

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



**DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA - PALERMO**

**NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA**

**U.O. INFRASTRUTTURE CENTRO**

**PROGETTO DEFINITIVO**

**TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA**

**FABBRICATI TECNOLOGICI**

FA07 – Tipologico Shelter

Relazione descrittiva e di calcolo basamento

SCALA:

-

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

RS3E 50 D 29 CL FA0700 001 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	EMISSIONE ESECUTIVA	R. Michelangeli	Dicembre 2019	V. Censi	Dicembre 2019	F.Sparacino	Dicembre 2019	F. Arduini Dicembre 2019

ITALFERR S.p.A.  
Direzione Tecnica  
Infrastrutture Centro  
Dott. Ing. Filippo Arduini  
Viale dell'Industria s.p.a. - Provincia di Roma  
n. 19900/0001

File: RS3E50D29CLFA0700001A.DOCX

n. Elab.: 938

## INDICE

<b>1.-. PREMESSA.....</b>	<b>4</b>
<b>2.-. NORME DI RIFERIMENTO .....</b>	<b>5</b>
<b>3.-. DESCRIZIONE DELLE STRUTTURE .....</b>	<b>6</b>
<b>4.-. CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEL TERRENO .....</b>	<b>8</b>
4.1.-. Stratigrafia di calcolo.....	8
<b>5.-. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI.....</b>	<b>9</b>
5.1.-. Opere in calcestruzzo armato.....	9
5.1.1.-. Magrone .....	9
5.1.2.-. Struttura in fondazione: .....	9
5.2.-. Acciaio per calcestruzzo armato .....	11
5.3.-. Copriferro .....	11
<b>6.-. ANALISI DEI CARICHI DI PROGETTO.....</b>	<b>13</b>
6.1.-. Carichi permanenti .....	13
6.2.-. Carichi variabili .....	13
6.3.-. Azioni della neve .....	14
6.4.-. Azione sismica.....	15
6.5.-. Caratterizzazione sismica .....	15
6.5.1.-. Vita nominale e classe d'uso.....	15
6.5.2.-. Parametri di pericolosità sismica .....	15
<b>7.-. ANALISI DELLA STRUTTURA .....</b>	<b>18</b>
7.1.-. Codici di calcolo utilizzati .....	18
7.1.1.-. Affidabilità del software .....	18
7.2.-. Modellazione dell'opera .....	18
7.2.1.-. Condizioni di carico e assegnazioni.....	20
7.3.-. Combinazioni di carico.....	23
7.3.1.-. Modello di calcolo.....	24
<b>8.-. SOLLECITAZIONI MASSIME .....</b>	<b>40</b>
<b>9.-. VERIFICA ELEMENTI STRUTTURALI .....</b>	<b>42</b>

RELAZIONE DESCRITTIVA E DI CALCOLO  
 BASAMENTO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 29 CL	FA 07 00 001	A	3 di 49

9.1.-. Verifiche a flessione .....	42
9.2.-. Sollecitazioni massime e verifica .....	42
<b>10.-. VERIFICA DI CAPACITÀ PORTANTE.....</b>	<b>46</b>

## 1.-..PREMESSA

La presente relazione di calcolo riguarda il Progetto Definitivo dell'edificio relativo al tipologico Shelter FA07, da realizzare nell'ambito del potenziamento infrastrutturale della linea ferroviaria Palermo-Catania, nella tratta Dittaino – Catenanuova (Lotto 5).

## 2.-..NORME DI RIFERIMENTO

- Norme Tecniche per le Costruzioni, DM del 14/01/2008;
- Legge 05/01/1971 n°1086: Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso, ed a struttura metallica;
- Legge 02/02/1974 n°64: Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche;
- C.M. 02/02/2009 n.617: Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche per le costruzioni";
- RFI DTC SI PS MA IFS 001 A del 30/12/2016: Manuale di progettazione delle opere civili – Parte II – Sezione 2 – Ponti e Strutture;
- RFI DTC SI PS SP IFS 001 A del 30/12/2016: Capitolato generale tecnico di appalto delle opere civili – Parte II – Sezione 6 – Opere in conglomerato cementizio e in acciaio;
- UNI EN 1991-1-4:2005: Eurocodice 1 – Azioni sulle strutture – Parte 1-4: Azioni in generale – Azioni del vento;
- UNI EN 1992-1-1:2005: Eurocodice 2 – Progettazione delle strutture di calcestruzzo – Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici;
- UNI EN 1992-2:2006: Eurocodice 2 – Progettazione delle strutture di calcestruzzo – Parte 2: Ponti;
- UNI EN 1993-1-1:2005: Eurocodice 3 – Progettazione delle strutture di acciaio – Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici;
- UNI EN 1993-2:2007: Eurocodice 3 – Progettazione delle strutture di acciaio – Parte 2: Ponti;
- UNI EN 1998-1:2005: Eurocodice 8 – Progettazione delle struttura per la resistenza sismica – Parte 1: Regole generali, azioni sismiche e regole per gli edifici;
- UNI EN 1998-2:2006: Eurocodice 8 – Progettazione delle struttura per la resistenza sismica – Parte 2: Ponti;
- STI 2014 –Regolamento (UE) N. 1299/2014 della Commissione del 18 novembre 2014 relativo alle specifiche tecniche di interoperabilità per il sottosistema «infrastruttura» del sistema ferroviario dell'Unione europea, modificato dal Regolamento di esecuzione (UE) N° 2019/776 della Commissione del 16 maggio 2019;

### 3.-..DESCRIZIONE DELLE STRUTTURE

La struttura è composta da due platee in c.a. di spessore 30cm, di dimensioni 8.40x6.40m e 5.40x6.40m rispettivamente.

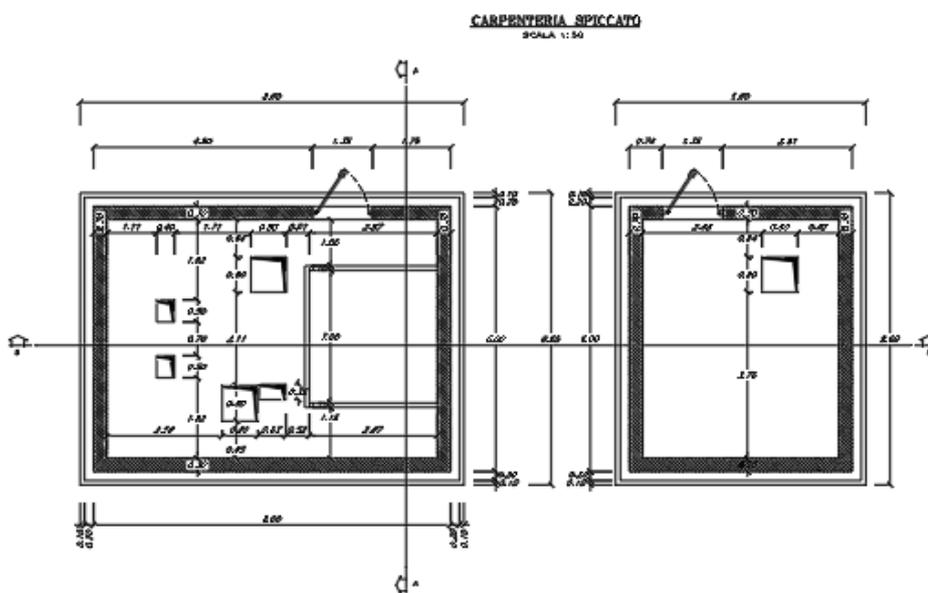


Figura 1-1. Shelter – pianta

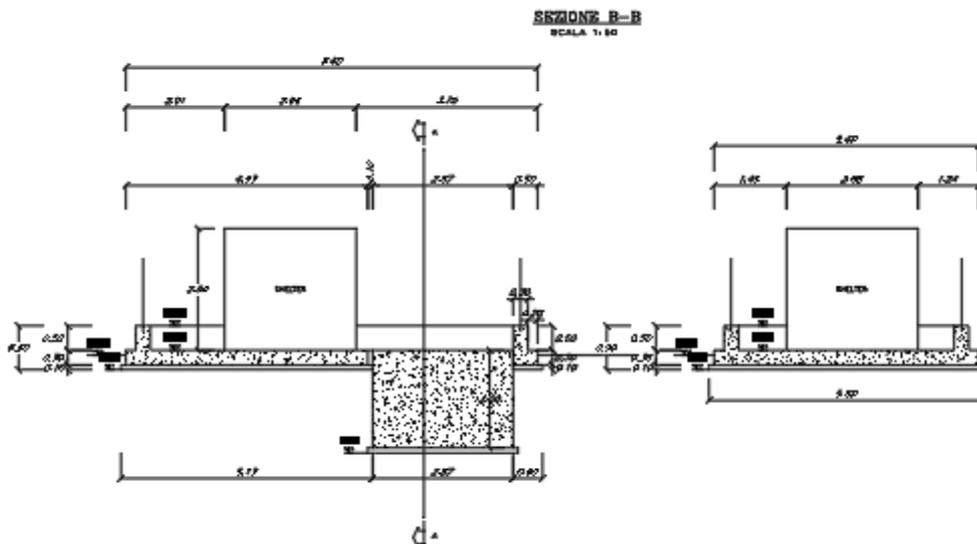
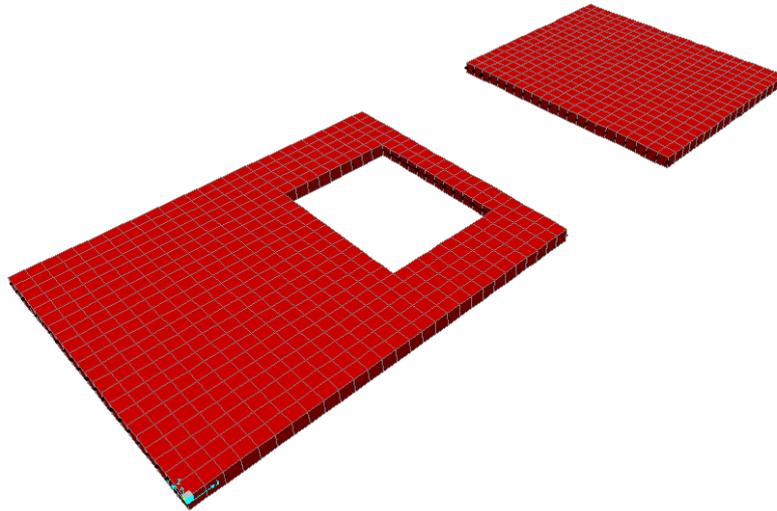


Figura 1-2. Shelter – sezione B-B



**Figura 1-3. Vista estrusa modello FEM**

## 4.-..CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEL TERRENO

### 4.1.-..Stratigrafia di calcolo

Per la caratterizzazione geotecnica del terreno si rimanda alla Relazione Geotecnica e sulle Fondazioni.

Dalla scheda stratigrafica si desume la stratigrafia di progetto con i relativi parametri caratteristici:

$$\gamma = 19 \text{ [kN/m}^3\text{]}$$

$$c' = 7 \text{ [kPa]}$$

$$\phi' = 23[^\circ]$$

La falda idrica è cautelativamente considerata sempre a 3.0m da p.c..

## 5.-.. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

E' previsto l'utilizzo dei seguenti materiali dei quali di seguito si riportano le caratteristiche meccaniche:

### 5.1.-..Opere in calcestruzzo armato

Per i calcestruzzi si fa riferimento alle normative UNI EN 206-1 (Specificazione, prestazione, produzione e conformità) e UNI 11104 (Istruzioni complementari per l'applicazione della EN 206-1).

#### 5.1.1.-..Magrone

##### **Conglomerato classe di resistenza C12/15 – Rck 15MPa**

Resistenza caratteristica cubica:	$R_{ck} = 15 \text{ N/mm}^2$
Resistenza caratteristica cilindrica:	$f_{ck} = 12 \text{ N/mm}^2$
Classe di esposizione:	X0
Classe di consistenza slump:	S3

#### 5.1.2.-..Struttura in fondazione:

##### **Conglomerato classe di resistenza C25/30 – Rck 30MPa**

Modulo di elasticità longitudinale	$E_C = 31447$	[MPa]
Coefficiente di dilatazione termica	$\alpha = 10 \times 10^{-6}$	[C <sup>-1</sup> ]
Coefficiente di Poisson	$\nu = 0,20$	[-]
Coefficiente parziale di sicurezza	$\gamma_c = 1,50$	[-]
Coefficiente riduttivo per le resistenze di lunga durata	$\alpha_{cc} = 0,85$	[-]
Resistenza caratteristica cubica a compressione	$R_{ck} = 30,0$	[MPa]
Resistenza caratteristica cilindrica a compressione	$f_{ck} = 24,9$	[MPa]
Resistenza media cilindrica a compressione	$f_{cm} = 32,9$	[MPa]
Resistenza media a trazione semplice	$f_{ctm} = 2,56$	[MPa]
Resistenza caratteristica a trazione semplice	$f_{ctk} = 1,79$	[MPa]
Resistenza media a trazione per flessione	$f_{ctm} = 3,07$	[MPa]

Resistenza caratteristica a trazione per flessione	$f_{cfk} = 2,15$	[MPa]
Resistenza caratteristica tangenziale per aderenza	$f_{bk} = 4,03$	[MPa]
Resistenza di calcolo a compressione	$f_{cd} = 14,1$	[MPa]
Resistenza di calcolo a trazione semplice	$f_{ctd} = 1,19$	[MPa]
Resistenza di calcolo a trazione per flessione	$f_{cfd} = 1,43$	[MPa]
Resistenza di calcolo tangenziale per aderenza	$f_{bd} = 2,69$	[MPa]
Coefficiente sicurezza SLU	$\gamma_C = 1,50$	
Resistenza di calcolo a compressione SLU	$f_{cd} = 0,85 f_{ck} / \gamma_C = 15.87$	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza di calcolo a trazione semplice (5%) SLU	$f_{ctd} = 0.7 f_{ctk} / \gamma_C = 1.29$	N/mm <sup>2</sup>
Coefficiente sicurezza SLE	$\gamma_C = 1,00$	
combinazione rara	$\sigma_{c,ad} = 0,60 f_{ck} = 16.80$	N/mm <sup>2</sup>
combinazione quasi permanente	$\sigma_{c,ad} = 0,45 f_{ck} = 12.60$	N/mm <sup>2</sup>

### 5.1.1.-..Struttura in elevazione e solaio in lastre predalles:

#### Conglomerato classe di resistenza C28/35 – Rck 35MPa

Modulo di elasticità longitudinale	$E_C = 32588$	[MPa]
Coefficiente di dilatazione termica	$\alpha = 10 \times 10^{-6}$	[C <sup>-1</sup> ]
Coefficiente di Poisson	$\nu = 0,20$	[-]
Coefficiente parziale di sicurezza	$\gamma_C = 1,50$	[-]
Coefficiente riduttivo per le resistenze di lunga durata	$\alpha_{cc} = 0,85$	[-]
Resistenza caratteristica cubica a compressione	$R_{ck} = 35,0$	[MPa]
Resistenza caratteristica cilindrica a compressione	$f_{ck} = 29,1$	[MPa]
Resistenza media cilindrica a compressione	$f_{cm} = 37,1$	[MPa]
Resistenza media a trazione semplice	$f_{ctm} = 2,83$	[MPa]
Resistenza caratteristica a trazione semplice	$f_{ctk} = 1,98$	[MPa]
Resistenza media a trazione per flessione	$f_{cfm} = 3,40$	[MPa]
Resistenza caratteristica a trazione per flessione	$f_{cfk} = 2,38$	[MPa]
Resistenza caratteristica tangenziale per aderenza	$f_{bk} = 4,47$	[MPa]
Resistenza di calcolo a compressione	$f_{cd} = 16,5$	[MPa]
Resistenza di calcolo a trazione semplice	$f_{ctd} = 1,32$	[MPa]

Resistenza di calcolo a trazione per flessione  $f_{cd} = 1,59$  [MPa]

Resistenza di calcolo tangenziale per aderenza  $f_{bd} = 2,98$  [MPa]

Coefficiente sicurezza SLU  $\gamma_C = 1,50$

Resistenza di calcolo a compressione SLU  $f_{cd} = 0,85 f_{ck} / \gamma_C = 15.87$  N/mm<sup>2</sup>

Resistenza di calcolo a trazione semplice (5%) SLU  $f_{ctd} = 0.7 f_{ctk} / \gamma_C = 1.29$  N/mm<sup>2</sup>

Coefficiente sicurezza SLE  $\gamma_C = 1,00$

combinazione rara  $\sigma_{c,ad} = 0,60 f_{ck} = 16.80$  N/mm<sup>2</sup>

combinazione quasi permanente  $\sigma_{c,ad} = 0,45 f_{ck} = 12.60$  N/mm<sup>2</sup>

### 5.2.-..Acciaio per calcestruzzo armato

Acciaio per calcestruzzo armato tipo B 450 C secondo DM 08 avente le seguenti caratteristiche:

Modulo di elasticità longitudinale  $E_s = 210000$  [MPa]

Coefficiente parziale di sicurezza  $\gamma_s = 1,15$  [-]

Tensione caratteristica di snervamento  $f_{yk} = 450$  [MPa]

Tensione caratteristica di rottura  $f_{tk} = 540$  [MPa]

Allungamento  $A_{gt} \geq 7,50\%$  [-]  
k

Resistenza di calcolo  $f_{yd} = 391,3$  [MPa]

Coefficiente sicurezza SLU  $\gamma_S = 1,15$

Resistenza di calcolo SLU  $f_{yd} = f_{yk} / \gamma_S = 391,30$  N/mm<sup>2</sup>

Tensione di calcolo SLE  $\sigma_{y,ad} = 0,80 f_{yk} = 360$  N/mm<sup>2</sup>

### 5.3.-..Copriferro

Con riferimento al punto 4.1.6.1.3 delle NTC, al fine della protezione delle armature dalla corrosione il valore minimo dello strato di ricoprimento di calcestruzzo (copriferro) deve

rispettare le indicazioni della tabella C4.1.IV della Circolare 2.2.2009, riportata di seguito, in cui sono distinte le tre condizioni ambientali di Tabella 4.1.III delle NTC.

			<i>barre da c.a. elementi a piastra</i>		<i>barre da c.a. altri elementi</i>		<i>cavi da c.a.p elementi a piastra</i>		<i>cavi da c.a.p altri elementi</i>	
<i>C<sub>min</sub></i>	<i>C<sub>o</sub></i>	<i>ambiente</i>	<i>C<sub>≥C<sub>o</sub></sub></i>	<i>C<sub>min</sub>≤C&lt;C<sub>o</sub></i>	<i>C<sub>≥C<sub>o</sub></sub></i>	<i>C<sub>min</sub>≤C&lt;C<sub>o</sub></i>	<i>C<sub>≥C<sub>o</sub></sub></i>	<i>C<sub>min</sub>≤C&lt;C<sub>o</sub></i>	<i>C<sub>≥C<sub>o</sub></sub></i>	<i>C<sub>min</sub>≤C&lt;C<sub>o</sub></i>
C25/30	C35/45	ordinario	15	20	20	25	25	30	30	35
C28/35	C40/50	aggressivo	25	30	30	35	35	40	40	45
C35/45	C45/55	molto ag.	35	40	40	45	45	50	50	50

*Tabella 1. Copriferro e condizioni ambientali*

Nel caso in esame i copriferri minimi previsti (come da tabella materiali) sono 25 mm per travi pilastri e travi di fondazione e 20 mm per le lastre. Vanno aggiunte le tolleranze di posa, pari a 10 mm. Si riporta una tabella riepilogativa dei copriferri:

	<i>Ambiente</i>	<i>Copriferro nominale</i>
<i>Struttura in elevazione</i>	<i>Ordinario</i>	<i>40</i>
<i>Lastre</i>	<i>Ordinario</i>	<i>35</i>
<i>Fondazioni</i>	<i>Ordinario</i>	<i>40</i>

*Tabella 2. Copriferro adottato*

La rispondenza dei materiali ai requisiti richiesti sarà valutata mediante le prescritte prove di accettazione.

## 6.-..ANALISI DEI CARICHI DI PROGETTO

I pesi dei materiali utilizzati per le strutture portanti sono conformi alle NTC 08.

Del peso proprio degli elementi strutturali, tiene conto il programma di calcolo che considera il seguente peso specifico del calcestruzzo armato:

- calcestruzzo armato 25 kN/m<sup>3</sup>

Si riportano di seguito le analisi dei carichi unitari agenti sulla struttura.

I valori delle azioni di seguito indicati sono stati considerati come valori caratteristici nelle verifiche agli stati limite.

### 6.1.-..Carichi permanenti

#### **G<sub>1</sub> - Peso proprio soletta**

$$G_1 = 25 \cdot 0.3 = 7.5 \text{ kN/m}^2$$

#### **G<sub>2</sub> - Sovraccarichi permanenti**

Pavimento: 0.50 kN/m<sup>2</sup>

Shelter: 1.50 kN/m<sup>2</sup>

Recinzione: 1.00 kN/m

Il peso dello shelter viene assegnato agli elementi del modello sottostanti la sua area di impronta 2.7mx2.2m.

### 6.2.-..Carichi variabili

#### **Q<sub>H1</sub> – Sovraccarichi accidentali**

Sovraccarico accidentale Cat. H1

0.50 kN/m<sup>2</sup>

### 6.3.-.Azioni della neve

Il carico da neve per superficie unitaria di copertura  $q_s$  viene valutato attraverso l'espressione:

$$q_s = \mu_i \cdot q_{sk} \cdot C_E \cdot C_t$$

dove:

$\mu_i$  è il coefficiente di forma della copertura e che nel caso in esame, trattandosi di copertura piana si assume pari a 0.8;

$q_{sk}$  è il valore caratteristico di riferimento del carico da neve al suolo; in mancanza di adeguate indagini statistiche e specifici studi locali, la norma fornisce un valore minimo di  $q_{sk}$  riferito ad un periodo di ritorno pari a 50 anni. Per la zona III (Catania) e per una quota del suolo sul livello del mare inferiore a 200 m si assume  $q_{sk} = 0.6$  kN/m<sup>2</sup>;

$C_E$  è il coefficiente di esposizione che, per classe di topografia "normale", assume valore unitario;

$C_t$  è il coefficiente termico che tiene conto della riduzione del carico da neve a causa dello scioglimento della stessa, dovuto alla perdita di calore della costruzione. In assenza di uno specifico e documentato studio, deve essere utilizzato  $C_t = 1$ .

Ne consegue che per la struttura in esame si considera un carico da neve uniforme in copertura pari a:

Zona	III
Altitudine $a_s$	180 m
Area topografica	normale
Inclinazione falde	0°
$q_{sk}$	0.6 kN/m <sup>2</sup>
coeff esposizione $C_E$	1.00
coeff termico $C_t$	1.00
coefficiente di forma $\mu_i$	0.80

**carico neve  $q_s = \mu_i \cdot q_{sk} \cdot C_E \cdot C_t = 0.48$  kN/m<sup>2</sup>**

#### **6.4.-.Azione sismica**

#### **6.5.-.Caratterizzazione sismica**

Nel seguente paragrafo è riportata la valutazione dei parametri di pericolosità sismica utili alla determinazione delle azioni sismiche di progetto dell'opera cui si riferisce il presente documento, in accordo a quanto specificato a riguardo dal D.M. 14 gennaio 2008 e relativa circolare applicativa.

##### **6.5.1.-.Vita nominale e classe d'uso**

Per la valutazione dei parametri di pericolosità sismica è necessario definire, oltre alla localizzazione geografica del sito, la Vita nominale dell'opera strutturale (VN), intesa come il numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve potere essere usata per lo scopo al quale è destinata, e la Classe d'Uso a cui è associato un coefficiente d'uso (CU)

Per l'opera in oggetto si considera una vita nominale: VN = 50 anni. Riguardo invece la Classe d'Uso, all' opera in oggetto corrisponde una Classe III a cui è associato un coefficiente d'uso pari a (NTC – Tabella 2.4.II):  $C_u = 1.5$ .

I parametri di pericolosità sismica vengono quindi valutate in relazione ad un periodo di riferimento  $V_R$  che si ricava per ciascun tipo di costruzione, moltiplicando la vita nominale  $V_n$  per il coefficiente d'uso  $C_u$ , ovvero:

$$V_R = V_N \cdot C_U$$

Pertanto, per l'opera in oggetto, il periodo di riferimento è pari a  $V_R = 50 \times 1.5 = 75$  anni

##### **6.5.2.-.Parametri di pericolosità sismica**

La valutazione dei parametri di pericolosità sismica, che ai sensi del D.M. 14-01-2008, costituiscono il dato base per la determinazione delle azioni sismiche di progetto su una costruzione (forme spettrali e/o forze inerziali) dipendono, come già in parte anticipato in precedenza, dalla localizzazione geografica del sito, dalle caratteristiche della costruzione

(Periodo di riferimento per valutazione azione sismica / VR) oltre che dallo Stato Limite di riferimento/Periodo di ritorno dell'azione sismica.

- Categoria sottosuolo **C**

In accordo a quanto riportato in Allegato A delle Norme Tecniche per le costruzioni DM 14.01.08, si ottiene per il sito in esame:

### FASE 1. INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DEL SITO

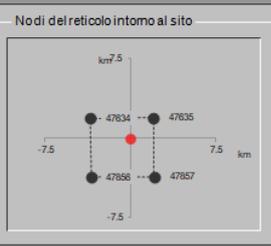
Ricerca per coordinate      LONGITUDINE: 14.47394      LATITUDINE: 37.56292

Ricerca per comune      REGIONE: Sicilia      PROVINCIA: Enna      COMUNE: Enna

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 su 3 nodi  
 Interpolazione corretta

Interpolazione: media ponderata

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".

INTRO      **FASE 1**      FASE 2      FASE 3

### FASE 2. SCELTA DELLA STRATEGIA DI PROGETTAZIONE

Vita nominale della costruzione (in anni) -  $V_N$ : 75 info

Coefficiente d'uso della costruzione -  $c_U$ : 1.5 info

Valori di progetto

Periodo di riferimento per la costruzione (in anni) -  $V_R$ : 112.5 info

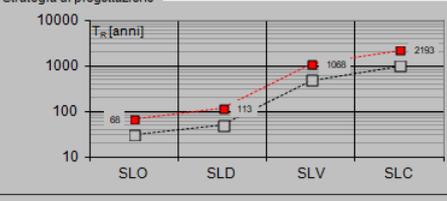
Periodi di ritorno per la definizione dell'azione sismica (in anni) -  $T_R$ : info

Stati limite di esercizio - SLE: SLO -  $P_{VR} = 81\%$ : 68; SLD -  $P_{VR} = 63\%$ : 113

Stati limite ultimi - SLU: SLV -  $P_{VR} = 10\%$ : 1068; SLC -  $P_{VR} = 5\%$ : 2193

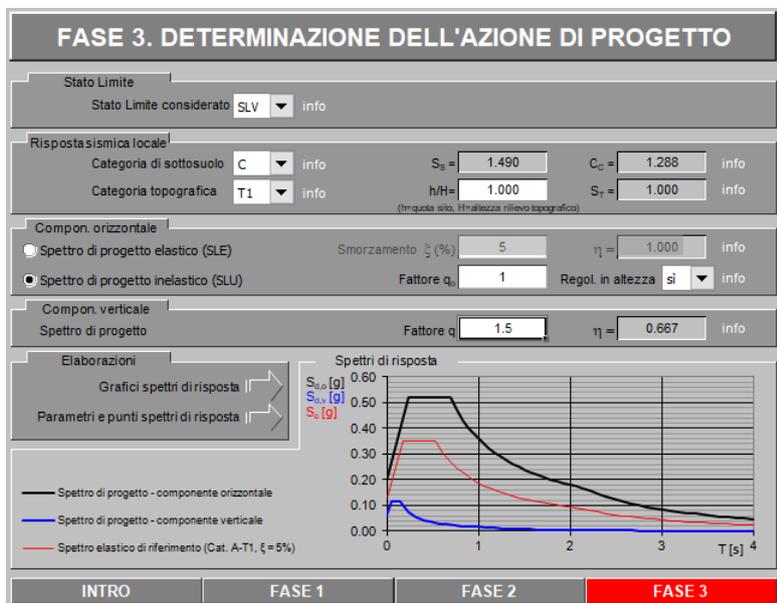
Elaborazioni: Grafici parametri azione, Grafici spettri di risposta, Tabella parametrizzazione

Strategia di progettazione



LEGENDA GRAFICO:  
 - - - - - Strategia per costruzioni ordinarie  
 - - - - - Strategia scelta

INTRO      FASE 1      **FASE 2**      FASE 3



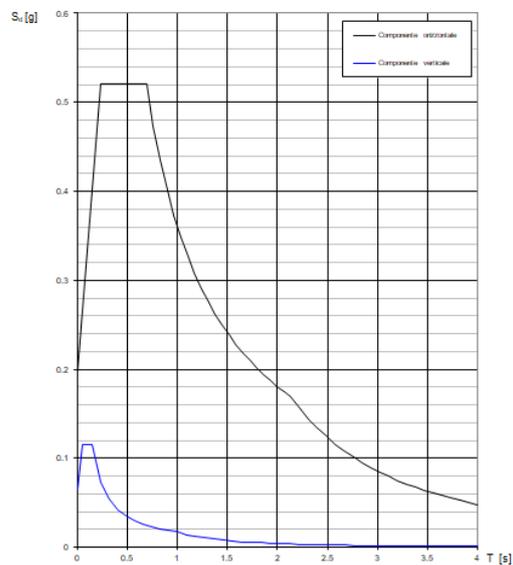
#### Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
$a_n$	0.133 g
$F_n$	2.620
$T_r^*$	0.539 s
$S_S$	1.490
$C_C$	1.288
$S_T$	1.000
$q$	1.000

#### Parametri dipendenti

$S$	1.490
$\eta$	1.000
$T_B$	0.231 s
$T_C$	0.694 s
$T_D$	2.133 s

Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato lim SLV



 <b>ITAFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA - PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA PROGETTO DEFINITIVO – TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA FA07 – Tipologico shelter					
	RELAZIONE DESCRITTIVA E DI CALCOLO BASAMENTO	COMMESSA RS3E	LOTTO 50	CODIFICA D 29 CL	DOCUMENTO FA 07 00 001	REV. A

## 7.-..ANALISI DELLA STRUTTURA

### 7.1.-..Codici di calcolo utilizzati

Per il calcolo delle sollecitazioni gravanti sugli elementi strutturali e per le verifiche di resistenza si è fatto ricorso al codice di calcolo FEM SAP2000 della CSI.

#### 7.1.1.-..Affidabilità del software

La documentazione fornita a corredo dei software contiene una esauriente descrizione delle basi teoriche e degli algoritmi impiegati, l'individuazione dei campi d'impiego, nonché casi prova interamente risolti e commentati.

### 7.2.-..Modellazione dell'opera

L'analisi della struttura in esame è stata effettuata attraverso una modellazione agli elementi finiti.

La struttura è stata modellata con un modello numerico nelle tre dimensioni nello spazio, il sistema di riferimento assunto prevede una terna destrorsa il cui asse X è orientato in direzione nord e l'asse Z verticale positivo verso l'alto.

La platea è modellata tramite elementi *shell* su suolo elastico alla Winkler, attraverso l'introduzione di molle verticali ( $K=10000\text{kN/m}^3$ ). La traslazione orizzontale è stata bloccata mediante *restraint* nei nodi di base.

Seguono alcune immagini rappresentative del modello di calcolo:

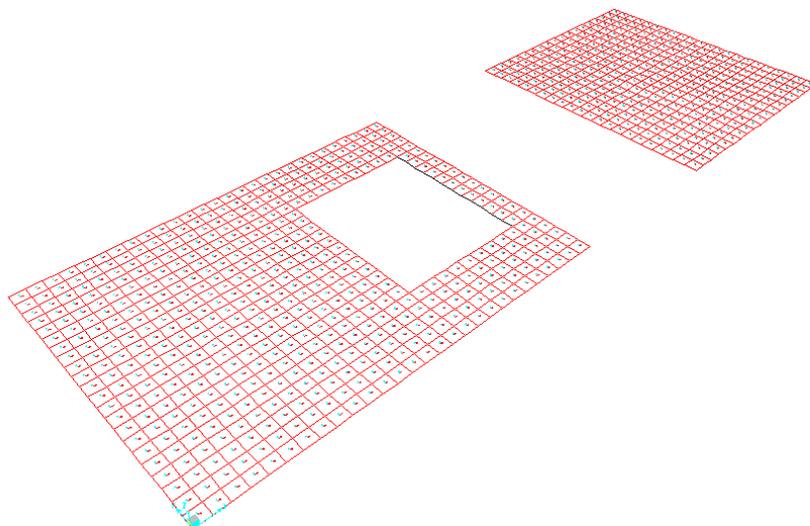


Figura 4: assi locali

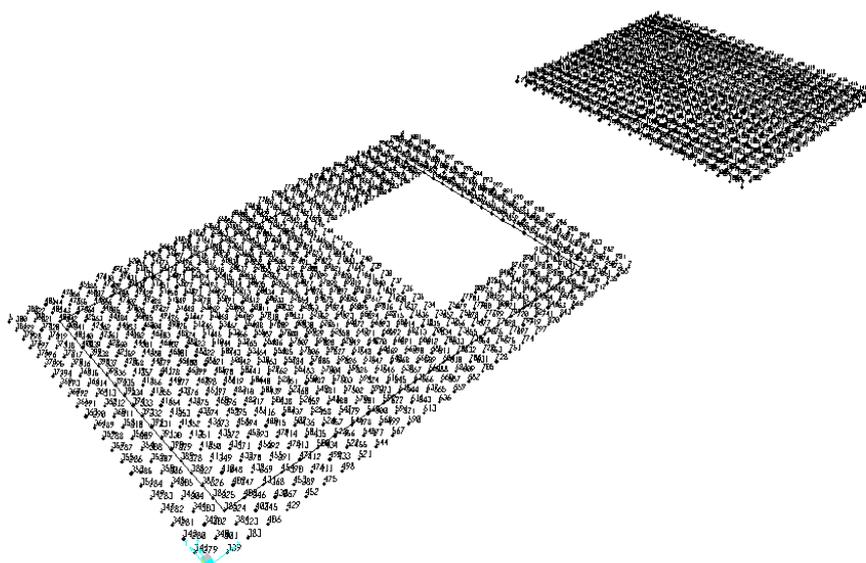
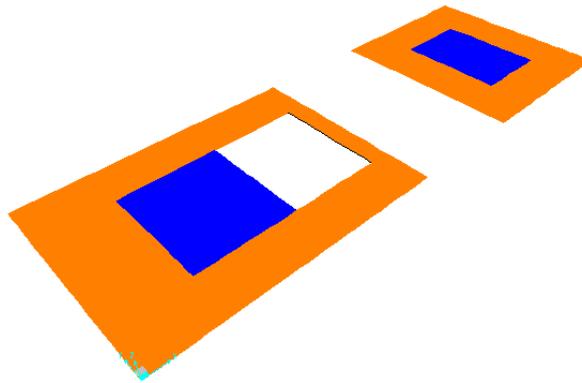


Figura 5: numerazione shell e nodi

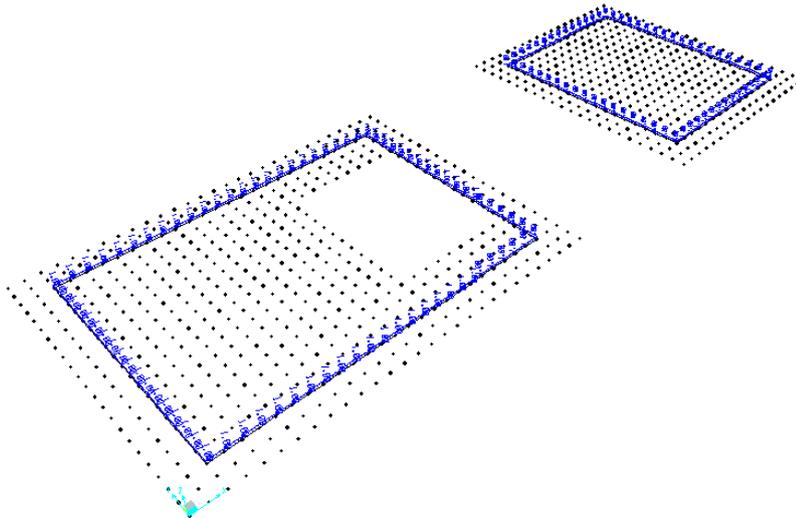
### 7.2.1.-..Condizioni di carico e assegnazioni

Di seguito si riportano le condizioni elementari di carico:

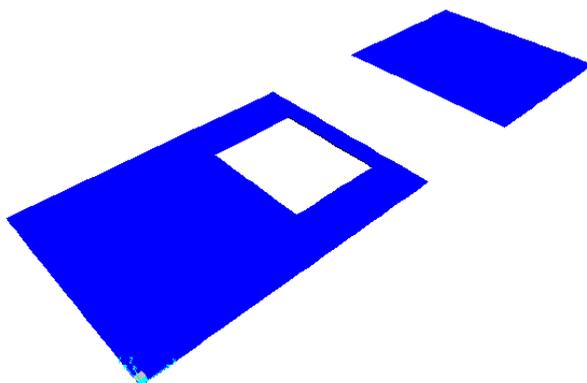
Case	Type
Text	Text
G1	LinStatic
MODAL	LinModal
G2	LinStatic
QH1	LinStatic
N	LinStatic
T	LinStatic
Vx	LinStatic
Vy	LinStatic
Vx-	LinStatic
Vy-	LinStatic
SLV-X	LinRespSpec
SLV-Y	LinRespSpec
SLD-X	LinRespSpec
SLD-Y	LinRespSpec
SLO-X	LinRespSpec
SLO-Y	LinRespSpec
E SLVy	LinStatic
E SLVx	LinStatic
E SLDy	LinStatic
E SLDx	LinStatic
E SLOy	LinStatic
E SLOx	LinStatic



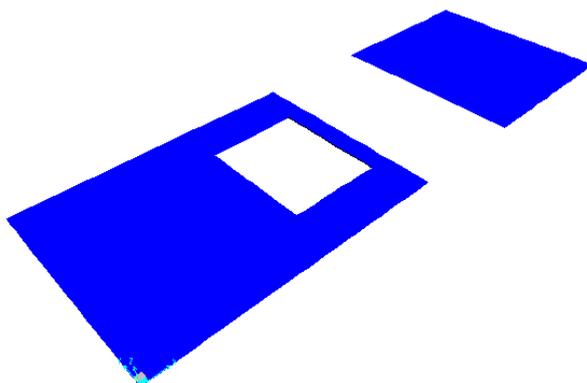
**G2 – Permanenti non strutturali**



**G2 – Permanenti non strutturali (recinzione)**



**Q<sub>H1</sub> – Accidentali (Manutenzione)**



**N – Neve**

### 7.3.-.Combinazioni di carico

Ai fini delle verifiche degli stati limite si definiscono le seguenti combinazioni delle azioni (§ 2.5.3 NTC 08):

- Combinazione fondamentale, impiegata per gli stati limite ultimi (SLU):

$$\gamma_{G1} G_1 + \gamma_{G2} G_2 + \gamma_p P + \gamma_{Q1} Q_{K1} + \gamma_{Q2} \psi_{02} Q_{K2} + \gamma_{Q3} \psi_{03} Q_{K3} + \dots$$

- Combinazione caratteristica (rara), impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) irreversibili (verifiche alle tensioni ammissibili di cui al § 2.7 NTC 08):

$$G_1 + G_2 + P + Q_{K1} + \psi_{02} Q_{K2} + \psi_{03} Q_{K3} + \dots$$

- Combinazione frequente, impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) reversibili:

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{11} Q_{K1} + \psi_{22} Q_{K2} + \psi_{23} Q_{K3} + \dots$$

- Combinazione quasi permanente (SLE), impiegata per gli effetti a lungo termine:

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{21} Q_{K1} + \psi_{22} Q_{K2} + \psi_{23} Q_{K3} + \dots$$

- Combinazione sismica, impiegata per gli stati limite ultimi e di esercizio connessi all'azione sismica E:

$$E + G_1 + G_2 + P + \psi_{21} Q_{K1} + \psi_{22} Q_{K2} + \dots$$

- Combinazione eccezionale, impiegata per gli stati limite ultimi connessi alle azioni eccezionali di progetto:

$$G_1 + G_2 + P + A_d + \psi_{21} Q_{K1} + \psi_{22} Q_{K2} + \dots$$

Le condizioni elementari di carico sono opportunamente combinate per determinare le condizioni più sfavorevoli per ciascun elemento strutturale. Di seguito tutte le combinazioni di carico vengono raggruppate per famiglia di appartenenza. In particolare le celle di una riga contengono i coefficienti moltiplicatori della i-esima combinazione.

Di seguito si riportano, con riferimento al § 7.3 della presente, le combinazioni utilizzate.

### 7.3.1.-..Modello di calcolo

#### Combinazioni SLU

ComboName	ComboType	CaseName	ScaleFactor
Text	Text	Text	Unitless
SLU_Q1	Linear Add	G1	1.3
SLU_Q1		G2	1.3
SLU_Q1		QH1	1.5
SLU_Q1		T	0.9
SLU_Q1		Vx	0.9
SLU_Q1		N	0.75
SLU_Q2	Linear Add	G1	1.3
SLU_Q2		G2	1.3
SLU_Q2		QH1	1.5
SLU_Q2		T	-0.9
SLU_Q2		Vx	0.9
SLU_Q2		N	0.75
SLU_Q3	Linear Add	G1	1.3
SLU_Q3		G2	1.3
SLU_Q3		QH1	1.5
SLU_Q3		T	0.9
SLU_Q3		Vx-	0.9
SLU_Q3		N	0.75
SLU_Q4	Linear Add	G1	1.3
SLU_Q4		G2	1.3
SLU_Q4		QH1	1.5
SLU_Q4		T	-0.9
SLU_Q4		Vx-	0.9
SLU_Q4		N	0.75
SLU_Q5	Linear Add	G1	1.3
SLU_Q5		G2	1.3
SLU_Q5		QH1	1.5
SLU_Q5		T	0.9
SLU_Q5		Vy	0.9
SLU_Q5		N	0.75

RELAZIONE DESCRITTIVA E DI CALCOLO  
BASAMENTO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 29 CL	FA 07 00 001	A	25 di 49

SLU_Q6	Linear Add	G1	1.3
SLU_Q6		G2	1.3
SLU_Q6		QH1	1.5
SLU_Q6		T	-0.9
SLU_Q6		Vy	0.9
SLU_Q6		N	0.75
SLU_Q7	Linear Add	G1	1.3
SLU_Q7		G2	1.3
SLU_Q7		QH1	1.5
SLU_Q7		T	0.9
SLU_Q7		Vy-	0.9
SLU_Q7		N	0.75
SLU_Q8	Linear Add	G1	1.3
SLU_Q8		G2	1.3
SLU_Q8		QH1	1.5
SLU_Q8		T	-0.9
SLU_Q8		Vy-	0.9
SLU_Q8		N	0.75
SLU_Vx1+	Linear Add	G1	1.3
SLU_Vx1+		G2	1.3
SLU_Vx1+		N	0.75
SLU_Vx1+		T	0.9
SLU_Vx1+		Vx	1.5
SLU_Vx1-	Linear Add	G1	1.3
SLU_Vx1-		G2	1.3
SLU_Vx1-		N	0.75
SLU_Vx1-		T	0.9
SLU_Vx1-		Vx-	1.5
SLU_Vx2+	Linear Add	G1	1.3
SLU_Vx2+		G2	1.3
SLU_Vx2+		N	0.75
SLU_Vx2+		T	-0.9
SLU_Vx2+		Vx	1.5
SLU_Vx2-	Linear Add	G1	1.3
SLU_Vx2-		G2	1.3

RELAZIONE DESCRITTIVA E DI CALCOLO  
BASAMENTO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 29 CL	FA 07 00 001	A	26 di 49

SLU_Vx2-		N	0.75
SLU_Vx2-		T	-0.9
SLU_Vx2-		Vx-	1.5
SLU_Vy1+	Linear Add	G1	1.3
SLU_Vy1+		G2	1.3
SLU_Vy1+		N	0.75
SLU_Vy1+		T	0.9
SLU_Vy1+		Vy	1.5
SLU_Vy1-	Linear Add	G1	1.3
SLU_Vy1-		G2	1.3
SLU_Vy1-		N	0.75
SLU_Vy1-		T	0.9
SLU_Vy1-		Vy-	1.5
SLU_Vy2+	Linear Add	G1	1.3
SLU_Vy2+		G2	1.3
SLU_Vy2+		N	0.75
SLU_Vy2+		T	-0.9
SLU_Vy2+		Vy	1.5
SLU_Vy2-	Linear Add	G1	1.3
SLU_Vy2-		G2	1.3
SLU_Vy2-		N	0.75
SLU_Vy2-		T	-0.9
SLU_Vy2-		Vy-	1.5
SLU_N1	Linear Add	G1	1.3
SLU_N1		G2	1.3
SLU_N1		QH1	0
SLU_N1		T	0.9
SLU_N1		Vx	0.9
SLU_N1		N	1.5
SLU_N2	Linear Add	G1	1.3
SLU_N2		G2	1.3
SLU_N2		QH1	0
SLU_N2		T	-0.9
SLU_N2		Vx	0.9
SLU_N2		N	1.5

RELAZIONE DESCRITTIVA E DI CALCOLO  
BASAMENTO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 29 CL	FA 07 00 001	A	27 di 49

SLU_N3	Linear Add	G1	1.3
SLU_N3		G2	1.3
SLU_N3		QH1	0
SLU_N3		T	0.9
SLU_N3		Vx-	0.9
SLU_N3		N	1.5
SLU_N4	Linear Add	G1	1.3
SLU_N4		G2	1.3
SLU_N4		QH1	0
SLU_N4		T	-0.9
SLU_N4		Vx-	0.9
SLU_N4		N	1.5
SLU_N5	Linear Add	G1	1.3
SLU_N5		G2	1.3
SLU_N5		QH1	0
SLU_N5		T	0.9
SLU_N5		Vy	0.9
SLU_N5		N	1.5
SLU_N6	Linear Add	G1	1.3
SLU_N6		G2	1.3
SLU_N6		QH1	0
SLU_N6		T	-0.9
SLU_N6		Vy	0.9
SLU_N6		N	1.5
SLU_N7	Linear Add	G1	1.3
SLU_N7		G2	1.3
SLU_N7		QH1	0
SLU_N7		T	0.9
SLU_N7		Vy-	0.9
SLU_N7		N	1.5
SLU_N8	Linear Add	G1	1.3
SLU_N8		G2	1.3
SLU_N8		QH1	0
SLU_N8		T	-0.9
SLU_N8		Vy-	0.9

RELAZIONE DESCRITTIVA E DI CALCOLO  
BASAMENTO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 29 CL	FA 07 00 001	A	28 di 49

SLU_N8		N	1.5
SLU_T1	Linear Add	G1	1.3
SLU_T1		G2	1.3
SLU_T1		QH1	0
SLU_T1		T	1.5
SLU_T1		Vx	0.9
SLU_T1		N	0.75
SLU_T2	Linear Add	G1	1.3
SLU_T2		G2	1.3
SLU_T2		QH1	0
SLU_T2		T	-1.5
SLU_T2		Vx	0.9
SLU_T2		N	0.75
SLU_T3	Linear Add	G1	1.3
SLU_T3		G2	1.3
SLU_T3		QH1	0
SLU_T3		T	1.5
SLU_T3		Vx-	0.9
SLU_T3		N	0.75
SLU_T4	Linear Add	G1	1.3
SLU_T4		G2	1.3
SLU_T4		QH1	0
SLU_T4		T	-1.5
SLU_T4		Vx-	0.9
SLU_T4		N	0.75
SLU_T5	Linear Add	G1	1.3
SLU_T5		G2	1.3
SLU_T5		QH1	0
SLU_T5		T	1.5
SLU_T5		Vy	0.9
SLU_T5		N	0.75
SLU_T6	Linear Add	G1	1.3
SLU_T6		G2	1.3
SLU_T6		QH1	0
SLU_T6		T	-1.5

RELAZIONE DESCRITTIVA E DI CALCOLO  
BASAMENTO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 29 CL	FA 07 00 001	A	29 di 49

SLU_T6		Vy	0.9
SLU_T6		N	0.75
SLU_T7	Linear Add	G1	1.3
SLU_T7		G2	1.3
SLU_T7		QH1	0
SLU_T7		T	1.5
SLU_T7		Vy-	0.9
SLU_T7		N	0.75
SLU_T8	Linear Add	G1	1.3
SLU_T8		G2	1.3
SLU_T8		QH1	0
SLU_T8		T	-1.5
SLU_T8		Vy-	0.9
SLU_T8		N	0.75

Combinazioni SLE rara

ComboName	ComboType	CaseName	ScaleFactor
Text	Text	Text	Unitless
SLER_Q1	Linear Add	G1	1
SLER_Q1		G2	1
SLER_Q1		QH1	1
SLER_Q1		T	0.6
SLER_Q1		N	0.5
SLER_Q1		Vx	0.6
SLER_Q2	Linear Add	G1	1
SLER_Q2		G2	1
SLER_Q2		QH1	1
SLER_Q2		T	-0.6
SLER_Q2		N	0.5
SLER_Q2		Vx	0.6
SLER_Q3	Linear Add	G1	1
SLER_Q3		G2	1
SLER_Q3		QH1	1
SLER_Q3		T	0.6

RELAZIONE DESCRITTIVA E DI CALCOLO  
BASAMENTO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 29 CL	FA 07 00 001	A	30 di 49

SLER_Q3		N	0.5
SLER_Q3		Vx-	0.6
SLER_Q4	Linear Add	G1	1
SLER_Q4		G2	1
SLER_Q4		QH1	1
SLER_Q4		T	-0.6
SLER_Q4		N	0.5
SLER_Q4		Vx-	0.6
SLER_Q5	Linear Add	G1	1
SLER_Q5		G2	1
SLER_Q5		QH1	1
SLER_Q5		T	0.6
SLER_Q5		N	0.5
SLER_Q5		Vy	0.6
SLER_Q6	Linear Add	G1	1
SLER_Q6		G2	1
SLER_Q6		QH1	1
SLER_Q6		T	-0.6
SLER_Q6		N	0.5
SLER_Q6		Vy	0.6
SLER_Q7	Linear Add	G1	1
SLER_Q7		G2	1
SLER_Q7		QH1	1
SLER_Q7		T	0.6
SLER_Q7		N	0.5
SLER_Q7		Vy-	0.6
SLER_Q8	Linear Add	G1	1
SLER_Q8		G2	1
SLER_Q8		QH1	1
SLER_Q8		T	-0.6
SLER_Q8		N	0.5
SLER_Q8		Vy-	0.6
SLER_Vx+_T-	Linear Add	G1	1
SLER_Vx+_T-		G2	1
SLER_Vx+_T-		Vx	1

RELAZIONE DESCRITTIVA E DI CALCOLO  
BASAMENTO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 29 CL	FA 07 00 001	A	31 di 49

SLER_Vx+_T-		N	0.5
SLER_Vx+_T-		T	-0.6
SLER_Vy+	Linear Add	G1	1
SLER_Vy+		G2	1
SLER_Vy+		Vy	1
SLER_Vy+		N	0.5
SLER_Vy+		T	0.6
SLER_Vx-	Linear Add	G1	1
SLER_Vx-		G2	1
SLER_Vx-		Vx-	1
SLER_Vx-		N	0.5
SLER_Vx-		T	0.6
SLER_Vy-	Linear Add	G1	1
SLER_Vy-		G2	1
SLER_Vy-		Vy-	1
SLER_Vy-		N	0.5
SLER_Vy-		T	0.6
SLER_Vx+	Linear Add	G1	1
SLER_Vx+		G2	1
SLER_Vx+		Vx	1
SLER_Vx+		N	0.5
SLER_Vx+		T	0.6
SLER_Vx-_T-	Linear Add	G1	1
SLER_Vx-_T-		G2	1
SLER_Vx-_T-		Vx-	1
SLER_Vx-_T-		N	0.5
SLER_Vx-_T-		T	-0.6
SLER_Vy+_T-	Linear Add	G1	1
SLER_Vy+_T-		G2	1
SLER_Vy+_T-		Vy	1
SLER_Vy+_T-		N	0.5
SLER_Vy+_T-		T	-0.6
SLER_Vy-_T-	Linear Add	G1	1
SLER_Vy-_T-		G2	1
SLER_Vy-_T-		Vy-	1

RELAZIONE DESCRITTIVA E DI CALCOLO  
BASAMENTO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 29 CL	FA 07 00 001	A	32 di 49

SLER_Vy-_T-		N	0.5
SLER_Vy-_T-		T	-0.6
SLER_N1	Linear Add	G1	1
SLER_N1		G2	1
SLER_N1		QH1	0
SLER_N1		T	0.6
SLER_N1		Vx	0.6
SLER_N1		N	1
SLER_N2	Linear Add	G1	1
SLER_N2		G2	1
SLER_N2		QH1	0
SLER_N2		T	-0.6
SLER_N2		Vx	0.6
SLER_N2		N	1
SLER_N3	Linear Add	G1	1
SLER_N3		G2	1
SLER_N3		QH1	0
SLER_N3		T	0.6
SLER_N3		Vx-	0.6
SLER_N3		N	1
SLER_N4	Linear Add	G1	1
SLER_N4		G2	1
SLER_N4		QH1	0
SLER_N4		T	-0.6
SLER_N4		Vx-	0.6
SLER_N4		N	1
SLER_N5	Linear Add	G1	1
SLER_N5		G2	1
SLER_N5		QH1	0
SLER_N5		T	0.6
SLER_N5		Vy	0.6
SLER_N5		N	1
SLER_N6	Linear Add	G1	1
SLER_N6		G2	1
SLER_N6		QH1	0

RELAZIONE DESCRITTIVA E DI CALCOLO  
BASAMENTO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 29 CL	FA 07 00 001	A	33 di 49

SLER_N6		T	-0.6
SLER_N6		Vy	0.6
SLER_N6		N	1
SLER_N7	Linear Add	G1	1
SLER_N7		G2	1
SLER_N7		QH1	0
SLER_N7		T	0.6
SLER_N7		Vy-	0.6
SLER_N7		N	1
SLER_N8	Linear Add	G1	1
SLER_N8		G2	1
SLER_N8		QH1	0
SLER_N8		T	-0.6
SLER_N8		Vy-	0.6
SLER_N8		N	1
SLER_T1	Linear Add	G1	1
SLER_T1		G2	1
SLER_T1		QH1	0
SLER_T1		T	1
SLER_T1		Vx	0.6
SLER_T1		N	0.5
SLER_T2	Linear Add	G1	1
SLER_T2		G2	1
SLER_T2		QH1	0
SLER_T2		T	-1
SLER_T2		Vx	0.6
SLER_T2		N	0.5
SLER_T3	Linear Add	G1	1
SLER_T3		G2	1
SLER_T3		QH1	0
SLER_T3		T	1
SLER_T3		Vx-	0.6
SLER_T3		N	0.5
SLER_T4	Linear Add	G1	1
SLER_T4		G2	1

RELAZIONE DESCRITTIVA E DI CALCOLO  
BASAMENTO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 29 CL	FA 07 00 001	A	34 di 49

SLER_T4		QH1	0
SLER_T4		T	-1
SLER_T4		Vx-	0.6
SLER_T4		N	0.5
SLER_T5	Linear Add	G1	1
SLER_T5		G2	1
SLER_T5		QH1	0
SLER_T5		T	1
SLER_T5		Vy	0.6
SLER_T5		N	0.5
SLER_T6	Linear Add	G1	1
SLER_T6		G2	1
SLER_T6		QH1	0
SLER_T6		T	-1
SLER_T6		Vy	0.6
SLER_T6		N	0.5
SLER_T7	Linear Add	G1	1
SLER_T7		G2	1
SLER_T7		QH1	0
SLER_T7		T	1
SLER_T7		Vy-	0.6
SLER_T7		N	0.5
SLER_T8	Linear Add	G1	1
SLER_T8		G2	1
SLER_T8		QH1	0
SLER_T8		T	-1
SLER_T8		Vy-	0.6
SLER_T8		N	0.5

Combinazioni SLE frequente

ComboName	ComboType	CaseName	ScaleFactor
Text	Text	Text	Unitless
SLEF_Vx+	Linear Add	G1	1
SLEF_Vx+		G2	1

RELAZIONE DESCRITTIVA E DI CALCOLO  
BASAMENTO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 29 CL	FA 07 00 001	A	35 di 49

SLEF_Vx+		Vx	0.2
SLEF_Vy+	Linear Add	G1	1
SLEF_Vy+		G2	1
SLEF_Vy+		Vy	0.2
SLEF_Vx-	Linear Add	G1	1
SLEF_Vx-		G2	1
SLEF_Vx-		Vx-	0.2
SLEF_Vy-	Linear Add	G1	1
SLEF_Vy-		G2	1
SLEF_Vy-		Vy-	0.2
SLEF_N	Linear Add	G1	1
SLEF_N		G2	1
SLEF_N		N	0.2
SLEF_T	Linear Add	G1	1
SLEF_T		G2	1
SLEF_T		T	0.5
SLEF_T-	Linear Add	G1	1
SLEF_T-		G2	1
SLEF_T-		T	-0.5

Combinazioni SLE quasi permanente

ComboName	ComboType	CaseName	ScaleFactor
Text	Text	Text	Unitless
SLEQP	Linear Add	G1	1
SLEQP		G2	1

Combinazioni SLV

ComboName	ComboType	CaseName	ScaleFactor
Text	Text	Text	Unitless
SLV_X1	Linear Add	G1	1
SLV_X1		G2	1
SLV_X1		SLV-X	1

RELAZIONE DESCRITTIVA E DI CALCOLO  
BASAMENTO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 29 CL	FA 07 00 001	A	36 di 49

SLV_X1		SLV-Y	0.3
SLV_X2	Linear Add	G1	1
SLV_X2		G2	1
SLV_X2		SLV-X	-1
SLV_X2		SLV-Y	0.3
SLV_X3	Linear Add	G1	1
SLV_X3		G2	1
SLV_X3		SLV-X	1
SLV_X3		SLV-Y	-0.3
SLV_X4	Linear Add	G1	1
SLV_X4		G2	1
SLV_X4		SLV-X	-1
SLV_X4		SLV-Y	-0.3
SLV_Y1	Linear Add	G1	1
SLV_Y1		G2	1
SLV_Y1		SLV-X	0.3
SLV_Y1		SLV-Y	1
SLV_Y2	Linear Add	G1	1
SLV_Y2		G2	1
SLV_Y2		SLV-X	-0.3
SLV_Y2		SLV-Y	1
SLV_Y3	Linear Add	G1	1
SLV_Y3		G2	1
SLV_Y3		SLV-X	0.3
SLV_Y3		SLV-Y	-1
SLV_Y4	Linear Add	G1	1
SLV_Y4		G2	1
SLV_Y4		SLV-X	-0.3
SLV_Y4		SLV-Y	-1
SLV_X5	Linear Add	G1	1
SLV_X5		G2	1
SLV_X5		SLV-X	1
SLV_X5		SLV-Y	0.3
SLV_X6	Linear Add	G1	1
SLV_X6		G2	1

RELAZIONE DESCRITTIVA E DI CALCOLO  
BASAMENTO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 29 CL	FA 07 00 001	A	37 di 49

SLV_X6		SLV-X	-1
SLV_X6		SLV-Y	0.3
SLV_X7	Linear Add	G1	1
SLV_X7		G2	1
SLV_X7		SLV-X	1
SLV_X7		SLV-Y	-0.3
SLV_X8	Linear Add	G1	1
SLV_X8		G2	1
SLV_X8		SLV-X	-1
SLV_X8		SLV-Y	-0.3
SLV_Y5	Linear Add	G1	1
SLV_Y5		G2	1
SLV_Y5		SLV-X	0.3
SLV_Y5		SLV-Y	1
SLV_Y6	Linear Add	G1	1
SLV_Y6		G2	1
SLV_Y6		SLV-X	-0.3
SLV_Y6		SLV-Y	1
SLV_Y7	Linear Add	G1	1
SLV_Y7		G2	1
SLV_Y7		SLV-X	0.3
SLV_Y7		SLV-Y	-1
SLV_Y8	Linear Add	G1	1
SLV_Y8		G2	1
SLV_Y8		SLV-X	-0.3
SLV_Y8		SLV-Y	-1
SLV_X9	Linear Add	G1	1
SLV_X9		G2	1
SLV_X9		SLV-X	1
SLV_X9		SLV-Y	0.3
SLV_X10	Linear Add	G1	1
SLV_X10		G2	1
SLV_X10		SLV-X	-1
SLV_X10		SLV-Y	0.3
SLV_X11	Linear Add	G1	1

RELAZIONE DESCRITTIVA E DI CALCOLO  
BASAMENTO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 29 CL	FA 07 00 001	A	38 di 49

SLV_X11		G2	1
SLV_X11		SLV-X	1
SLV_X11		SLV-Y	-0.3
SLV_X12	Linear Add	G1	1
SLV_X12		G2	1
SLV_X12		SLV-X	-1
SLV_X12		SLV-Y	-0.3
SLV_X13	Linear Add	G1	1
SLV_X13		G2	1
SLV_X13		SLV-X	1
SLV_X13		SLV-Y	0.3
SLV_X14	Linear Add	G1	1
SLV_X14		G2	1
SLV_X14		SLV-X	-1
SLV_X14		SLV-Y	0.3
SLV_X15	Linear Add	G1	1
SLV_X15		G2	1
SLV_X15		SLV-X	1
SLV_X15		SLV-Y	-0.3
SLV_X16	Linear Add	G1	1
SLV_X16		G2	1
SLV_X16		SLV-X	-1
SLV_X16		SLV-Y	-0.3
SLV_Y9	Linear Add	G1	1
SLV_Y9		G2	1
SLV_Y9		SLV-X	0.3
SLV_Y9		SLV-Y	1
SLV_Y10	Linear Add	G1	1
SLV_Y10		G2	1
SLV_Y10		SLV-X	-0.3
SLV_Y10		SLV-Y	1
SLV_Y11	Linear Add	G1	1
SLV_Y11		G2	1
SLV_Y11		SLV-X	0.3
SLV_Y11		SLV-Y	1

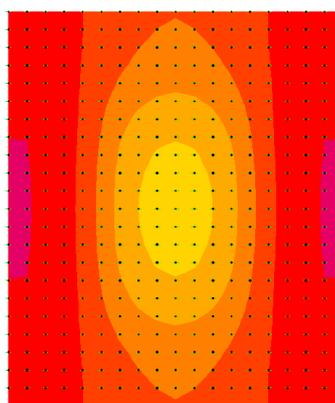
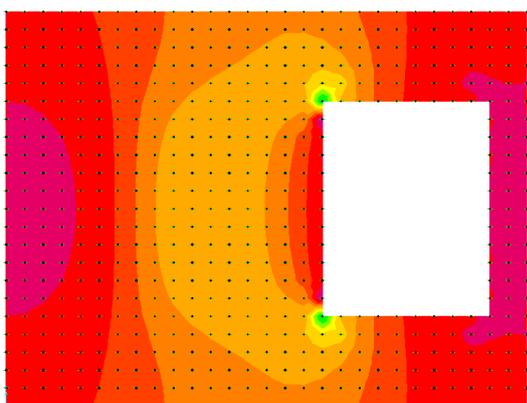
RELAZIONE DESCRITTIVA E DI CALCOLO  
BASAMENTO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 29 CL	FA 07 00 001	A	39 di 49

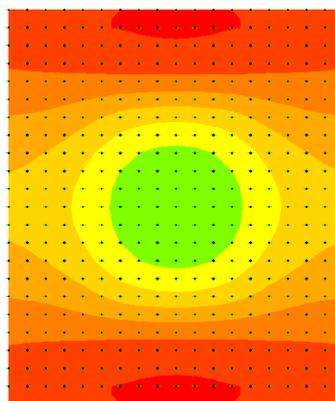
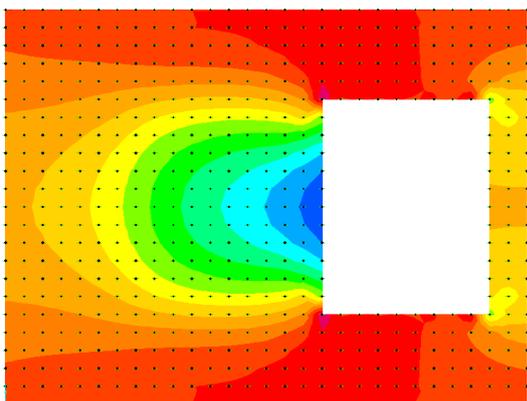
SLV_Y12	Linear Add	G1	1
SLV_Y12		G2	1
SLV_Y12		SLV-X	-0.3
SLV_Y12		SLV-Y	-1
SLV_Y13	Linear Add	G1	1
SLV_Y13		G2	1
SLV_Y13		SLV-X	0.3
SLV_Y13		SLV-Y	1
SLV_Y14	Linear Add	G1	1
SLV_Y14		G2	1
SLV_Y14		SLV-X	-0.3
SLV_Y14		SLV-Y	1
SLV_Y15	Linear Add	G1	1
SLV_Y15		G2	1
SLV_Y15		SLV-X	0.3
SLV_Y15		SLV-Y	-1
SLV_Y16	Linear Add	G1	1
SLV_Y16		G2	1
SLV_Y16		SLV-X	-0.3
SLV_Y16		SLV-Y	-1

## 8.-..SOLLECITAZIONI MASSIME

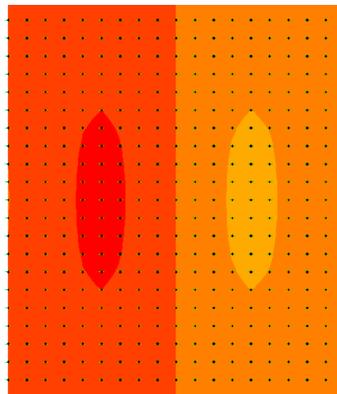
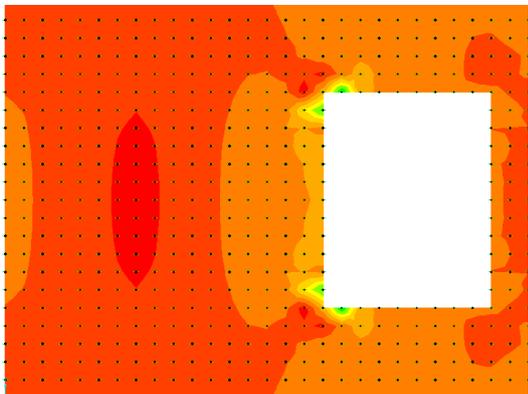
Di seguito si riportano, per il modello di calcolo, la rappresentazione grafica delle principali caratteristiche di sollecitazione a mezzo di diagrammi di involucro associati alle famiglie di combinazioni dei carichi.



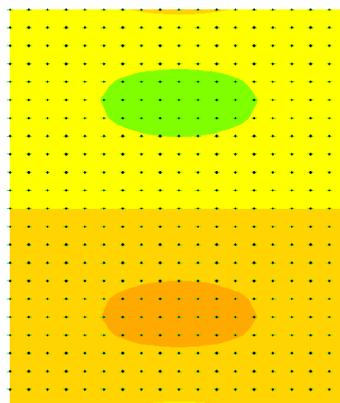
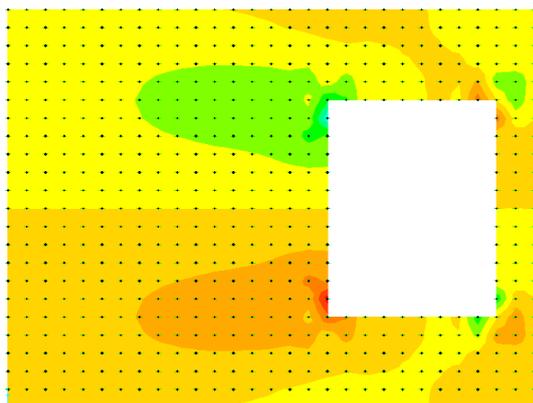
**Momento M11 - Involucro SLU**



**Momento M22 - Involucro SLU**



**Taglio V13 - Involuppo SLU**



**Taglio V23 - Involuppo SLU**

## 9.-..VERIFICA ELEMENTI STRUTTURALI

Si riportano di seguito le verifiche per la platea di fondazione in oggetto.

### 9.1.-..Verifiche a flessione

Si prevede un'armatura simmetrica, e in entrambe le direzioni, pari a  $\varnothing 14/20 \times 20$  sia superiore che inferiore. Si adotta un copriferro netto rispetto alla barra più esterna pari a 40 mm. Per i materiali utilizzati si rimanda al paragrafo specifico.

### 9.2.-..Sollecitazioni massime e verifica

Per la combinazione SLU si ottengono le seguenti sollecitazioni massime:

$$M_{\max} = 3.10 \text{ kN m/m}$$

$$V_{\max} = 6.95 \text{ kN/m}$$

A favore di sicurezza si utilizzano i valori delle sollecitazioni precedenti per le verifiche dei limiti di fessurazione.

#### CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C25/30	
	Resistenza compress. di progetto fcd:	14.16	MPa
	Deform. unitaria max resistenza ec2:	0.0020	
	Deformazione unitaria ultima ecu:	0.0035	
	Diagramma tensioni-deformaz.:	Parabola-Rettangolo	
	Modulo Elastico Normale Ec:	31475.0	MPa
	Resis. media a trazione fctm:	2.560	MPa
	Coeff.Omogen. S.L.E.:	15.00	
	Sc limite S.L.E. comb. Rare:	13.750	MPa
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	13.750	MPa
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.200	mm
	Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	10.000	MPa
	Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:	0.200	mm

ACCIAIO -	Tipo:	B450C	
	Resist. caratt. a snervamento fyk:	450.00	MPa
	Resist. caratt. a rottura ftk:	450.00	MPa
	Resist. a snerv. di progetto fyd:	391.30	MPa
	Resist. ultima di progetto ftd:	391.30	MPa
	Deform. ultima di progetto Epu:	0.068	
	Modulo Elastico Ef:	200000.0	MPa
	Diagramma tensioni-deformaz.:	Bilineare finito	
	Coeff. Aderenza istant. $\beta_1 \beta_2$ :	1.00	
	Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \beta_2$ :	0.50	
	Comb.Rare - Sf Limite:	337.50	MPa

#### CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE

RELAZIONE DESCRITTIVA E DI CALCOLO  
BASAMENTO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 29 CL	FA 07 00 001	A	43 di 49

Base:	100.0	cm
Altezza:	30.0	cm
Barre inferiori:	5Ø14	(7.7 cm <sup>2</sup> )
Barre superiori:	5Ø14	(7.7 cm <sup>2</sup> )
Coprif.Inf.(dal baric. barre):	8.5	cm
Coprif.Sup.(dal baric. barre):	8.5	cm
Coprif.Lat. (dal baric.barre):	8.5	cm

**CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA**

N	Sforzo normale [kN] applicato nel baricentro (posit. se di compress.)
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x baric. della sezione con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sezione
Vy	Taglio [kN] in direzione parallela all'asse Y del riferim. generale
MT	Momento torcente [kN m]

N°Comb.	N	Mx	Vy	MT
1	0.00	3.10	6.95	0.00

**COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA**

N	Sforzo normale [kN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.)
Mx	Coppia [kNm] applicata all'asse x baricentrico (tra parentesi il Momento di fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

N°Comb.	N	Mx
1	0.00	3.10

**COMB. FREQUENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA**

N	Sforzo normale [kN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.)
Mx	Coppia [kNm] applicata all'asse x baricentrico (tra parentesi il Momento di fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

N°Comb.	N	Mx
1	0.00	3.10 (40.06)

**COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA**

N	Sforzo normale [kN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.)
Mx	Coppia [kNm] applicata all'asse x baricentrico (tra parentesi il Momento di fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

N°Comb.	N	Mx
1	0.00	3.10 (40.06)

**RISULTATI DEL CALCOLO**

Copriferro netto minimo barre longitudinali:	7.8	cm
Interferro netto minimo barre longitudinali:	11.6	cm
Copriferro netto minimo staffe:	7.8	cm

**VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE ULTIMO**

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata

**RELAZIONE DESCRITTIVA E DI CALCOLO**  
**BASAMENTO**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 29 CL	FA 07 00 001	A	44 di 49

N	Sforzo normale baricentrico assegnato [kN] (positivo se di compressione)
Mx	Momento flettente assegnato [kNm] riferito all'asse x baricentrico
N Ult	Sforzo normale alla massima resistenza [kN] nella sezione (positivo se di compress.)
Mx rd	Momento resistente ultimo [kNm] riferito all'asse x baricentrico
Mis.Sic.	Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N rd, Mx rd) e (N, Mx) Verifica positiva se tale rapporto risulta $\geq 1.000$
Yn	Ordinata [cm] dell'asse neutro alla massima resistenza nel sistema di rif. X,Y,O sez.
x/d	Rapp. di duttilità (travi e solette)[§ 4.1.2.1.2.1 NTC]: deve essere $< 0.45$
C.Rid.	Coeff. di riduz. momenti in travi continue [formula (4.1.1)NTC]

N°Comb	Ver	N	Mx	N rd	Mx rd	Mis.Sic.	Yn	x/d	C.Rid.	
1	S	0.00	3.10	0.16	77.20	24.904	24.7	0.25	0.75	15.4 (3.2)

**DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO LIMITE ULTIMO**

ec max	Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
Yc max	Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
es min	Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
Ys min	Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
es max	Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compressione)
Ys max	Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	Yc max	es min	Ys min	es max	Ys max
1	0.00350	30.0	-0.00215	21.5	-0.01078	8.5

**VERIFICHE A TAGLIO SENZA ARMATURE TRASVERSALI (§ 4.1.2.1.3.1 NTC)**

Ver	S = comb.verificata a taglio/ N = comb. non verificata
Ved	Taglio agente [daN] uguale al taglio Vy di comb. (sollecit. retta)
Vwct	Taglio trazione resistente [kN] in assenza di staffe [formula (4.1.23)NTC]
d	Altezza utile sezione [cm]
bw	Larghezza minima sezione [cm]
Ro	Rapporto geometrico di armatura longitudinale [ $< 0.02$ ]
Scp	Tensione media di compressione nella sezione [Mpa]

N°Comb	Ver	Ved	Vwct	d	bw	Ro	Scp
1	S	6.95	132.58	21.5	100.0	0.0072	0.00

**COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI**

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
Sc max	Massima tensione di compress.(+) nel conglom. in fase fessurata ([Mpa])
Yc max	Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
Sc min	Minima tensione di compress.(+) nel conglom. in fase fessurata ([Mpa])
Yc min	Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc min (sistema rif. X,Y,O)
Sf min	Minima tensione di trazione (-) nell'acciaio [Mpa]
Ys min	Ordinata in cm della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)
Dw Eff.	Spessore di conglomerato [cm] in zona tesa considerata aderente alle barre
Ac eff.	Area di congl. [cm <sup>2</sup> ] in zona tesa aderente alle barre (verifica fess.)
As eff.	Area Barre tese di acciaio [cm <sup>2</sup> ] ricadente nell'area efficace(verifica fess.)
D barre	Distanza in cm tra le barre tese efficaci. (D barre = 0 indica spaziatura superiore a $5(c+\emptyset/2)$ e nel calcolo di fess. si usa la (C4.1.11)NTC/(7.14)EC2)

N°Comb	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Sf min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
--------	-----	--------	--------	--------	--------	--------	--------	---------	---------	---------	---------

RELAZIONE DESCRITTIVA E DI CALCOLO  
BASAMENTO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 29 CL	FA 07 00 001	A	45 di 49

1	S	0.55	30.0	0.00	23.7	-19.8	21.5	7.9	789	7.7	20.8
---	---	------	------	------	------	-------	------	-----	-----	-----	------

**COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE (NTC/EC2)**

Ver Esito verifica  
e1 Minima deformazione unitaria (trazione: segno -) nel calcestruzzo in sez. fessurata  
e2 Massima deformazione unitaria (compress.: segno +) nel calcestruzzo in sez. fessurata  
K2 = 0.5 per flessione;  $= (e1 + e2) / (2 * e2)$  in trazione eccentrica per la (7.13)EC2 e la (C4.1.11)NTC  
Kt fattore di durata del carico di cui alla (7.9) dell'EC2  
e sm Deformazione media acciaio tra le fessure al netto di quella del cls. Tra parentesi il valore minimo = 0.6 Ss/Es  
srm Distanza massima in mm tra le fessure  
wk Apertura delle fessure in mm fornito dalla (7.8)EC2 e dalla (C4.1.7)NTC. Tra parentesi è indicato il valore limite.  
M fess. Momento di prima fessurazione [kNm]

N°Comb	Ver	e1	e2	K2	Kt	e sm	srm	wk	M Fess.
1	S	-0.00015	0.00004	0.50	0.60	0.000060 (0.000060)	509	0.030 (0.20)	40.06

**COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI**

N°Comb	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Sf min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
1	S	0.55	30.0	0.00	23.7	-19.8	21.5	7.9	789	7.7	20.8

**COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE (NTC/EC2)**

N°Comb	Ver	e1	e2	K2	Kt	e sm	srm	wk	M Fess.
1	S	-0.00015	0.00004	0.50	0.60	0.000060 (0.000060)	509	0.030 (0.20)	40.06

**COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI**

N°Comb	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Sf min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
1	S	0.55	30.0	0.00	23.7	-19.8	21.5	7.9	789	7.7	20.8

**COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE (NTC/EC2)**

N°Comb	Ver	e1	e2	K2	Kt	e sm	srm	wk	M Fess.
1	S	-0.00015	0.00004	0.50	0.40	0.000060 (0.000060)	509	0.030 (0.20)	40.06

**Incidenza ferri**

Soletta 85 kg/m3

## 10.-..VERIFICA DI CAPACITÀ PORTANTE

La verifica di portanza si effettua confrontando le pressioni indotte dalla sovrastruttura con il carico limite.

La tensione massima agente viene valutata tramite il modello FEM:

$$\sigma_{\max} = K * w_{\max}$$

dove:

$\sigma_{\max}$  = tensione massima nel terreno

K = costante di Winkler

$w_{\max}$  = abbassamento massimo ottenuto dal modello

nel caso specifico risulta:

$$\sigma_{\max} = 10000 \text{ kPa/m} * 0.0012\text{m} = 12 \text{ kPa}$$

La verifica è soddisfatta

RELAZIONE DESCRITTIVA E DI CALCOLO  
BASAMENTO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 29 CL	FA 07 00 001	A	47 di 49

**Fondazioni Dirette**  
**Verifica in tensioni efficaci**

$$q_{lim} = c' \cdot N_c \cdot s_c \cdot d_c \cdot i_c \cdot b_c \cdot g_c + q \cdot N_q \cdot s_q \cdot d_q \cdot i_q \cdot b_q \cdot g_q + 0,5 \cdot \gamma \cdot B \cdot N_\gamma \cdot s_\gamma \cdot d_\gamma \cdot i_\gamma \cdot b_\gamma \cdot g_\gamma$$

D = Profondità del piano di appoggio

$e_B$  = Eccentricità in direzione B ( $e_B = Mb/N$ )

$e_L$  = Eccentricità in direzione L ( $e_L = MI/N$ ) (per fondazione nastriforme  $e_L = 0$ ;  $L^* = L$ )

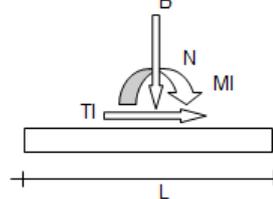
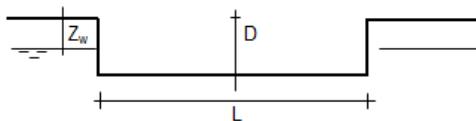
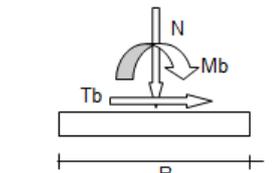
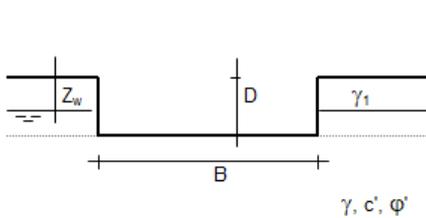
$B^*$  = Larghezza fittizia della fondazione ( $B^* = B - 2 \cdot e_B$ )

$L^*$  = Lunghezza fittizia della fondazione ( $L^* = L - 2 \cdot e_L$ )

(per fondazione nastriforme le sollecitazioni agenti sono riferite all'unità di lunghezza)

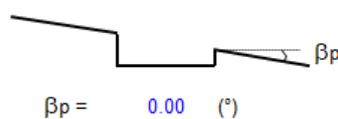
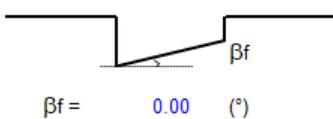
**coefficienti parziali**

Metodo di calcolo	azioni		proprietà del terreno		resistenze			
	permanenti	temporanee variabili	$\tan \varphi'$	$c'$	$q_{lim}$	scorr		
Stato Limite Ultimo	A1+M1+R1	○	1.30	1.50	1.00	1.00	1.00	
	A2+M2+R2	○	1.00	1.30	1.25	1.25	1.80	1.00
	SISMA	○	1.00	1.00	1.25	1.25	1.80	1.00
	A1+M1+R3	○	1.30	1.50	1.00	1.00	2.30	1.10
	SISMA	○	1.00	1.00	1.00	1.00	2.30	1.10
Tensioni Ammissibili	○	1.00	1.00	1.00	1.00	3.00	3.00	
Definiti dal Progettista	●	1.00	1.00	1.00	1.00	2.30	1.10	



(Per fondazione nastriforme L = 100 m)

B = 1.00 (m)  
L = 1.00 (m)  
D = 0.50 (m)



RELAZIONE DESCRITTIVA E DI CALCOLO  
BASAMENTO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 29 CL	FA 07 00 001	A	48 di 49

Peso unità di volume del terreno

$$\begin{aligned} \gamma_1 &= 19.00 \quad (\text{kN/mc}) \\ \gamma &= 19.00 \quad (\text{kN/mc}) \end{aligned}$$

Valori caratteristici di resistenza del terreno

$$\begin{aligned} c' &= 7.00 \quad (\text{kN/mq}) \\ \varphi' &= 23.00 \quad (^\circ) \end{aligned}$$

Valori di progetto

$$\begin{aligned} c^* &= 7.00 \quad (\text{kN/mq}) \\ \varphi^* &= 23.00 \quad (^\circ) \end{aligned}$$

Profondità della falda

$$Z_w = 3.00 \quad (\text{m})$$

$$\begin{aligned} e_B &= 0.00 \quad (\text{m}) \\ e_L &= 0.00 \quad (\text{m}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} B^* &= 1.00 \quad (\text{m}) \\ L^* &= 1.00 \quad (\text{m}) \end{aligned}$$

q : sovraccarico alla profondità D

$$q = 9.50 \quad (\text{kN/mq})$$

$\gamma$  : peso di volume del terreno di fondazione

$$\gamma = 19.00 \quad (\text{kN/mc})$$

$N_c, N_q, N_\gamma$  : coefficienti di capacità portante

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

$$N_q = 8.66$$

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

$$N_c = 18.05$$

$$N_\gamma = 2 \cdot (N_q + 1) \cdot \tan \varphi'$$

$$N_\gamma = 8.20$$

$s_c, s_q, s_\gamma$  : fattori di forma

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

$$s_c = 1.48$$

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

$$s_q = 1.42$$

$$s_\gamma = 1 - 0.4 \cdot B^* / L^*$$

$$s_\gamma = 0.60$$

$i_c, i_q, i_\gamma$  : fattori di inclinazione del carico

$$m_b = (2 + B^* / L^*) / (1 + B^* / L^*) = 1.50 \quad \theta = \arctg(T_b/T_l) = 90.00 \quad (^\circ)$$

$$m_l = (2 + L^* / B^*) / (1 + L^* / B^*) = 1.50 \quad m = 1.50 \quad (-)$$

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

( $m=2$  nel caso di fondazione nastriforme e  $m=(m_b \sin^2 \theta + m_l \cos^2 \theta)$  in tutti gli altri casi)

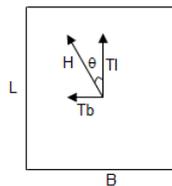
$$i_q = 1.00$$

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

$$i_c = 1.00$$

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

$$i_\gamma = 1.00$$



RELAZIONE DESCRITTIVA E DI CALCOLO  
BASAMENTO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 29 CL	FA 07 00 001	A	49 di 49

**$d_c, d_q, d_y$  : fattori di profondità del piano di appoggio**

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

per  $D/B^* > 1$ ;  $d_q = 1 + (2 \tan \varphi' (1 - \sin \varphi')^2) * \arctan (D / B^*)$

$$d_q = 1.16$$

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

$$d_c = 1.18$$

$$d_y = 1$$

$$d_y = 1.00$$

**$b_c, b_q, b_y$  : fattori di inclinazione base della fondazione**

$$b_q = (1 - \beta_f \tan \varphi')^2 \quad \beta_f + \beta_p = 0.00 \quad \beta_f + \beta_p < 45^\circ$$

$$b_q = 1.00$$

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

$$b_c = 1.00$$

$$b_y = b_q$$

$$b_y = 1.00$$

**$g_c, g_q, g_y$  : fattori di inclinazione piano di campagna**

$$g_q = (1 - \tan \beta_p)^2 \quad \beta_f + \beta_p = 0.00 \quad \beta_f + \beta_p < 45^\circ$$

$$g_q = 1.00$$

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

$$g_c = 1.00$$

$$g_y = g_q$$

$$g_y = 1.00$$

**Carico limite unitario**

$$q_{lim} = 402.70 \quad (\text{kN/m}^2)$$

**Pressione massima agente**

$$q = N / B^* L^*$$

$$q = 12.00 \quad (\text{kN/m}^2)$$

**Verifica di sicurezza capacità portante**

$$q_{lim} / \gamma_R = 175.09 \geq q = 12.00 \quad (\text{kN/m}^2)$$