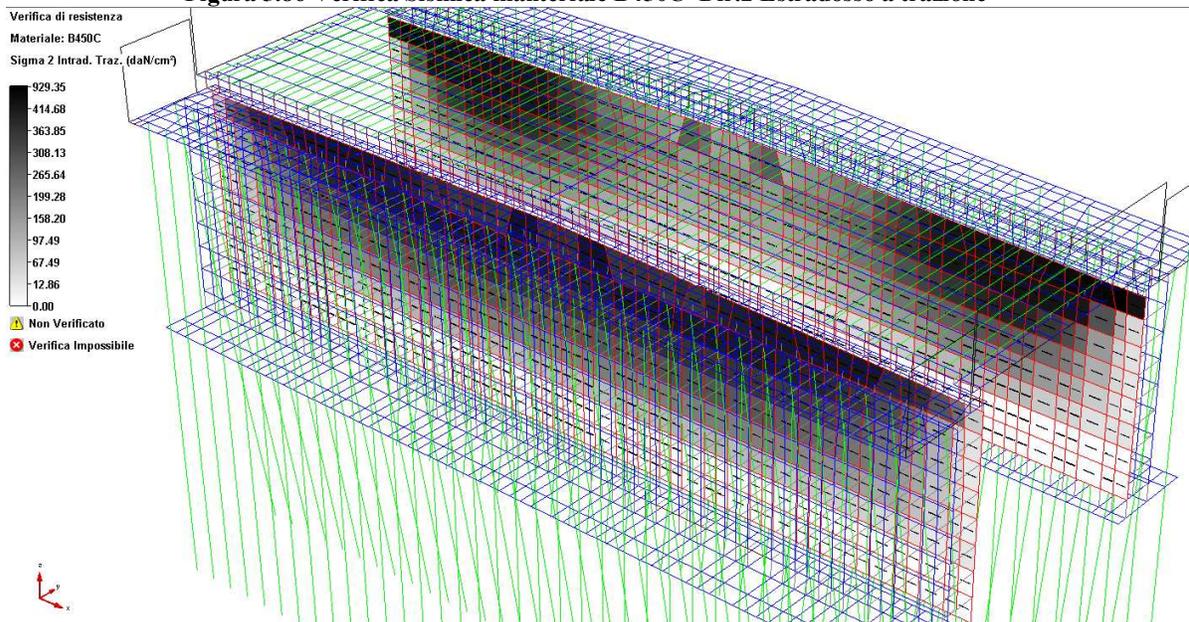


Figura 5.87 Verifica Sismica materiale B450C Dir.2 Intradosso a trazione

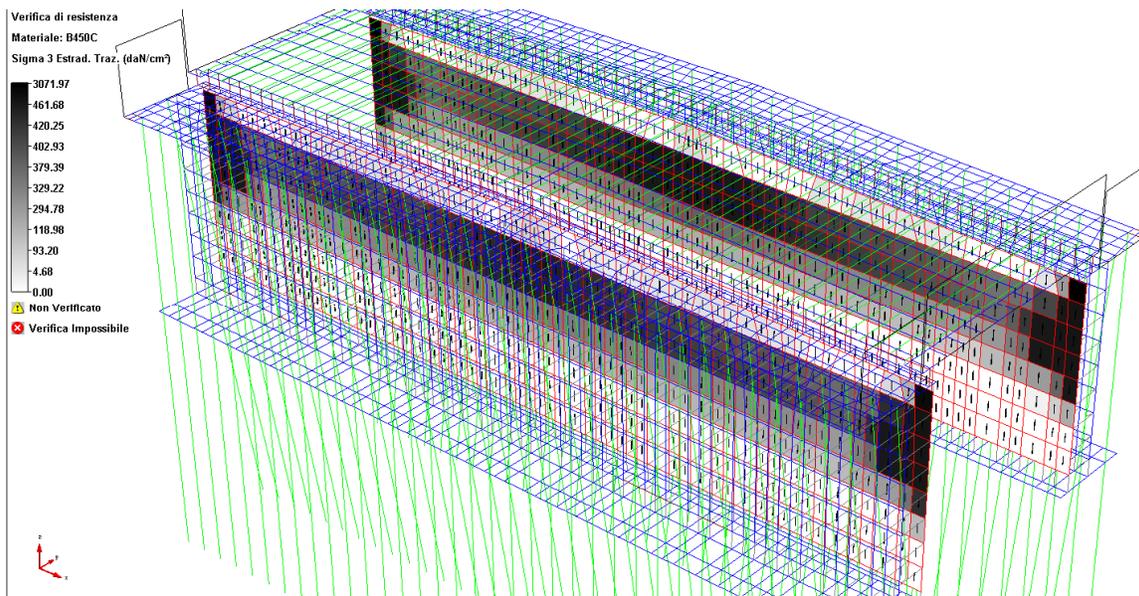


Figura 5.88 Verifica Sismica materiale B450C Dir.3 Estradosso a trazione7

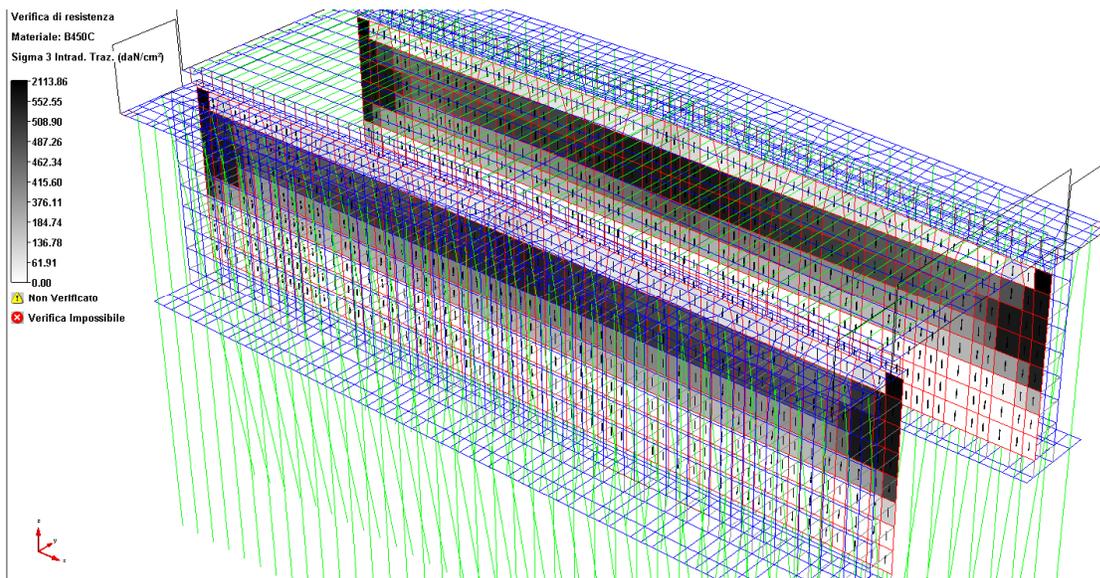


Figura 5.89 Verifica Sismica materiale B450C Dir.3 Intradosso a trazione

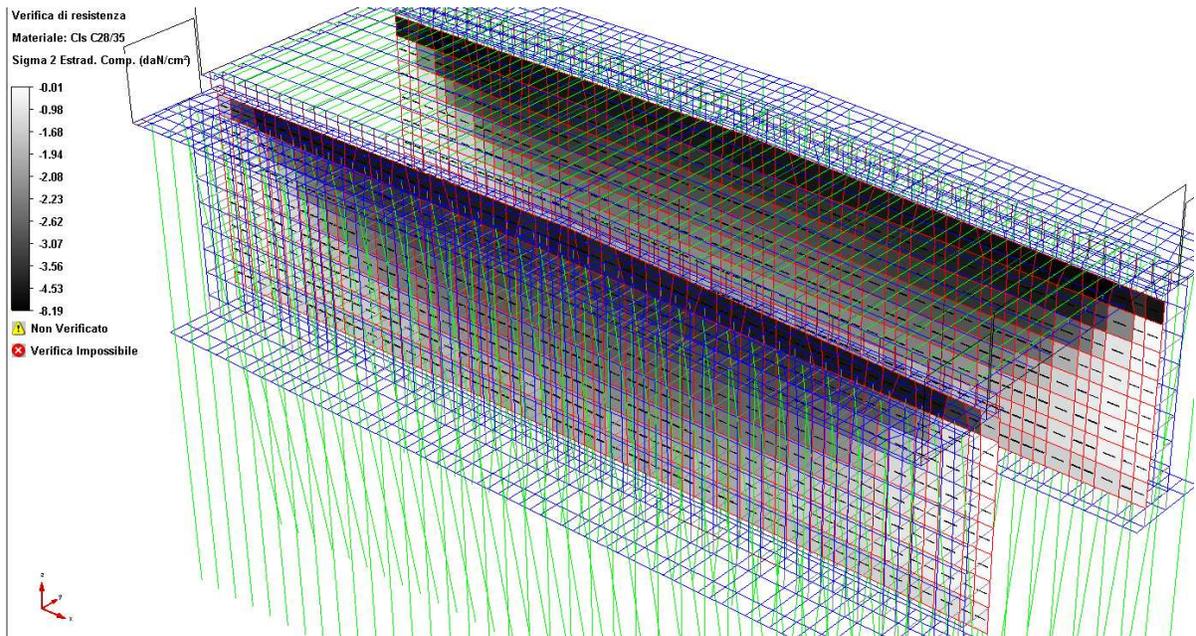


Figura 5.90 Verifica Sismica materiale Cls 32/40 Dir.2 Estradosso a compressione

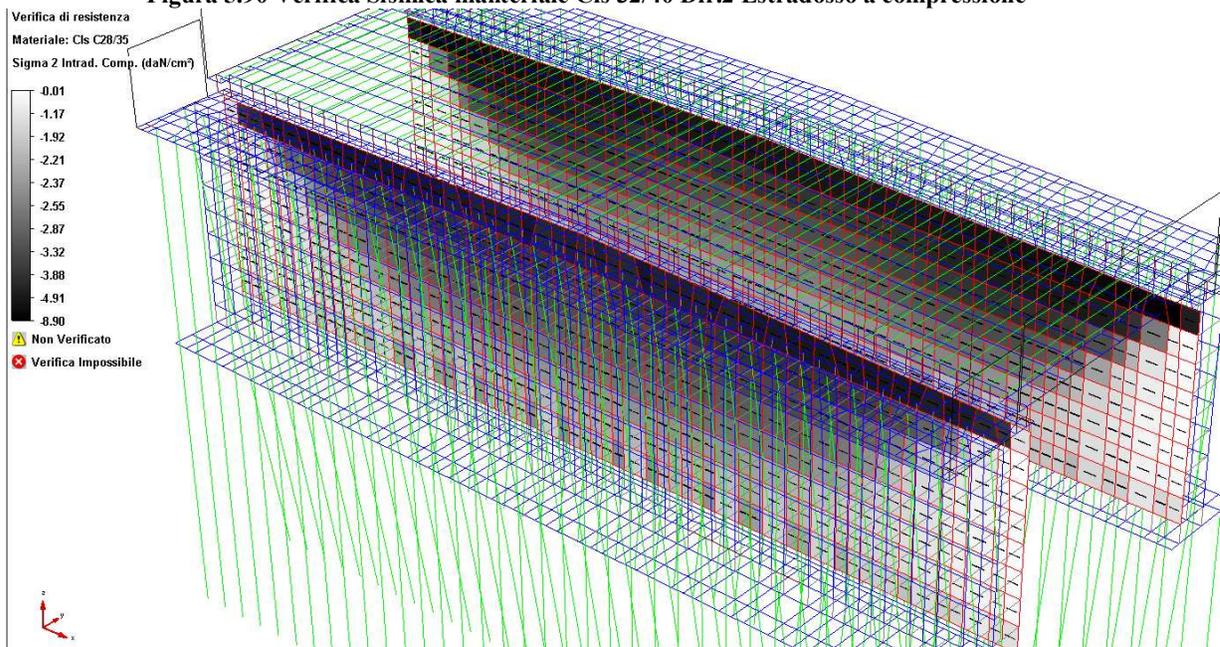


Figura 5.91 Verifica Sismica materiale Cls 32/40 Dir.2 Intradosso a compressione

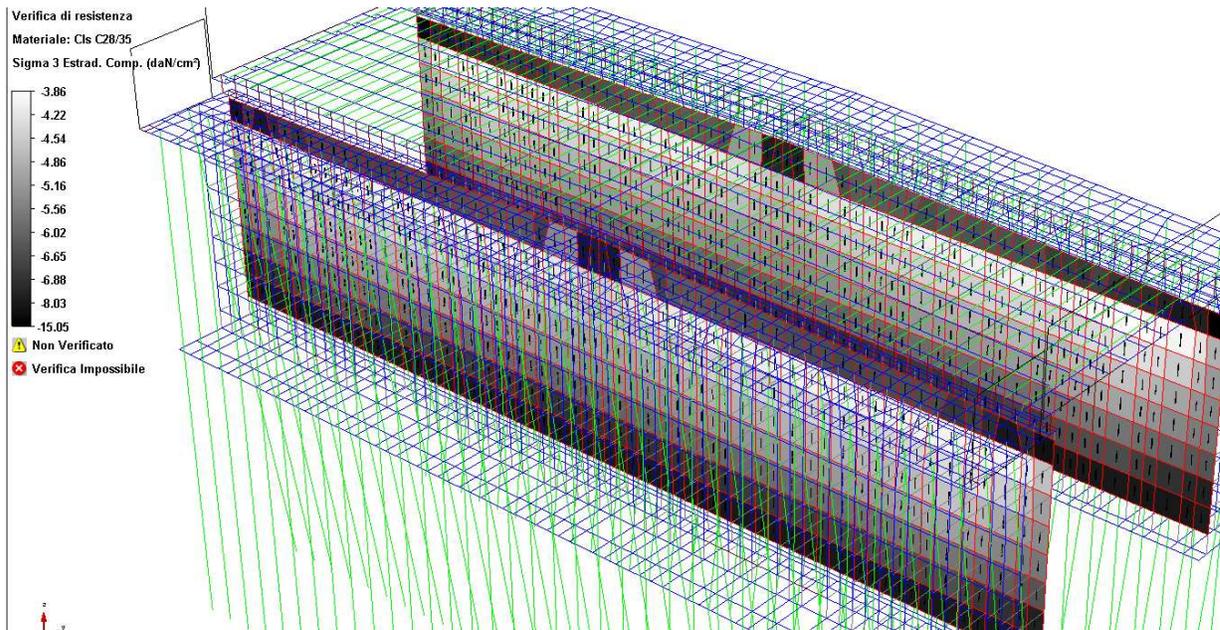


Figura 5.92 Verifica Sismica manteriale Cls 32/40 Dir.3 Estradosso a compressione

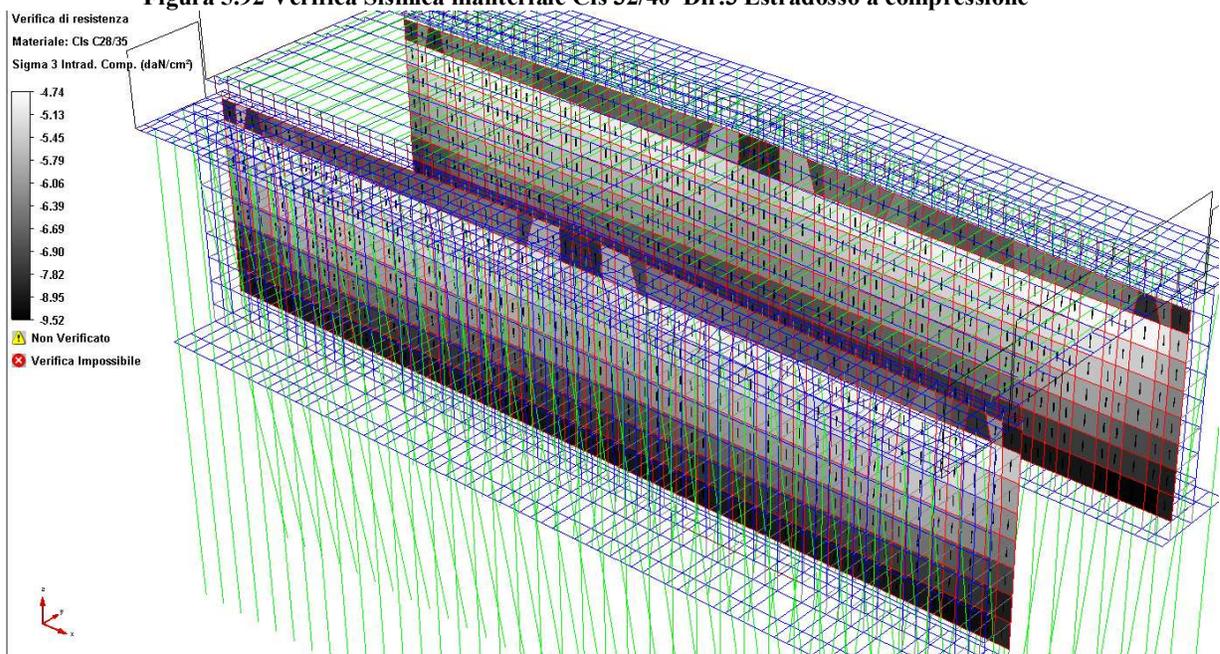


Figura 5.93 Verifica Sismica manteriale Cls 32/40 Dir.3 Intradosso a compressione

## 6 RELAZIONE GEOTECNICA – PORTANZA PALI

Di seguito si riportano le verifiche delle sezioni più significative e per le Combinazioni di carico risultate più critiche.

I calcoli di verifica sono effettuati con il metodo degli Stati Limite, applicando il combinato D.M.14.01.2008 con l'UNI EN 1992 (Eurocodice 2); risultano i seguenti tipi di verifiche:

1. Verifiche agli Stati Limite Ultimi (Approccio 1, combinazione 2 – A2M1).
2. Verifiche delle azioni Sismiche (Approccio 1, combinazione 2 – A2M1).

Si assumono i seguenti parametri del terreno:  
da quota 0.00m a quota -30.00m scisto alterato

Peso di volume $\gamma_t$	20 kN/m <sup>3</sup>
Angolo di attrito $\Phi$	35
Coesione c	0 N/mm <sup>2</sup>
qs,lim	160 kPa
qb,lim	6000 kPa

Si riportano di seguito i massimi valori degli sforzi assiali sui micropali della spalla per le combinazioni di carico più significative.

Micropali con perforazione  $\phi 240$ mm, L=15.00m.

### 6.1 SOLLECATAZIONI MASSIME MICROPALI

#### GEO CARREGGIATA UNICA

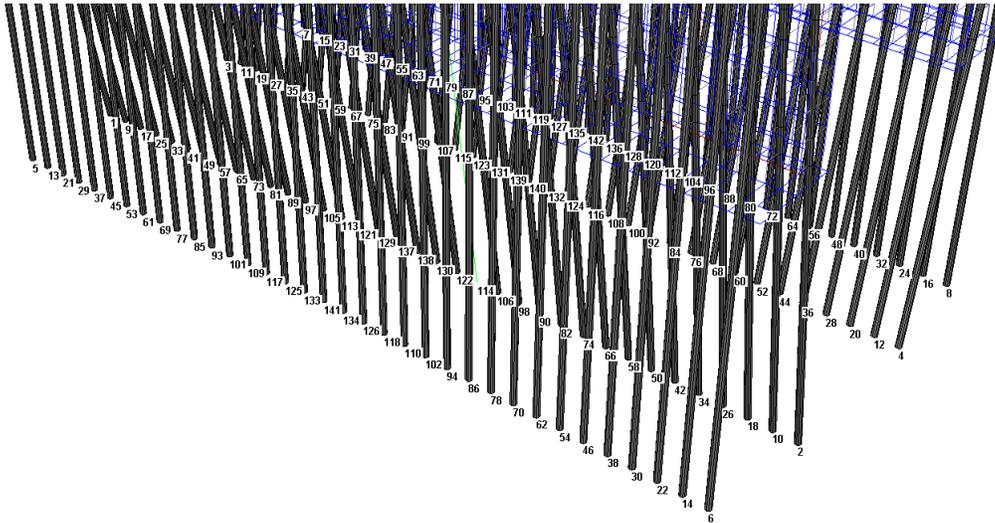


Figura 6.1 Numerazione nodi di base dei micropali

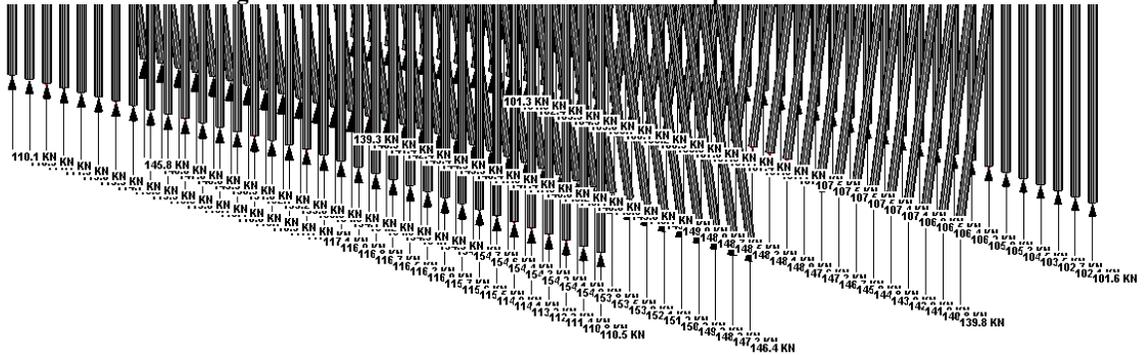


Figura 6.2 Rz min per l'involuppo GEO Carreggiata Unica

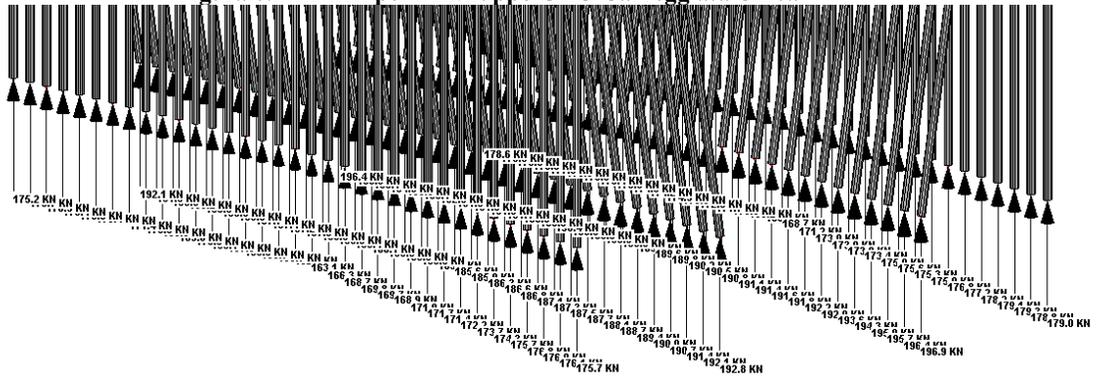


Figura 6.3 Rz max per l'involuppo GEO Carreggiata Unica

-----  
Valori massimi di sollecitazione rilevati per  
l'inviluppo reazioni vincolari: GEO Carreggiata Unica  
-----

Tipo n°Nodo	Rx (KN)	Ry (KN)	Rz (KN)	Mx (KNm)	My (KNm)	Mz (KNm)
-------------	------------	------------	------------	-------------	-------------	-------------

-----

Rz min	7 0.000000	0.000000	101.2585	0.000000	0.000000	0.000000
--------	------------	----------	----------	----------	----------	----------

Rz max	4 0.000000	0.000000	<b>196.9489</b>	0.000000	0.000000	0.000000
--------	------------	----------	-----------------	----------	----------	----------

GEO COMB.N°4 SISMA

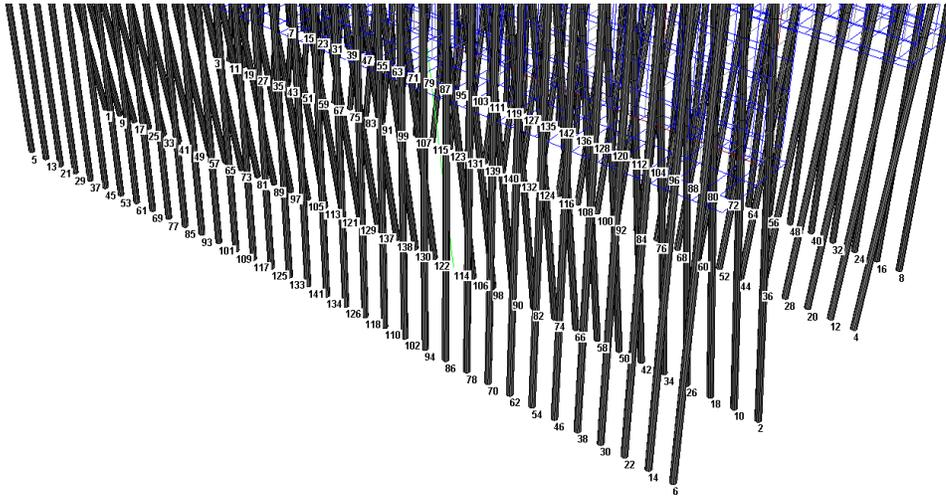


Figura 6.4 Numerazione nodi di base dei micropali

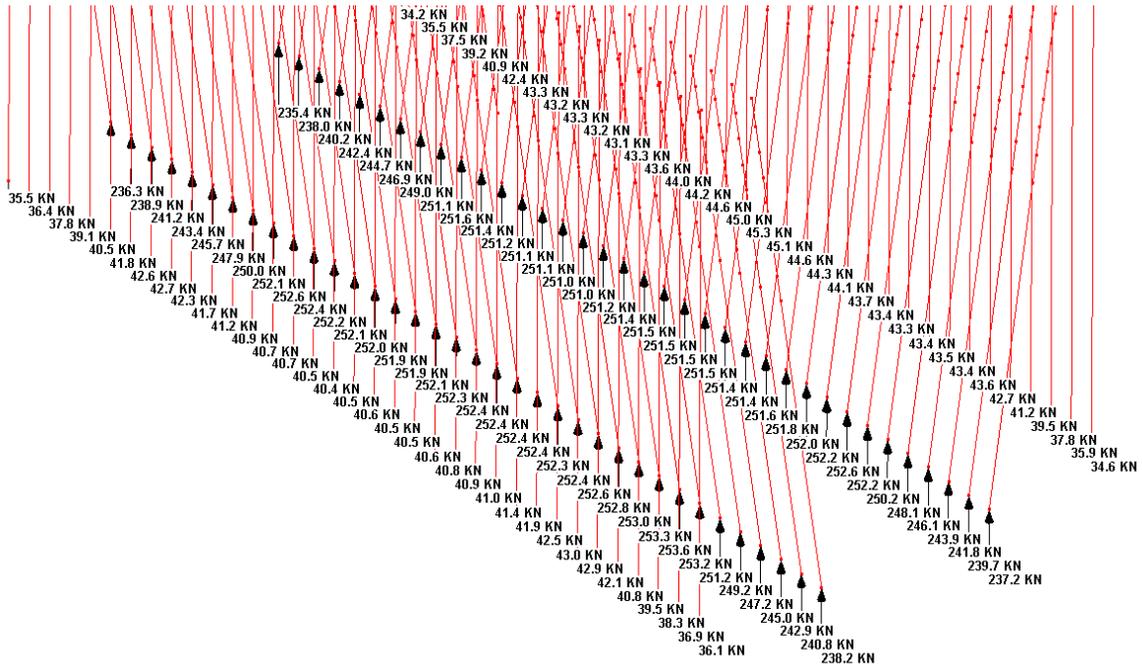


Figura 6.5 Rz min per l'involuppo GEO Comb.n°4 Sismica

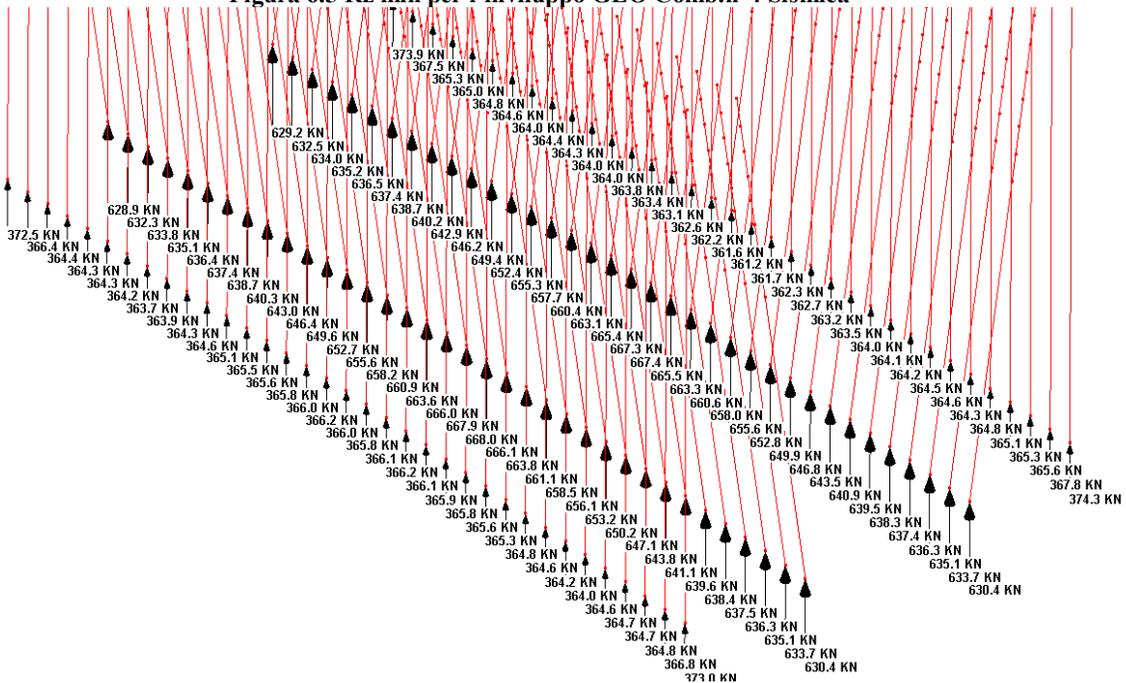


Figura 6.6 Rz max per l'involuppo GEO Comb.n°4 Sismica

-----  
Valori massimi di sollecitazione rilevati per  
l'involuppo reazioni vincolari: GEO comb.n°4 Sisma  
-----

Tipo n°Nodo	Rx	Ry	Rz	Mx	My	Mz
	(KN)	(KN)	(KN)	(KNm)	(KNm)	(KNm)

Rx min	3	-3.3e-05	90.13202	602.6259	0.174581	0.030275	0.201725
Rx max	2	3.31e-05	-90.1113	602.4875	-0.17456	-0.02961	0.197286
Ry min	138	8.63e-07	-99.9280	667.9584	-0.17732	1.71e-04	-0.00114
Ry max	140	-1.5e-06	99.84041	667.3745	0.177313	2.44e-04	0.001628
Rz min	7	4.73e-08	-8.0e-06	34.17691	-4.3e-05	2.93e-08	1.232634
Rz max	138	8.63e-07	-99.9280	<b>667.9584</b>	-0.17732	1.71e-04	-0.00114
Mx min	138	8.77e-07	-99.9209	667.9110	-0.17732	1.62e-04	-0.00108
Mx max	140	-1.5e-06	99.84041	667.3745	0.177313	2.44e-04	0.001628
My min	4	3.25e-05	77.75434	520.0978	0.173284	-0.03275	-0.21824
My max	3	-3.3e-05	77.61399	519.1621	0.173281	0.033001	0.219884
Mz min	134	1.79e-09	-2.9e-06	366.0681	-6.1e-05	-2.4e-08	-1.70097
Mz max	133	8.43e-09	-2.9e-06	366.0433	-6.1e-05	3.41e-09	1.700986

Dal confroto con la portanza si evidenzia che la lunghezza dei micropli deve essere di 25.0m.

## 6.2 PORTANZA MICROPALI

Si esegue la verifica di portanza relative ai pali sotto al risvolto destro per la combinazione SISMICA che risulta essere la più gravosa. La tabella di verifica è riportata di seguito e fa riferimento alla caratterizzazione del terreno riportata nella "Relazione geologica, idrogeologica e geotecnica" e nel "Profilo geotecnico longitudinale".

Per la verifica in oggetto si fa riferimento alle indagini in nostro possesso relative il progetto preliminare.

Il carico limite di progetto viene determinato come:

$$Rcd = Rbd + Rsd - Wp$$

in cui:

Rbd = Rbk / $\gamma_b$ :	Resistenza alla punta di progetto
Rsd = Rsk / $\gamma_s$ :	Resistenza laterale di progetto
Rsd1 = Rsk1 / $\gamma_{st}$ :	Resistenza laterale di trazione di progetto
Rbk = Rbm / $\zeta$ :	Resistenza alla punta caratteristica
Rsk = Rsm / $\zeta$ :	Resistenza laterale caratteristica
Rbm = Qb:	Resistenza media alla punta
Rsm = Qs:	Resistenza media laterale
Wp:	peso proprio del palo alleggerito

### PORTANZA UNITARIA ALLA PUNTA

**Terreni granulari (c = 0,  $\phi < > 0$ )**

In accordo alla teoria di Berenzantsev<sup>(7)</sup>:

$$q_b = Nq^* \times \alpha^v \quad \text{con:} \quad Nq^*: \text{coefficiente di capacità portante corrispondente all'insorgere delle prime deformazioni plastiche (ced. = 0,06 - 0,10 D)}$$

Nq\* è dato dal grafico a destra riportato:



In ogni caso viene assunto per qb il valore limite di qb,lim.

### Terreni coesivi (c <> 0)

Il calcolo viene svolto in termini di tensioni totali

La resistenza alla punta viene espressa come:

$$q_b = \alpha v + 9 c_u$$

### RESISTENZA LATERALE UNITARIA

**Terreni granulari (c = 0,  $\phi < > 0$ )**

$$q_s = K \tan \delta \sigma'_v$$

con: K assunto pari a 1 - sen  $\phi'$   
tan  $\delta = \tan \phi$

In ogni caso non viene superato il valore limite di ql,lim.

### Terreni coesivi (c <> 0)

$$q_s = \alpha c_u$$

con:  $\alpha$  variabile in funzione di cu secondo la seguente tabella (AGI - 1984)

cu (kPa)	$\alpha$
<=25	0.9
da 25 a 50	0.8
da 50 a 75	0.6
>75	0.4

In ogni caso non viene superato il valore limite di ql,lim.

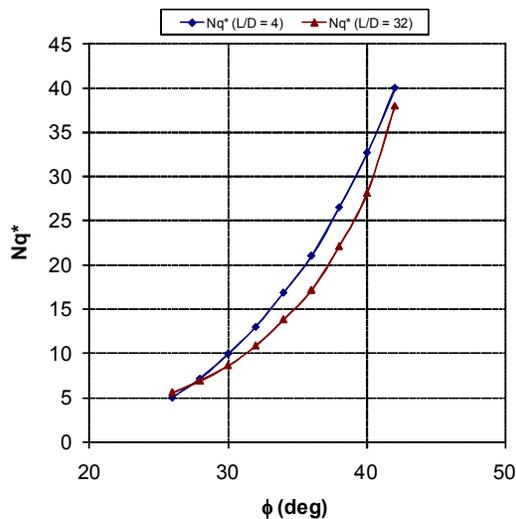
### CARATTERISTICHE GEOMETRICHE

	unità	
Diametro palo	m	0.24
Superficie resistente alla punta	m <sup>2</sup>	0.05
Superficie laterale per lunghezza unitaria	m <sup>2</sup>	0.75
peso specifico del palo	kN/m <sup>3</sup>	25.00

### STRATIGRAFIA DI PROGETTO (DA Q.T.P.)

n.	DESCRIZIONE	DA	A
1	Rilevato	0.0	-0.5
2	CC - Substrato	-0.5	in giù
3			
4			

Coefficiente Nq\* corrispondente all'insorgere delle prime deformazioni plastiche alla punta



### FALDA

	unità	
Quota livello falda da q.t.p.	m	20.00

### SOVRACCARICO A Q.T.P.

Tensione totale in testa palo	kN/m <sup>2</sup>	20.0
Tensione efficace in testa palo		20.0

### COEFFICIENTI DI SICUREZZA

coefficiente $\gamma_b$	1.45
coefficiente $\gamma_s$	1.45
coefficiente $\gamma_{st}$	1.60
coefficiente $\zeta$	1.50

Diagramma del carico limite del palo in funzione della lunghezza

