

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



**DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA - PALERMO**

**NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA**

**U.O. INFRASTRUTTURE SUD**

**PROGETTO DEFINITIVO**

**TRATTA LERCARA DIR. - CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3)**

**SCATOLARI DI APPROCCIO CAVALCAFERROVIA**

**SL07 - Scatolare di approccio Spalla A IV02**

**Relazione di calcolo scatolare**

SCALA:

-

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

RS3T 30 D 78 CL SL0700 001 A

| Rev. | Descrizione         | Redatto                         | Data     | Verificato   | Data     | Approvato | Data     | Autorizzato Data      |
|------|---------------------|---------------------------------|----------|--------------|----------|-----------|----------|-----------------------|
| A    | Emissione Esecutiva | ATI Sintagma<br>Rocksoil - Edin | Gen-2020 | A.Donnarumma | Gen-2020 | A.Barreca | Gen-2020 | D.Tiberti<br>Gen-2020 |
|      |                     |                                 |          |              |          |           |          |                       |
|      |                     |                                 |          |              |          |           |          |                       |
|      |                     |                                 |          |              |          |           |          |                       |
|      |                     |                                 |          |              |          |           |          |                       |
|      |                     |                                 |          |              |          |           |          |                       |
|      |                     |                                 |          |              |          |           |          |                       |
|      |                     |                                 |          |              |          |           |          |                       |

ITALFERR S.p.A.  
DIREZIONE GENERALE  
UO Infrastrutture Sud  
Dott. Ing. Tiberti  
Ordine degli Ingegneri Prov. di Napoli n. 11229

File: RS3T.3.0.D.78.CL.SL.07.0.0.001.A

n. Elab.: 78\_512

|                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                         |                  |             |                   |                        |           |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|-------------|-------------------|------------------------|-----------|
| <br><b>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</b> | <b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b><br><b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b><br><b>TRATTA LERCARA DIRAMAZIONE – CALTANISSETTA (LOTTO 3A)</b><br><b>SL07</b> |                  |             |                   |                        |           |
|                                                                                                                                  | Relazione Scatolare                                                                                                                                                                     | COMMESSA<br>RS3T | LOTTO<br>30 | CODIFICA<br>D78CL | DOCUMENTO<br>SL0700001 | REV.<br>A |
|                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                         |                  |             |                   | FOGLIO<br>2 di 60      |           |

## INDICE

|       |                                                               |    |
|-------|---------------------------------------------------------------|----|
| 1.    | PREMESSA.....                                                 | 4  |
| 2.    | NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....                                 | 5  |
| 3.    | MATERIALI .....                                               | 6  |
| 3.1   | CALCESTRUZZO MAGRO E GETTI DI LIVELLAMENTO.....               | 6  |
| 3.2   | CALCESTRUZZO PER FONDAZIONI .....                             | 6  |
| 3.3   | CALCESTRUZZO ELEVAZIONE .....                                 | 6  |
| 3.4   | ACCIAIO PER ARMATURE.....                                     | 6  |
| 3.5   | VERIFICA S.L.E. ....                                          | 7  |
| 3.5.1 | <i>Stato limite di limitazione delle tensioni</i> .....       | 7  |
| 3.5.2 | <i>Stato limite di fessurazione</i> .....                     | 7  |
| 4.    | INQUADRAMENTO GEOTECNICO .....                                | 9  |
| 4.1   | TERRENO DI FONDAZIONE .....                                   | 9  |
| 4.2   | INTERAZIONE TERRENO-STRUTTURA.....                            | 9  |
| 5.    | CARATTERIZZAZIONE SISMICA.....                                | 11 |
| 5.1   | VITA NOMINALE E CLASSE D’USO .....                            | 11 |
| 5.2   | PARAMETRI DI PERICOLOSITÀ SISMICA.....                        | 11 |
| 6.    | SOFTWARE DI CALCOLO.....                                      | 14 |
| 6.1   | ORIGINE E CARATTERISTICHE DEI CODICI DI CALCOLO ADOTTATI..... | 14 |
| 6.2   | UNITÀ DI MISURA.....                                          | 14 |
| 6.3   | GRADO DI AFFIDABILITÀ DEL CODICE .....                        | 14 |
| 6.4   | VALUTAZIONE DELLA CORRETTEZZA DEL MODELLO.....                | 15 |
| 6.5   | CARATTERISTICHE DELL’ELABORAZIONE.....                        | 15 |
| 6.6   | GIUDIZIO FINALE SULLA ACCETTABILITÀ DEI CALCOLI .....         | 15 |
| 6.7   | PROGRAMMI DI SERVIZIO .....                                   | 15 |
| 7.    | SCATOLARE.....                                                | 16 |
| 7.1   | GEOMETRIA.....                                                | 16 |

|                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                    |             |                   |                        |           |                   |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|-------------------|------------------------|-----------|-------------------|
|  <b>ITALFERR</b><br>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO<br>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA<br>TRATTA LERCARA DIRAMAZIONE – CALTANISSETTA (LOTTO 3A)<br><b>SL07</b> |             |                   |                        |           |                   |
| Relazione Scatolare                                                                                                                       | COMMESSA<br>RS3T                                                                                                                                                   | LOTTO<br>30 | CODIFICA<br>D78CL | DOCUMENTO<br>SL0700001 | REV.<br>A | FOGLIO<br>3 di 60 |

|        |                                                                 |    |
|--------|-----------------------------------------------------------------|----|
| 7.2    | MODELLO DI CALCOLO .....                                        | 17 |
| 7.2.1  | Valutazione della rigidezza delle molle.....                    | 18 |
| 7.3    | ANALISI DEI CARICHI .....                                       | 19 |
| 7.3.1  | Peso proprio della struttura e carichi permanenti portati ..... | 19 |
| 7.3.2  | Spinta in presenza di falda.....                                | 20 |
| 7.3.3  | Ripartizione dei carichi mobili verticali .....                 | 20 |
| 7.3.4  | Carichi sbalzi .....                                            | 22 |
| 7.3.5  | Frenatura .....                                                 | 22 |
| 7.3.6  | Centrifuga .....                                                | 22 |
| 7.3.7  | Variazione termica .....                                        | 22 |
| 7.3.8  | Ritiro differenziale della soletta di copertura.....            | 23 |
| 7.3.9  | Terreno di ricoprimento.....                                    | 25 |
| 7.3.10 | Vento.....                                                      | 25 |
| 7.3.11 | Azione sismica inerziale.....                                   | 26 |
| 8.     | COMBINAZIONI DI CARICO.....                                     | 29 |
| 9.     | DIAGRAMMI DELLE SOLLECITAZIONI .....                            | 34 |
| 10.    | VERIFICA DELLE SEZIONI IN C.A. ....                             | 38 |
| 10.1   | VERIFICA SOLETTA INFERIORE.....                                 | 39 |
| 10.2   | VERIFICA SOLETTA SUPERIORE .....                                | 43 |
| 10.3   | VERIFICA PIEDRITTI .....                                        | 48 |
| 10.4   | VERIFICA SBALZI .....                                           | 52 |
| 10.5   | TABELLA RIEPILOGATIVA INCIDENZA FERRI .....                     | 56 |
| 11.    | VERIFICHE GEOTECNICHE.....                                      | 57 |

|                                                                                   |                                                                                                                                                                                         |                  |             |                   |                        |                                |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|-------------|-------------------|------------------------|--------------------------------|
|  | <b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b><br><b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b><br><b>TRATTA LERCARA DIRAMAZIONE – CALTANISSETTA (LOTTO 3A)</b><br><b>SL07</b> |                  |             |                   |                        |                                |
|                                                                                   | Relazione Scatolare                                                                                                                                                                     | COMMESSA<br>RS3T | LOTTO<br>30 | CODIFICA<br>D78CL | DOCUMENTO<br>SL0700001 | REV.<br>A<br>FOGLIO<br>4 di 60 |

## 1. PREMESSA

Il presente documento si inserisce nell'ambito della redazione degli elaborati tecnici di progetto definitivo del corpo stradale ferroviario, delle opere d'arte e delle opere interferite relative al progetto definitivo della direttrice ferroviaria Messina-Catania-Palermo nell'ambito del nuovo collegamento Palermo - Catania

La presente relazione ha per oggetto il dimensionamento e le verifiche di resistenza secondo il metodo semiprobabilistico agli Stati Limite (S.L.)

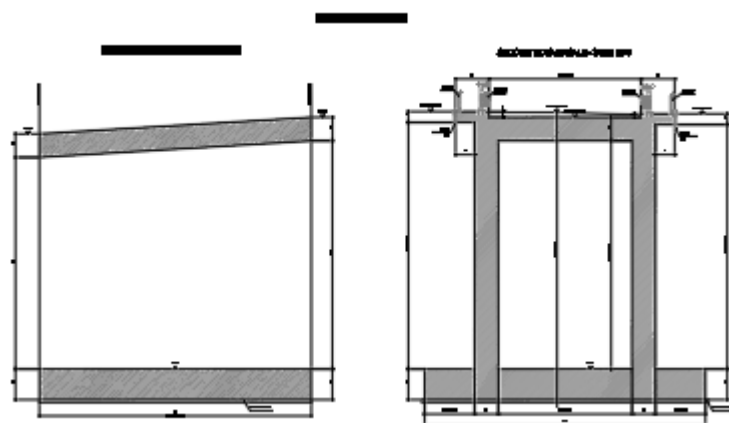
Le analisi strutturali e le verifiche di sicurezza sono state effettuate secondo il DM 17 gennaio 2018.

L'opera consiste in uno scatolare in c.a. gettato in opera, in approccio al cavalcaferrovia alla pk 19+300.

La sezione trasversale retta ha una larghezza interna di  $L_{int} = 11.14\text{m}$  ed un'altezza netta di  $H_{int} = 13.85\text{m}$ ; lo spessore della platea di fondazione è di  $S_f = 1.70\text{m}$ , lo spessore dei piedritti è di  $S_p = 1.30\text{m}$  e lo spessore della soletta di copertura è di  $S_s = 1.30\text{m}$ . Gli sbalzi di lunghezza 1,1m hanno spessore di 0.60m.

Nell'immagine seguente si riportano una sezione trasversale dell'opera.

Quanto riportato di seguito consentirà di verificare che il dimensionamento della struttura è stato effettuato nel rispetto dei requisiti di resistenza richiesti all'opera.



Sezione trasversale dell'opera SL07

|                                                                                   |                                                                                                                                                                    |             |                   |                        |           |                   |
|-----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|-------------------|------------------------|-----------|-------------------|
|  | DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO<br>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA<br>TRATTA LERCARA DIRAMAZIONE – CALTANISSETTA (LOTTO 3A)<br><b>SL07</b> |             |                   |                        |           |                   |
| Relazione Scatolare                                                               | COMMESSA<br>RS3T                                                                                                                                                   | LOTTO<br>30 | CODIFICA<br>D78CL | DOCUMENTO<br>SL0700001 | REV.<br>A | FOGLIO<br>5 di 60 |

## 2. **NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

La progettazione è conforme alle normative vigenti nonché alle istruzioni dell'Ente FF.SS.

La normativa cui viene fatto riferimento nelle fasi di calcolo e progettazione è la seguente:

- Norme Tecniche per le Costruzioni - D.M. 17-01-18 (NTC-2018);
- Circolare n. 7 del 21 gennaio 2019 - Istruzioni per l'Applicazione dell'aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al Decreto Ministeriale 17 gennaio 2018;
- Regolamento (UE) N.1299/2014 del 18 novembre 2014 della Commissione Europea. Relativo alle specifiche tecniche di interoperabilità per il sottosistema “infrastruttura” del sistema ferroviario dell'Unione Europea.
- Eurocodici EN 1991-2: 2003/AC:2010 – Eurocodice 1 – Parte 2
- RFI DTC SI MA IFS 001 C del 21-12-18 - Manuale di Progettazione delle Opere Civili
- RFI DTC SI SP IFS 001 C del 21-12-18 – Capitolato generale tecnico di Appalto delle opere civili

|                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                    |             |                   |                        |           |                   |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|-------------------|------------------------|-----------|-------------------|
|  <b>ITALFERR</b><br>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO<br>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA<br>TRATTA LERCARA DIRAMAZIONE – CALTANISSETTA (LOTTO 3A)<br><b>SL07</b> |             |                   |                        |           |                   |
| Relazione Scatolare                                                                                                                       | COMMESSA<br>RS3T                                                                                                                                                   | LOTTO<br>30 | CODIFICA<br>D78CL | DOCUMENTO<br>SL0700001 | REV.<br>A | FOGLIO<br>6 di 60 |

### 3. MATERIALI

#### 3.1 Calcestruzzo magro e getti di livellamento

- CLASSE DI RESISTENZA MINIMA C12/15
- TIPO CEMENTO CEM I÷V
- CLASSE DI ESPOSIZIONE AMBIENTALE : X0

#### 3.2 Calcestruzzo per fondazioni

- CLASSE DI RESISTENZA MINIMA C28/35
- TIPO CEMENTO CEM III÷V
- RAPPORTO A/C :  $\leq 0.60$
- CLASSE MINIMA DI CONSISTENZA : S4
- CLASSE DI ESPOSIZIONE AMBIENTALE : XC2
- COPRIFERRO = 40 mm
- DIAMETRO MASSIMO INERTI : 25 mm

#### 3.3 Calcestruzzo elevazione

- CLASSE DI RESISTENZA MINIMA C32/40
- TIPO CEMENTO CEM III÷V
- RAPPORTO A/C :  $\leq 0.50$
- CLASSE MINIMA DI CONSISTENZA : S4
- CLASSE DI ESPOSIZIONE AMBIENTALE : XC4
- COPRIFERRO = 40 mm (\*)
- DIAMETRO MASSIMO INERTI : 25 mm

#### 3.4 Acciaio per armature

IN BARRE E RETI ELETTROSALDATE

B450C saldabile che presenta le seguenti caratteristiche :

- Tensione di snervamento caratteristica  $f_{yk} > 450 \text{ N/mm}^2$
  - Tensione caratteristica a rottura  $f_{tk} > 540 \text{ N/mm}^2$
- $1.15 \leq f_{tk}/f_{yk} < 1.35$

(\*) : I VALORI DI COPRIFERRO RIPORTATI SI RIFERISCONO AD OPERE CON VITA NOMINALE DI 75 ANNI. PER COSTRUZIONI CON VITA NOMINALE DI 100 ANNI TALI VALORI DOVRANNO ESSERE AUMENTATI DI 5 mm.

|                                                                                                                           |                                                                                                                                                                    |                  |             |                   |                        |                                |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|-------------|-------------------|------------------------|--------------------------------|
| <br>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO<br>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA<br>TRATTA LERCARA DIRAMAZIONE – CALTANISSETTA (LOTTO 3A)<br><b>SL07</b> |                  |             |                   |                        |                                |
|                                                                                                                           | Relazione Scatolare                                                                                                                                                | COMMESSA<br>RS3T | LOTTO<br>30 | CODIFICA<br>D78CL | DOCUMENTO<br>SL0700001 | REV.<br>A<br>FOGLIO<br>7 di 60 |

### 3.5 Verifica S.L.E.

La verifica nei confronti degli Stati limite di esercizio, consiste nel controllare, con riferimento alle sollecitazioni di calcolo corrispondenti alle Combinazioni di Esercizio il tasso di Lavoro nei Materiali e l'ampiezza delle fessure attesa, secondo quanto di seguito specificato

#### 3.5.1 Stato limite di limitazione delle tensioni

Valutate le azioni interne nelle varie parti della struttura, dovute alle combinazioni caratteristica e quasi permanente delle azioni, si calcolano le massime tensioni sia nel calcestruzzo sia nelle armature; si deve verificare che tali tensioni siano inferiori ai massimi valori consentiti di seguito riportati.

##### 4.1.2.2.5.1 Tensione massima di compressione del calcestruzzo nelle condizioni di esercizio

La massima tensione di compressione del calcestruzzo  $\sigma_{c,max}$ , deve rispettare la limitazione seguente:

$$\sigma_{c,max} \leq 0,60 f_{ck} \text{ per combinazione caratteristica} \quad [4.1.15]$$

$$\sigma_{c,max} \leq 0,45 f_{ck} \text{ per combinazione quasi permanente.} \quad [4.1.16]$$

##### 4.1.2.2.5.2 Tensione massima dell'acciaio in condizioni di esercizio

La tensione massima,  $\sigma_{s,max}$ , per effetto delle azioni dovute alla combinazione caratteristica deve rispettare la limitazione seguente:

$$\sigma_{s,max} \leq 0,8 f_{yk} \quad [4.1.17]$$

#### 3.5.2 Stato limite di fessurazione

La verifica di fessurazione consiste nel controllare l'ampiezza dell'apertura delle fessure sotto combinazione di carico frequente e combinazione quasi permanente. Essendo la struttura a contatto col terreno si considerano condizioni ambientali aggressive; le armature di acciaio ordinario sono ritenute poco sensibili [NTC – Tabella 4.1.IV]

In relazione all'aggressività ambientale e alla sensibilità dell'acciaio, l'apertura limite delle fessure è riportato nel prospetto seguente:

**Tabella 1 – Criteri di scelta dello stato limite di fessurazione e Condizioni Ambientali**

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

|                                                                                   |                                                                                                                                                                                         |             |                   |                        |           |                   |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|-------------------|------------------------|-----------|-------------------|
|  | <b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b><br><b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b><br><b>TRATTA LERCARA DIRAMAZIONE – CALTANISSETTA (LOTTO 3A)</b><br><b>SL07</b> |             |                   |                        |           |                   |
| Relazione Scatolare                                                               | COMMESSA<br>RS3T                                                                                                                                                                        | LOTTO<br>30 | CODIFICA<br>D78CL | DOCUMENTO<br>SL0700001 | REV.<br>A | FOGLIO<br>8 di 60 |

**Tabella 4.1.III – Descrizione delle condizioni ambientali**

| CONDIZIONI AMBIENTALI | CLASSE DI ESPOSIZIONE             |
|-----------------------|-----------------------------------|
| Ordinarie             | X0, XC1, XC2, XC3, XF1            |
| Aggressive            | XC4, XD1, XS1, XA1, XA2, XF2, XF3 |
| Molto aggressive      | XD2, XD3, XS2, XS3, XA3, XF4      |

Risultando:

$w_1 = 0.2 \text{ mm}$

$w_2 = 0.3 \text{ mm}$

$w_3 = 0.4 \text{ mm}$

Si adotterà pertanto:

- Condizioni ambientali ordinarie per gli elementi di fondazione
- Condizioni ambientali aggressive per gli elementi in elevazione

Riguardo infine il valore di calcolo delle fessure da confrontare con i valori limite fissati dalla norma, si è utilizzata la procedura riportata al C4.1.2.2.4.5 della Circolare n. 7/19.

|                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                    |             |                   |                        |           |                   |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|-------------------|------------------------|-----------|-------------------|
|  <b>ITALFERR</b><br>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO<br>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA<br>TRATTA LERCARA DIRAMAZIONE – CALTANISSETTA (LOTTO 3A)<br><b>SL07</b> |             |                   |                        |           |                   |
| Relazione Scatolare                                                                                                                       | COMMESSA<br>RS3T                                                                                                                                                   | LOTTO<br>30 | CODIFICA<br>D78CL | DOCUMENTO<br>SL0700001 | REV.<br>A | FOGLIO<br>9 di 60 |

#### 4. INQUADRAMENTO GEOTECNICO

##### 4.1 Terreno di fondazione

Per i parametri geologico-geotecnici si fa riferimento ad:

|     | zi [m] | zf[m] | $\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ] | Dr [%] | c' [kPa] | $\phi'$ [°] | $\phi'$ res [°] | Eop[MPa] | cu  | Eu | kh [kN/m <sup>2</sup> ] | Emr0 | Emr    | K(m/s)   |
|-----|--------|-------|-------------------------------|--------|----------|-------------|-----------------|----------|-----|----|-------------------------|------|--------|----------|
| a2  | 0      | 7.5   | 21                            |        | 3.6      | 30.3        |                 |          | 85  |    |                         |      | 34000  | 2.30E-05 |
| TRV | 7.5    | 40    | 21.4                          |        | 23       | 21.6        |                 |          | 330 |    |                         |      | 132000 | 1.60E-07 |

La falda è posta a 10.0m da p.c..

##### 4.2 Interazione terreno-struttura

Di seguito sono trattati gli aspetti di natura geotecnica riguardanti l'interazione terreno-struttura relativamente all'opera in esame.

Per la determinazione della costante di sottofondo si può fare riferimento alle seguenti formulazioni assimilando il comportamento del terreno a quello di un mezzo elastico omogeneo:

$$s = B \cdot c_t \cdot (q - \sigma_{v0}) \cdot (1 - \nu^2) / Eop$$

dove:

s = cedimento elastico totale;

B = lato minore della fondazione;

$c_t$  = coefficiente adimensionale di forma ottenuto dalla interpolazione dei valori dei coefficienti proposti dal Bowles, 1960 (L = lato maggiore della fondazione):

$$c_t = 0.853 + 0.534 \ln(L / B) \text{ rettangolare con } L / B \leq 10$$

$$c_t = 2 + 0.0089 (L / B) \text{ rettangolare con } L / B > 10$$

q = pressione media agente sul terreno;

$\sigma_{v0}$  = tensione litostatica verticale alla quota di posa della fondazione;

$\nu$  = coefficiente di Poisson del terreno;

Eop = modulo elastico medio del terreno sottostante.

|                                                                                   |                                                                                                                                                                    |                  |             |                   |                        |                           |
|-----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|-------------|-------------------|------------------------|---------------------------|
|  | DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO<br>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA<br>TRATTA LERCARA DIRAMAZIONE – CALTANISSETTA (LOTTO 3A)<br><b>SL07</b> |                  |             |                   |                        |                           |
|                                                                                   | Relazione Scatolare                                                                                                                                                | COMMESSA<br>RS3T | LOTTO<br>30 | CODIFICA<br>D78CL | DOCUMENTO<br>SL0700001 | REV. A<br>FOGLIO 10 di 60 |

Il valore della costante di sottofondo  $k_w$  è valutato attraverso il rapporto tra il carico applicato ed il corrispondente cedimento pertanto, si ottiene:

$$k_w = E_{op} / [(1-\nu^2) \cdot B \cdot c_t]$$

Di seguito si riportano in forma tabellare i risultati delle valutazioni effettuate per il caso in esame, avendo considerato per  $E_{op}$  un valore medio di quello indicato per l'Unità Geotecnica in esame.

|         |       |                   |
|---------|-------|-------------------|
| E =     | 34000 | kN/m <sup>2</sup> |
| n =     | 0.3   |                   |
| B =     | 15.5  | m                 |
| L =     | 15.0  | m                 |
| L/B =   | 0.97  |                   |
| $c_t$ = | 0.84  |                   |
| $K_w$ = | 2885  | kN/m <sup>3</sup> |

Cautelativamente si limita, ai fini del calcolo, il valore della costante di sottofondo a circa **2500** kN/m<sup>3</sup>.

|                                                                                   |                                                                                                                                                                    |             |                   |                        |           |                    |
|-----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|-------------------|------------------------|-----------|--------------------|
|  | DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO<br>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA<br>TRATTA LERCARA DIRAMAZIONE – CALTANISSETTA (LOTTO 3A)<br><b>SL07</b> |             |                   |                        |           |                    |
| Relazione Scatolare                                                               | COMMESSA<br>RS3T                                                                                                                                                   | LOTTO<br>30 | CODIFICA<br>D78CL | DOCUMENTO<br>SL0700001 | REV.<br>A | FOGLIO<br>11 di 60 |

## 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. 17 gennaio 2018 e relativa circolare applicativa.

### 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 ( $V_N$ ), 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 ( $C_U$ )

Per l'opera in oggetto si considera una vita nominale:  $V_N = 50$  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 valutati 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

### 5.2 Parametri di pericolosità sismica

La valutazione dei parametri di pericolosità sismica, che ai sensi del D.M. 17-01-2018, 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 /  $V_R$ ) oltre che dallo Stato Limite di riferimento/Periodo di ritorno dell'azione sismica.

Categoria sottosuolo **E**

In accordo a quanto riportato in Allegato A delle Norme Tecniche per le costruzioni DM 17.01.18, si ottiene per il sito in esame:

### FASE 1. INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DEL SITO

☒ Ricerca per coordinate  
 LONGITUDINE: 13.86822 LATITUDINE: 37.69076

☐ Ricerca per comune  
 REGIONE: Sicilia PROVINCIA: Catania COMUNE: Ramacca

Elaborazioni grafiche:  
 Grafici spettri di risposta  
 Variabilità dei parametri

Elaborazioni numeriche:  
 Tabella parametri

Nodi del reticolo intorno al sito



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

La pericolosità sismica di base è stata definita sulla base delle coordinate geografiche del sito di realizzazione dell'opera:

### FASE 2. SCELTA DELLA STRATEGIA DI PROGETTAZIONE

Vita nominale della costruzione (in anni) -  $V_N$ : 50 info

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

Valori di progetto

Periodo di riferimento per la costruzione (in anni) -  $V_R$ : 75 info

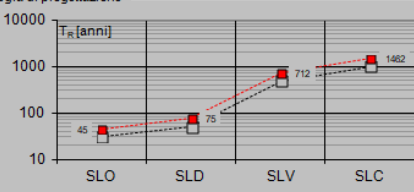
Periodi di ritorno per la definizione dell'azione sismica (in anni) -  $T_R$ : info

Stati limite di esercizio - SLE:  
 SLO -  $P_{VR} = 81\%$ : 45  
 SLD -  $P_{VR} = 63\%$ : 75  
 SLV -  $P_{VR} = 10\%$ : 712  
 Stati limite ultimi - SLU:  
 SLC -  $P_{VR} = 5\%$ : 1462

Elaborazioni:  
 Grafici parametri azione  
 Grafici spettri di risposta  
 Tabella parametrizzazione

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

Strategia di progettazione



INTRO FASE 1 **FASE 2** FASE 3

I parametri utilizzati per la definizione dell'azione sismica sono riportati di seguito.

### FASE 3. DETERMINAZIONE DELL'AZIONE DI PROGETTO

**Stato Limite**  
Stato Limite considerato **SLV** info

**Risposta sismica locale**  
 Categoria di sottosuolo **E** info  $S_s = 1.600$   $C_c = 1.719$  info  
 Categoria topografica **T1** info  $h/H = 1.000$   $S_T = 1.000$  info  
(in quota sito, h: altezza rilievo topografico)

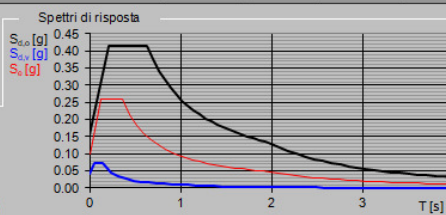
**Compon. orizzontale**  
☐ Spettro di progetto elastico (SLE) Smorzamento  $\xi$  (%) **5**  $\eta = 1.000$  info  
☒ Spettro di progetto inelastico (SLU) Fattore  $q_s$  **1** Regol. in altezza **si** info

**Compon. verticale**  
 Spettro di progetto Fattore  $q_v$  **1.5**  $\eta = 0.667$  info

**Elaborazioni**  
 Grafici spettri di risposta  
 Parametri e punti spettri di risposta

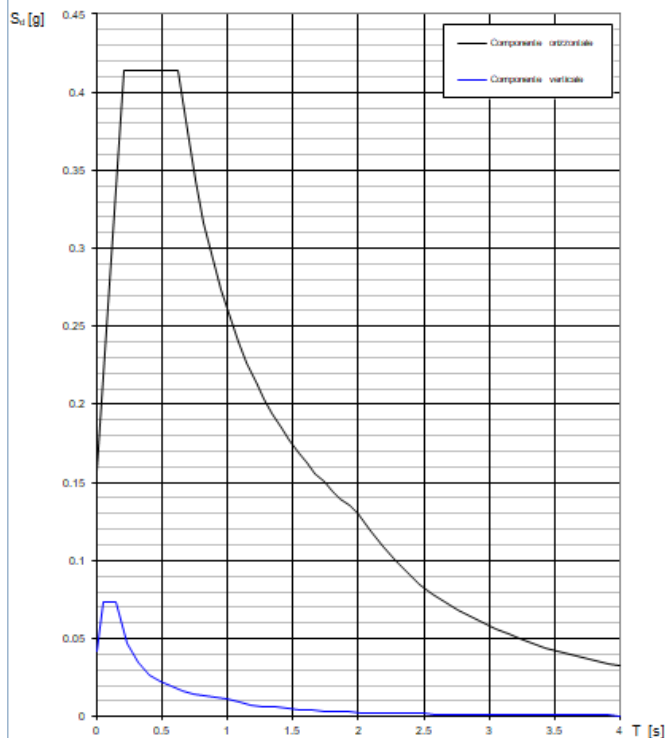
— Spettro di progetto - componente orizzontale  
 — Spettro di progetto - componente verticale  
 — Spettro elastico di riferimento (Cat. A-T1,  $\xi = 5\%$ )

Spettri di risposta



INTRO      FASE 1      FASE 2      **FASE 3**

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



#### Parametri indipendenti

| STATO LIMITE | SLV     |
|--------------|---------|
| $a_n$        | 0.099 g |
| $F_n$        | 2.624   |
| $T_c^*$      | 0.366 s |
| $S_s$        | 1.600   |
| $C_c$        | 1.719   |
| $S_T$        | 1.000   |
| $q$          | 1.000   |

#### Parametri dipendenti

|        |         |
|--------|---------|
| $S$    | 1.600   |
| $\eta$ | 1.000   |
| $T_R$  | 0.210 s |
| $T_C$  | 0.629 s |
| $T_D$  | 1.995 s |

|                                                                                   |                                                                                                                                                                                         |                  |             |                   |                        |                                 |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|-------------|-------------------|------------------------|---------------------------------|
|  | <b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b><br><b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b><br><b>TRATTA LERCARA DIRAMAZIONE – CALTANISSETTA (LOTTO 3A)</b><br><b>SL07</b> |                  |             |                   |                        |                                 |
|                                                                                   | Relazione Scatolare                                                                                                                                                                     | COMMESSA<br>RS3T | LOTTO<br>30 | CODIFICA<br>D78CL | DOCUMENTO<br>SL0700001 | REV.<br>A<br>FOGLIO<br>14 di 60 |

## 6. SOFTWARE DI CALCOLO

### 6.1 Origine e caratteristiche dei codici di calcolo adottati

Per le analisi delle strutture è stato utilizzato il Sap 2000 v.14.1 prodotto, distribuito ed assistito da Computers and Structures, Inc.1995 University Ave. Berkeley. Questa procedura è sviluppata in ambiente Windows, permette l'analisi elastica lineare e non di strutture tridimensionali con nodi a sei gradi di libertà utilizzando un solutore ad elementi finiti. Gli elementi considerati sono frame (trave), con eventuali svincoli interni o rotazione attorno al proprio asse. I carichi sono applicati sia ai nodi, come forze o coppie concentrate, sia sulle travi, come forze distribuite, trapezie, concentrate, come coppie e come distorsioni termiche. A supporto del programma è fornito un ampio manuale d'uso contenente fra l'altro una vasta serie di test di validazione sia su esempi classici di Scienza delle Costruzioni, sia su strutture particolarmente impegnative e reperibili nella bibliografia specializzata.

Tale programma fornisce in output, oltre a tutte le caratteristiche geometriche e di carico delle strutture, i risultati relativi alle sollecitazioni indotte nelle sezioni degli elementi presenti.

### 6.2 Unità di misura

Le unità di misura adottate sono le seguenti:

- lunghezze: m
- forze: kN
- masse: kN massa
- temperature: gradi centigradi
- angoli: gradi sessadecimali o radianti
- si assume l'uguaglianza  $1 \text{ kN} = 100 \text{ kg}$

### 6.3 Grado di affidabilità del codice

L'affidabilità del codice di calcolo è garantita dall'esistenza di un'ampia documentazione di supporto. È possibile inoltre ottenere rappresentazioni grafiche di deformate e sollecitazioni della struttura.

|                                                                                   |                                                                                                                                                                    |             |                   |                        |           |                    |
|-----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|-------------------|------------------------|-----------|--------------------|
|  | DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO<br>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA<br>TRATTA LERCARA DIRAMAZIONE – CALTANISSETTA (LOTTO 3A)<br><b>SL07</b> |             |                   |                        |           |                    |
| Relazione Scatolare                                                               | COMMESSA<br>RS3T                                                                                                                                                   | LOTTO<br>30 | CODIFICA<br>D78CL | DOCUMENTO<br>SL0700001 | REV.<br>A | FOGLIO<br>15 di 60 |

#### 6.4 Valutazione della correttezza del modello

Il modello di calcolo adottato e' da ritenersi appropriato in quanto non sono state riscontrate labilità, le reazioni vincolari equilibrano i carichi applicati, la simmetria di carichi e struttura dà origine a sollecitazioni simmetriche.

#### 6.5 Caratteristiche dell'elaborazione

Tutte le analisi strutturali sono state eseguite su di una workstation dedicata avente le seguenti caratteristiche tecniche:

- Tipo Intel i7
- Memoria centrale 8 Gb;
- Lunghezza in bit della parola 64 bit;
- Memoria di massa 1 Hard disk da 500 Gb.

#### 6.6 Giudizio finale sulla accettabilità dei calcoli

Si ritiene che i risultati ottenuti dalla elaborazione siano accettabili e che le ipotesi poste alla base della formulazione del modello matematico siano valide come dimostrato dal comportamento dei materiali.

All'interno del pacchetto Sap 2000 sono inoltre presente una serie di test per il benchmark del solutore, che consentono di comprovare l'affidabilità del codice di calcolo e paragonare risultati ottenuti con le soluzioni esatte.

#### 6.7 Programmi di servizio

Per le verifiche delle sezioni si adotta il programma: "Rc-Sec" – Autore Geostru Software. Analisi Dei Carichi e Fasi.

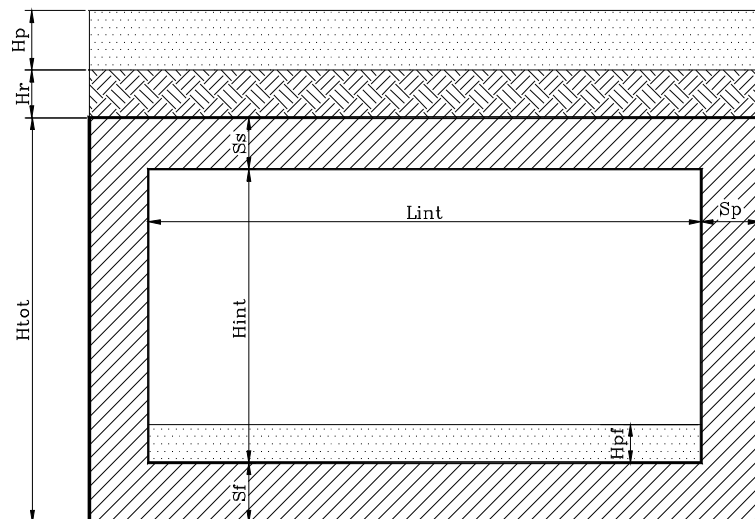
|                                                                                                                                              |                                                                                                                                                             |                  |             |                   |                        |           |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|-------------|-------------------|------------------------|-----------|
| <br><b>ITALFERR</b><br>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO<br>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA<br>TRATTA LERCARA DIRAMAZIONE – CALTANISSETTA (LOTTO 3A)<br>SL07 |                  |             |                   |                        |           |
|                                                                                                                                              | Relazione Scatolare                                                                                                                                         | COMMESSA<br>RS3T | LOTTO<br>30 | CODIFICA<br>D78CL | DOCUMENTO<br>SL0700001 | REV.<br>A |

## 7. SCATOLARE

La sezione trasversale retta ha una larghezza interna di  $L_{int} = 11.14\text{m}$  ed un'altezza netta di  $H_{int} = 13.85\text{m}$ ; lo spessore della platea di fondazione è di  $S_f = 1.70\text{m}$ , lo spessore dei piedritti è di  $S_p = 1.30\text{m}$  e lo spessore della soletta di copertura è di  $S_s = 1.30\text{m}$ .

Nel seguito verrà esaminata una striscia di scatolare avente lunghezza di 1.00 m. In figura si riporta schematicamente la geometria dell'opera.

### 7.1 Geometria



|                                                                                                                           |                                                                                                                                                             |                  |             |                   |                        |                                 |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|-------------|-------------------|------------------------|---------------------------------|
| <br>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO<br>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA<br>TRATTA LERCARA DIRAMAZIONE – CALTANISSETTA (LOTTO 3A)<br>SL07 |                  |             |                   |                        |                                 |
|                                                                                                                           | Relazione Scatolare                                                                                                                                         | COMMESSA<br>RS3T | LOTTO<br>30 | CODIFICA<br>D78CL | DOCUMENTO<br>SL0700001 | REV.<br>A<br>FOGLIO<br>17 di 60 |

| DATI GEOMETRICI               |             |        |      |
|-------------------------------|-------------|--------|------|
| Grandezza                     | Simbolo     | Valore | U.M. |
| larghezza totale scatolare    | $L_{tot}$   | 13.74  | m    |
| larghezza utile scatolare     | $L_{int}$   | 11.14  | m    |
| larghezza interasse           | $L_a$       | 12.44  | m    |
| spessore soletta superiore    | $S_s$       | 1.30   | m    |
| spessore piedritti            | $S_p$       | 1.30   | m    |
| spessore fondazione           | $S_f$       | 1.70   | m    |
| altezza totale scatolare      | $H_{tot}$   | 16.85  | m    |
| altezza libera scatolare      | $H_{int}$   | 13.85  | m    |
|                               |             |        | m    |
| spessore pacchetto superiore  | $H_{p\sup}$ | 0.13   | m    |
| ricoprimento                  | $H_{R\sup}$ | 0.30   | m    |
| spessore pacchetto interno    | $H_{p\inf}$ | 0.00   | m    |
| spessore ricoprimento interno | $H_{R\inf}$ | 0.00   | m    |

## 7.2 Modello di calcolo

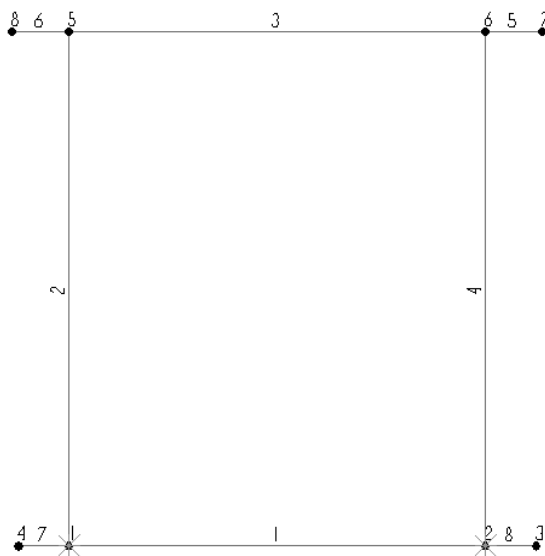
Il modello di calcolo attraverso il quale è schematizzata la struttura è quello del telaio chiuso su letto di molle alla Winkler.

Il modello considerato per l'analisi è quello di uno scatolare di profondità unitaria (1.00m) soggetto alle azioni da traffico di norma e quelle permanenti. In corrispondenza dei vertici dello scatolare sono state inserite delle zone rigide pari a metà spessore degli elementi.

Il terreno di fondazione è stato modellato utilizzando la schematizzazione alla Winkler con un opportuno coefficiente di sottofondo.

Di seguito si riporta lo schema di calcolo.

|                                                                                                                           |                                                                                                                                                             |                  |             |                   |                        |           |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|-------------|-------------------|------------------------|-----------|
| <br>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO<br>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA<br>TRATTA LERCARA DIRAMAZIONE – CALTANISSETTA (LOTTO 3A)<br>SL07 |                  |             |                   |                        |           |
|                                                                                                                           | Relazione Scatolare                                                                                                                                         | COMMESSA<br>RS3T | LOTTO<br>30 | CODIFICA<br>D78CL | DOCUMENTO<br>SL0700001 | REV.<br>A |



**Numerazione aste e nodi**

### **7.2.1 Valutazione della rigidezza delle molle**

Si considera lo scatolare appoggiato su di un letto di molle (schematizzazione alla Winkler) assegnando alle aste di fondazione del modello un valore di “linear spring” pari a  $k = 2500 \text{ kN/m}^3$ .

|                                                                                   |                                                                                                                                                     |       |          |           |      |          |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|----------|-----------|------|----------|
|  | DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO<br>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA<br>TRATTA LERCARA DIRAMAZIONE – CALTANISSETTA (LOTTO 3A) |       |          |           |      |          |
|                                                                                   | SL07                                                                                                                                                |       |          |           |      |          |
| Relazione Scatolare                                                               | COMMESSA                                                                                                                                            | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO   |
|                                                                                   | RS3T                                                                                                                                                | 30    | D78CL    | SL0700001 | A    | 19 di 60 |

## 7.3 Analisi dei carichi

### 7.3.1 Peso proprio della struttura e carichi permanenti portati

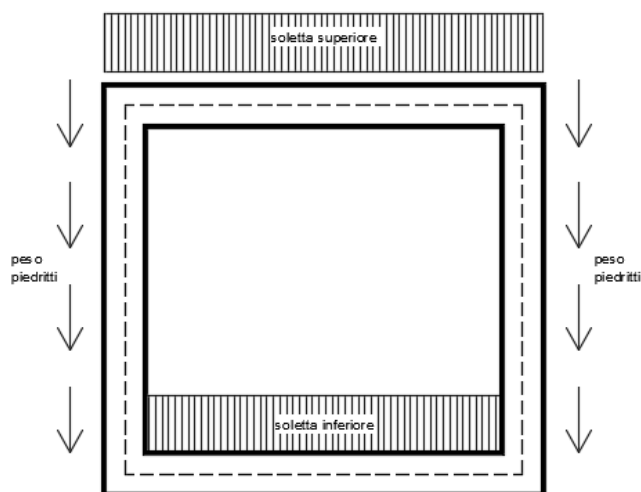
Soletta superiore - Peso proprio 32.50 kN/m  
- Totale **32.50 kN/m**

- Peso pacchetto superiore 3.00 kN/m  
- Peso ricoprimento ... 30 cm 6.00 kN/m  
- Totale **9.00 kN/m**

Soletta inferiore - Peso proprio 42.50 kN/m  
- Totale **42.50 kN/m**

- Peso pacchetto interno 0 cm 0.00 kN/m  
- Peso terreno ricoprimento interno 0.00 kN/m  
- Totale **0.00 kN/m**

Piedritti - Peso proprio 32.50 kN/m  
- Totale **32.50 kN/m**



Per tenere in conto le carichi agenti sul semispessore degli elementi considerati nel modello di calcolo, si applicano delle forze concentrate nei nodi tra soletta superiore e piedritti con valore pari a 5.85kN

|                                                                                   |                                                                                                                                                                                         |             |                   |                        |           |                    |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|-------------------|------------------------|-----------|--------------------|
|  | <b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b><br><b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b><br><b>TRATTA LERCARA DIRAMAZIONE – CALTANISSETTA (LOTTO 3A)</b><br><b>SL07</b> |             |                   |                        |           |                    |
| Relazione Scatolare                                                               | COMMESSA<br>RS3T                                                                                                                                                                        | LOTTO<br>30 | CODIFICA<br>D78CL | DOCUMENTO<br>SL0700001 | REV.<br>A | FOGLIO<br>20 di 60 |

### 7.3.2 Spinta in presenza di falda

Nel caso in cui a monte della parete sia presente la falda il diagramma delle pressioni sulla parete risulta modificato a causa della sottospinta che l'acqua esercita sul terreno. Il peso di volume del terreno al di sopra della linea di falda non subisce variazioni. Viceversa al di sotto del livello di falda va considerato il peso di volume di galleggiamento

$$\gamma_a = \gamma_{\text{sat}} - \gamma_w$$

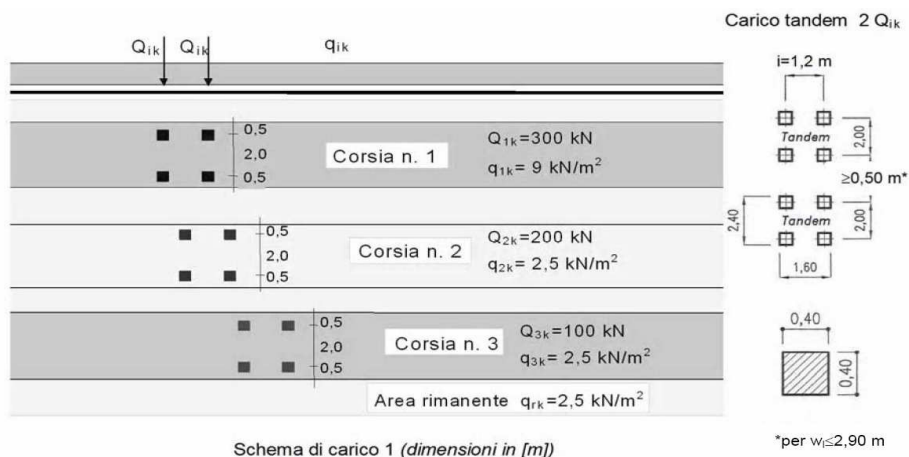
dove  $\gamma_{\text{sat}}$  è il peso di volume saturo del terreno (dipendente dall'indice dei pori) e  $\gamma_w$  è il peso di volume dell'acqua. Quindi il diagramma delle pressioni al di sotto della linea di falda ha una pendenza minore. Al diagramma così ottenuto va sommato il diagramma triangolare legato alla pressione idrostatica esercitata dall'acqua.

$$u = \gamma_w \cdot z$$

L'opera non risulta interessata dalla falda.

### 7.3.3 Ripartizione dei carichi mobili verticali

Le azioni variabili del traffico definite nello Schema di Carico 1 sono costituite da carichi concentrati e da carichi uniformemente distribuiti. Tale schema è da assumere a riferimento sia per le verifiche globali, sia per le verifiche locali.

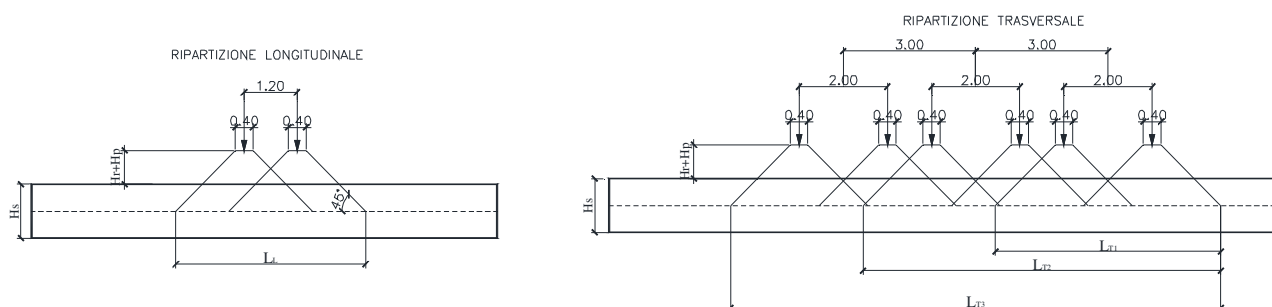


Il numero delle colonne di carichi mobili e la loro disposizione sono quelli massimi compatibili con la larghezza della carreggiata considerata, per i ponti di 1a Categoria.

|                                                                                   |                                                                                                                                                                                         |                  |             |                   |                        |                                 |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|-------------|-------------------|------------------------|---------------------------------|
|  | <b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b><br><b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b><br><b>TRATTA LERCARA DIRAMAZIONE – CALTANISSETTA (LOTTO 3A)</b><br><b>SL07</b> |                  |             |                   |                        |                                 |
|                                                                                   | Relazione Scatolare                                                                                                                                                                     | COMMESSA<br>RS3T | LOTTO<br>30 | CODIFICA<br>D78CL | DOCUMENTO<br>SL0700001 | REV.<br>A<br>FOGLIO<br>21 di 60 |

| Posizione       | Carico asse $Q_{ik}$ [kN] | $q_{ik}$ [kN/m <sup>2</sup> ] |
|-----------------|---------------------------|-------------------------------|
| Corsia Numero 1 | 300                       | 9                             |
| Corsia Numero 2 | 200                       | 2,5                           |
| Corsia Numero 3 | 100                       | 2,5                           |
| Altre corsie    | 0,00                      | 2,50                          |

La ripartizione dei carichi si effettua considerando il carico isolato da 150 kN con impronta quadrata di lato 0.4 m.



Il carico è schematizzato da due assi da 150 kN disposti ad interasse di 1.20m.

Si procede al calcolo dei carichi per metro lineare riferiti al baricentro della soletta per i diversi treni di carico.

Si considera una larghezza di ripartizione trasversale massima pari alla larghezza della corsia di carico di 3.00 m pertanto:

$$q_{1k} = \frac{600}{L_L \times L_{T1}}$$

|            |        |            |                        |
|------------|--------|------------|------------------------|
| $L_L =$    | 3.40 m | $q_{2k} =$ | 9.0 kN/m <sup>2</sup>  |
| $L_{T1} =$ | 4.20 m | $q_{1k} =$ | 42.1 kN/m <sup>2</sup> |
| $L_{T2} =$ | 4.20 m | $q_{1k} =$ | 28.1 kN/m <sup>2</sup> |
| $L_{T3} =$ | 4.20 m | $q_{1k} =$ | 14.0 kN/m <sup>2</sup> |

|                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                    |                  |             |                   |                        |                                 |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|-------------|-------------------|------------------------|---------------------------------|
| <br><b>ITALFERR</b><br>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO<br>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA<br>TRATTA LERCARA DIRAMAZIONE – CALTANISSETTA (LOTTO 3A)<br><b>SL07</b> |                  |             |                   |                        |                                 |
|                                                                                                                                              | Relazione Scatolare                                                                                                                                                | COMMESSA<br>RS3T | LOTTO<br>30 | CODIFICA<br>D78CL | DOCUMENTO<br>SL0700001 | REV.<br>A<br>FOGLIO<br>22 di 60 |

### 7.3.4 Carichi sbalzi

Sugli sbalzi si prevedono i seguenti carichi:

Permanenti non strutturali:

- Peso guard-rail: 1.0 kN/m
- Peso pavimentazione + impianti: 3.0 kN/m<sup>2</sup>

Variabili:

- schema di carico 5 con valore di combinazione = 2.5 kN/mq (NTC 5.1.3.14)

### 7.3.5 Frenatura

L'azione di frenatura viene trascurata perché agente nella direzione longitudinale dell'opera.

### 7.3.6 Centrifuga

L'azione viene valutata secondo:

Tab. 5.1.III - Valori caratteristici delle forze centrifughe

| Raggio di curvatura [m] | $q_4$ [kN] |
|-------------------------|------------|
| $R < 200$               | $0,2 Q_v$  |
| $200 \leq R \leq 1500$  | $40 Q_v/R$ |
| $1500 \leq R$           | 0          |

Per  $R < 200$  si ha  $q_4 = (600 + 400 + 200) \cdot 0.2 = 240 \text{ kN}$

Che divisa sulla lunghezza dello scatolare risulta pari  $q_4 = 240 \text{ kN} / 15 \text{ m} = 16 \text{ kN/m}$

Tale azione si ritiene trascurabile (minore dell'azione del vento pari 56.4 kN/m).

### 7.3.7 Variazione termica

Si considera una variazione termica costante di  $\pm 15^\circ\text{C}$  e un gradiente di  $\pm 5^\circ\text{C}$ , agente sugli elementi fuori terra.

|                                                                                                                           |                                                                                                                                                             |                  |             |                   |                        |                                 |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|-------------|-------------------|------------------------|---------------------------------|
| <br>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO<br>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA<br>TRATTA LERCARA DIRAMAZIONE – CALTANISSETTA (LOTTO 3A)<br>SL07 |                  |             |                   |                        |                                 |
|                                                                                                                           | Relazione Scatolare                                                                                                                                         | COMMESSA<br>RS3T | LOTTO<br>30 | CODIFICA<br>D78CL | DOCUMENTO<br>SL0700001 | REV.<br>A<br>FOGLIO<br>23 di 60 |

### 7.3.8 Ritiro differenziale della soletta di copertura

Si considera una variazione termica uniforme equivalente sulla soletta superiore come da calcolo seguente. Il calcolo viene condotto secondo le indicazioni dell'EUROCODICE 2-UNI EN1992-1-1 Novembre 2005 e DM 17-01-2018

ClS a t=0

|          |   |         |                   |                                                     |
|----------|---|---------|-------------------|-----------------------------------------------------|
| $R_{ck}$ | = | 40      | N/mm <sup>2</sup> | Resistenza a compressione cubica caratteristica     |
| $f_{ck}$ | = | 33.2    | N/mm <sup>2</sup> | Resistenza a compressione cilindrica caratteristica |
| $f_{cm}$ | = | 41.2    | N/mm <sup>2</sup> | Resistenza a compressione cilindrica media          |
| $\alpha$ | = | 1.0E-05 |                   |                                                     |
| $E_{cm}$ | = | 33643   | N/mm <sup>2</sup> | Modulo elastico secante medio                       |

Tempo e ambiente

|              |   |            |                 |                                                                        |
|--------------|---|------------|-----------------|------------------------------------------------------------------------|
| $t_s$        | = | 2          | gg              | età del calcestruzzo in giorni, all'inizio del ritiro per essiccamento |
| $t_0$        | = | 2          | gg              | età del calcestruzzo in giorni al momento del carico                   |
| $t$          | = | 25550      | gg              | età del calcestruzzo in giorni                                         |
| $h_0=2A_c/u$ | = | 2600       | mm              | dimensione fittizia dell'elemento di cls                               |
| $A_c$        | = | 1300000.00 | mm <sup>2</sup> | sezione dell'elemento                                                  |
| $u$          | = | 1000       | mm              | perimetro a contatto con l'atmosfera                                   |
| $RH$         | = | 75         | %               | umidità relativa percentuale                                           |

Coefficiente di viscosità  $\phi(t, t_0)$  e modulo elastico  $EC_t$  a tempo "t"

|                                                                                                                              |        |                                                                                |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|--------------------------------------------------------------------------------|
| $\phi(t, t_0) = \phi_0 \beta_c(t, t_0) =$                                                                                    | 1.982  |                                                                                |
| $\phi_0 = \phi RH \beta_c(f_{cm}) \beta_c(t_0) =$                                                                            | 127.48 | coeff nominale di viscosità                                                    |
| $\phi_{RH} = 1 + \left[ \frac{1 - RH/100}{0.1 \sqrt[3]{h_0}} \alpha_1 \right] \alpha_2 =$                                    | 1.157  | coeff che tiene conto dell'umidità                                             |
| $\alpha_1 = \begin{cases} (35/f_{cm})^{0.7} & \text{per } f_{cm} > 35MPa \\ 1 & \text{per } f_{cm} \leq 35MPa \end{cases} =$ | 0.892  | coeff per la resistenza del cls                                                |
| $\alpha_2 = \begin{cases} (35/f_{cm})^{0.2} & \text{per } f_{cm} > 35MPa \\ 1 & \text{per } f_{cm} \leq 35MPa \end{cases} =$ | 0.968  | coeff per la resistenza del cls                                                |
| $\beta_c(f_{cm}) = \frac{16.8}{\sqrt{f_{cm}}} =$                                                                             | 2.617  | coeff che tiene conto della resistenza del cls                                 |
| $\beta_c(t_0) = \frac{1}{(0.1 + t_0^{0.20})} =$                                                                              | 0.649  | coeff. per l'evoluzione della viscosità nel tempo                              |
| $t_o = t_0 \left( \frac{9}{2 + t_0^{1.2}} + 1 \right)^\alpha \geq 0.5 =$                                                     | 6.19   | coeff. per la variabilità della viscosità nel tempo                            |
| $\alpha =$                                                                                                                   | 1      | coeff per il tipo di cemento (-1 per classe S, 0 per classe N, 1 per classe R) |
| $\beta_c(t, t_0) = \left[ \frac{(t - t_0)}{(\beta_H + t - t_0)} \right]^{0.3} =$                                             | 0.984  | coeff per la variabilità della viscosità nel tempo                             |
| $\beta_H = 1.5[1 + (0.012 RH)^{18}] h_0 + 250\alpha_3 \leq 1500\alpha_3 =$                                                   | 1382.5 | coeff che tiene conto dell'umidità relativa                                    |
| $\alpha_3 = \begin{cases} (35/f_{cm})^{0.5} & \text{per } f_{cm} > 35MPa \\ 1 & \text{per } f_{cm} \leq 35MPa \end{cases} =$ | 0.922  | coeff per la resistenza del calcestruzzo                                       |

Il modulo elastico a tempo "t" è pari a:

$$E_{cm}(t, t_0) = \frac{E_{cm}}{1 + \varphi(t, t_0)} = 11281951 \text{ kN/m}^2$$

Deformazioni di ritiro

$$\varepsilon_s(t, t_0) = \varepsilon_{cd}(t) + \varepsilon_{ca}(t) = 0.000299 \text{ deformazione di ritiro } \varepsilon(t, t_0)$$

$$\varepsilon_{cd}(t) = \beta_{ds}(t, t_s) K_b \varepsilon_{cd,0} = 0.000241 \text{ deformazione al ritiro per essiccamento}$$

$$\beta_{ds}(t, t_s) = \left[ \frac{(t - t_s)}{(t - t_s) + 0.04 \sqrt{h_0^3}} \right] = 0.828110$$

$K_b =$

0.7

parametro che dipende da  $h_0$   
secondo il prospetto seguente

Valori di  $K_b$

| $h_0$ | $K_b$ |
|-------|-------|
| 100   | 1,0   |
| 200   | 0,85  |
| 300   | 0,75  |
| ≥500  | 0,70  |

Valori di  $K_b$  intermedi a quelli del prospetto vengono calcolati tramite interpolazione lineare

$$\varepsilon_{cd,0} = 0.85 \left[ (200 + 100 \alpha_{ds1}) \exp(-\alpha_{ds2} \frac{f_{cm}}{f_{cm0}}) \right] 10^{-6} \beta_{RH} = 0.000416$$

$$\beta_{RH} = 1.55 \left[ 1 - \left( \frac{RH}{RH0} \right)^3 \right] = 0.896094$$

$$f_{cm0} = 10 \text{ Mpa}$$

$$RH0 = 100 \%$$

$$\alpha_{ds1} = 6$$

coeff per il tipo di cemento (3 per classe S, 4 per classe N, 6 per classe R)

$$\alpha_{ds2} = 0.11$$

coeff per il tipo di cemento (0.13 per classe S, 0.12 per classe N, 0.11 per classe R)

$$\varepsilon_{ca}(t) = \beta_{as}(t) \varepsilon_{ca,00} = 0.000058 \text{ deformazione dovuta al ritiro autogeno}$$

$$\beta_{as}(t) = 1 - \exp(-0.2t^{0.5}) = 1$$

$$\varepsilon_{ca00} = 2.5(f_{ck} - 10)10^{-6} = 0.000058$$

Variazione termica uniforme equivalente agli effetti del ritiro:

$$\Delta T_{ritiro} = - \frac{\varepsilon_s(t, t_0) E_{cm}}{(1 + \varphi(t, t_0)) E_{cm} \alpha} = -10.04 \text{ } ^\circ\text{C}$$

I fenomeni di ritiro vengono considerati agenti solo sulla soletta di copertura

|                                                                                                                           |                                                                                                                                                                    |                  |             |                   |                        |                           |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|-------------|-------------------|------------------------|---------------------------|
| <br>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO<br>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA<br>TRATTA LERCARA DIRAMAZIONE – CALTANISSETTA (LOTTO 3A)<br><b>SL07</b> |                  |             |                   |                        |                           |
|                                                                                                                           | Relazione Scatolare                                                                                                                                                | COMMESSA<br>RS3T | LOTTO<br>30 | CODIFICA<br>D78CL | DOCUMENTO<br>SL0700001 | REV. A<br>FOGLIO 25 di 60 |

### 7.3.9 Terreno di ricoprimento

Il peso del terreno di ricoprimento viene valutato come:

$$P = \gamma \cdot H = 20 \text{ kN/m}^3 \cdot (4 - 1.7) \text{ m} = 46 \text{ kN/mq}$$

La spinta delle terre si ritiene trascurabile.

### 7.3.10 Vento

#### Azione del Vento - generale - NTC e EC 1-1-4:2005

| Condizione (ponte carico o scarico) |                           | scarico | carico |       |
|-------------------------------------|---------------------------|---------|--------|-------|
| Altitudine sul livello del mare     | as                        | 250     | 250    | m     |
| Zona                                | Z                         | 4       | 4      |       |
| Parametri                           | Vb,0                      | 28      | 28     | m/s   |
| Parametri                           | a0                        | 500     | 500    | m     |
| Parametri                           | ks                        | 0.36    | 0.36   | 1/s   |
| Velocità di riferimento (Tr=50anni) | vb=vb0 * (1+ ks(as/ao-1)) | 28      | 28     | m/s   |
| Periodo di ritorno considerato      | TR                        | 112.5   | 112.5  | anni  |
|                                     | αR                        | 1.05    | 1.05   |       |
| Velocità di riferimento             | Vb(TR)                    | 29.28   | 29.28  | m/s   |
| Densità dell'aria                   | ρ                         | 1.25    | 1.25   | kg/mc |
| Pressione cinetica di riferimento   | qb=0.5*ρ*vb²              | 0.54    | 0.54   | kN/mq |
| Classe di rugosità del terreno      |                           | D       | D      |       |
| Distanza dalla costa                |                           | >10     | >10    | km    |
| Altitudine sul livello del mare     |                           | <750    | <750   | m     |
| Categoria di esposizione del sito   | Cat                       | II      | II     |       |

#### Vento su impalcato

|                                                            |        |      |      |   |
|------------------------------------------------------------|--------|------|------|---|
| Parametri                                                  | kr     | 0.19 | 0.19 |   |
| Parametri                                                  | z0     | 0.05 | 0.05 | m |
| Parametri                                                  | zmin   | 4    | 4    | m |
| Altezza di riferimento per l'impalcato (EC punto 8.3.1(6)) | z      | 15   | 15   | m |
| Coefficiente di topografia                                 | ct     | 1    | 1    |   |
| Coefficiente di esposizione (z)                            | ce(z)  | 2.62 | 2.62 |   |
| Larghezza impalcato                                        | b      | 15.8 | 15.8 | m |
| Altezza impalcato                                          | h1     | 15   | 15   | m |
| Altezza veicoli o parapetto                                | h2     | 1.5  | 3    | m |
| Altezza totale impalcato (comprese le barriere o veicoli)  | dtot   | 16.5 | 18   | m |
| Rapporto di forma                                          | b/dtot | 0.96 | 0.88 |   |
| Coefficiente di forza (figura 8.3 EC)                      | cfx    | 2.21 | 2.24 |   |

#### Riepilogo

|                                                    |            |      |      |       |
|----------------------------------------------------|------------|------|------|-------|
| Pressione cinetica di riferimento                  | qb         | 0.54 | 0.54 | kN/mq |
| Coefficiente di esposizione                        | ce         | 2.62 | 2.62 |       |
| Coefficiente di forza                              | cfx        | 2.21 | 2.24 |       |
| Altezza di riferimento (EC punto 8.3.1 (4) e (5))  | d          | 16.5 | 18   | m     |
| Forza statica equivalente a m/l                    | f=prodotto | 51.2 | 56.4 | kN/m  |
| Pressione statica equivalente                      | p=f/d      | 3.10 | 3.13 | kN/mq |
| Pressione statica equivalente (minima considerata) | pmin       | 1.5  | 1.5  | kN/mq |
| Forza statica equivalente a m/l considerata        | f          | 51.2 | 56.4 | kN/m  |

|                                                                                   |                                                                                                                                                                    |             |                   |                        |           |                    |
|-----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|-------------------|------------------------|-----------|--------------------|
|  | DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO<br>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA<br>TRATTA LERCARA DIRAMAZIONE – CALTANISSETTA (LOTTO 3A)<br><b>SL07</b> |             |                   |                        |           |                    |
| Relazione Scatolare                                                               | COMMESSA<br>RS3T                                                                                                                                                   | LOTTO<br>30 | CODIFICA<br>D78CL | DOCUMENTO<br>SL0700001 | REV.<br>A | FOGLIO<br>26 di 60 |

### 7.3.11 Azione sismica inerziale

Per il calcolo dell'azione sismica si utilizza il metodo dell' analisi pseudostatica in cui l'azione sismica è rappresentata da una forza statica equivalente pari al prodotto delle forze di gravità per l'accelerazione valutata sullo spettro di progetto, in corrispondenza del periodo proprio della struttura. In favore di sicurezza si ipotizza un periodo di oscillazione tale da attingere l'accelerazione massima al plateau.

L'accelerazione massima al plateau ha valore pari ad 0.416g

La struttura viene progettata come “Non Dissipativa” adottando un fattore di comportamento  $q$  pari ad 1,5 (NTC cap.7.3).

Tab. 7.3.I – Limiti su  $q$  e modalità di modellazione dell'azione sismica

| STATI LIMITE |     | Lineare (Dinamica e Statica) |                           | Non Lineare |           |
|--------------|-----|------------------------------|---------------------------|-------------|-----------|
|              |     | Dissipativo                  | Non Dissipativo           | Dinamica    | Statica   |
| SLE          | SLO | $q = 1.0$<br>§ 3.2.3.4       | $q = 1.0$<br>§ 3.2.3.4    | § 7.3.4.1   | § 7.3.4.2 |
|              | SLD | $q \leq 1,5$<br>§ 3.2.3.5    | $q \leq 1,5$<br>§ 3.2.3.5 |             |           |
| SLU          | SLV | $q \geq 1,5$<br>§ 3.2.3.5    | $q \leq 1,5$<br>§ 3.2.3.5 |             |           |
|              | SLC | ---                          | ---                       |             |           |

Il dimensionamento delle strutture di fondazione e la verifica di sicurezza del complesso fondazione-terreno devono essere eseguiti assumendo come azione in fondazione quella trasferita dagli elementi soprastanti, amplificata di un coefficiente pari a 1,30 in CD“A” e 1,10 in CD“B” (NTC cap.7.2.5).

|                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                    |             |                   |                        |           |                    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|-------------------|------------------------|-----------|--------------------|
|  <b>ITALFERR</b><br>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO<br>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA<br>TRATTA LERCARA DIRAMAZIONE – CALTANISSETTA (LOTTO 3A)<br><b>SL07</b> |             |                   |                        |           |                    |
| Relazione Scatolare                                                                                                                       | COMMESSA<br>RS3T                                                                                                                                                   | LOTTO<br>30 | CODIFICA<br>D78CL | DOCUMENTO<br>SL0700001 | REV.<br>A | FOGLIO<br>27 di 60 |

Le azioni agenti in fase sismica risultano pertanto ( $q=1.5$ ;  $\alpha = 0.416/1.5 = 0.277$ ):

### Sisma orizzontale

$$\begin{aligned}
 F_{inp} &= \alpha * S_p * \gamma * 1m &= & \underline{9.01 \text{ kN/m}} && \text{(inerzia piedritti)} \\
 \text{Totale} &= & \underline{9.01 \text{ kN/m}} && \text{(piedritto sx)} \\
 \text{Totale} &= & \underline{9.01 \text{ kN/m}} && \text{(piedritto dx)} \\
 F_Q &= \alpha * Q_v * 0.2 * 1m &= & 2.83 \text{ kN/m} && \text{(inerzia veicoli)} \\
 F_{inr} &= \alpha * (H_p + H_r) * \gamma_r * 1m &= & 2.49 \text{ kN/m} && \text{(inerzia ricoprimento)} \\
 F_{ins} &= \alpha * S_s * \gamma_{cls} * 1m &= & \underline{9.01 \text{ kN/m}} && \text{(inerzia soletta superiore)} \\
 \text{Totale} &= & \underline{14.33 \text{ kN/m}} && \text{(soletta superiore)}
 \end{aligned}$$

Per tenere in conto dei carichi agenti sul semispessore degli elementi considerati nel modello di calcolo, si applicano delle forze concentrate nei nodi tra piedritto sinistro e soletta superiore con valore pari a 5.85kN ed inferiore con valore pari a 7.65kN. Si applicano delle forze concentrate nei nodi tra piedritto destro e soletta superiore con valore pari a 5.85kN ed inferiore con valore pari a 7.65kN.

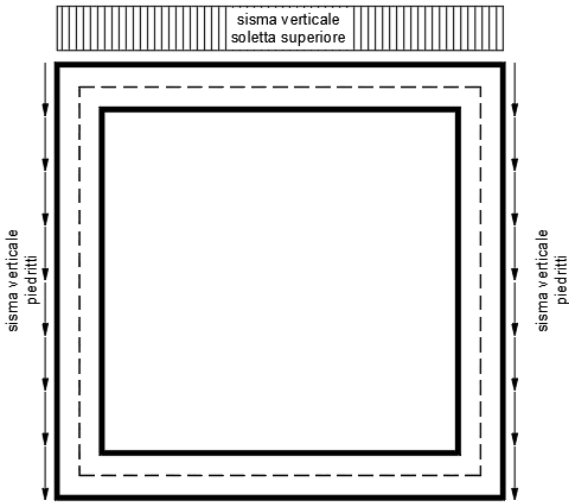
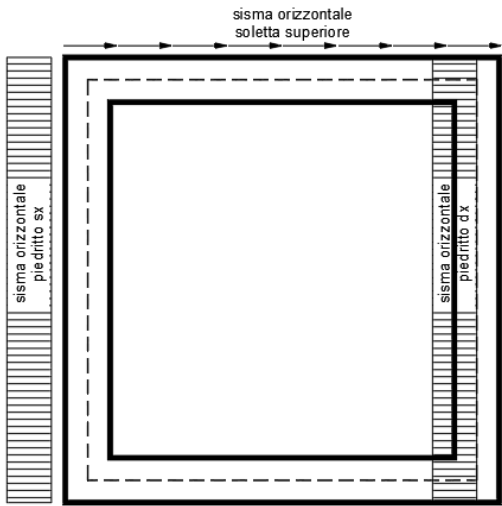
### Sisma verticale

$$\begin{aligned}
 F_{inp} &= 0.5 * \alpha * S_p * \gamma * 1m &= & 2.57 \text{ kN/m} && \text{(inerzia piedritti)} \\
 F_Q &= 0.5 * \alpha * Q_v * 0.2 * 1m &= & 0.81 \text{ kN/m} && \text{(inerzia veicoli)} \\
 F_{inr} &= 0.5 * \alpha * (H_p + H_r) * \gamma_r * 1m &= & 0.71 \text{ kN/m} && \text{(inerzia ricoprimento)} \\
 F_{ins} &= 0.5 * \alpha * S_s * \gamma_{cls} * 1m &= & \underline{2.57 \text{ kN/m}} && \text{(inerzia soletta superiore)} \\
 \text{Totale} &= & \underline{4.10 \text{ kN/m}} && \text{(soletta superiore)}
 \end{aligned}$$

Per tenere in conto le carichi agenti sul semispessore degli elementi considerati nel modello di calcolo, si applicano delle forze concentrate nei nodi tra soletta superiore e piedritti con valore pari a 2.66kN.

Gli effetti dell'azione sismica saranno valutati tenendo conto delle masse associate ai seguenti carichi gravitazionali:  $G_1 + G_2 + \psi_{2j} Q_{kj}$

Dove nel caso specifico si assumerà per i carichi mobili  $\psi_{2j} = 0.2$ .



|                                                                                   |                                                                                                                                                                    |             |                   |                        |           |                    |
|-----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|-------------------|------------------------|-----------|--------------------|
|  | DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO<br>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA<br>TRATTA LERCARA DIRAMAZIONE – CALTANISSETTA (LOTTO 3A)<br><b>SL07</b> |             |                   |                        |           |                    |
| Relazione Scatolare                                                               | COMMESSA<br>RS3T                                                                                                                                                   | LOTTO<br>30 | CODIFICA<br>D78CL | DOCUMENTO<br>SL0700001 | REV.<br>A | FOGLIO<br>29 di 60 |

## 8. COMBINAZIONI DI CARICO

Ai fini delle verifiche degli stati limite si è fatto riferimento alle seguenti combinazioni delle azioni.

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

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

Combinazione caratteristica (rara), generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) irreversibili:

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

Combinazione frequente, generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) reversibili, utilizzata nella verifica a Fessurazione:

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

Combinazione quasi permanente, generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) a lungo termine;

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

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

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

dove:

$$E = \pm 1.00 \times E_Y \pm 0.3 \times E_Z$$

avendo indicato con  $E_Y$  e  $E_Z$  rispettivamente le componenti orizzontale e verticale dell'azione sismica.

I coefficienti di amplificazione dei carichi  $\gamma$  e i coefficienti di combinazione  $\psi$  sono riportati nelle tabelle seguenti.

Per le verifiche geotecniche si è fatto riferimento alla combinazione (A1+M1+R3) di coefficienti parziali prevista dall'Approccio 2.

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

|                                                        |             | Coefficiente                            | EQU <sup>(1)</sup>  | A1                  | A2   |
|--------------------------------------------------------|-------------|-----------------------------------------|---------------------|---------------------|------|
| Azioni permanenti $g_1$ e $g_3$                        | favorevoli  | $\gamma_{G1} = \gamma_{G3}$             | 0,90                | 1,00                | 1,00 |
|                                                        | sfavorevoli |                                         | 1,10                | 1,35                | 1,00 |
| Azioni permanenti non strutturali <sup>(2)</sup> $g_2$ | favorevoli  | $\gamma_{G2}$                           | 0,00                | 0,00                | 0,00 |
|                                                        | sfavorevoli |                                         | 1,50                | 1,50                | 1,30 |
| Azioni variabili da traffico                           | favorevoli  | $\gamma_Q$                              | 0,00                | 0,00                | 0,00 |
|                                                        | sfavorevoli |                                         | 1,35                | 1,35                | 1,15 |
| Azioni 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, 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 della colonna A2.

<sup>(2)</sup> Nel caso in cui l'intensità dei carichi permanenti non strutturali, o di una parte di essi (ad esempio carichi permanenti portati), sia ben definita in fase di progetto, per detti carichi o per la parte di essi nota si potranno adottare gli stessi 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

Tab. 5.1.VI – Coefficienti  $\psi$  per le azioni variabili per ponti stradali e pedonali

| Azioni                           | Gruppo di azioni (Tab. 5.1.IV)        | Coefficiente $\psi_0$ di combinazione | Coefficiente $\psi_1$ (valori frequenti) | Coefficiente $\psi_2$ (valori quasi permanenti) |
|----------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------------|-------------------------------------------------|
| Azioni da traffico (Tab. 5.1.IV) | Schema 1 (carichi tandem)             | 0,75                                  | 0,75                                     | 0,0                                             |
|                                  | Schemi 1, 5 e 6 (carichi distribuiti) | 0,40                                  | 0,40                                     | 0,0                                             |
|                                  | Schemi 3 e 4 (carichi concentrati)    | 0,40                                  | 0,40                                     | 0,0                                             |
|                                  | Schema 2                              | 0,0                                   | 0,75                                     | 0,0                                             |
|                                  | 2                                     | 0,0                                   | 0,0                                      | 0,0                                             |
|                                  | 3                                     | 0,0                                   | 0,0                                      | 0,0                                             |
|                                  | 4 (folla)                             | --                                    | 0,75                                     | 0,0                                             |
|                                  | 5                                     | 0,0                                   | 0,0                                      | 0,0                                             |
| Vento                            | a ponte scarico SLU e SLE             | 0,6                                   | 0,2                                      | 0,0                                             |
|                                  | in esecuzione                         | 0,8                                   | 0,0                                      | 0,0                                             |
|                                  | a ponte carico SLU e SLE              | 0,6                                   | 0,0                                      | 0,0                                             |
| Neve                             | SLU e SLE                             | 0,0                                   | 0,0                                      | 0,0                                             |
|                                  | in esecuzione                         | 0,8                                   | 0,6                                      | 0,5                                             |
| Temperatura                      | SLU e SLE                             | 0,6                                   | 0,6                                      | 0,5                                             |

Tab. 6.4.I – Coefficienti parziali  $\gamma_R$  per le verifiche agli stati limite ultimi di fondazioni superficiali

| Verifica      | Coefficiente parziale (R3) |
|---------------|----------------------------|
| Carico limite | $\gamma_R = 2,3$           |
| Scorrimento   | $\gamma_R = 1,1$           |

|                                                                                   |                                                                                                                                                                                         |             |                   |                        |           |                    |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|-------------------|------------------------|-----------|--------------------|
|  | <b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b><br><b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b><br><b>TRATTA LERCARA DIRAMAZIONE – CALTANISSETTA (LOTTO 3A)</b><br><b>SL07</b> |             |                   |                        |           |                    |
| Relazione Scatolare                                                               | COMMESSA<br>RS3T                                                                                                                                                                        | LOTTO<br>30 | CODIFICA<br>D78CL | DOCUMENTO<br>SL0700001 | REV.<br>A | FOGLIO<br>31 di 60 |

Le azioni descritte nel paragrafo precedente ed utilizzate nelle combinazioni di carico vengono di seguito riassunte:

**Tabella 2 – Riepilogo condizioni di carico**

| Tipo Carico                       | Abbreviazione  |
|-----------------------------------|----------------|
| Peso proprio                      | DEAD           |
| Carichi permanenti                | PERM           |
| Falda                             | FALDA          |
| Spinta terreno sinistra           | STS            |
| Spinta terreno destra             | STD            |
| Carico Stradale Centrato          | TRM            |
| Carico stradale Laterale          | TRV            |
| Sovraccarico accidentale sinistra | SAS            |
| Sovraccarico accidentale destra   | SAD            |
| Vento                             | VEN            |
| Ritiro                            | RIT            |
| Variazione termica                | $\Delta T$     |
| Vento ponte scarico               | V_SC           |
| Azione sismica orizzontale        | E <sub>H</sub> |
| Azione sismica verticale          | E <sub>V</sub> |

Si riportano di seguito le combinazioni di carico ritenute più significative con i coefficienti di combinazione  $\gamma \cdot \psi$ . Essendo la struttura simmetrica, si adottano tipologie di combinazione asimmetriche in modo da massimizzare le sollecitazioni. Il dimensionamento delle armature e le verifiche strutturali verranno poi eseguite tenendo conto della simmetria e verificando le condizioni peggiori per ogni lato della struttura.

**Tabella 3 - Combinazioni di carico**

| COMB         | DEAD | STS  | STD  | RIT  | $\Delta T$ | PERM | FALDA | TRM | TRV | SAS | SAD | VEN | V_SC | E <sub>H</sub> | E <sub>V</sub> |
|--------------|------|------|------|------|------------|------|-------|-----|-----|-----|-----|-----|------|----------------|----------------|
| n° 1 SLU-STR | 1.35 | 1.35 | 1.35 | 1.20 | 1.50       | 1.50 | -     | -   | -   | -   | -   | -   |      | -              | -              |
| n° 2 SLU-STR | 1.35 | 1.50 | 1.00 | 1.20 | 1.50       | 1.50 | -     |     |     |     |     |     |      |                |                |

| COMB                       | DEAD | STS  | STD  | RIT  | ΔT   | PERM | FALDA | TRM  | TRV  | SAS  | SAD  | VEN  | V_SC | E <sub>H</sub> | E <sub>V</sub> |
|----------------------------|------|------|------|------|------|------|-------|------|------|------|------|------|------|----------------|----------------|
| n° 3 SLU-STR               | 1.35 | 1.00 | 1.50 | 1.20 | 1.50 | 1.50 |       |      |      |      |      | 0.90 |      |                |                |
| n° 04 SLU-STR              | 1.35 | 1.35 | 1.35 | 1.20 | 1.50 | 1.50 | 1.35  | -    | -    | -    | -    | 0.90 |      | -              | -              |
| n° 05 SLU-STR              | 1.35 | 1.50 | 1.00 | 1.20 | 1.50 | 1.50 | 1.35  |      |      |      |      | 0.90 |      |                |                |
| n° 06 SLU-STR              | 1.35 | 1.00 | 1.50 | 1.20 | 1.50 | 1.50 | 1.35  |      |      |      |      | 0.90 |      |                |                |
| n° 07 SLU-STR              | 1.35 | 1.35 | 1.35 | 0.72 | 0.90 | 1.50 | 1.35  | 1.35 | -    | 1.35 | 1.35 | -    |      | -              | -              |
| n° 08 SLU-STR              | 1.35 | 1.50 | 1.00 | 0.72 | 0.90 | 1.50 | 1.35  | 1.35 | -    | 1.35 | 1.35 |      |      |                |                |
| n° 09 SLU-STR              | 1.35 | 1.00 | 1.50 | 0.72 | 0.90 | 1.50 | 1.35  | 1.35 | -    | 1.35 | 1.35 |      |      |                |                |
| n° 10 SLU-STR              | 1.35 | 1.35 | 1.35 | 0.72 | 0.90 | 1.50 | 1.35  | 1.01 | 1.01 | 1.35 | 1.35 | 1.50 |      | -              | -              |
| n° 11 SLU-STR              | 1.35 | 1.50 | 1.00 | 0.72 | 0.90 | 1.50 | 1.35  | 1.01 | 1.01 | 1.35 | 1.35 | 1.50 |      |                |                |
| n° 12 SLU-STR              | 1.35 | 1.00 | 1.50 | 0.72 | 0.90 | 1.50 | 1.35  | -    | 1.35 | 1.35 | 1.35 | 1.50 |      |                |                |
| n° 13 SLU-STR              | 1.35 | 1.75 | 1.35 | 0.72 | 0.90 | 1.50 | 1.35  | 1.01 | -    | 1.35 | -    | 0.90 |      | -              | -              |
| n° 14 SLU-STR              | 1.35 | 1.50 | 1.00 | 0.72 | 0.90 | 1.50 | 1.35  | 1.01 | -    | 1.35 | -    | 0.90 |      | -              | -              |
| n° 15 SLU-STR              | 1.35 | 1.00 | 1.50 | 0.72 | 0.90 | 1.50 | 1.35  | 1.01 | -    | 1.35 | -    | 0.90 |      | -              | -              |
| n° 16 SLU-STR              | 1.35 | 1.35 | 1.35 | 0.72 | 0.90 | 1.50 | -     | -    | -    | -    | -    | -    | 1.5  | -              | -              |
| n° 17 SLU – SISMICA q=1.5  | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 0.50 | 1.00 | 1.00  | 0.20 | -    | 0.20 | -    | -    |      | 1.00           | 0.30           |
| n° 18 SLU - SISMICA q=1.5  | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 0.50 | 1.00 | 1.00  | 0.20 | -    | 0.20 | -    | -    |      | 1.00           | -0.30          |
| n° 19 SLU - SISMICA q=1.5  | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 0.50 | 1.00 | -     | 0.20 | -    | 0.20 | -    | -    |      | 1.00           | 0.30           |
| n° 20 SLU – SISMICA q=1.5  | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 0.50 | 1.00 | -     | 0.20 | -    | 0.20 | -    | -    |      | 1.00           | -0.30          |
| n° 21 SLU - SISMICA q=1.36 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 0.50 | 1.00 | 1.00  | 0.20 | -    | 0.20 | -    | -    |      | 1.00           | 0.30           |
| n° 22 SLU - SISMICA q=1.36 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 0.50 | 1.00 | 1.00  | 0.20 | -    | 0.20 | -    | -    |      | 1.00           | -0.30          |
| n° 23 SLU - SISMICA q=1.36 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 0.50 | 1.00 | -     | 0.20 | -    | 0.20 | -    | -    |      | 1.00           | 0.30           |
| n° 24 SLU - SISMICA q=1.36 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 0.50 | 1.00 | -     | 0.20 | -    | 0.20 | -    | -    |      | 1.00           | -0.30          |
| GEO                        | 1.00 | 1.30 | 1.00 | 1.00 | 0.60 | 1.30 | 1.00  | 1.25 | -    | 1.25 | -    | -    |      | -              | -              |
| GEO - SISMICA              | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 0.50 | 1.00 | 1.00  | 0.20 |      | 0.20 |      |      |      | 1.00           | 0.30           |
| SLE - Q.P.                 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 0.50 | 1.00 | 1.00  | 0.00 | -    | 0.00 | -    | -    |      | -              | -              |

|                                                                                   |                                                                                                                                                             |                  |             |                   |                        |           |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|-------------|-------------------|------------------------|-----------|
|  | DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO<br>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA<br>TRATTA LERCARA DIRAMAZIONE – CALTANISSETTA (LOTTO 3A)<br>SL07 |                  |             |                   |                        |           |
|                                                                                   | Relazione Scatolare                                                                                                                                         | COMMESSA<br>RS3T | LOTTO<br>30 | CODIFICA<br>D78CL | DOCUMENTO<br>SL0700001 | REV.<br>A |

| COMB            | DEAD | STS  | STD  | RIT  | $\Delta T$ | PERM | FALDA | TRM  | TRV | SAS  | SAD  | VEN | V_SC | E <sub>H</sub> | E <sub>V</sub> |
|-----------------|------|------|------|------|------------|------|-------|------|-----|------|------|-----|------|----------------|----------------|
| SLE - Frequente | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 0.50       | 1.00 | 1.00  | 0.80 | -   | 0.80 | -    | 0.5 |      | -              | -              |
| SLE - Rara      | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 0.60       | 1.00 | 1.00  | 1.00 | -   | 1.00 | 1.00 | 0.6 |      | -              | -              |

(Nota: le variazioni termiche sono considerate con entrambe i segni; nella tabella precedente si sono riportate solo le combinazioni principali)

|                                                                                   |                                                                                                                                                             |             |                   |                        |           |                    |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|-------------------|------------------------|-----------|--------------------|
|  | DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO<br>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA<br>TRATTA LERCARA DIRAMAZIONE – CALTANISSETTA (LOTTO 3A)<br>SL07 |             |                   |                        |           |                    |
| Relazione Scatolare                                                               | COMMESSA<br>RS3T                                                                                                                                            | LOTTO<br>30 | CODIFICA<br>D78CL | DOCUMENTO<br>SL0700001 | REV.<br>A | FOGLIO<br>34 di 60 |

## 9. DIAGRAMMI DELLE SOLLECITAZIONI

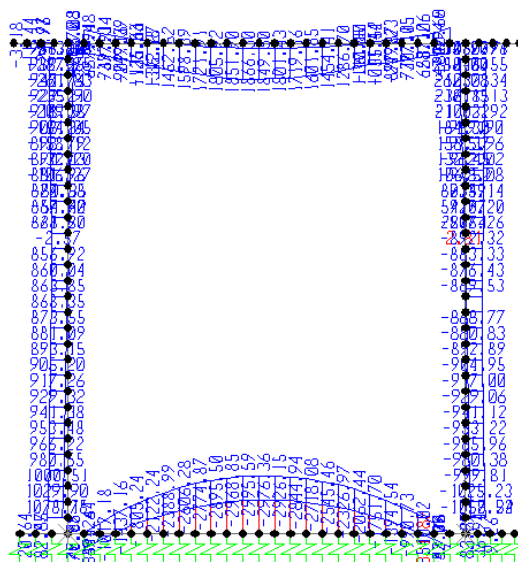


Fig. 1 – Involuppo momenti flettenti SLU

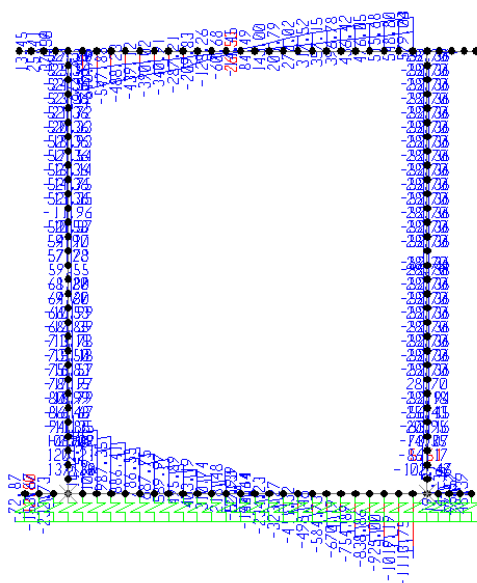
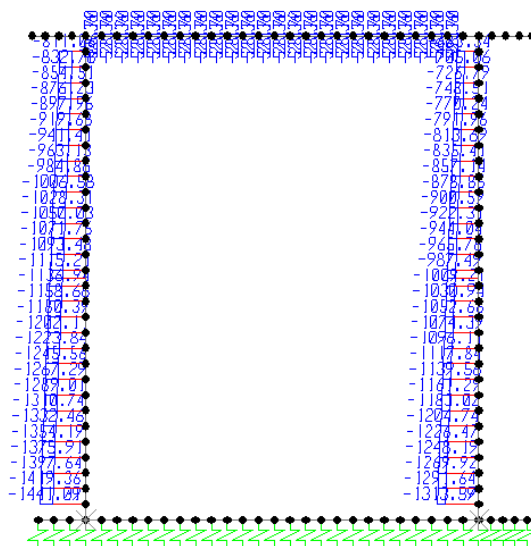
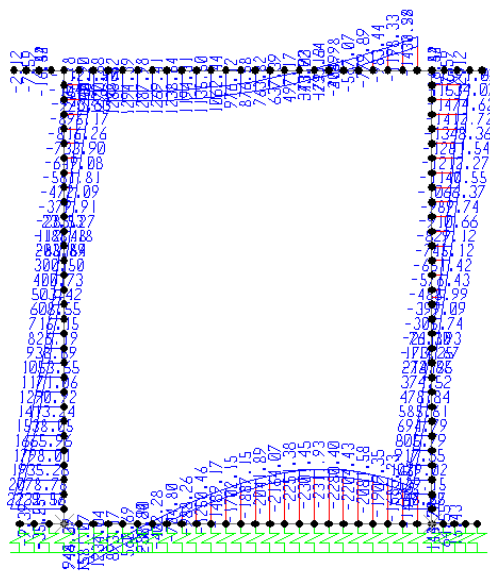


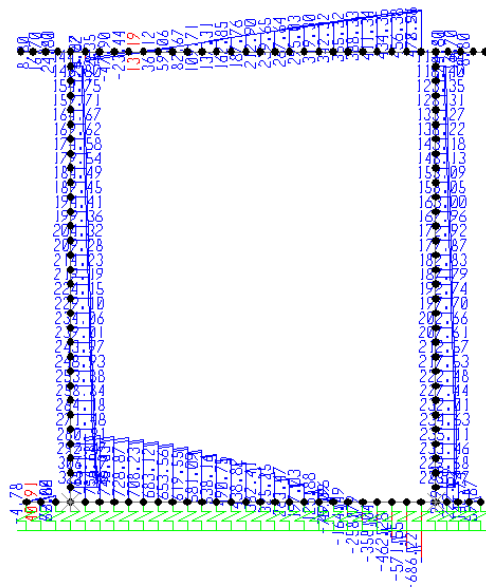
Fig. 2 – Involuppo sforzi taglienti SLU



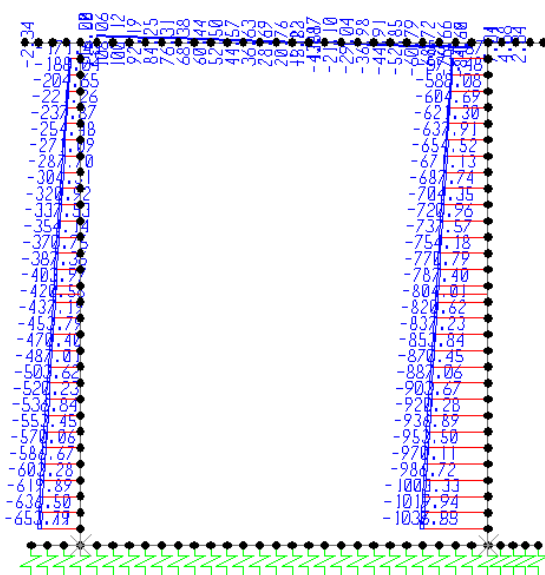
**Fig. 3 – Involuppo azioni assiali SLU**



**Fig. 4 – Involuppo momenti flettenti SLV (q=1)**



**Fig. 5 – Inviluppo sforzi taglienti SLV(q=1)**



**Fig. 6 – Inviluppo azioni assiali SLV(q=1)**

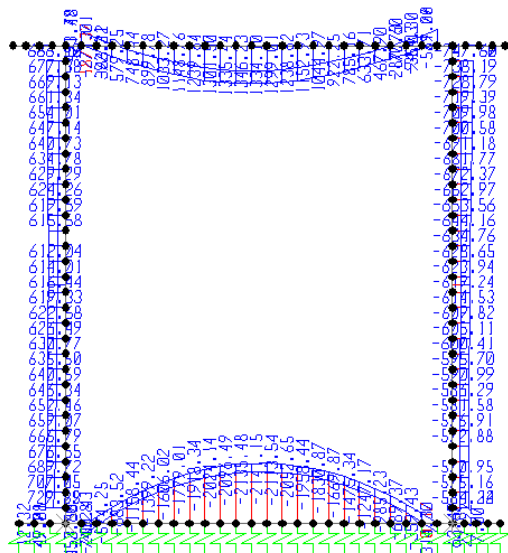


Fig. 7 – Involuppo momenti flettenti SLE rara

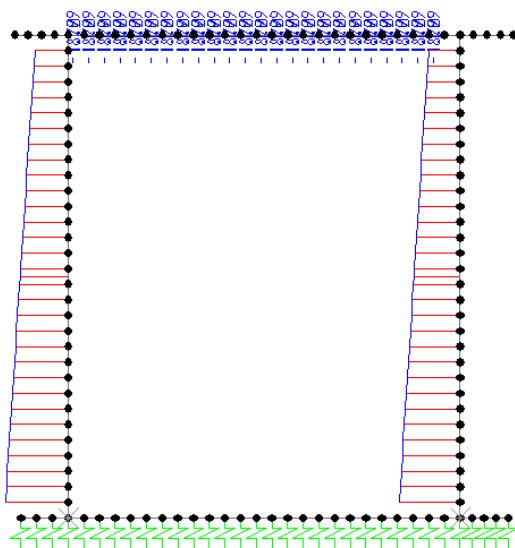


Fig. 8 – Involuppo azioni assiali SLE rara

|                                                                                                                           |                                                                                                                                                                    |                  |             |                   |                        |                                 |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|-------------|-------------------|------------------------|---------------------------------|
| <br>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO<br>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA<br>TRATTA LERCARA DIRAMAZIONE – CALTANISSETTA (LOTTO 3A)<br><b>SL07</b> |                  |             |                   |                        |                                 |
|                                                                                                                           | Relazione Scatolare                                                                                                                                                | COMMESSA<br>RS3T | LOTTO<br>30 | CODIFICA<br>D78CL | DOCUMENTO<br>SL0700001 | REV.<br>A<br>FOGLIO<br>38 di 60 |

## 10. VERIFICA DELLE SEZIONI IN C.A.

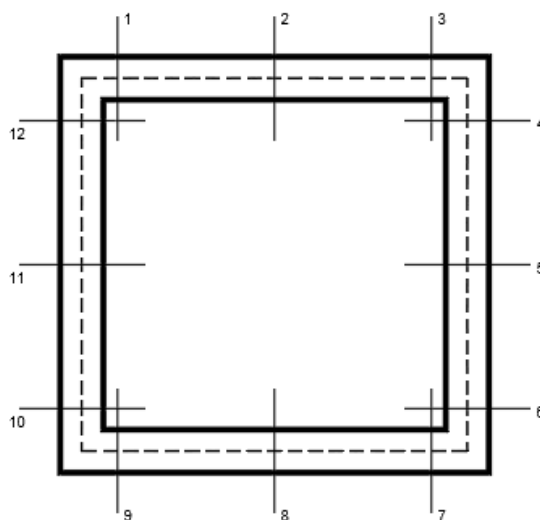
Nelle tabelle seguenti sono indicati i valori delle sollecitazioni massime e i valori delle sollecitazioni per la verifica a fessurazione risultanti dalle combinazioni di cui al capitolo precedente.

Per le verifiche in corrispondenza dei nodi si considerano le sollecitazioni a filo elemento rigido.

|                   |              | SLU STR-SLV |                |        |                 |           |
|-------------------|--------------|-------------|----------------|--------|-----------------|-----------|
| Elemento          | Sezione      | ID Asta     | C.C. $M_{max}$ | N (kN) | $M_{max}$ (kNm) | $T_{max}$ |
| soletta inferiore | nodo         | 1           | SLU13-SIS      | 0.00   | 1948.27         | 1192.50   |
|                   | campata      |             | SLU59-STR      | 0.00   | -2995.59        | -         |
| soletta superiore | nodo         | 3           | SLU17-SIS      | 74.97  | -1327.00        | 673.33    |
|                   | campata      |             | SLU56-STR      | -2.88  | 1866.30         | -         |
| piedritti         | nodo soletta | 2           | SLU26-SIS      | 167.45 | -1012.02        | 297.57    |
|                   | nodo soletta |             | SLU09-SIS      | 672.36 | 2081.59         | 297.57    |
|                   | nodo soletta | 4           | SLU17-SIS      | 536.14 | 1481.66         | 211.83    |
|                   | nodo soletta |             | SLU02-SIS      | 965.82 | -1097.93        | 211.83    |

|                   |              | SLE RARA |        |                 | SLE FREQUENTE |        |                 | SLE QUASI PERMANENTE |        |                 |
|-------------------|--------------|----------|--------|-----------------|---------------|--------|-----------------|----------------------|--------|-----------------|
| Elemento          | Sezione      | ID Asta  | N (kN) | $M_{max}$ (kNm) | ID Asta       | N (kN) | $M_{max}$ (kNm) | ID Asta              | N (kN) | $M_{max}$ (kNm) |
| soletta inferiore | nodo         | 1        | 0.00   | 457.88          | 1             | 0.00   | 350.52          | 1                    | 0.00   | 369.53          |
|                   | campata      |          | 0.00   | -2141.15        |               | 0.00   | -2043.50        |                      | 0.00   | -1768.88        |
| soletta superiore | nodo         | 3        | 18.99  | -571.20         | 3             | 7.10   | -450.91         | 3                    | -4.65  | -321.80         |
|                   | campata      |          | -1.70  | 1346.23         |               | -10.14 | 1206.65         |                      | -21.89 | 888.53          |
| piedritti         | nodo soletta | 2        | 529.55 | 238.00          | 2             | 490.55 | 247.13          | 2                    | 356.28 | 64.82           |
|                   | nodo soletta |          | 996.57 | 729.95          |               | 490.55 | 620.63          |                      | 823.30 | 601.52          |
|                   | nodo soletta | 4        | 497.71 | 747.69          | 4             | 455.86 | 612.67          | 4                    | 814.60 | 599.39          |
|                   | nodo soletta |          | 916.29 | 260.09          |               | 455.86 | 239.17          |                      | 347.58 | 62.68           |

Sezioni di controllo:



|                                                                                                                           |                                                                                                                                                                    |                  |             |                   |                        |                                 |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|-------------|-------------------|------------------------|---------------------------------|
| <br>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO<br>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA<br>TRATTA LERCARA DIRAMAZIONE – CALTANISSETTA (LOTTO 3A)<br><b>SL07</b> |                  |             |                   |                        |                                 |
|                                                                                                                           | Relazione Scatolare                                                                                                                                                | COMMESSA<br>RS3T | LOTTO<br>30 | CODIFICA<br>D78CL | DOCUMENTO<br>SL0700001 | REV.<br>A<br>FOGLIO<br>39 di 60 |

## 10.1 Verifica soletta inferiore

Si adottano:

sup.  $\varnothing 24/10 + \varnothing 24/10$

inf.  $\varnothing 24/10$

spille 12 $\varnothing 10$ /mq

|                               |                                                 |
|-------------------------------|-------------------------------------------------|
| Descrizione Sezione:          |                                                 |
| Metodo di calcolo resistenza: | Resistenze in campo sostanzialmente elastico    |
| Normativa di riferimento:     | N.T.C.                                          |
| Percorso sollecitazione:      | A Sforzo Norm. costante                         |
| Condizioni Ambientali:        | Poco aggressive                                 |
| Tipo di sollecitazione:       | Retta (asse neutro sempre parallelo all'asse X) |
| Riferimento Sforzi assegnati: | Assi x,y principali d'inerzia                   |

### CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

|                |                                                  |                             |
|----------------|--------------------------------------------------|-----------------------------|
| CALCESTRUZZO - | Classe:                                          | C28/35                      |
|                | Resis. compr. di progetto fcd:                   | 15.860 MPa                  |
|                | Resis. compr. ridotta fcd':                      | 7.930 MPa                   |
|                | Def.unit. max resistenza ec2:                    | 0.0020                      |
|                | Def.unit. ultima ecu:                            | 0.0035                      |
|                | Diagramma tensione-deformaz.:                    | Parabola-Rettangolo         |
|                | Modulo Elastico Normale Ec:                      | 32308.0 MPa                 |
|                | Resis. media a trazione fctm:                    | 2.760 MPa                   |
|                | Coeff. Omogen. S.L.E.:                           | 15.00                       |
|                | Coeff. Omogen. S.L.E.:                           | 15.00                       |
|                | Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:                | 168.00 daN/cm <sup>2</sup>  |
|                | Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:        | 0.400 mm                    |
|                | Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:             | 0.00 Mpa                    |
|                | Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:             | 0.300 mm                    |
| ACCIAIO -      | Tipo:                                            | B450C                       |
|                | Resist. caratt. snervam. fyk:                    | 450.00 MPa                  |
|                | Resist. caratt. rottura ftk:                     | 450.00 MPa                  |
|                | Resist. 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                               | 2000000 daN/cm <sup>2</sup> |
|                | Diagramma tensione-deformaz.:                    | Bilineare finito            |
|                | Coeff. Aderenza istantaneo $\beta 1^* \beta 2$ : | 1.00                        |
|                | Coeff. Aderenza differito $\beta 1^* \beta 2$ :  | 0.50                        |
|                | Sf limite S.L.E. Comb. Rare:                     | 360.00 MPa                  |

### CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

|                      |            |
|----------------------|------------|
| Forma del Dominio:   | Poligonale |
| Classe Conglomerato: | C28/35     |

| N° vertice: | X [cm] | Y [cm] |
|-------------|--------|--------|
| 1           | -50.0  | 0.0    |
| 2           | -50.0  | 170.0  |
| 3           | 50.0   | 170.0  |

|                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                         |                  |             |                   |                        |                                 |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|-------------|-------------------|------------------------|---------------------------------|
| <br><b>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</b> | <b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b><br><b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b><br><b>TRATTA LERCARA DIRAMAZIONE – CALTANISSETTA (LOTTO 3A)</b><br><b>SL07</b> |                  |             |                   |                        |                                 |
|                                                                                                                                  | Relazione Scatolare                                                                                                                                                                     | COMMESSA<br>RS3T | LOTTO<br>30 | CODIFICA<br>D78CL | DOCUMENTO<br>SL0700001 | REV.<br>A<br>FOGLIO<br>40 di 60 |

4                      50.0                      0.0

#### DATI BARRE ISOLATE

| N°Barra | X [cm] | Y [cm] | DiamØ[mm] |
|---------|--------|--------|-----------|
| 1       | -41.0  | 9.0    | 24        |
| 2       | -41.0  | 161.0  | 24        |
| 3       | 41.0   | 161.0  | 24        |
| 4       | 41.0   | 9.0    | 24        |
| 5       | 41.0   | 156.0  | 24        |
| 6       | -41.0  | 156.0  | 24        |

#### DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

N°Gen.                      Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre  
N°Barra Ini.                      Numero della barra iniziale cui si riferisce la generazione  
N°Barra Fin.                      Numero della barra finale cui si riferisce la generazione  
N°Barre                      Numero di barre generate equidistanti cui si riferisce la generazione  
Ø                      Diametro in mm delle barre della generazione

| N°Gen. | N°Barra Ini. | N°Barra Fin. | N°Barre | Ø  |
|--------|--------------|--------------|---------|----|
| 1      | 1            | 4            | 8       | 24 |
| 2      | 2            | 3            | 8       | 24 |
| 3      | 5            | 6            | 8       | 24 |

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

N                      Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)  
Mx                      Momento flettente [daNm] intorno all'asse X di riferimento delle coordinate  
con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.  
Vy                      Componente del Taglio [kN] parallela all'asse Y di riferimento delle coordinate

| N°Comb. | N    | Mx       | Vy      |
|---------|------|----------|---------|
| 1       | 0.00 | 1948.27  | 1192.50 |
| 2       | 0.00 | -2995.59 | 0.00    |

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

N                      Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)  
Mx                      Momento flettente [kNm] intorno all'asse X di riferimento (tra parentesi Mom.Fessurazione)  
con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

| N°Comb. | N    | Mx       | My   |
|---------|------|----------|------|
| 1       | 0.00 | 457.88   | 0.00 |
| 2       | 0.00 | -2141.15 | 0.00 |

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

N                      Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)  
Mx                      Momento flettente [kNm] intorno all'asse X di riferimento (tra parentesi Mom.Fessurazione)  
con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

| N°Comb. | N | Mx | My |
|---------|---|----|----|
|---------|---|----|----|

|                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                         |                  |             |                   |                        |                                 |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|-------------|-------------------|------------------------|---------------------------------|
| <br><b>ITALFERR</b><br>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | <b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b><br><b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b><br><b>TRATTA LERCARA DIRAMAZIONE – CALTANISSETTA (LOTTO 3A)</b><br><b>SL07</b> |                  |             |                   |                        |                                 |
|                                                                                                                                              | Relazione Scatolare                                                                                                                                                                     | COMMESSA<br>RS3T | LOTTO<br>30 | CODIFICA<br>D78CL | DOCUMENTO<br>SL0700001 | REV.<br>A<br>FOGLIO<br>41 di 60 |

|   |      |                     |             |
|---|------|---------------------|-------------|
| 1 | 0.00 | 350.52 (1642.15)    | 0.00 (0.00) |
| 2 | 0.00 | -2043.50 (-1742.95) | 0.00 (0.00) |

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

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)  
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse X di riferimento (tra parentesi Mom.Fessurazione)  
con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

| N°Comb. | N    | Mx                  | My          |
|---------|------|---------------------|-------------|
| 1       | 0.00 | 369.53 (1642.15)    | 0.00 (0.00) |
| 2       | 0.00 | -1768.88 (-1742.95) | 0.00 (0.00) |

#### RISULTATI DEL CALCOLO

##### Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 7.8 cm  
Interferro netto minimo barre longitudinali: 2.6 cm  
Copriferro netto minimo staffe: 7.0 cm

#### VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE SOSTANZIALMENTE ELASTICO

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata  
N Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)  
Mx Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
N Res Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)  
Mx Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My)  
Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000  
As Totale Area totale barre longitudinali [cm²]. [Tra parentesi il valore minimo di normativa]

| N°Comb | Ver | N    | Mx       | N Res | Mx Res   | Mis.Sic. | As Totale   |
|--------|-----|------|----------|-------|----------|----------|-------------|
| 1      | S   | 0.00 | 1948.27  | 0.00  | 2652.25  | 1.36     | 135.7(51.0) |
| 2      | S   | 0.00 | -2995.59 | 0.00  | -4951.45 | 1.65     | 135.7(51.0) |

#### METODO AGLI STATI LIMITE IN CAMPO SOSTANZIALMENTE ELASTICO - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO LIMITE

ec max Deform. unit. massima del conglomerato a compressione  
Deform. unit. massima del conglomerato a compressione  
Xc max Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)  
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)  
Xs min Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)  
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 compress.)  
Xs max Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)  
Ys max Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

| N°Comb | ec max  | Xc max | Yc max | es min  | Xs min | Ys min | es max   | Xs max | Ys max |
|--------|---------|--------|--------|---------|--------|--------|----------|--------|--------|
| 1      | 0.00050 | -50.0  | 170.0  | 0.00036 | -41.0  | 161.0  | -0.00196 | -41.0  | 9.0    |
| 2      | 0.00085 | -50.0  | 0.0    | 0.00070 | -41.0  | 9.0    | -0.00196 | -41.0  | 161.0  |

#### POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

a, b, c Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro  $aX+bY+c=0$  nel rif. X,Y,O gen.  
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 per sola flessione in travi continue

|                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                         |                  |             |                   |                        |                                 |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|-------------|-------------------|------------------------|---------------------------------|
| <br>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | <b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b><br><b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b><br><b>TRATTA LERCARA DIRAMAZIONE – CALTANISSETTA (LOTTO 3A)</b><br><b>SL07</b> |                  |             |                   |                        |                                 |
|                                                                                                                           | Relazione Scatolare                                                                                                                                                                     | COMMESSA<br>RS3T | LOTTO<br>30 | CODIFICA<br>D78CL | DOCUMENTO<br>SL0700001 | REV.<br>A<br>FOGLIO<br>42 di 60 |

| N°Comb | a           | b            | c            | x/d | C.Rid. |
|--------|-------------|--------------|--------------|-----|--------|
| 1      | 0.000000000 | 0.000015249  | -0.002093740 |     |        |
| 2      | 0.000000000 | -0.000017445 | 0.000852219  |     |        |

## VERIFICHE A TAGLIO

|       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|-------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Ver   | S = comb. verificata a taglio / N = comb. non verificata                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| Ved   | Taglio di progetto [kN] = $V_y$ ortogonale all'asse neutro                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| Vcd   | Taglio compressione resistente [kN] lato conglomerato [formula (4.1.28)NTC]                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| Vwd   | Taglio resistente [kN] assorbito dalle staffe [(4.1.18) NTC]                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| d   z | Altezza utile media pesata sezione ortogonale all'asse neutro   Braccio coppia interna [cm]<br>Vengono prese nella media le strisce con almeno un estremo compresso.<br>I pesi della media sono costituiti dalle stesse lunghezze delle strisce.                                                                                              |
| bw    | Larghezza media resistente a taglio [cm] misurate parallel. all'asse neutro<br>E' data dal rapporto tra l'area delle sopradette strisce resistenti e Dmed.                                                                                                                                                                                    |
| Ctg   | Cotangente dell'angolo di inclinazione dei puntoni di conglomerato                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| Acw   | Coefficiente maggiorativo della resistenza a taglio per compressione                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| Ast   | Area staffe+legature strettam. necessarie a taglio per metro di pil.[cm <sup>2</sup> /m]                                                                                                                                                                                                                                                      |
| A.Eff | Area staffe+legature efficaci nella direzione del taglio di combinaz.[cm <sup>2</sup> /m]<br>Tra parentesi è indicata la quota dell'area relativa alle sole legature.<br>L'area della legatura è ridotta col fattore L/d_max con L=lungh.legat.proietta-<br>ta sulla direz. del taglio e d_max= massima altezza utile nella direz.del taglio. |

| N°Comb | Ver | Ved     | Vcd     | Vwd          | d   z | bw    | Ctg   | Acw   | Ast | A.Eff    |
|--------|-----|---------|---------|--------------|-------|-------|-------|-------|-----|----------|
| 1      | S   | 1192.50 | 4044.90 | 1212.27161.0 | 147.9 | 100.0 | 2.500 | 1.000 | 8.2 | 8.4(0.0) |
| 2      | S   | 0.00    | 5608.88 | 463.73161.0  | 141.5 | 100.0 | 1.000 | 1.000 | 0.0 | 8.4(0.0) |

## COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

|                |                                                                                              |
|----------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|
| Ver            | S = comb. verificata/ N = comb. non verificata                                               |
| Sc max         | Massima tensione (positiva se di compressione) nel conglomerato [Mpa]                        |
| Xc max, Yc max | Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)                      |
| Sf min         | Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [Mpa]                                 |
| Xs min, Ys min | Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)                    |
| Ac eff.        | Area di calcestruzzo [cm <sup>2</sup> ] in zona tesa considerata aderente alle barre         |
| As eff.        | Area barre [cm <sup>2</sup> ] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure |

| N°Comb | Ver | Sc max | Xc max | Yc max | Sf min | Xs min | Ys min | Ac eff. | As eff. |
|--------|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|
| 1      | S   | 1.19   | -50.0  | 170.0  | -67.6  | 31.9   | 9.0    | 2250    | 45.2    |
| 2      | S   | 4.95   | -50.0  | 0.0    | -168.7 | 31.9   | 161.0  | 2899    | 90.5    |

## COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

| N°Comb | Ver | Sc max | Xc max | Yc max | Sf min | Xs min | Ys min | Ac eff. | As eff. |
|--------|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|
| 1      | S   | 0.91   | -50.0  | 170.0  | -51.7  | 31.9   | 9.0    | 2250    | 45.2    |
| 2      | S   | 4.72   | -50.0  | 0.0    | -161.0 | 31.9   | 161.0  | 2850    | 90.5    |

## COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

|      |                                                                                                                               |
|------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Ver. | La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a $f_{ctm}$ |
| e1   | Esito della verifica                                                                                                          |
| e2   | Massima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata                         |
| k1   | Minima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata                          |
| kt   | = 0.8 per barre ad aderenza migliorata [eq.(7.11)EC2]                                                                         |
| k2   | = 0.4 per comb. quasi permanenti / = 0.6 per comb.frequenti [cfr. eq.(7.9)EC2]                                                |
| k3   | = 0.5 per flessione; $=(e1 + e2)/(2 \cdot e1)$ per trazione eccentrica [eq.(7.13)EC2]                                         |
| k4   | = 3.400 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali                                                                         |
|      | = 0.425 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali                                                                         |

|                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                         |                  |             |                   |                        |                                 |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|-------------|-------------------|------------------------|---------------------------------|
|  <b>ITALFERR</b><br>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | <b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b><br><b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b><br><b>TRATTA LERCARA DIRAMAZIONE – CALTANISSETTA (LOTTO 3A)</b><br><b>SL07</b> |                  |             |                   |                        |                                 |
|                                                                                                                                           | Relazione Scatolare                                                                                                                                                                     | COMMESSA<br>RS3T | LOTTO<br>30 | CODIFICA<br>D78CL | DOCUMENTO<br>SL0700001 | REV.<br>A<br>FOGLIO<br>43 di 60 |

|             |                                                                                                                                                                         |
|-------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Ø           | Diametro [mm] equivalente delle barre tese comprese nell'area efficace $A_{c\ eff}$ [eq.(7.11)EC2]                                                                      |
| Cf          | Copri ferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa                                                                                                    |
| e sm - e cm | Differenza tra le deformazioni medie di acciaio e calcestruzzo [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]<br>Tra parentesi: valore minimo = $0.6\ S_{max} / E_s$ [(7.9)EC2 e (C4.1.8)NTC] |
| sr max      | Massima distanza tra le fessure [mm]                                                                                                                                    |
| wk          | Apertura fessure in mm calcolata = $sr\ max * (e_{sm} - e_{cm})$ [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]. Valore limite tra parentesi                                                  |
| Mx fess.    | Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]                                                                                                       |
| My fess.    | Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]                                                                                                       |

| Comb. | Ver | e1       | e2 | k2    | Ø    | Cf | e sm - e cm       | sr max | wk           | Mx fess  | My fess |
|-------|-----|----------|----|-------|------|----|-------------------|--------|--------------|----------|---------|
| 1     | S   | -0.00028 | 0  | 0.500 | 24.0 | 78 | 0.00016 (0.00016) | 468    | 0.073 (0.40) | 1642.15  | 0.00    |
| 2     | S   | -0.00087 | 0  | 0.500 | 24.0 | 78 | 0.00049 (0.00048) | 394    | 0.194 (0.40) | -1742.95 | 0.00    |

#### COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

| N°Comb | Ver | Sc max | Xc max | Yc max | Sf min | Xs min | Ys min | Ac eff. | As eff. |
|--------|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|
| 1      | S   | 0.96   | -50.0  | 170.0  | -54.5  | 31.9   | 9.0    | 2250    | 45.2    |
| 2      | S   | 4.09   | -50.0  | 0.0    | -139.3 | 31.9   | 161.0  | 2850    | 90.5    |

#### COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

| Comb. | Ver | e1       | e2 | k2    | Ø    | Cf | e sm - e cm       | sr max | wk           | Mx fess  | My fess |
|-------|-----|----------|----|-------|------|----|-------------------|--------|--------------|----------|---------|
| 1     | S   | -0.00029 | 0  | 0.500 | 24.0 | 78 | 0.00016 (0.00016) | 468    | 0.077 (0.30) | 1642.15  | 0.00    |
| 2     | S   | -0.00075 | 0  | 0.500 | 24.0 | 78 | 0.00049 (0.00042) | 394    | 0.192 (0.30) | -1742.95 | 0.00    |

## 10.2 Verifica soletta superiore

Si adottano:

sup. Ø22/10

inf. Ø22/10 + Ø22/20

spille 9Ø10/mq

|                               |                                                 |
|-------------------------------|-------------------------------------------------|
| Metodo di calcolo resistenza: | Resistenze in campo sostanzialmente elastico    |
| Normativa di riferimento:     | N.T.C.                                          |
| Percorso sollecitazione:      | A Sforzo Norm. costante                         |
| Condizioni Ambientali:        | Moderat. aggressive                             |
| Tipo di sollecitazione:       | Retta (asse neutro sempre parallelo all'asse X) |
| Riferimento Sforzi assegnati: | Assi x,y principali d'inerzia                   |

#### CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

|                |                                |                     |
|----------------|--------------------------------|---------------------|
| CALCESTRUZZO - | Classe:                        | C32/40              |
|                | Resis. compr. di progetto fcd: | 18.800 MPa          |
|                | Resis. compr. ridotta fcd':    | 9.400 MPa           |
|                | Def.unit. max resistenza ec2:  | 0.0020              |
|                | Def.unit. ultima ecu:          | 0.0035              |
|                | Diagramma tensione-deformaz.:  | Parabola-Rettangolo |
|                | Modulo Elastico Normale Ec:    | 33643.0 MPa         |
|                | Resis. media a trazione fctm:  | 3.100 MPa           |
|                | Coeff. Omogen. S.L.E.:         | 15.00               |
|                | Coeff. Omogen. S.L.E.:         | 15.00               |

|                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                         |                  |             |                   |                        |                                 |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|-------------|-------------------|------------------------|---------------------------------|
|  <b>ITALFERR</b><br>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | <b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b><br><b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b><br><b>TRATTA LERCARA DIRAMAZIONE – CALTANISSETTA (LOTTO 3A)</b><br><b>SL07</b> |                  |             |                   |                        |                                 |
|                                                                                                                                           | Relazione Scatolare                                                                                                                                                                     | COMMESSA<br>RS3T | LOTTO<br>30 | CODIFICA<br>D78CL | DOCUMENTO<br>SL0700001 | REV.<br>A<br>FOGLIO<br>44 di 60 |

|                                           |        |                     |
|-------------------------------------------|--------|---------------------|
| Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:         | 199.20 | daN/cm <sup>2</sup> |
| Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti: | 0.300  | mm                  |
| Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:      | 0.00   | Mpa                 |
| Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:      | 0.200  | mm                  |

|                              |                                                      |                             |
|------------------------------|------------------------------------------------------|-----------------------------|
| ACCIAIO -                    | Tipo:                                                | B450C                       |
|                              | Resist. caratt. snervam. fyk:                        | 450.00 MPa                  |
|                              | Resist. caratt. rottura ftk:                         | 450.00 MPa                  |
|                              | Resist. 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                                   | 2000000 daN/cm <sup>2</sup> |
|                              | Diagramma tensione-deformaz.:                        | Bilineare finito            |
|                              | Coeff. Aderenza istantaneo $\beta_1 \cdot \beta_2$ : | 1.00                        |
|                              | Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$ :  | 0.50                        |
| Sf limite S.L.E. Comb. Rare: | 360.00                                               | MPa                         |

#### CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

|                      |            |
|----------------------|------------|
| Forma del Dominio:   | Poligonale |
| Classe Conglomerato: | C32/40     |

| N°vertice: | X [cm] | Y [cm] |
|------------|--------|--------|
| 1          | -50.0  | 0.0    |
| 2          | -50.0  | 130.0  |
| 3          | 50.0   | 130.0  |
| 4          | 50.0   | 0.0    |

#### DATI BARRE ISOLATE

| N°Barra | X [cm] | Y [cm] | DiamØ[mm] |
|---------|--------|--------|-----------|
| 1       | -41.0  | 9.0    | 22        |
| 2       | -41.0  | 121.0  | 22        |
| 3       | 41.0   | 121.0  | 22        |
| 4       | 41.0   | 9.0    | 22        |
| 5       | 41.0   | 14.0   | 22        |
| 6       | -41.0  | 14.0   | 22        |

#### DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

|              |                                                                       |
|--------------|-----------------------------------------------------------------------|
| N°Gen.       | Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre            |
| N°Barra Ini. | Numero della barra iniziale cui si riferisce la generazione           |
| N°Barra Fin. | Numero della barra finale cui si riferisce la generazione             |
| N°Barre      | Numero di barre generate equidistanti cui si riferisce la generazione |
| Ø            | Diametro in mm delle barre della generazione                          |

| N°Gen. | N°Barra Ini. | N°Barra Fin. | N°Barre | Ø  |
|--------|--------------|--------------|---------|----|
| 1      | 1            | 4            | 8       | 22 |
| 2      | 2            | 3            | 8       | 22 |
| 3      | 5            | 6            | 3       | 22 |

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

|    |                                                                             |
|----|-----------------------------------------------------------------------------|
| N  | Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)             |
| Mx | Momento flettente [daNm] intorno all'asse X di riferimento delle coordinate |

|                                                                                                                           |                                                                                                                                                                    |                  |             |                   |                        |                                 |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|-------------|-------------------|------------------------|---------------------------------|
| <br>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO<br>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA<br>TRATTA LERCARA DIRAMAZIONE – CALTANISSETTA (LOTTO 3A)<br><b>SL07</b> |                  |             |                   |                        |                                 |
|                                                                                                                           | Relazione Scatolare                                                                                                                                                | COMMESSA<br>RS3T | LOTTO<br>30 | CODIFICA<br>D78CL | DOCUMENTO<br>SL0700001 | REV.<br>A<br>FOGLIO<br>45 di 60 |

| <p>Vy con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.<br/>Componente del Taglio [kN] parallela all'asse Y di riferimento delle coordinate</p> |       |          |        |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|----------|--------|
| N°Comb.                                                                                                                                                         | N     | Mx       | Vy     |
| 1                                                                                                                                                               | 74.97 | -1327.00 | 673.33 |
| 2                                                                                                                                                               | -2.88 | 1866.30  | 0.00   |

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

| <p>N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)<br/> Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse X di riferimento (tra parentesi Mom.Fessurazione)<br/> con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione</p> |       |         |      |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|---------|------|
| N°Comb.                                                                                                                                                                                                                                                        | N     | Mx      | My   |
| 1                                                                                                                                                                                                                                                              | 18.99 | -571.20 | 0.00 |
| 2                                                                                                                                                                                                                                                              | -1.70 | 1346.23 | 0.00 |

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

| <p>N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)<br/> Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse X di riferimento (tra parentesi Mom.Fessurazione)<br/> con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione</p> |        |                    |             |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|--------------------|-------------|
| N°Comb.                                                                                                                                                                                                                                                        | N      | Mx                 | My          |
| 1                                                                                                                                                                                                                                                              | 7.10   | -450.91 (-1066.08) | 0.00 (0.00) |
| 2                                                                                                                                                                                                                                                              | -10.14 | 1206.65 (1093.22)  | 0.00 (0.00) |

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

| <p>N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)<br/> Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse X di riferimento (tra parentesi Mom.Fessurazione)<br/> con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione</p> |        |                    |             |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|--------------------|-------------|
| N°Comb.                                                                                                                                                                                                                                                        | N      | Mx                 | My          |
| 1                                                                                                                                                                                                                                                              | -4.65  | -321.80 (-1058.14) | 0.00 (0.00) |
| 2                                                                                                                                                                                                                                                              | -21.89 | 888.53 (1089.08)   | 0.00 (0.00) |

#### RISULTATI DEL CALCOLO

##### Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

|                                              |        |
|----------------------------------------------|--------|
| Copriferro netto minimo barre longitudinali: | 7.9 cm |
| Interferro netto minimo barre longitudinali: | 2.8 cm |
| Copriferro netto minimo staffe:              | 7.1 cm |

#### VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE SOSTANZIALMENTE ELASTICO

|           |                                                                                                                                  |
|-----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Ver       | S = combinazione verificata / N = combin. non verificata                                                                         |
| N         | Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)                                         |
| Mx        | Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia                                                      |
| N Res     | Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)                                           |
| Mx Res    | Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia                                                          |
| Mis.Sic.  | Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My)<br>Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000 |
| As Totale | Area totale barre longitudinali [cm²]. [Tra parentesi il valore minimo di normativa]                                             |

|                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                         |                  |             |                   |                        |                           |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|-------------|-------------------|------------------------|---------------------------|
| <br><b>ITALFERR</b><br><b>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</b> | <b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b><br><b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b><br><b>TRATTA LERCARA DIRAMAZIONE – CALTANISSETTA (LOTTO 3A)</b><br><b>SL07</b> |                  |             |                   |                        |                           |
|                                                                                                                                                     | Relazione Scatolare                                                                                                                                                                     | COMMESSA<br>RS3T | LOTTO<br>30 | CODIFICA<br>D78CL | DOCUMENTO<br>SL0700001 | REV. A<br>FOGLIO 46 di 60 |

| N°Comb | Ver | N     | Mx       | N Res | Mx Res   | Mis.Sic. | As Totale  |
|--------|-----|-------|----------|-------|----------|----------|------------|
| 1      | S   | 74.97 | -1327.00 | 75.20 | -1704.41 | 1.28     | 95.0(39.0) |
| 2      | S   | -2.88 | 1866.30  | -2.93 | 2381.91  | 1.28     | 95.0(39.0) |

#### METODO AGLI STATI LIMITE IN CAMPO SOSTANZIALMENTE ELASTICO - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO LIMITE

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

| N°Comb | ec max  | Xc max | Yc max | es min  | Xs min | Ys min | es max   | Xs max | Ys max |
|--------|---------|--------|--------|---------|--------|--------|----------|--------|--------|
| 1      | 0.00054 | -50.0  | 0.0    | 0.00035 | -41.0  | 9.0    | -0.00196 | -41.0  | 121.0  |
| 2      | 0.00069 | -50.0  | 130.0  | 0.00049 | -41.0  | 121.0  | -0.00196 | -41.0  | 9.0    |

#### POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

|         |                                                                             |
|---------|-----------------------------------------------------------------------------|
| a, b, c | Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro $aX+bY+c=0$ nel rif. X,Y,O gen.    |
| 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 per sola flessione in travi continue               |

| N°Comb | a           | b            | c            | x/d  | C.Rid. |
|--------|-------------|--------------|--------------|------|--------|
| 1      | 0.000000000 | -0.000020613 | 0.000537684  | ---- | ----   |
| 2      | 0.000000000 | 0.000021873  | -0.002153361 | ---- | ----   |

#### VERIFICHE A TAGLIO

|       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|-------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Ver   | S = comb. verificata a taglio / N = comb. non verificata                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| Ved   | Taglio di progetto [kN] = $V_y$ ortogonale all'asse neutro                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| Vcd   | Taglio compressione resistente [kN] lato conglomerato [formula (4.1.28)NTC]                                                                                                                                                                                                                                                               |
| Vwd   | Taglio resistente [kN] assorbito dalle staffe [(4.1.18) NTC]                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| d   z | Altezza utile media pesata sezione ortogonale all'asse neutro   Braccio coppia interna [cm]<br>Vengono prese nella media le strisce con almeno un estremo compresso.<br>I pesi della media sono costituiti dalle stesse lunghezze delle strisce.                                                                                          |
| bw    | Larghezza media resistente a taglio [cm] misurate parallel. all'asse neutro<br>E' data dal rapporto tra l'area delle sopradette strisce resistenti e Dmed.                                                                                                                                                                                |
| Ctg   | Cotangente dell'angolo di inclinazione dei puntoni di conglomerato                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| Acw   | Coefficiente maggiorativo della resistenza a taglio per compressione                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| Ast   | Area staffe+legature strettam. necessarie a taglio per metro di pil.[cm²/m]                                                                                                                                                                                                                                                               |
| A.Eff | Area staffe+legature efficaci nella direzione del taglio di combinaz.[cm²/m]<br>Tra parentesi è indicata la quota dell'area relativa alle sole legature.<br>L'area della legatura è ridotta col fattore $L/d_{max}$ con L=lungh.legat.proietta-<br>ta sulla direz. del taglio e $d_{max}$ = massima altezza utile nella direz.del taglio. |

| N°Comb | Ver | Ved    | Vcd     | Vwd          | d   z | bw    | Ctg   | Acw   | Ast | A.Eff    |
|--------|-----|--------|---------|--------------|-------|-------|-------|-------|-----|----------|
| 1      | S   | 673.33 | 3594.86 | 679.60121.0] | 110.6 | 100.0 | 2.500 | 1.003 | 6.2 | 6.3(0.0) |
| 2      | S   | 0.00   | 5093.79 | 266.46121.0] | 108.4 | 100.0 | 1.000 | 1.000 | 0.0 | 6.3(0.0) |

#### COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

|     |                                                |
|-----|------------------------------------------------|
| Ver | S = comb. verificata/ N = comb. non verificata |
|-----|------------------------------------------------|

|                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                         |                         |                    |                          |                               |                                         |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|--------------------|--------------------------|-------------------------------|-----------------------------------------|
| <br><b>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</b> | <b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b><br><b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b><br><b>TRATTA LERCARA DIRAMAZIONE – CALTANISSETTA (LOTTO 3A)</b><br><b>SL07</b> |                         |                    |                          |                               |                                         |
|                                                                                                                                  | Relazione Scatolare                                                                                                                                                                     | COMMESSA<br><b>RS3T</b> | LOTTO<br><b>30</b> | CODIFICA<br><b>D78CL</b> | DOCUMENTO<br><b>SL0700001</b> | REV. <b>A</b><br>FOGLIO <b>47 di 60</b> |

|                |                                                                                 |
|----------------|---------------------------------------------------------------------------------|
| Sc max         | Massima tensione (positiva se di compressione) nel conglomerato [Mpa]           |
| Xc max, Yc max | Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)         |
| Sf min         | Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [Mpa]                    |
| Xs min, Ys min | Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)       |
| Ac eff.        | Area di calcestruzzo [cm²] in zona tesa considerata aderente alle barre         |
| As eff.        | Area barre [cm²] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure |

| N°Comb | Ver | Sc max | Xc max | Yc max | Sf min | Xs min | Ys min | Ac eff. | As eff. |
|--------|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|
| 1      | S   | 2.69   | -50.0  | 0.0    | -132.5 | 31.9   | 121.0  | 2249    | 38.0    |
| 2      | S   | 5.83   | -50.0  | 130.0  | -222.1 | 31.9   | 9.0    | 2646    | 57.0    |

#### COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

| N°Comb | Ver | Sc max | Xc max | Yc max | Sf min | Xs min | Ys min | Ac eff. | As eff. |
|--------|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|
| 1      | S   | 2.12   | -50.0  | 0.0    | -105.6 | 31.9   | 121.0  | 2249    | 38.0    |
| 2      | S   | 5.22   | -50.0  | 130.0  | -199.7 | -13.7  | 9.0    | 2646    | 57.0    |

#### COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

|             |                                                                                                                               |
|-------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Ver.        | La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a $f_{ctm}$ |
| e1          | Esito della verifica                                                                                                          |
| e2          | Massima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata                         |
| k1          | Minima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata                          |
| kt          | = 0.8 per barre ad aderenza migliorata [eq.(7.11)EC2]                                                                         |
| k2          | = 0.4 per comb. quasi permanenti / = 0.6 per comb. frequenti [cfr. eq.(7.9)EC2]                                               |
| k3          | = 0.5 per flessione; $= (e1 + e2) / (2 * e1)$ per trazione eccentrica [eq.(7.13)EC2]                                          |
| k4          | = 3.400 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali                                                                         |
| Ø           | = 0.425 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali                                                                         |
| Cf          | Diametro [mm] equivalente delle barre tese comprese nell'area efficace Ac eff [eq.(7.11)EC2]                                  |
| e sm - e cm | Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa                                                           |
| sr max      | Differenza tra le deformazioni medie di acciaio e calcestruzzo [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]                                       |
| wk          | Tra parentesi: valore minimo = 0.6 Smax / Es [(7.9)EC2 e (C4.1.8)NTC]                                                         |
| Mx fess.    | Massima distanza tra le fessure [mm]                                                                                          |
| My fess.    | Apertura fessure in mm calcolata = $sr \max * (e_{sm} - e_{cm})$ [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]. Valore limite tra parentesi        |
|             | Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]                                                             |
|             | Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]                                                             |

| Comb. | Ver | e1       | e2 | k2    | Ø    | Cf | e sm - e cm       | sr max | wk           | Mx fess  | My fess |
|-------|-----|----------|----|-------|------|----|-------------------|--------|--------------|----------|---------|
| 1     | S   | -0.00058 | 0  | 0.500 | 22.0 | 79 | 0.00032 (0.00032) | 490    | 0.155 (0.30) | -1066.08 | 0.00    |
| 2     | S   | -0.00110 | 0  | 0.500 | 22.0 | 79 | 0.00060 (0.00060) | 442    | 0.265 (0.30) | 1093.22  | 0.00    |

#### COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

| N°Comb | Ver | Sc max | Xc max | Yc max | Sf min | Xs min | Ys min | Ac eff. | As eff. |
|--------|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|
| 1      | S   | 1.50   | -50.0  | 0.0    | -76.5  | 31.9   | 121.0  | 2249    | 38.0    |
| 2      | S   | 3.83   | -50.0  | 130.0  | -148.3 | -31.9  | 9.0    | 2646    | 57.0    |

#### COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

| Comb. | Ver | e1       | e2 | k2    | Ø    | Cf | e sm - e cm       | sr max | wk           | Mx fess  | My fess |
|-------|-----|----------|----|-------|------|----|-------------------|--------|--------------|----------|---------|
| 1     | S   | -0.00042 | 0  | 0.500 | 22.0 | 79 | 0.00023 (0.00023) | 490    | 0.112 (0.20) | -1058.14 | 0.00    |
| 2     | S   | -0.00082 | 0  | 0.500 | 22.0 | 79 | 0.00044 (0.00044) | 442    | 0.197 (0.20) | 1089.08  | 0.00    |

|                                                                                                                           |                                                                                                                                                                    |                  |             |                   |                        |                                 |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|-------------|-------------------|------------------------|---------------------------------|
| <br>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO<br>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA<br>TRATTA LERCARA DIRAMAZIONE – CALTANISSETTA (LOTTO 3A)<br><b>SL07</b> |                  |             |                   |                        |                                 |
|                                                                                                                           | Relazione Scatolare                                                                                                                                                | COMMESSA<br>RS3T | LOTTO<br>30 | CODIFICA<br>D78CL | DOCUMENTO<br>SL0700001 | REV.<br>A<br>FOGLIO<br>48 di 60 |

### 10.3 Verifica piedritti

Si adottano:

sup. Ø24/10

inf. Ø24/10

spille 9Ø8/mq

|                               |                                                 |
|-------------------------------|-------------------------------------------------|
| Metodo di calcolo resistenza: | Resistenze in campo sostanzialmente elastico    |
| Normativa di riferimento:     | N.T.C.                                          |
| Percorso sollecitazione:      | A Sforzo Norm. costante                         |
| Condizioni Ambientali:        | Moderat. aggressive                             |
| Tipo di sollecitazione:       | Retta (asse neutro sempre parallelo all'asse X) |
| Riferimento Sforzi assegnati: | Assi x,y principali d'inerzia                   |

#### CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

|                |                                           |                     |         |
|----------------|-------------------------------------------|---------------------|---------|
| CALCESTRUZZO - | Classe:                                   | C32/40              |         |
|                | Resis. compr. di progetto fcd:            | 18.800              | MPa     |
|                | Resis. compr. ridotta fcd':               | 9.400               | MPa     |
|                | Def.unit. max resistenza ec2:             | 0.0020              |         |
|                | Def.unit. ultima ecu:                     | 0.0035              |         |
|                | Diagramma tensione-deformaz.:             | Parabola-Rettangolo |         |
|                | Modulo Elastico Normale Ec:               | 33643.0             | MPa     |
|                | Resis. media a trazione fctm:             | 3.100               | MPa     |
|                | Coeff. Omogen. S.L.E.:                    | 15.00               |         |
|                | Coeff. Omogen. S.L.E.:                    | 15.00               |         |
|                | Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:         | 199.20              | daN/cm² |
|                | Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti: | 0.300               | mm      |
|                | Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:      | 0.00                | Mpa     |
|                | Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:      | 0.200               | mm      |
| ACCIAIO -      | Tipo:                                     | B450C               |         |
|                | Resist. caratt. snervam. fyk:             | 450.00              | MPa     |
|                | Resist. caratt. rottura ftk:              | 450.00              | MPa     |
|                | Resist. 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                        | 2000000             | daN/cm² |
|                | Diagramma tensione-deformaz.:             | Bilineare finito    |         |
|                | Coeff. Aderenza istantaneo β1*β2 :        | 1.00                |         |
|                | Coeff. Aderenza differito β1*β2 :         | 0.50                |         |
|                | Sf limite S.L.E. Comb. Rare:              | 360.00              | MPa     |

#### CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

|                      |            |        |
|----------------------|------------|--------|
| Forma del Dominio:   | Poligonale |        |
| Classe Conglomerato: | C32/40     |        |
| N° vertice:          | X [cm]     | Y [cm] |
| 1                    | -50.0      | 0.0    |
| 2                    | -50.0      | 130.0  |
| 3                    | 50.0       | 130.0  |
| 4                    | 50.0       | 0.0    |

#### DATI BARRE ISOLATE

|                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                         |                  |             |                   |                        |                                 |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|-------------|-------------------|------------------------|---------------------------------|
|  <b>ITALFERR</b><br>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | <b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b><br><b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b><br><b>TRATTA LERCARA DIRAMAZIONE – CALTANISSETTA (LOTTO 3A)</b><br><b>SL07</b> |                  |             |                   |                        |                                 |
|                                                                                                                                           | Relazione Scatolare                                                                                                                                                                     | COMMESSA<br>RS3T | LOTTO<br>30 | CODIFICA<br>D78CL | DOCUMENTO<br>SL0700001 | REV.<br>A<br>FOGLIO<br>49 di 60 |

| N°Barra | X [cm] | Y [cm] | DiamØ[mm] |
|---------|--------|--------|-----------|
| 1       | -41.0  | 9.0    | 24        |
| 2       | -41.0  | 121.0  | 24        |
| 3       | 41.0   | 121.0  | 24        |
| 4       | 41.0   | 9.0    | 24        |

#### DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

|              |                                                                       |
|--------------|-----------------------------------------------------------------------|
| N°Gen.       | Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre            |
| N°Barra Ini. | Numero della barra iniziale cui si riferisce la generazione           |
| N°Barra Fin. | Numero della barra finale cui si riferisce la generazione             |
| N°Barre      | Numero di barre generate equidistanti cui si riferisce la generazione |
| Ø            | Diametro in mm delle barre della generazione                          |

| N°Gen. | N°Barra Ini. | N°Barra Fin. | N°Barre | Ø  |
|--------|--------------|--------------|---------|----|
| 1      | 1            | 4            | 8       | 24 |
| 2      | 2            | 3            | 8       | 24 |

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

|    |                                                                                                                                               |
|----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| N  | Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)                                                                               |
| Mx | Momento flettente [daNm] intorno all'asse X di riferimento delle coordinate con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez. |
| Vy | Componente del Taglio [kN] parallela all'asse Y di riferimento delle coordinate                                                               |

| N°Comb. | N      | Mx       | Vy     |
|---------|--------|----------|--------|
| 1       | 167.45 | -1012.02 | 297.57 |
| 2       | 672.36 | 2081.59  | 297.57 |
| 3       | 536.14 | 1481.66  | 211.83 |
| 4       | 965.82 | -1097.93 | 211.83 |

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

|    |                                                                                                                                                                      |
|----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| N  | Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)                                                                                                  |
| Mx | Momento flettente [kNm] intorno all'asse X di riferimento (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione |

| N°Comb. | N      | Mx     | My   |
|---------|--------|--------|------|
| 1       | 529.55 | 238.00 | 0.00 |
| 2       | 996.57 | 729.95 | 0.00 |
| 3       | 497.71 | 747.69 | 0.00 |
| 4       | 916.29 | 260.09 | 0.00 |

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

|    |                                                                                                                                                                      |
|----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| N  | Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)                                                                                                  |
| Mx | Momento flettente [kNm] intorno all'asse X di riferimento (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione |

| N°Comb. | N      | Mx               | My          |
|---------|--------|------------------|-------------|
| 1       | 490.55 | 247.13 (2069.33) | 0.00 (0.00) |
| 2       | 490.55 | 620.63 (1330.41) | 0.00 (0.00) |

|                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                         |                  |             |                   |                        |                                 |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|-------------|-------------------|------------------------|---------------------------------|
| <br><b>ITALFERR</b><br><b>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</b> | <b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b><br><b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b><br><b>TRATTA LERCARA DIRAMAZIONE – CALTANISSETTA (LOTTO 3A)</b><br><b>SL07</b> |                  |             |                   |                        |                                 |
|                                                                                                                                                     | Relazione Scatolare                                                                                                                                                                     | COMMESSA<br>RS3T | LOTTO<br>30 | CODIFICA<br>D78CL | DOCUMENTO<br>SL0700001 | REV.<br>A<br>FOGLIO<br>50 di 60 |

|   |        |                  |             |
|---|--------|------------------|-------------|
| 3 | 455.86 | 612.67 (1312.23) | 0.00 (0.00) |
| 4 | 455.86 | 239.17 (1996.04) | 0.00 (0.00) |

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

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)  
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse X di riferimento (tra parentesi Mom.Fessurazione)  
con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

| N°Comb. | N      | Mx               | My          |
|---------|--------|------------------|-------------|
| 1       | 356.28 | 64.82 (-1058.14) | 0.00 (0.00) |
| 2       | 823.30 | 601.52 (1608.45) | 0.00 (0.00) |
| 3       | 814.60 | 599.39 (1602.86) | 0.00 (0.00) |
| 4       | 347.58 | 62.68 (0.00)     | 0.00 (0.00) |

#### RISULTATI DEL CALCOLO

##### Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

|                                              |        |
|----------------------------------------------|--------|
| Copriferro netto minimo barre longitudinali: | 7.8 cm |
| Interferro netto minimo barre longitudinali: | 6.7 cm |
| Copriferro netto minimo staffe:              | 7.0 cm |

#### VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE SOSTANZIALMENTE ELASTICO

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata  
N Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)  
Mx Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
N Res Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)  
Mx Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My)  
Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000  
As Totale Area totale barre longitudinali [cm²]. [Tra parentesi il valore minimo di normativa]

| N°Comb | Ver | N      | Mx       | N Res  | Mx Res   | Mis.Sic. | As Totale  |
|--------|-----|--------|----------|--------|----------|----------|------------|
| 1      | S   | 167.45 | -1012.02 | 167.35 | -2059.96 | 2.04     | 90.5(39.0) |
| 2      | S   | 672.36 | 2081.59  | 672.55 | 2314.10  | 1.11     | 90.5(39.0) |
| 3      | S   | 536.14 | 1481.66  | 536.14 | 2246.26  | 1.52     | 90.5(39.0) |
| 4      | S   | 965.82 | -1097.93 | 966.06 | -2458.15 | 2.24     | 90.5(39.0) |

#### METODO AGLI STATI LIMITE IN CAMPO SOSTANZIALMENTE ELASTICO - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO LIMITE

ec max Deform. unit. massima del conglomerato a compressione  
Xc max Deform. unit. massima del conglomerato a compressione  
Xc max Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)  
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)  
Xs min Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)  
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 compress.)  
Xs max Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)  
Ys max Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

| N°Comb | ec max  | Xc max | Yc max | es min  | Xs min | Ys min | es max   | Xs max | Ys max |
|--------|---------|--------|--------|---------|--------|--------|----------|--------|--------|
| 1      | 0.00063 | -50.0  | 0.0    | 0.00043 | -41.0  | 9.0    | -0.00196 | -41.0  | 121.0  |
| 2      | 0.00073 | -50.0  | 130.0  | 0.00053 | -41.0  | 121.0  | -0.00196 | -41.0  | 9.0    |
| 3      | 0.00070 | -50.0  | 130.0  | 0.00050 | -41.0  | 121.0  | -0.00196 | -41.0  | 9.0    |
| 4      | 0.00078 | -50.0  | 0.0    | 0.00058 | -41.0  | 9.0    | -0.00196 | -41.0  | 121.0  |

|                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                         |                  |             |                   |                        |                                 |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|-------------|-------------------|------------------------|---------------------------------|
| <br><b>ITALFERR</b><br><b>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</b> | <b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b><br><b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b><br><b>TRATTA LERCARA DIRAMAZIONE – CALTANISSETTA (LOTTO 3A)</b><br><b>SL07</b> |                  |             |                   |                        |                                 |
|                                                                                                                                                     | Relazione Scatolare                                                                                                                                                                     | COMMESSA<br>RS3T | LOTTO<br>30 | CODIFICA<br>D78CL | DOCUMENTO<br>SL0700001 | REV.<br>A<br>FOGLIO<br>51 di 60 |

## POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

| a, b, c | Coeff. a, b, c, nell'eq. dell'asse neutro $aX+bY+c=0$ nel rif. X,Y,O gen.   |              |              |      |        |
|---------|-----------------------------------------------------------------------------|--------------|--------------|------|--------|
| 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 per sola flessione in travi continue               |              |              |      |        |
| N°Comb  | a                                                                           | b            | c            | x/d  | C.Rid. |
| 1       | 0.000000000                                                                 | -0.000021342 | 0.000625826  | ---- | ----   |
| 2       | 0.000000000                                                                 | 0.000022173  | -0.002156055 | ---- | ----   |
| 3       | 0.000000000                                                                 | 0.000021952  | -0.002154070 | ---- | ----   |
| 4       | 0.000000000                                                                 | -0.000022639 | 0.000782792  | ---- | ----   |

## VERIFICHE A TAGLIO

| Ver    | S = comb. verificata a taglio / N = comb. non verificata                                                                                                                                                                                                                                                                                         |        |         |             |       |       |       |       |     |          |
|--------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|---------|-------------|-------|-------|-------|-------|-----|----------|
| Ved    | Taglio di progetto [kN] = $V_y$ ortogonale all'asse neutro                                                                                                                                                                                                                                                                                       |        |         |             |       |       |       |       |     |          |
| Vcd    | Taglio compressione resistente [kN] lato conglomerato [formula (4.1.28)NTC]                                                                                                                                                                                                                                                                      |        |         |             |       |       |       |       |     |          |
| Vwd    | Taglio resistente [kN] assorbito dalle staffe [(4.1.18) NTC]                                                                                                                                                                                                                                                                                     |        |         |             |       |       |       |       |     |          |
| d   z  | Altezza utile media pesata sezione ortogonale all'asse neutro   Braccio coppia interna [cm]<br>Vengono prese nella media le strisce con almeno un estremo compresso.<br>I pesi della media sono costituiti dalle stesse lunghezze delle strisce.                                                                                                 |        |         |             |       |       |       |       |     |          |
| bw     | Larghezza media resistente a taglio [cm] misurate parallel. all'asse neutro<br>E' data dal rapporto tra l'area delle sopradette strisce resistenti e Dmed.                                                                                                                                                                                       |        |         |             |       |       |       |       |     |          |
| Ctg    | Cotangente dell'angolo di inclinazione dei puntoni di conglomerato                                                                                                                                                                                                                                                                               |        |         |             |       |       |       |       |     |          |
| Acw    | Coefficiente maggiorativo della resistenza a taglio per compressione                                                                                                                                                                                                                                                                             |        |         |             |       |       |       |       |     |          |
| Ast    | Area staffe+legature strettam. necessarie a taglio per metro di pil.[cm²/m]                                                                                                                                                                                                                                                                      |        |         |             |       |       |       |       |     |          |
| A.Eff  | Area staffe+legature efficaci nella direzione del taglio di combinaz.[cm²/m]<br>Tra parentesi è indicata la quota dell'area relativa alle sole legature.<br>L'area della legatura è ridotta col fattore $L/d_{max}$ con $L$ =lunghezza legat.proietta-<br>ta sulla direz. del taglio e $d_{max}$ = massima altezza utile nella direz.del taglio. |        |         |             |       |       |       |       |     |          |
| N°Comb | Ver                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | Ved    | Vcd     | Vwd         | d   z | bw    | Ctg   | Acw   | Ast | A.Eff    |
| 1      | S                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 297.57 | 3566.13 | 431.57121.0 | 109.3 | 100.0 | 2.500 | 1.007 | 2.8 | 4.0(0.0) |
| 2      | S                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 297.57 | 3593.52 | 426.14121.0 | 107.9 | 100.0 | 2.500 | 1.028 | 2.8 | 4.0(0.0) |
| 3      | S                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 211.83 | 3585.77 | 427.54121.0 | 108.3 | 100.0 | 2.500 | 1.022 | 2.0 | 4.0(0.0) |
| 4      | S                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 211.83 | 3611.03 | 423.27121.0 | 107.2 | 100.0 | 2.500 | 1.040 | 2.0 | 4.0(0.0) |

## COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

|                |                                                                                 |        |        |        |        |        |        |         |         |
|----------------|---------------------------------------------------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|
| Ver            | S = comb. verificata/ N = comb. non verificata                                  |        |        |        |        |        |        |         |         |
| Sc max         | Massima tensione (positiva se di compressione) nel conglomerato [Mpa]           |        |        |        |        |        |        |         |         |
| Xc max, Yc max | Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)         |        |        |        |        |        |        |         |         |
| Sf min         | Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [Mpa]                    |        |        |        |        |        |        |         |         |
| Xs min, Ys min | Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)       |        |        |        |        |        |        |         |         |
| Ac eff.        | Area di calcestruzzo [cm²] in zona tesa considerata aderente alle barre         |        |        |        |        |        |        |         |         |
| As eff.        | Area barre [cm²] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure |        |        |        |        |        |        |         |         |
| N°Comb         | Ver                                                                             | Sc max | Xc max | Yc max | Sf min | Xs min | Ys min | Ac eff. | As eff. |
| 1              | S                                                                               | 1.16   | -50.0  | 130.0  | -7.3   | -22.8  | 9.0    | 1500    | 45.2    |
| 2              | S                                                                               | 3.55   | -50.0  | 130.0  | -55.9  | -4.6   | 9.0    | 2250    | 45.2    |
| 3              | S                                                                               | 3.59   | -50.0  | 130.0  | -100.2 | -41.0  | 9.0    | 2250    | 45.2    |
| 4              | S                                                                               | 1.39   | -50.0  | 130.0  | -0.3   | -41.0  | 9.0    | 950     | 45.2    |

## COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

| N°Comb | Ver | Sc max | Xc max | Yc max | Sf min | Xs min | Ys min | Ac eff. | As eff. |
|--------|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|
| 1      | S   | 1.20   | -50.0  | 130.0  | -10.0  | -31.9  | 9.0    | 1750    | 45.2    |

|                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                         |          |       |          |           |          |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|-------|----------|-----------|----------|
|  <b>ITALFERR</b><br>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | <b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b><br><b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b><br><b>TRATTA LERCARA DIRAMAZIONE – CALTANISSETTA (LOTTO 3A)</b><br><b>SL07</b> |          |       |          |           |          |
|                                                                                                                                           | Relazione Scatolare                                                                                                                                                                     | COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV.     |
|                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                         | RS3T     | 30    | D78CL    | SL0700001 | A        |
|                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                         |          |       |          |           | FOGLIO   |
|                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                         |          |       |          |           | 52 di 60 |

|   |   |      |       |       |       |       |     |      |      |
|---|---|------|-------|-------|-------|-------|-----|------|------|
| 2 | S | 3.00 | -50.0 | 130.0 | -76.2 | -4.6  | 9.0 | 2250 | 45.2 |
| 3 | S | 2.95 | -50.0 | 130.0 | -77.7 | -13.7 | 9.0 | 2250 | 45.2 |
| 4 | S | 1.16 | -50.0 | 130.0 | -10.6 | -22.8 | 9.0 | 1850 | 45.2 |

#### COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

|             |                                                                                                                               |
|-------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Ver.        | La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a $f_{ctm}$ |
| e1          | Esito della verifica                                                                                                          |
| e2          | Massima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata                         |
| k1          | Minima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata                          |
| kt          | = 0.8 per barre ad aderenza migliorata [eq.(7.11)EC2]                                                                         |
| k2          | = 0.4 per comb. quasi permanenti / = 0.6 per comb. frequenti [cfr. eq.(7.9)EC2]                                               |
| k3          | = 0.5 per flessione; $= (e1 + e2) / (2 * e1)$ per trazione eccentrica [eq.(7.13)EC2]                                          |
| k4          | = 3.400 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali                                                                         |
| Ø           | = 0.425 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali                                                                         |
| Cf          | Diametro [mm] equivalente delle barre tese comprese nell'area efficace $A_{c\ eff}$ [eq.(7.11)EC2]                            |
| e sm - e cm | Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa                                                           |
| sr max      | Differenza tra le deformazioni medie di acciaio e calcestruzzo [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]                                       |
| wk          | Tra parentesi: valore minimo = $0.6 S_{max} / E_s$ [(7.9)EC2 e (C4.1.8)NTC]                                                   |
| Mx fess.    | Massima distanza tra le fessure [mm]                                                                                          |
| My fess.    | Apertura fessure in mm calcolata = $sr \max * (e_{sm} - e_{cm})$ [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]. Valore limite tra parentesi        |
|             | Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]                                                             |
|             | Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]                                                             |

| Comb. | Ver | e1       | e2 | k2    | Ø    | Cf | e sm - e cm       | sr max | wk           | Mx fess | My fess |
|-------|-----|----------|----|-------|------|----|-------------------|--------|--------------|---------|---------|
| 1     | S   | -0.00006 | 0  | 0.500 | 24.0 | 78 | 0.00003 (0.00003) | 423    | 0.013 (0.30) | 2069.33 | 0.00    |
| 2     | S   | -0.00043 | 0  | 0.500 | 24.0 | 78 | 0.00023 (0.00023) | 468    | 0.107 (0.30) | 1330.41 | 0.00    |
| 3     | S   | -0.00043 | 0  | 0.500 | 24.0 | 78 | 0.00023 (0.00023) | 468    | 0.109 (0.30) | 1312.23 | 0.00    |
| 4     | S   | -0.00006 | 0  | 0.500 | 24.0 | 78 | 0.00003 (0.00003) | 432    | 0.014 (0.30) | 1996.04 | 0.00    |

#### COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

| N°Comb | Ver | Sc max | Xc max | Yc max | Sf min | Xs min | Ys min | Ac eff. | As eff. |
|--------|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|
| 1      | S   | 0.43   | -50.0  | 130.0  | 1.3    | -41.0  | 9.0    | ---     | ---     |
| 2      | S   | 2.92   | -50.0  | 130.0  | -45.9  | -31.9  | 9.0    | 2250    | 45.2    |
| 3      | S   | 2.91   | -50.0  | 130.0  | -46.2  | -22.8  | 9.0    | 2250    | 45.2    |
| 4      | S   | 0.42   | -50.0  | 130.0  | 1.3    | -31.9  | 9.0    | ---     | ---     |

#### COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

| Comb. | Ver | e1       | e2      | k2    | Ø    | Cf  | e sm - e cm       | sr max | wk           | Mx fess  | My fess |
|-------|-----|----------|---------|-------|------|-----|-------------------|--------|--------------|----------|---------|
| 1     | S   | -0.00042 | 0       | ---   | ---  | --- | ---               | ---    | 0.000 (0.20) | -1058.14 | 0.00    |
| 2     | S   | -0.00026 | 0       | 0.500 | 24.0 | 78  | 0.00014 (0.00014) | 468    | 0.065 (0.20) | 1608.45  | 0.00    |
| 3     | S   | -0.00026 | 0       | 0.500 | 24.0 | 78  | 0.00014 (0.00014) | 468    | 0.065 (0.20) | 1602.86  | 0.00    |
| 4     | S   | 0.00000  | 0.00000 | ---   | ---  | --- | ---               | ---    | 0.000 (0.20) | 0.00     | 0.00    |

### 10.4 Verifica sbalzi

Si adottano:

sup. Ø16/20

inf. Ø16/20

spille 12Ø8/mq

|                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                         |                  |             |                   |                        |                                 |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|-------------|-------------------|------------------------|---------------------------------|
|  <b>ITALFERR</b><br><b>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</b> | <b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b><br><b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b><br><b>TRATTA LERCARA DIRAMAZIONE – CALTANISSETTA (LOTTO 3A)</b><br><b>SL07</b> |                  |             |                   |                        |                                 |
|                                                                                                                                                  | Relazione Scatolare                                                                                                                                                                     | COMMESSA<br>RS3T | LOTTO<br>30 | CODIFICA<br>D78CL | DOCUMENTO<br>SL0700001 | REV.<br>A<br>FOGLIO<br>53 di 60 |

Metodo di calcolo resistenza: Resistenze in campo sostanzialmente elastico  
 Normativa di riferimento: N.T.C.  
 Percorso sollecitazione: A Sforzo Norm. costante  
 Condizioni Ambientali: Moderat. aggressive  
 Tipo di sollecitazione: Retta (asse neutro sempre parallelo all'asse X)  
 Riferimento Sforzi assegnati: Assi x,y principali d'inerzia

#### CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

|                |                                                      |                     |         |
|----------------|------------------------------------------------------|---------------------|---------|
| CALCESTRUZZO - | Classe:                                              | C32/40              |         |
|                | Resis. compr. di progetto fcd:                       | 18.800              | MPa     |
|                | Resis. compr. ridotta fcd':                          | 9.400               | MPa     |
|                | Def.unit. max resistenza ec2:                        | 0.0020              |         |
|                | Def.unit. ultima ecu:                                | 0.0035              |         |
|                | Diagramma tensione-deformaz.:                        | Parabola-Rettangolo |         |
|                | Modulo Elastico Normale Ec:                          | 33643.0             | MPa     |
|                | Resis. media a trazione fctm:                        | 3.100               | MPa     |
|                | Coeff. Omogen. S.L.E.:                               | 15.00               |         |
|                | Coeff. Omogen. S.L.E.:                               | 15.00               |         |
| ACCIAIO -      | Tipo:                                                | B450C               |         |
|                | Resist. caratt. snervam. fyk:                        | 450.00              | MPa     |
|                | Resist. caratt. rottura ftk:                         | 450.00              | MPa     |
|                | Resist. 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                                   | 2000000             | daN/cm² |
|                | Diagramma tensione-deformaz.:                        | Bilineare finito    |         |
|                | Coeff. Aderenza istantaneo $\beta_1 \cdot \beta_2$ : | 1.00                |         |
|                | Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$ :  | 0.50                |         |
|                | Sf limite S.L.E. Comb. Rare:                         | 360.00              | MPa     |

#### CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio: Poligonale  
 Classe Conglomerato: C32/40

| N° vertice: | X [cm] | Y [cm] |
|-------------|--------|--------|
| 1           | -50.0  | 0.0    |
| 2           | -50.0  | 60.0   |
| 3           | 50.0   | 60.0   |
| 4           | 50.0   | 0.0    |

#### DATI BARRE ISOLATE

| N° Barra | X [cm] | Y [cm] | DiamØ [mm] |
|----------|--------|--------|------------|
| 1        | -41.5  | 8.5    | 16         |
| 2        | -41.5  | 51.5   | 16         |
| 3        | 41.5   | 51.5   | 16         |
| 4        | 41.5   | 8.5    | 16         |

#### DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

N° Gen. Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre  
 N° Barra Ini. Numero della barra iniziale cui si riferisce la generazione  
 N° Barra Fin. Numero della barra finale cui si riferisce la generazione  
 N° Barre Numero di barre generate equidistanti cui si riferisce la generazione  
 Ø Diametro in mm delle barre della generazione

|                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                         |                  |             |                   |                        |                                 |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|-------------|-------------------|------------------------|---------------------------------|
| <br>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | <b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b><br><b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b><br><b>TRATTA LERCARA DIRAMAZIONE – CALTANISSETTA (LOTTO 3A)</b><br><b>SL07</b> |                  |             |                   |                        |                                 |
|                                                                                                                           | Relazione Scatolare                                                                                                                                                                     | COMMESSA<br>RS3T | LOTTO<br>30 | CODIFICA<br>D78CL | DOCUMENTO<br>SL0700001 | REV.<br>A<br>FOGLIO<br>54 di 60 |

| N°Gen. | N°Barra Ini. | N°Barra Fin. | N°Barre | Ø  |
|--------|--------------|--------------|---------|----|
| 1      | 1            | 4            | 3       | 16 |
| 2      | 2            | 3            | 3       | 16 |

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

| N       | Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)                                                                               |        |       |  |
|---------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|-------|--|
| Mx      | Momento flettente [daNm] intorno all'asse X di riferimento delle coordinate con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez. |        |       |  |
| Vy      | Componente del Taglio [kN] parallela all'asse Y di riferimento delle coordinate                                                               |        |       |  |
| N°Comb. | N                                                                                                                                             | Mx     | Vy    |  |
| 1       | 0.00                                                                                                                                          | -25.00 | 38.00 |  |

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

| N       | Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)                                                                                                  |        |      |  |
|---------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|------|--|
| Mx      | Momento flettente [kNm] intorno all'asse X di riferimento (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione |        |      |  |
| N°Comb. | N                                                                                                                                                                    | Mx     | My   |  |
| 1       | 0.00                                                                                                                                                                 | -16.00 | 0.00 |  |

#### RISULTATI DEL CALCOLO

##### Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

|                                              |      |    |
|----------------------------------------------|------|----|
| Copriferro netto minimo barre longitudinali: | 7.7  | cm |
| Interferro netto minimo barre longitudinali: | 19.2 | cm |
| Copriferro netto minimo staffe:              | 6.9  | cm |

#### VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE SOSTANZIALMENTE ELASTICO

|           |                                                                                                                                  |  |  |  |
|-----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|--|
| Ver       | S = combinazione verificata / N = combin. non verificata                                                                         |  |  |  |
| N         | Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)                                         |  |  |  |
| Mx        | Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia                                                      |  |  |  |
| N Res     | Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)                                           |  |  |  |
| Mx Res    | Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia                                                          |  |  |  |
| Mis.Sic.  | Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My)<br>Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000 |  |  |  |
| As Totale | Area totale barre longitudinali [cm²]. [Tra parentesi il valore minimo di normativa]                                             |  |  |  |

| N°Comb | Ver | N    | Mx     | N Res | Mx Res  | Mis.Sic. | As Totale  |
|--------|-----|------|--------|-------|---------|----------|------------|
| 1      | S   | 0.00 | -25.00 | 0.00  | -189.03 | 7.56     | 20.1(18.0) |

#### METODO AGLI STATI LIMITE IN CAMPO SOSTANZIALMENTE ELASTICO - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO LIMITE

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

|                                                                                                                           |                                                                                                                                                                    |                  |             |                   |                        |                                 |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|-------------|-------------------|------------------------|---------------------------------|
| <br>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO<br>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA<br>TRATTA LERCARA DIRAMAZIONE – CALTANISSETTA (LOTTO 3A)<br><b>SL07</b> |                  |             |                   |                        |                                 |
|                                                                                                                           | Relazione Scatolare                                                                                                                                                | COMMESSA<br>RS3T | LOTTO<br>30 | CODIFICA<br>D78CL | DOCUMENTO<br>SL0700001 | REV.<br>A<br>FOGLIO<br>55 di 60 |

| N°Comb | ec max  | Xc max | Yc max | es min  | Xs min | Ys min | es max   | Xs max | Ys max |
|--------|---------|--------|--------|---------|--------|--------|----------|--------|--------|
| 1      | 0.00045 | -50.0  | 0.0    | 0.00006 | -41.5  | 8.5    | -0.00196 | 41.5   | 51.5   |

#### POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

| a, b, c | Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro $aX+bY+c=0$ nel rif. X,Y,O gen.     |              |             |     |        |
|---------|------------------------------------------------------------------------------|--------------|-------------|-----|--------|
| 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 per sola flessione in travi continue                |              |             |     |        |
| N°Comb  | a                                                                            | b            | c           | x/d | C.Rid. |
| 1       | 0.000000000                                                                  | -0.000046801 | 0.000453768 |     |        |

#### VERIFICHE A TAGLIO

| Ver    | S = comb. verificata a taglio / N = comb. non verificata                                                                                                                                                                                                                                                                                     |       |         |        |             |       |       |       |     |          |
|--------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|---------|--------|-------------|-------|-------|-------|-----|----------|
| Ved    | Taglio di progetto [kN] = $V_y$ ortogonale all'asse neutro                                                                                                                                                                                                                                                                                   |       |         |        |             |       |       |       |     |          |
| Vcd    | Taglio compressione resistente [kN] lato conglomerato [formula (4.1.28) NTC]                                                                                                                                                                                                                                                                 |       |         |        |             |       |       |       |     |          |
| Vwd    | Taglio resistente [kN] assorbito dalle staffe [(4.1.18) NTC]                                                                                                                                                                                                                                                                                 |       |         |        |             |       |       |       |     |          |
| d   z  | Altezza utile media pesata sezione ortogonale all'asse neutro   Braccio coppia interna [cm]<br>Vengono prese nella media le strisce con almeno un estremo compresso.<br>I pesi della media sono costituiti dalle stesse lunghezze delle strisce.                                                                                             |       |         |        |             |       |       |       |     |          |
| bw     | Larghezza media resistente a taglio [cm] misurate parallel. all'asse neutro<br>E' data dal rapporto tra l'area delle sopradette strisce resistenti e Dmed.                                                                                                                                                                                   |       |         |        |             |       |       |       |     |          |
| Ctg    | Cotangente dell'angolo di inclinazione dei puntoni di conglomerato                                                                                                                                                                                                                                                                           |       |         |        |             |       |       |       |     |          |
| Acw    | Coefficiente maggiorativo della resistenza a taglio per compressione                                                                                                                                                                                                                                                                         |       |         |        |             |       |       |       |     |          |
| Ast    | Area staffe+legature strettam. necessarie a taglio per metro di pil.[cm²/m]                                                                                                                                                                                                                                                                  |       |         |        |             |       |       |       |     |          |
| A.Eff  | Area staffe+legature efficaci nella direzione del taglio di combinaz.[cm²/m]<br>Tra parentesi è indicata la quota dell'area relativa alle sole legature.<br>L'area della legatura è ridotta col fattore $L/d_{max}$ con $L$ =lungh.legat.proietta-<br>ta sulla direz. del taglio e $d_{max}$ = massima altezza utile nella direz.del taglio. |       |         |        |             |       |       |       |     |          |
| N°Comb | Ver                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | Ved   | Vcd     | Vwd    | d   z       | bw    | Ctg   | Acw   | Ast | A.Eff    |
| 1      | S                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 38.00 | 1543.60 | 245.20 | 56.1   47.6 | 100.0 | 2.500 | 1.000 | 0.8 | 5.3(0.0) |

#### COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

| Ver            | S = comb. verificata/ N = comb. non verificata                                  |        |        |        |        |        |        |         |         |
|----------------|---------------------------------------------------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|
| Sc max         | Massima tensione (positiva se di compressione) nel conglomerato [Mpa]           |        |        |        |        |        |        |         |         |
| Xc max, Yc max | Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)         |        |        |        |        |        |        |         |         |
| Sf min         | Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [Mpa]                    |        |        |        |        |        |        |         |         |
| Xs min, Ys min | Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)       |        |        |        |        |        |        |         |         |
| Ac eff.        | Area di calcestruzzo [cm²] in zona tesa considerata aderente alle barre         |        |        |        |        |        |        |         |         |
| As eff.        | Area barre [cm²] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure |        |        |        |        |        |        |         |         |
| N°Comb         | Ver                                                                             | Sc max | Xc max | Yc max | Sf min | Xs min | Ys min | Ac eff. | As eff. |
| 1              | S                                                                               | 0.59   | -50.0  | 0.0    | -33.4  | 20.8   | 51.5   | 1573    | 10.1    |

|                                                                                   |                                                                                                                                                                    |             |                   |                        |           |                    |
|-----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|-------------------|------------------------|-----------|--------------------|
|  | DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO<br>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA<br>TRATTA LERCARA DIRAMAZIONE – CALTANISSETTA (LOTTO 3A)<br><b>SL07</b> |             |                   |                        |           |                    |
| Relazione Scatolare                                                               | COMMESSA<br>RS3T                                                                                                                                                   | LOTTO<br>30 | CODIFICA<br>D78CL | DOCUMENTO<br>SL0700001 | REV.<br>A | FOGLIO<br>56 di 60 |

## 10.5 Tabella riepilogativa incidenza ferri

|              | Inc. Armature<br>[kg/mc] |
|--------------|--------------------------|
| Soletta inf. | 90                       |
| Soletta sup. | 85                       |
| Piedritto    | 80                       |
| Sbalzi       | 50                       |

(per il quantitativo di armatura secondaria si assume il 20% di quella principale; si aggiunge al quantitativo di armatura principale e secondaria un 15% per sovrapposizioni/legature)

|                                                                                                                                              |                                                                                                                                                             |                  |             |                   |                        |           |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|-------------|-------------------|------------------------|-----------|
| <br><b>ITALFERR</b><br>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO<br>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA<br>TRATTA LERCARA DIRAMAZIONE – CALTANISSETTA (LOTTO 3A)<br>SL07 |                  |             |                   |                        |           |
|                                                                                                                                              | Relazione Scatolare                                                                                                                                         | COMMESSA<br>RS3T | LOTTO<br>30 | CODIFICA<br>D78CL | DOCUMENTO<br>SL0700001 | REV.<br>A |

## 11. VERIFICHE GEOTECNICHE

La stratigrafia di calcolo prevede l'utilizzo di un unico strato di terreno, le cui caratteristiche vengono valutate come media pesata sugli spessori sino alla profondità, dal piano di posa, pari alla dimensione B della fondazione. Risulta pertanto:

|            | <i>m</i>    | $^{\circ}$     | $^{\circ} * m$     |
|------------|-------------|----------------|--------------------|
|            | <b>H</b>    | $\Phi^{\circ}$ | $\Phi^{\circ} * H$ |
| strato 1   | 3.5         | 30.3           | 106.05             |
| strato 2   | 12          | 21.6           | 259.2              |
| strato 3   | 0           | 0              | 0                  |
| <b>TOT</b> | <b>15.5</b> |                | <b>365.25</b>      |

$\Phi^{\circ}$  medio                      **24 °**

|            | <i>m</i>    | <i>kPa</i> | <i>kPa*m</i>  |
|------------|-------------|------------|---------------|
|            | <b>H</b>    | <b>c'</b>  | <b>c' * H</b> |
| strato 1   | 3.5         | 3.6        | 12.6          |
| strato 2   | 12          | 23         | 276           |
| strato 3   | 0           | 0          | 0             |
| <b>TOT</b> | <b>15.5</b> |            | <b>288.6</b>  |

**c' medio                      19 kPa**

|            | <i>m</i>    | <i>kPa</i> | <i>kPa*m</i>  |
|------------|-------------|------------|---------------|
|            | <b>H</b>    | <b>Cu</b>  | <b>Cu * H</b> |
| strato 1   | 3.5         | 85         | 297.5         |
| strato 2   | 12          | 330        | 3960          |
| strato 3   | 0           | 0          | 0             |
| <b>TOT</b> | <b>15.5</b> |            | <b>4257.5</b> |

**Cu medio                      275 kPa**

|            | <i>m</i>    | <i>kN/mc</i> | <i>kN/mc*m</i> |
|------------|-------------|--------------|----------------|
|            | <b>H</b>    | $\gamma$     | $\gamma * H$   |
| strato 1   | 3.5         | 21           | 73.5           |
| strato 2   | 12          | 21.4         | 256.8          |
| strato 3   | 0           | 0            | 0              |
| <b>TOT</b> | <b>15.5</b> |              | <b>330.3</b>   |

$\gamma$  medio                      **21 kN/mc**

Si riporta di seguito la verifica a carico limite per la combinazione più gravosa:

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 ( $e_B = M_b/N$ )

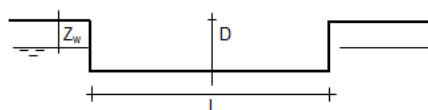
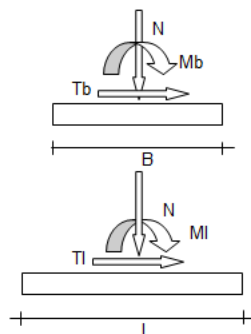
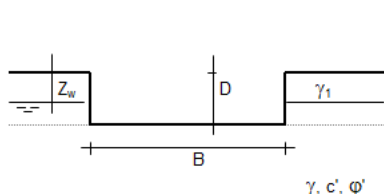
$e_L$  = Eccentricità in direzione L ( $e_L = M_l/N$ ) (per fondazione nastriforme  $e_L = 0$ ;  $L^* = L$ )

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

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

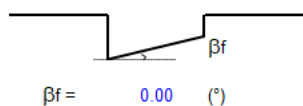
(per fondazione nastriforme le sollecitazioni agenti sono riferite all'unità di lunghezza)

| Metodo di calcolo        |          |   | coefficienti parziali |                      |                       |      |            |       |
|--------------------------|----------|---|-----------------------|----------------------|-----------------------|------|------------|-------|
|                          |          |   | azioni                |                      | proprietà del terreno |      | resistenze |       |
|                          |          |   | permanenti            | temporanee variabili | $\tan \phi'$          | $c'$ | $q_{lim}$  | scorr |
| Stato Limite Ultimo      | A1+M1+R1 | ○ | 1.30                  | 1.50                 | 1.00                  | 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)

$B = 15.50$  (m)  
 $L = 1.00$  (m)  
 $D = 3.50$  (m)



| AZIONI   |                 |            |                   |
|----------|-----------------|------------|-------------------|
|          | valori di input |            | Valori di calcolo |
|          | permanenti      | temporanee |                   |
| N [kN]   | 2545.80         |            | 2545.80           |
| Mb [kNm] | 5861.70         |            | 5861.70           |
| MI [kNm] | 0.00            |            | 0.00              |
| Tb [kN]  | 540.00          |            | 540.00            |
| TI [kN]  | 0.00            |            | 0.00              |
| H [kN]   | 540.00          | 0.00       | 540.00            |

*Peso unità di volume del terreno*

$$\gamma_1 = 19.00 \quad (\text{kN/mc})$$

$$\gamma = 21.00 \quad (\text{kN/mc})$$

*Valori caratteristici di resistenza del terreno*

$$c' = 19.00 \quad (\text{kN/mq})$$

$$\varphi' = 24.00 \quad (^\circ)$$

*Valori di progetto*

$$c' = 19.00 \quad (\text{kN/mq})$$

$$\varphi' = 24.00 \quad (^\circ)$$

*Profondità della falda*

$$Z_w = 10.00 \quad (\text{m})$$

$$e_B = 2.30 \quad (\text{m})$$

$$e_L = 0.00 \quad (\text{m})$$

$$B^* = 10.90 \quad (\text{m})$$

$$L^* = 1.00 \quad (\text{m})$$

**q : sovraccarico alla profondità D**

$$q = 66.50 \quad (\text{kN/mq})$$

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

$$\gamma = 15.19 \quad (\text{kN/mc})$$

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

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

$$N_q = 9.60$$

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

$$N_c = 19.32$$

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

$$N_\gamma = 9.44$$

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

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

$$s_c = 1.05$$

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

$$s_q = 1.04$$

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

$$s_\gamma = 0.96$$

$g_c$ ,  $g_q$ ,  $g_\gamma$  : fattori di inclinazione piano di campagna

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

$$g_q = 1.00$$

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

$$g_c = 1.00$$

$$g_\gamma = g_q$$

$$g_\gamma = 1.00$$

Carico limite unitario

$$q_{lim} = 1039.66 \quad (\text{kN/m}^2)$$

Pressione massima agente

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

$$q = 233.67 \quad (\text{kN/m}^2)$$

Verifica di sicurezza capacità portante

$$q_{lim} / \gamma_R = 452.03 \geq q = 233.67 \quad (\text{kN/m}^2)$$

VERIFICA A SCORRIMENTO

Carico agente

$$H_d = 540.00 \quad (\text{kN})$$

Azione Resistente

$$S_d = N \tan(\varphi') + c' B^* L^*$$

$$S_d = 1340.47 \quad (\text{kN})$$

Verifica di sicurezza allo scorrimento

$$S_d / \gamma_R = 1218.61 \geq H_d = 540.00 \quad (\text{kN})$$