

COMMITTENTE:



DIREZIONE INVESTIMENTI
DIREZIONE PROGRAMMA INVESTIMENTI DIRETTRICE SUD

PROGETTAZIONE:



INFRASTRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE DEFINITE DALLA LEGGE OBIETTIVO N.443/01

U.O. INFRASTRUTTURE SUD

PROGETTO DEFINITIVO

LINEA PESCARA - BARI

RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI - LESINA LOTTO 2 E 3 – RADDOPPIO TERMOLI – RIPALTA

GENERALI
FABBRICATI E PIAZZALI
RELAZIONE DI CALCOLO FABBRICATO ENERGIA

SCALA:

:-:---

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

LI02 02 D 78 CL FA00000 002 A

| Rev | Descrizione | Redatto | Data | Verificato | Data | Approvato | Data | Autorizzato/Data |
|-----|---------------------|------------|-------------|-------------|-------------|--------------|-------------|---------------------------|
| A | Emissione Esecutiva | L. Infante | Aprile 2019 | G. Giustino | Aprile 2019 | B.M. Bianchi | Aprile 2019 | D. Tiberti Aprile 2019 |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |

(Signature)
ITALFERR S.p.A.
 Gruppo Ferrovie dello Stato
 Direzione Generale
 UO Infrastrutture Sud
 Dott. Ing. Daniele Tiberti
 Ordine degli Ingegneri Prov. di Napoli n. 10876

File: LI0202D78CLFA0000002A

n. Elab.

| | | | | | | |
|---|---|------------------|-------------|---------------------|--------------------------|----------------|
|  ITAFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | LINEA PESCARA-BARI – RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTI 2 E 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA FABBRICATO PC | | | | | |
| | Fabbricato Energia Relazione di calcolo delle strutture | PROGETTO LI02 | LOTTO 02 | CODIFICA D 78 CL | DOCUMENTO FA 0000 002 | REVISIONE A |

INDICE

| | |
|---|-----------|
| 1.-.. PREMESSA..... | 4 |
| 2.-.. NORME DI RIFERIMENTO..... | 5 |
| 3.-.. DESCRIZIONE DELLE STRUTTURE..... | 6 |
| 4.-.. CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEL TERRENO | 9 |
| 4.1.-.. Stratigrafia di calcolo..... | 9 |
| 5.-.. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI..... | 11 |
| 5.1.-.. Opere in calcestruzzo armato..... | 11 |
| 5.1.1.-.. <i>Magrone</i> | 11 |
| 5.1.2.-.. <i>Struttura in fondazione:</i> | 11 |
| 5.1.3.-.. <i>Struttura in elevazione e solaio in lastre predalles:</i> | 12 |
| 5.2.-.. Acciaio per calcestruzzo armato | 13 |
| 5.3.-.. Copriferro | 13 |
| 6.-.. ANALISI DEI CARICHI DI PROGETTO..... | 15 |
| 6.1.-.. Carichi permanenti..... | 15 |
| 6.1.1.-.. <i>Solaio copertura</i> | 15 |
| 6.1.2.-.. <i>Facciate e cornicioni:</i> | 15 |
| 6.2.-.. Carichi variabili | 16 |
| 6.3.-.. Azioni della neve | 16 |
| 6.4.-.. Azioni del vento..... | 17 |
| 6.5.-.. Variazione Termica | 19 |
| 6.6.-.. Azione sismica..... | 19 |
| 6.6.1.-.. <i>Vita nominale</i> | 20 |
| 6.6.2.-.. <i>Classe d'uso</i> | 21 |
| 6.6.3.-.. <i>Periodo di riferimento per l'azione sismica</i> | 21 |
| 6.6.4.-.. <i>Azioni di progetto</i> | 22 |
| 6.6.5.-.. <i>Metodo di analisi</i> | 30 |
| 6.6.5.1.-.. <i>Risposta Modale</i> | 31 |
| 6.6.5.2.-.. <i>Eccentricità accidentale delle masse (Ecc.X , Ecc.Y)</i> | 34 |
| 7.-.. ANALISI DELLA STRUTTURA | 36 |
| 7.1.-.. Codici di calcolo utilizzati | 36 |
| 7.1.1.-.. <i>Affidabilità del software</i> | 36 |
| 7.2.-.. Modellazione dell'opera | 36 |

| | | | | | | |
|---|---|------------------|-------------|---------------------|--------------------------|----------------|
|  ITAFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | LINEA PESCARA-BARI – RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTI 2 E 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA FABBRICATO PC | | | | | |
| | Fabbricato Energia Relazione di calcolo delle strutture | PROGETTO LI02 | LOTTO 02 | CODIFICA D 78 CL | DOCUMENTO FA 0000 002 | REVISIONE A |

| | | |
|---------------|--|-----------|
| 7.2.1.-.. | Condizioni di carico e assegnazioni..... | 40 |
| 7.3.-.. | Combinazioni di carico..... | 44 |
| 7.3.1.-.. | Modello di calcolo..... | 44 |
| 8.-.. | SOLLECITAZIONI MASSIME | 57 |
| 9.-.. | VERIFICA ELEMENTI STRUTTURALI | 64 |
| 9.1.-.. | Travi elevazione 30x40cm..... | 64 |
| 9.1.1.-.. | Tabulato di verifica SLU - SLE e taglio – ZONA APPOGGIO..... | 68 |
| 9.1.2.-.. | Tabulato di verifica SLU - SLE – CAMPATA | 72 |
| 9.2.-.. | Pilastri (30x50) | 75 |
| 9.2.1.-.. | Tabulato di verifica SLU – SLE e taglio | 80 |
| 9.3.-.. | Travi fondazione..... | 85 |
| 9.3.1.-.. | Tabulato di verifica SLU – SLE e taglio | 88 |
| 10.-.. | VERIFICA SOLAIO | 93 |
| 10.1.-.. | Premessa | 93 |
| 10.2.-.. | Analisi dei carichi | 93 |
| 10.3.-.. | Calcolo delle massime sollecitazioni agenti | 93 |
| 10.4.-.. | Verifica del solaio..... | 94 |
| 11.-.. | VERIFICA DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI IN TERMINI DI CONTENIMENTO DEL DANNO AGLI ELEMENTI NON STRUTTURALI (SLO)..... | 98 |
| 12.-.. | VERIFICA DI CAPACITÀ PORTANTE..... | 99 |

| | | | | | | |
|--|---|------------------|-------------|---------------------|--------------------------|----------------|
|  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | LINEA PESCARA-BARI – RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTI 2 E 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA FABBRICATO PC | | | | | |
| | Fabbricato Energia Relazione di calcolo delle strutture | PROGETTO LI02 | LOTTO 02 | CODIFICA D 78 CL | DOCUMENTO FA 0000 002 | REVISIONE A |

1.-..PREMESSA

La presente relazione di calcolo riguarda il Progetto Definitivo dell'edificio tipologico “**ENERGIA**” posto in adiacenza al fabbricato **PGEP**, da realizzare nell'ambito del potenziamento infrastrutturale della linea ferroviaria Termoli-Lesina, dove saranno realizzati in corrispondenza della progressive km 5+200 e 7+050 circa.

| | | | | | | |
|--|---|------------------|-------------|---------------------|--------------------------|----------------|
|  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | LINEA PESCARA-BARI – RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTI 2 E 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA FABBRICATO PC | | | | | |
| | Fabbricato Energia Relazione di calcolo delle strutture | PROGETTO LI02 | LOTTO 02 | CODIFICA D 78 CL | DOCUMENTO FA 0000 002 | REVISIONE A |

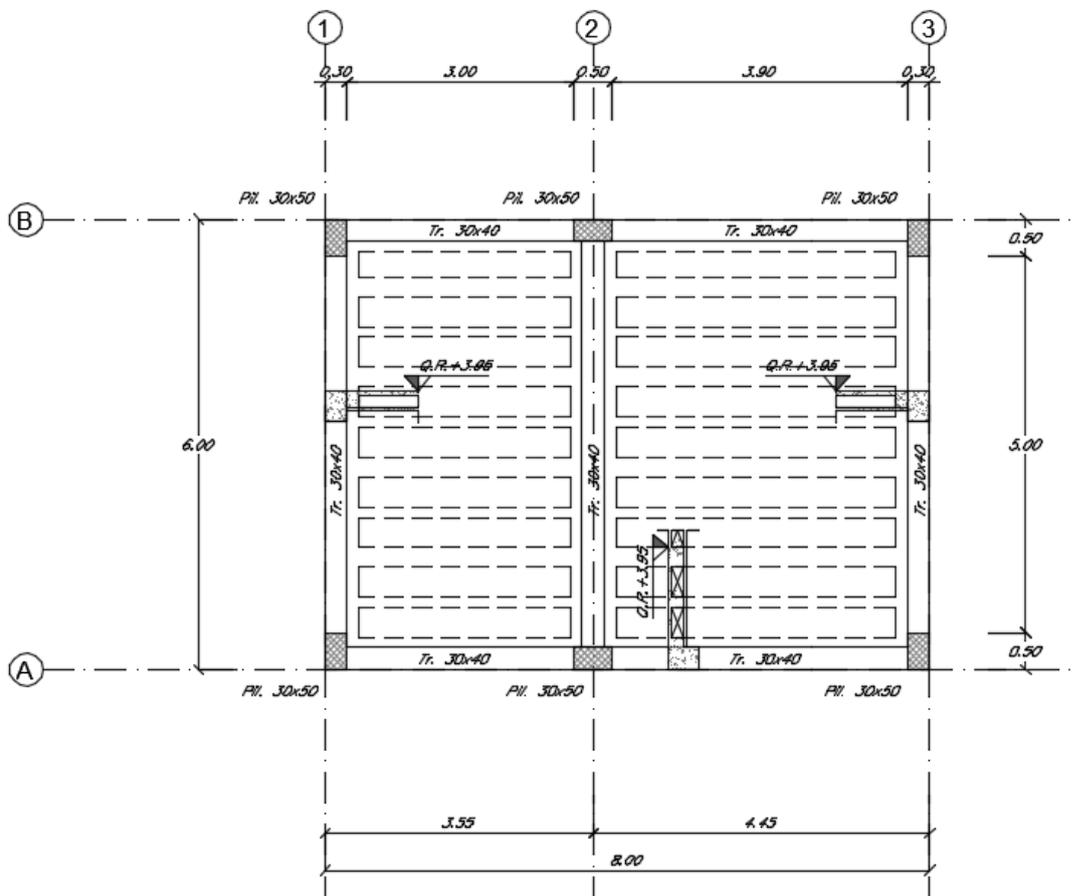
2.-..NORME DI RIFERIMENTO

- [N.1]. L. n. 64 del 2/2/1974“Provvedimento per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche”.
- [N.2]. L. n. 1086 del 5/11/1971“Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica”.
- [N.3]. Norme Tecniche per le Costruzioni - D.M. 14-01-08 (NTC-2008);
- [N.4]. Circolare n. 617 del 2 febbraio 2009 - Istruzioni per l’Applicazione Nuove Norme Tecniche Costruzioni di cui al Decreto Ministeriale 14 gennaio 2008;
- [N.5]. 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.
- [N.6]. Eurocodici EN 1991-2: 2003/AC:2010.
- [N.7]. RFI DTC SI MA IFS 001 B del 22-12-17 - Manuale di Progettazione delle Opere Civili.
- [N.8]. RFI DTC SI SP IFS 001 C – Capitolato generale tecnico di Appalto delle opere civili.
- [N.9]. CNR-DT207/2008 Istruzioni per la valutazione delle azioni e degli effetti del vento sulle costruzioni.
- [N.10]. UNI 11104: Calcestruzzo: Specificazione, prestazione, produzione e conformità - Istruzioni complementari per l’applicazione della EN 206-1

3.-.DESCRIZIONE DELLE STRUTTURE

Il fabbricato in oggetto è costituito da una struttura in c.a. su fondazione diretta a travi rovesce.

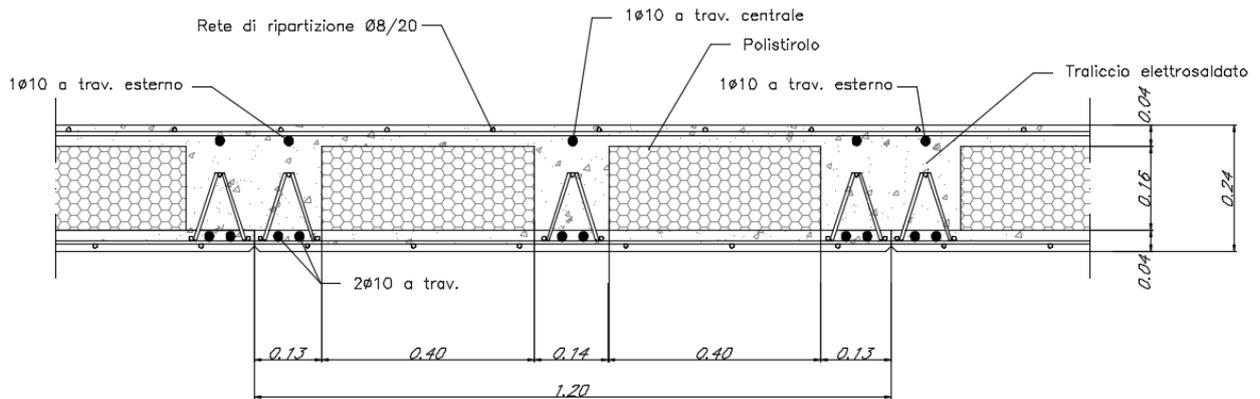
La struttura ha pianta rettangolare di dimensioni L x B = 8.00 x 6.00 m, è un telaio spaziale monolivello con copertura piana costituito da una campate in direzione trasversale di luce pari a 5.70m e due campate in direzione longitudinale.



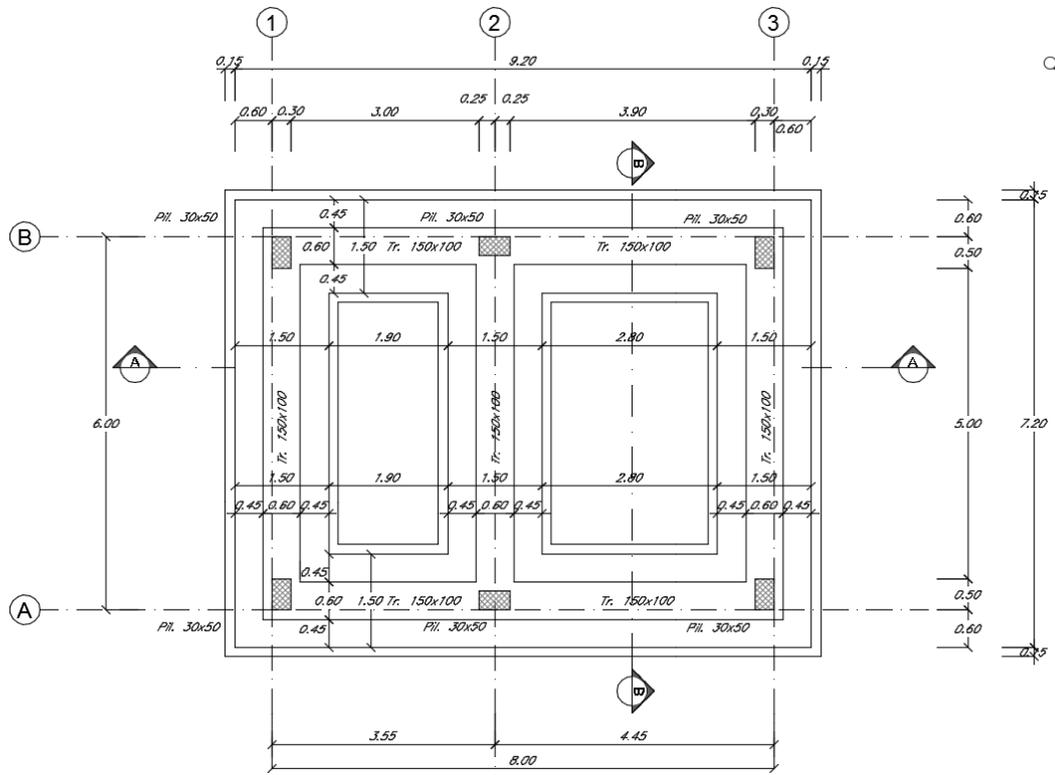
La parte in elevazione è costituita da travi e pilastri in c.a.. In particolare, i pilastri hanno dimensioni in pianta 0.30m x 0.50m, le travi perimetrali (trasversali e longitudinali) hanno dimensioni 0.30m x 0.40m e le travi interne hanno dimensione 0.30m x 0.40m.

Il solaio di copertura, ordito lungo la direzione longitudinale del fabbricato, è del tipo semiprefabbricato a prèdalles, con getto in opera dei travetti e della caldana superiore. Lo spessore totale del solaio di copertura è di 24 cm e comprende 4 cm di prèdalles, 16

cm di nervature e 4 cm di caldana superiore. Le lastre tipo prædalles sono larghe 120 cm e presentano tre tralci di irrigidimento ed elementi di alleggerimento delimitanti le nervature intermedie.



Le fondazioni del fabbricato saranno del tipo diretto, costituite da un reticolo di travi a T rovesce di altezza 1.00m con suola di base 1.50m e spessore 0.40m.



Le caratteristiche geometriche dell' edificio sono le seguenti:

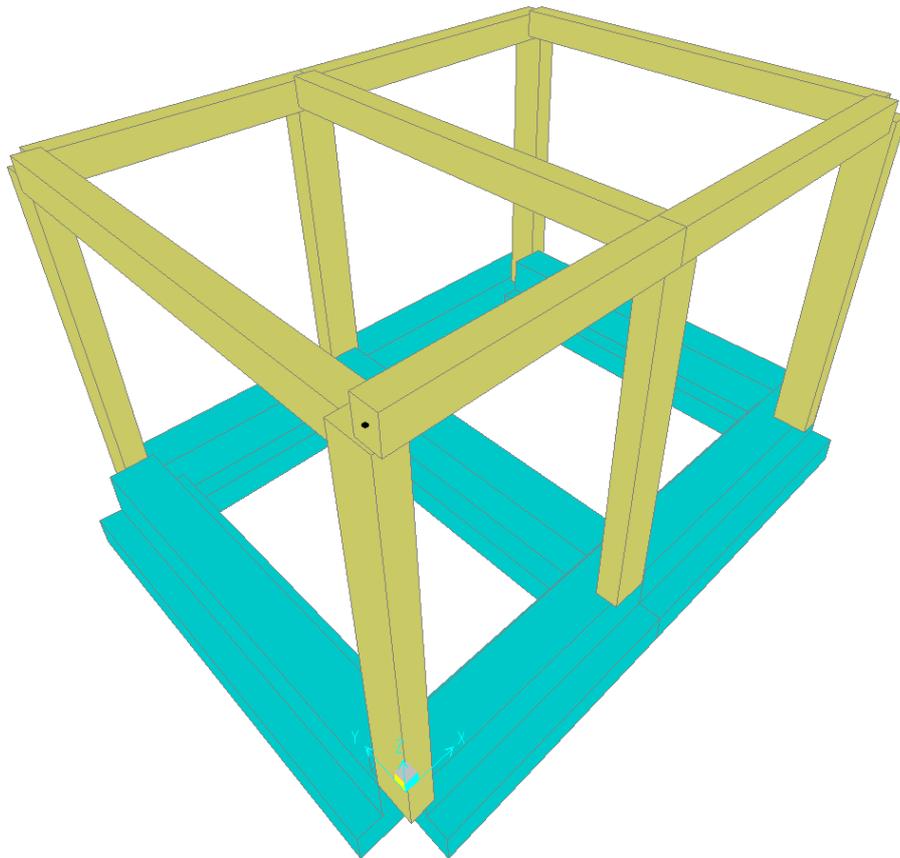
| PROGETTO | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REVISIONE | FOGLIO |
|----------|-------|----------|-------------|-----------|---------|
| LI02 | 02 | D 78 CL | FA 0000 002 | A | 8di 103 |

Fabbricato Energia
Relazione di calcolo delle strutture

- Lunghezza totale $L = 8.00 \text{ m}$
- Larghezza totale $B = 6.00 \text{ m}$
- Quota piano posa fondazioni (filo magrone): $H_1 = -1.50 \text{ m}$
- Quota piano campagna $H_2 = 0,00 \text{ m}$
- Quota piano terra: $H_3 = +0,25 \text{ m}$
- Quota copertura: $H_4 = +3.95 \text{ m}$

Per quanto concerne la soletta di ripartizione del solaio di calpestio, questa è scollegata dalla struttura portante a mezzo di un giunto.

Per maggiori approfondimenti sulle geometrie delle diverse parti dell'opera si rimanda agli elaborati grafici di progetto.



| | | | | | | |
|---|---|------------------|-------------|---------------------|--------------------------|----------------|
|  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | LINEA PESCARA-BARI – RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTI 2 E 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA FABBRICATO PC | | | | | |
| | Fabbricato Energia Relazione di calcolo delle strutture | PROGETTO LI02 | LOTTO 02 | CODIFICA D 78 CL | DOCUMENTO FA 0000 002 | REVISIONE A |

4.-..CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEL TERRENO

4.1.-..Stratigrafia di calcolo

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

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

(S17v)

0,00÷1.90 Unità b2 – Limo argilloso deb. sabbioso

| | |
|--|---|
| $\gamma = 18\div 19$ kN/m ³ | peso di volume naturale |
| $\varphi' = 24^\circ$ | angolo di resistenza al taglio |
| $c' = 5$ kPa | coesione drenata |
| $N_{spt} = 10\div 65$ | numero di colpi da prova SPT |
| $c_u = 50\div 120$ kPa | resistenza al taglio in condizioni non drenate |
| $V_s = 130\text{-}240$ m/s | velocità delle onde di taglio |
| $G_o = 35\text{-}115$ MPa | modulo di deformazione a taglio iniziale |
| $E_o = 90\div 300$ MPa | modulo di deformazione elastico iniziale (a piccole deformazioni) |

1.90÷14.30 Unità ba2 – Sabbia, sabbia limosa (Alluvioni attuali e recenti)

| | |
|--|--|
| $\gamma = 19\div 20$ kN/m ³ | peso di volume naturale |
| $c' = 0$ kPa | coesione drenata |
| $\varphi' = 29\div 35^\circ$ | angolo di resistenza al taglio |
| $N_{spt} = 2\div 40$ | numero di colpi da prova SPT |
| $V_s = 100\div 250$ m/s | velocità delle onde di taglio |
| $G_o = 20\div 120$ MPa | modulo di deformazione a taglio iniziale |
| $E_o = 50\div 320$ MPa | modulo di deformazione elastico iniziale |
| $k = 10^{-5}$ m/s | permeabilità |

14.30÷30.00 Argille subappenniniche – Unità ASP (Argille limose e limi argillosi)

| | |
|--|--------------------------------|
| $\gamma = 19.5\div 20.5$ kN/m ³ | peso di volume naturale |
| $c' = 5\div 15$ kPa | coesione drenata |
| $\varphi' = 22\div 29^\circ$ | angolo di resistenza al taglio |

| | | | | | | |
|--|------------------|-------------|---------------------|--------------------------|----------------|--------------------|
| Fabbricato Energia Relazione di calcolo delle strutture | PROGETTO LI02 | LOTTO 02 | CODIFICA D 78 CL | DOCUMENTO FA 0000 002 | REVISIONE A | FOGLIO 10di 103 |
|--|------------------|-------------|---------------------|--------------------------|----------------|--------------------|

| | |
|----------------------------|--|
| $c_u = 75\div 350$ kPa | resistenza al taglio in condizioni non drenate |
| $N_{spt} = 20\div 40$ | numero di colpi da prova SPT |
| $V_s = 190\text{-}280$ m/s | velocità delle onde di taglio; |
| $G_o = 70\text{-}150$ MPa | modulo di deformazione a taglio iniziale |
| $E_o = 180\div 390$ MPa | modulo di deformazione elastico iniziale |
| $k = 10^{-6}$ m/s | permeabilità |

La falda idrica è cautelativamente considerata sempre a 7.20m da p.c.. Tale valore è esterno ai volumi significativi delle opere in oggetto.

| | | | | | | |
|---|---|------------------|-------------|---------------------|--------------------------|----------------|
|  ITAFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | LINEA PESCARA-BARI – RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTI 2 E 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA FABBRICATO PC | | | | | |
| | Fabbricato Energia Relazione di calcolo delle strutture | PROGETTO LI02 | LOTTO 02 | CODIFICA D 78 CL | DOCUMENTO FA 0000 002 | REVISIONE A |

5.-. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

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

5.1.-.Opere in calcestruzzo armato

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

5.1.1.-.Magrone

Conglomerato classe di resistenza C12/15 – Rck 15MPa

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

5.1.2.-.Struttura in fondazione:

Conglomerato classe di resistenza C25/30 – Rck 30MPa

| | | |
|--|------------------------------|--------------------|
| Modulo di elasticità longitudinale | $E_C = 31447$ | [MPa] |
| Coefficiente di dilatazione termica | $\alpha = 10 \times 10^{-6}$ | [C ⁻¹] |
| Coefficiente di Poisson | $\nu = 0,20$ | [-] |
| Coefficiente parziale di sicurezza | $\gamma_c = 1,50$ | [-] |
| Coefficiente riduttivo per le resistenze di lunga durata | $\alpha_{cc} = 0,85$ | [-] |
| Resistenza caratteristica cubica a compressione | $R_{ck} = 30,0$ | [MPa] |
| Resistenza caratteristica cilindrica a compressione | $f_{ck} = 24,9$ | [MPa] |
| Resistenza media cilindrica a compressione | $f_{cm} = 32,9$ | [MPa] |
| Resistenza media a trazione semplice | $f_{ctm} = 2,56$ | [MPa] |
| Resistenza caratteristica a trazione semplice | $f_{ctk} = 1,79$ | [MPa] |
| Resistenza media a trazione per flessione | $f_{ctm} = 3,07$ | [MPa] |
| Resistenza caratteristica a trazione per flessione | $f_{ctk} = 2,15$ | [MPa] |
| Resistenza caratteristica tangenziale per aderenza | $f_{bk} = 4,03$ | [MPa] |
| Resistenza di calcolo a compressione | $f_{cd} = 14,1$ | [MPa] |
| Resistenza di calcolo a trazione semplice | $f_{ctd} = 1,19$ | [MPa] |
| Resistenza di calcolo a trazione per flessione | $f_{ctd} = 1,43$ | [MPa] |
| Resistenza di calcolo tangenziale per aderenza | $f_{bd} = 2,69$ | [MPa] |

| | | | | | | |
|---|---|------------------|-------------|---------------------|--------------------------|----------------|
|  ITAFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | LINEA PESCARA-BARI – RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTI 2 E 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA FABBRICATO PC | | | | | |
| | Fabbricato Energia Relazione di calcolo delle strutture | PROGETTO LI02 | LOTTO 02 | CODIFICA D 78 CL | DOCUMENTO FA 0000 002 | REVISIONE A |

| | |
|--|--|
| Coefficiente sicurezza SLU | $\gamma_C = 1,50$ |
| Resistenza di calcolo a compressione SLU | $f_{cd} = 0,85 f_{ck} / \gamma_C = 15.87 \text{ N/mm}^2$ |
| Resistenza di calcolo a trazione semplice (5%) SLU | $f_{ctd} = 0.7 f_{ctk} / \gamma_C = 1.29 \text{ N/mm}^2$ |
| Coefficiente sicurezza SLE | $\gamma_C = 1,00$ |
| combinazione rara | $\sigma_{c,ad} = 0,60 f_{ck} = 16.80 \text{ N/mm}^2$ |
| combinazione quasi permanente | $\sigma_{c,ad} = 0,45 f_{ck} = 12.60 \text{ N/mm}^2$ |

5.1.3.-..Struttura in elevazione e solaio in lastre predalles:

Conglomerato classe di resistenza C28/35 – Rck 35MPa

| | | |
|--|------------------------------|--------------------|
| Modulo di elasticità longitudinale | $E_C = 32588$ | [MPa] |
| Coefficiente di dilatazione termica | $\alpha = 10 \times 10^{-6}$ | [C ⁻¹] |
| Coefficiente di Poisson | $\nu = 0,20$ | [-] |
| Coefficiente parziale di sicurezza | $\gamma_C = 1,50$ | [-] |
| Coefficiente riduttivo per le resistenze di lunga durata | $\alpha_{cc} = 0,85$ | [-] |
| Resistenza caratteristica cubica a compressione | $R_{ck} = 35,0$ | [MPa] |
| Resistenza caratteristica cilindrica a compressione | $f_{ck} = 29,1$ | [MPa] |
| Resistenza media cilindrica a compressione | $f_{cm} = 37,1$ | [MPa] |
| Resistenza media a trazione semplice | $f_{ctm} = 2,83$ | [MPa] |
| Resistenza caratteristica a trazione semplice | $f_{ctk} = 1,98$ | [MPa] |
| Resistenza media a trazione per flessione | $f_{cfm} = 3,40$ | [MPa] |
| Resistenza caratteristica a trazione per flessione | $f_{cfk} = 2,38$ | [MPa] |
| Resistenza caratteristica tangenziale per aderenza | $f_{bk} = 4,47$ | [MPa] |
| Resistenza di calcolo a compressione | $f_{cd} = 16,5$ | [MPa] |
| Resistenza di calcolo a trazione semplice | $f_{ctd} = 1,32$ | [MPa] |
| Resistenza di calcolo a trazione per flessione | $f_{cfd} = 1,59$ | [MPa] |
| Resistenza di calcolo tangenziale per aderenza | $f_{bd} = 2,98$ | [MPa] |

| | |
|--|--|
| Coefficiente sicurezza SLU | $\gamma_C = 1,50$ |
| Resistenza di calcolo a compressione SLU | $f_{cd} = 0,85 f_{ck} / \gamma_C = 15.87 \text{ N/mm}^2$ |
| Resistenza di calcolo a trazione semplice (5%) SLU | $f_{ctd} = 0.7 f_{ctk} / \gamma_C = 1.29 \text{ N/mm}^2$ |
| Coefficiente sicurezza SLE | $\gamma_C = 1,00$ |
| combinazione rara | $\sigma_{c,ad} = 0,60 f_{ck} = 16.80 \text{ N/mm}^2$ |
| combinazione quasi permanente | $\sigma_{c,ad} = 0,45 f_{ck} = 12.60 \text{ N/mm}^2$ |

| | | | | | | |
|---|---|------------------|-------------|---------------------|--------------------------|----------------|
|  ITAFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | LINEA PESCARA-BARI – RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTI 2 E 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA FABBRICATO PC | | | | | |
| | Fabbricato Energia Relazione di calcolo delle strutture | PROGETTO LI02 | LOTTO 02 | CODIFICA D 78 CL | DOCUMENTO FA 0000 002 | REVISIONE A |

5.2.-.Acciaio per calcestruzzo armato

Acciaio per calcestruzzo armato tipo B 450 C secondo DM 14.01.2008 avente le seguenti caratteristiche:

| | | |
|--|----------------------|-------|
| Modulo di elasticità longitudinale | $E_s = 210000$ | [MPa] |
| Coefficiente parziale di sicurezza | $\gamma_s = 1,15$ | [-] |
| Tensione caratteristica di snervamento | $f_{yk} = 450$ | [MPa] |
| Tensione caratteristica di rottura | $f_{tk} = 540$ | [MPa] |
| Allungamento | $A_{gt} \geq 7,50\%$ | [-] |
| Resistenza di calcolo | $f_{yd} = 391,3$ | [MPa] |

| | |
|----------------------------|--|
| Coefficiente sicurezza SLU | $\gamma_s = 1,15$ |
| Resistenza di calcolo SLU | $f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s = 391,30 \text{ N/mm}^2$ |
| Tensione di calcolo SLE | $\sigma_{y,ad} = 0,80 f_{yk} = 360 \text{ N/mm}^2$ |

5.3.-.Copriferro

Con riferimento al punto 4.1.6.1.3 delle NTC, al fine della protezione delle armature dalla corrosione il valore minimo dello strato di ricoprimento di calcestruzzo (copriferro) deve rispettare le indicazioni della tabella C4.1.IV della Circolare 2.2.2009, riportata di seguito, in cui sono distinte le tre condizioni ambientali di Tabella 4.1.III delle NTC.

| | | | <i>barre da c.a. elementi a piastra</i> | | <i>barre da c.a. altri elementi</i> | | <i>cavi da c.a.p elementi a piastra</i> | | <i>cavi da c.a.p altri elementi</i> | |
|------------------------|----------------------|-----------------|---|---|---|---|---|---|---|---|
| <i>C_{min}</i> | <i>C_o</i> | <i>ambiente</i> | <i>C ≥ C_o</i> | <i>C_{min} ≤ C < C_o</i> | <i>C ≥ C_o</i> | <i>C_{min} ≤ C < C_o</i> | <i>C ≥ C_o</i> | <i>C_{min} ≤ C < C_o</i> | <i>C ≥ C_o</i> | <i>C_{min} ≤ C < C_o</i> |
| C25/30 | C35/45 | ordinario | 15 | 20 | 20 | 25 | 25 | 30 | 30 | 35 |
| C28/35 | C40/50 | aggressivo | 25 | 30 | 30 | 35 | 35 | 40 | 40 | 45 |
| C35/45 | C45/55 | molto ag. | 35 | 40 | 40 | 45 | 45 | 50 | 50 | 50 |

Tabella 1. Copriferro e condizioni ambientali

Nel caso in esame i copriferri minimi previsti (come da tabella materiali) sono 40 mm per travi pilastri e travi di fondazione e 20 mm per le lastre predalles. A tali valori vanno aggiunte le tolleranze di posa, pari a 10 mm. Si riporta una tabella riepilogativa dei copriferri:

| | | | | | | |
|---|---|------------------|-------------|---------------------|--------------------------|----------------|
|  ITAFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | LINEA PESCARA-BARI – RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTI 2 E 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA FABBRICATO PC | | | | | |
| | Fabbricato Energia Relazione di calcolo delle strutture | PROGETTO LI02 | LOTTO 02 | CODIFICA D 78 CL | DOCUMENTO FA 0000 002 | REVISIONE A |

| | <i>Ambiente</i> | <i>Copriferro netto</i> | <i>Tolleranza di posa</i> | <i>Copriferro nominale</i> |
|--------------------------------|------------------|-------------------------|---------------------------|----------------------------|
| <i>Struttura in elevazione</i> | <i>Ordinario</i> | <i>40</i> | <i>10</i> | <i>50</i> |
| <i>Lastre prédalles</i> | <i>Ordinario</i> | <i>20</i> | <i>5</i> | <i>25</i> |
| <i>Fondazioni</i> | <i>Ordinario</i> | <i>40</i> | <i>10</i> | <i>50</i> |

Tabella 2. Copriferro adottato

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

| | | | | | | |
|---|---|------------------|-------------|---------------------|--------------------------|----------------|
|  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | LINEA PESCARA-BARI – RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTI 2 E 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA FABBRICATO PC | | | | | |
| | Fabbricato Energia Relazione di calcolo delle strutture | PROGETTO LI02 | LOTTO 02 | CODIFICA D 78 CL | DOCUMENTO FA 0000 002 | REVISIONE A |

6.-..ANALISI DEI CARICHI DI PROGETTO

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

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

- calcestruzzo armato 25 kN/m³

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

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

6.1.-..Carichi permanenti

6.1.1.-..Solaio copertura

G₁ - Peso proprio solaio

Solaio prédalles (h=0.24m)

soletta: $25 \text{ kN/m}^3 \times 1.20 \text{ m} \times 0.04 \text{ m} = 1.20 \text{ kN/m}^2$

travetto: $25 \text{ kN/m}^3 \times 0.40 \text{ m} \times 0.16 \text{ m} = 1.60 \text{ kN/m}^2$

prédalles+EPS: $1.15 \text{ kN/m}^3 \times 1.20 \text{ m} = 1.38 \text{ kN/m}^2$

la somma di tali valori è 4.18 kN/m^2 riferita ad una fascia larga 1.20 m (larghezza singola prédalles), pertanto il carico relativo ad una fascia larga 1.00 m risulta:

3.48 kN/m^2

G₂ - Sovraccarichi permanenti

Massetto pendenza: $16 \times 0.10 = 1.60 \text{ kN/m}^2$

Impermeabilizzazione/impianti/pavimenti: 1.50 kN/m^2

3.10 kN/m^2

6.1.2.-..Facciate e cornicioni:

Si considerano tamponature costituite da pannelli prefabbricati di calcestruzzo dello spessore pari a 30 cm. Si adotta pertanto un peso proprio superficiale dei pannelli di tamponatura laterale pari a 5.00 kN/m^2 considerando che i pannelli sono alleggeriti.

L'azione viene ripartita in parti uguali tra le travi del solaio di copertura ed il solettone di

| | | | | | | |
|---|---|-------|----------|-------------|-----------|----------|
|  | LINEA PESCARA-BARI – RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA | | | | | |
| | TERMOLI-LESINA | | | | | |
| Fabbricato Energia Relazione di calcolo delle strutture | PROGETTO | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REVISIONE | FOGLIO |
| | LI02 | 02 | D 78 CL | FA 0000 002 | A | 16di 103 |

fondazione.

L'assunzione di ripartizione delle azioni dovute alle tamponature in parti uguali tra le travi del solaio di copertura e le strutture di fondazione risulta senz'altro veritiera in termini di distribuzione delle masse inerziali presenti nel manufatto (e conseguentemente in termini di caratteristiche dinamiche della struttura e delle risultanti attese azioni sismiche).

Pareti prefabbricate (5.0*4.50/2): 11.25 kN/m

6.2.-.Carichi variabili

Q_{H1} – Sovraccarichi accidentali

Sovraccarico accidentale Cat. H1 0.50 kN/m²

6.3.-.Azioni della neve

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

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

dove:

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

q_{sk} è il valore caratteristico di riferimento del carico da neve al suolo; in mancanza di adeguate indagini statistiche e specifici studi locali, la norma fornisce un valore minimo di q_{sk} riferito ad un periodo di ritorno pari a 50 anni. Per la zona II (Foggia) e per una quota del suolo sul livello del mare inferiore a 200 m si assume $q_{sk} = 1.00$ kN/m²;

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

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

| | | | | | | |
|---|---|-------|----------|-------------|-----------|----------|
|  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | LINEA PESCARA-BARI – RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA | | | | | |
| | TERMOLI-LESINA | | | | | |
| Fabbricato Energia Relazione di calcolo delle strutture | PROGETTO | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REVISIONE | FOGLIO |
| | LI02 | 02 | D 78 CL | FA 0000 002 | A | 17di 103 |

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

| | |
|-------------------------------|------------------------|
| Zona | II |
| Altitudine a_s | 6.00 m |
| Area topografica | normale |
| Inclinazione falde | 0° |
| q_{sk} | 1.00 kN/m ² |
| coeff esposizione c_E | 1.00 |
| coeff termico c_t | 1.00 |
| coefficiente di forma μ_i | 0.80 |

carico neve $q_s = \mu_i * q_{sk} * c_E * c_t = 0.80 \text{ kN/m}^2$

6.4.-.Azioni del vento

L'azione del vento viene convenzionalmente considerata un'azione statica agente in direzione orizzontale.

La pressione normale alle superfici investite dal vento è data dall'espressione:

$$p = q_b \cdot c_e \cdot c_p \cdot c_d$$

i cui coefficienti vengono di seguito determinati.

- *pressione cinetica di riferimento q_b*

$$q_b = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_b^2 = 0.456 \text{ kN} / \text{m}^2$$

dove:

ρ è la densità dell'aria assunta convenzionalmente costante e pari a 1.25 kg/m³;

v_b è la velocità di riferimento del vento (che rappresenta il valore caratteristico a 10 m dal suolo su un terreno di categoria di esposizione II, mediata su 10 minuti e riferita ad un periodo di ritorno di 50 anni).

| | | | | | | |
|---|---|------------------|-------------|---------------------|--------------------------|----------------|
|  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | LINEA PESCARA-BARI – RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTI 2 E 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA FABBRICATO PC | | | | | |
| | Fabbricato Energia Relazione di calcolo delle strutture | PROGETTO LI02 | LOTTO 02 | CODIFICA D 78 CL | DOCUMENTO FA 0000 002 | REVISIONE A |

Nel caso in esame, per zona 3 (Puglia) ed $a_s \leq 500$ m si ha $v_b = v_{b,0} = 27$ m/s;

- *coefficiente di esposizione c_e*

$$c_e(z) = c_e(z_{\min}) \quad \text{per } z < z_{\min}$$

$$c_e(z) = k_r^2 \cdot c_t \cdot \ln(z/z_0) \cdot [7 + c_t \cdot \ln(z/z_0)] \quad \text{per } z \geq z_{\min}$$

Nel caso in esame, essendo in zona 3, classe di rugosità del terreno D e quindi categoria di esposizione del sito II, si ha:

$$k_r = 0.19; \quad z_0 = 0.05 \text{ m}; \quad z_{\min} = 4 \text{ m}; \quad c_t = 1$$

$$z = 5.20 \text{ m} \quad c_e = 1.95$$

- *coefficiente dinamico c_d*

In assenza di considerazioni di dettaglio inerenti i fenomeni di natura aeroelastica e di distacco dei vortici si assume cautelativamente un valore $c_d = 1$.

- *coefficiente di forma c_p*

$$C_p = C_{p\text{sopravento}} + C_{p\text{sottovento}}$$

dove:

$C_{p\text{sopravento}}$ è il coefficiente di forma per elementi sopravento assunto pari a +0.8;

$C_{p\text{sottovento}}$ è il coefficiente di forma per elementi sottovento assunto pari a -0.4.

per costruzioni che hanno una parete con aperture di superficie minore di 1/3 di quella totale, la pressione interna si assumerà

$$C_{pi} = \pm 0,2.$$

In sintesi l'azione del vento sarà:

Superfici sopravento: **$p = 0.711 \text{ kN/m}^2$**

Superfici sottovento: **$p = 0.355 \text{ kN/m}^2$**

Azione tangenziale del vento:

Oltre alla pressione normale va tenuta in conto anche un'azione tangenziale per unità di superficie parallela alla direzione del vento. Tale azione può essere valutata come:

| | | | | | | |
|---|---|------------------|-------------|---------------------|--------------------------|----------------|
|  ITAFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | LINEA PESCARA-BARI – RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTI 2 E 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA FABBRICATO PC | | | | | |
| | Fabbricato Energia Relazione di calcolo delle strutture | PROGETTO LI02 | LOTTO 02 | CODIFICA D 78 CL | DOCUMENTO FA 0000 002 | REVISIONE A |

$$p_f = q_b \cdot c_e \cdot c_f$$

dove:

q_b e c_e sono quelli già definiti per il calcolo della pressione normale da vento;

c_f è il coefficiente d'attrito, funzione della scabrezza della superficie sulla quale il vento esercita l'azione tangente e che per una generica superficie scabra può essere assunto pari a 0.02.

In definitiva $q_b = 0.456 \text{ kN/m}^2$, da cui

$$p_{f,max} = 0.018 \text{ kN/m}^2.$$

6.5.-..Variazione Termica

Negli edifici in cui la temperatura non costituisca azione fondamentale per la sicurezza o per l'efficienza funzionale della struttura è consentito tener conto della sola componente uniforme di variazione termica $\Delta T_u = T - T_0$ pari alla differenza tra la temperatura media attuale T e quella iniziale alla data della costruzione T_0 . Nelle modellazioni sono stati considerati i seguenti carichi termici uniformi:

strutture in c.a. protette $\Delta T_u = \pm 10^\circ \text{ C}$

strutture in c.a. esposte $\Delta T_u = \pm 15^\circ \text{ C}$

6.6.-..Azione sismica

Con riferimento alla normativa vigente (*NTC-2008*), le azioni sismiche di progetto si definiscono a partire dalla "pericolosità sismica di base" del sito di costruzione.

Essa costituisce l'elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche.

La pericolosità sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa ag in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (di categoria A quale definita al § 3.2.2), nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente $S_e(T)$, con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza P_{VR} , come definite nel § 3.2.1, nel periodo di riferimento V_R , come definito nel § 2.4

Le forme spettrali sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento nel

| | | | | | | |
|---|---|------------------|-------------|---------------------|--------------------------|----------------|
|  ITAFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | LINEA PESCARA-BARI – RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTI 2 E 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA FABBRICATO PC | | | | | |
| | Fabbricato Energia Relazione di calcolo delle strutture | PROGETTO LI02 | LOTTO 02 | CODIFICA D 78 CL | DOCUMENTO FA 0000 002 | REVISIONE A |

periodo di riferimento P_{VR} , a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

ag accelerazione orizzontale massima al sito;

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

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

6.6.1.-. Vita nominale

La vita nominale di un'opera strutturale V_N è 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.

La vita nominale dei diversi tipi di opere è riportata al seguito nella Tab. 2.4.I delle norme tecniche *NTC-2008*.

Tabella 2.4.I – Vita nominale V_N per diversi tipi di opere

| TIPI DI COSTRUZIONE | | Vita Nominale V_N (in anni) |
|---------------------|--|-------------------------------|
| 1 | Opere provvisorie – Opere provvisionali - Strutture in fase costruttiva ¹ | ≤ 10 |
| 2 | Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale | ≥ 50 |
| 3 | Grandi opere, ponti, opere infrastrutturali e dighe di grandi dimensioni o di importanza strategica | ≥ 100 |

Inoltre, in base alla tabella 2.5.1.1.1-1 del “Manuale di Progettazione delle Opere Civili” Parte II Sezione 2 (rif. RFI DTC SI MA IFS 001 A) si tratta di un'opera nuova su una infrastruttura ferroviaria esistente, pertanto la vita nominale risulta $V_N = 75$ anni.

| TIPO DI COSTRUZIONE ⁽¹⁾ | Vita Nominale V_N [Anni] ⁽²⁾ |
|--|---|
| OPERE NUOVE SU INFRASTRUTTURE FERROVIARIE PROGETTATE CON LE NORME VIGENTI PRIMA DEL DM 14/01/2008 A VELOCITÀ CONVENZIONALE ($V < 250$ Km/h) | 50 |
| ALTRE OPERE NUOVE A VELOCITÀ $V < 250$ Km/h | 75 |
| ALTRE OPERE NUOVE A VELOCITÀ $V \geq 250$ km/h | 100 |
| OPERE DI GRANDI DIMENSIONI: PONTI E VIADOTTI CON CAMPATE DI LUCE MAGGIORE DI 150 m | ≥ 100 ⁽³⁾ |
| (1) – La stessa V_N si applica anche ad apparecchi di appoggio, coprigiunti e impermeabilizzazione delle stesse opere. (2) - Da definirsi per il singolo progetto a cura di FERROVIE. | |

Tab. 2.5.1.1.1-1 – Vita nominale delle infrastrutture ferroviarie

| | | | | | | |
|---|---|-------|----------|-------------|-----------|----------|
|  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | LINEA PESCARA-BARI – RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA | | | | | |
| | TERMOLI-LESINA | | | | | |
| | LOTTI 2 E 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA | | | | | |
| | FABBRICATO PC | | | | | |
| Fabbricato Energia | PROGETTO | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REVISIONE | FOGLIO |
| Relazione di calcolo delle strutture | LI02 | 02 | D 78 CL | FA 0000 002 | A | 21di 103 |

6.6.2.-.Classe d'uso

In presenza di azioni sismiche, con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso, le costruzioni sono suddivise in classi d'uso così definite:

Classe I: Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.

Classe II: Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.

Classe III: Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.

Classe IV: Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al D.M. 5 novembre 2001, n. 6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.

Il fabbricato rientra per le sue funzioni tra le compresi nella classe d'uso IV.

6.6.3.-.Periodo di riferimento per l'azione sismica

Le azioni sismiche su ciascuna costruzione vengono valutate in relazione ad un periodo di riferimento V_R che si ricava, per ciascun tipo di costruzione, moltiplicandone la vita nominale V_N per il coefficiente d'uso C_U . Tale coefficiente è funzione della classe d'uso e nel caso specifico assume valore pari a $C_U = 2.0$ per la classe d'uso IV.

$$V_R = V_N \times C_U = 75 \times 2.0 = 150 \text{anni}$$

| | | | | | | |
|---|---|------------------|-------------|---------------------|--------------------------|----------------|
|  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | LINEA PESCARA-BARI – RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTI 2 E 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA FABBRICATO PC | | | | | |
| | Fabbricato Energia Relazione di calcolo delle strutture | PROGETTO LI02 | LOTTO 02 | CODIFICA D 78 CL | DOCUMENTO FA 0000 002 | REVISIONE A |

6.6.4.-..Azioni di progetto

Le azioni di progetto si ricavano, ai sensi delle NTC 08, dalle accelerazioni a_g e dalle relative forme spettrali.

Le forme spettrali previste dalle NTC 08 sono definite, su sito di riferimento rigido orizzontale, in funzione dei tre parametri:

- a_g : accelerazione orizzontale massima al sito;
- F_0 : valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- T_C^* : periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Le forme spettrali previste dalle NTC 08 sono caratterizzate da prescelte probabilità di superamento e da vite di riferimento. A tal fine occorre fissare:

- la vita di riferimento V_R della costruzione;
- le probabilità di superamento nella vita di riferimento P_{VR} associate agli stati limite considerati, per individuare infine, a partire dai dati di pericolosità sismica disponibili, le corrispondenti azioni sismiche.

A tal fine si utilizza come parametro caratterizzante la pericolosità sismica, il periodo di ritorno dell'azione sismica T_R , espresso in anni. Fissata la vita di riferimento V_R , i due parametri T_R e P_{VR} sono immediatamente esprimibili, l'uno in funzione dell'altro, mediante la seguente espressione:

$$T_R = - \frac{V_R}{\ln(1 - P_{VR})} = - \frac{75}{\ln(1 - 0.1)} \approx 712 \text{ anni}$$

Dalla relazione sismica allegata al progetto si ricavano i seguenti parametri considerando, in funzione della progressiva dell'opera, che la struttura ricade nella parametrizzazione relativa a Campomarino Santa Monica (CB)

FASE 1. INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DEL SITO

Ricerca per coordinate

LONGITUDINE: 15.07000 LATTITUDINE: 41.94000

Ricerca per comune

REGIONE: Molise PROVINCIA: Campobasso COMUNE: Campomarino

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:
 superficie rigata

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

FASE 2. SCELTA DELLA STRATEGIA DI PROGETTAZIONE

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

Coefficiente d'uso della costruzione - C_U : 2 info

Valori di progetto

Periodo di riferimento per la costruzione (in anni) - V_R : 150 info

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

Stati limite di esercizio - SLE

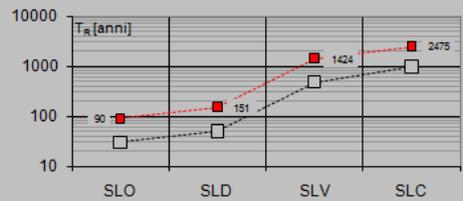
| | |
|-----------------------|-----|
| SLO - $P_{VR} = 81\%$ | 90 |
| SLD - $P_{VR} = 63\%$ | 151 |

Stati limite ultimi - SLU

| | |
|-----------------------|------|
| SLV - $P_{VR} = 10\%$ | 1424 |
| SLC - $P_{VR} = 5\%$ | 2475 |

Elaborazioni:
 Grafici parametrizzazione
 Grafici spettri di risposta
 Tabella parametrizzazione

Strategia di progettazione



LEGENDA GRAFICO

- Strategia per costruzioni ordinarie
-□..... Strategia scelta

I valori dei parametri a_g , F_0 e T_c^* relativi alla pericolosità sismica su reticolo di riferimento nell'intervallo di riferimento sono forniti nelle tabelle riportate nell'Allegato B delle NTC08, in funzione di prefissati valori del periodo di ritorno T_R . L'accelerazione al sito a_g è espressa in $g/10$, F_0 è adimensionale, T_c^* è espresso in secondi.

I punti del reticolo di riferimento sono definiti in termini di Latitudine e Longitudine ed ordinati a latitudine e longitudine crescenti, facendo variare prima la Longitudine e poi la Latitudine.

| | | | | | | |
|---|---|------------------|-------------|---------------------|--------------------------|----------------|
|  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | LINEA PESCARA-BARI – RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTI 2 E 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA FABBRICATO PC | | | | | |
| | Fabbricato Energia Relazione di calcolo delle strutture | PROGETTO LI02 | LOTTO 02 | CODIFICA D 78 CL | DOCUMENTO FA 0000 002 | REVISIONE A |

Qualora la attuale pericolosità sismica sul reticolo di riferimento non contempli il periodo di ritorno T_R corrispondente alla V_R e alla P_{VR} fissate, il valore del generico parametro p (a_g , F_0 e T_C^*) ad esso corrispondente potrà essere ricavato per interpolazione, a partire dai dati relativi ai T_R previsti nella pericolosità sismica, utilizzando l'espressione seguente:

$$\log(p) = \log(p_1) + \log\left(\frac{p_2}{p_1}\right) \times \log\left(\frac{T_R}{T_{R1}}\right) \times \left[\log\left(\frac{T_{R2}}{T_{R1}}\right) \right]^{-1}$$

Di seguito si riportano i grafici ed i valori dei parametri a_g , F_0 e T_C^* per i periodi di ritorno T_R associati a ciascuno stato limite:

| SLATO LIMITE | T_R [anni] | a_g [g] | F_0 [-] | T_C^* [s] |
|--------------|-----------------|--------------|--------------|----------------|
| SLO | 90 | 0.074 | 2.529 | 0.327 |
| SLD | 151 | 0.092 | 2.561 | 0.338 |
| SLV | 1424 | 0.216 | 2.522 | 0.378 |
| SLC | 2475 | 0.264 | 2.503 | 0.383 |

1.1.1.-..Categoria di sottosuolo e Condizioni topografiche

Categoria sottosuolo

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, si rende necessario valutare l'effetto della risposta sismica locale mediante specifiche analisi, come indicato nel § 7.11.3 NTC 08. In assenza di tali analisi, per la definizione dell'azione sismica si può fare riferimento a un approccio semplificato, che si basa sull'individuazione di categorie di sottosuolo di riferimento. Nel caso specifico, a vantaggio di sicurezza, si adotta la seguente categoria di sottosuolo:

Categoria C: "Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di VS_{30} compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < NSPT, 30 < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < cu, 30 < 250$ kPa nei terreni a grana fina)".

| | | | | | | |
|---|---|-------|----------|-------------|-----------|----------|
|  | LINEA PESCARA-BARI – RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA | | | | | |
| | TERMOLI-LESINA | | | | | |
| LOTTE 2 E 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA | | | | | | |
| FABBRICATO PC | | | | | | |
| Fabbricato Energia | PROGETTO | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REVISIONE | FOGLIO |
| Relazione di calcolo delle strutture | LI02 | 02 | D 78 CL | FA 0000 002 | A | 25di 103 |

Amplificazione stratigrafica

Per sottosuolo di categoria A i coefficienti S_s e C_c valgono 1.

Per le categorie di sottosuolo B,C,D ed E i coefficienti S_s e C_c possono essere calcolati in funzione dei valori f_0 e T_c^* relativi al sottosuolo di categoria A, mediante le espressioni fornite nella tab. 3.2.V, nelle quali g è l'accelerazione di gravità ed il tempo è espresso in secondi.

Condizioni topografiche

Con riferimento alle caratteristiche della superficie topografica inerente l'opera in oggetto, si adotta la seguente categoria topografica:

Categoria topografica T1: Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$.

1.1.2.-..Classe di duttilità

La costruzione oggetto della presente relazione, soggetta all'azione sismica, non dotata di appositi dispositivi dissipativi, è stata progettata considerando un comportamento strutturale dissipativo. Nel comportamento strutturale dissipativo, gli effetti combinati delle azioni sismiche e delle altre azioni sono calcolati tenendo conto delle non linearità di comportamento (di materiale sempre, geometriche quando rilevanti). In particolare è stata adottata la "Classe di duttilità bassa (CD"B")".

1.1.3.-..Regolarità

La struttura è rispondente a tutti i requisiti di regolarità in pianta ed in elevazione elencati nel §7.2.2 NTC 08.

- Regolare in pianta SI
- Regolare in altezza SI

1.1.4.-..Tipologia strutturale e fattore di struttura

Tipologia strutturale

La struttura "sismo resistente in calcestruzzo armato" (§7.4.3.1 NTC 08) è classificabile come:

- ◇ Struttura a telaio

| | | | | | | |
|---|---|-------|----------|-------------|-----------|----------|
|  | LINEA PESCARA-BARI – RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA | | | | | |
| | TERMOLI-LESINA | | | | | |
| LOTTI 2 E 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA | | | | | | |
| FABBRICATO PC | | | | | | |
| Fabbricato Energia | PROGETTO | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REVISIONE | FOGLIO |
| Relazione di calcolo delle strutture | LI02 | 02 | D 78 CL | FA 0000 002 | A | 26di 103 |

Fattore di struttura

Agli stati limite ultimi le capacità dissipative delle strutture possono essere considerate attraverso una riduzione delle forze elastiche, tenendo conto in modo semplificato della capacità dissipativa anelastica della struttura, della sua sovraresistenza, dell'incremento del suo periodo proprio a seguito delle plasticizzazioni. In tal caso lo spettro di progetto da utilizzare, sia per le componenti orizzontali, sia per la componente verticale, è lo spettro elastico corrispondente riferito alla probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{VR} considerata con le ordinate ridotte sostituendo nelle formule del § 3.2.4 - NTC2008 η con $1/q$, dove q è il fattore di struttura.

Il valore del fattore di struttura q da utilizzare per ciascuna direzione dell'azione sismica, dipende dalla tipologia strutturale, dal suo grado di iperstaticità e dai criteri di progettazione adottati e prende in conto le non linearità di materiale. Esso può essere calcolato mediante la seguente espressione:

$$q = q_0 \cdot K_R$$

dove:

q_0 è il valore massimo del fattore di struttura

K_R è un fattore che dipende dalle caratteristiche di regolarità in altezza della costruzione.

Un problema importante è la scelta del valore base del coefficiente di comportamento q_0 , che risulta legato alla tipologia strutturale ed al livello di duttilità attesa. Osservando le tipologie strutturali riportate al § 7.4.3.1 – NTC2008 si evince che l'edificio in esame può essere riconducibile ad un sistema a telaio.

Per quanto riguarda il livello di duttilità attesa, si stabilisce di progettare il fabbricato in accordo con un comportamento strutturale dissipativo caratterizzato da Classe di Duttilità Bassa (CD "B").

Pertanto, in base alla Tab. 7.4.I delle NTC 2008, il coefficiente di comportamento q_0 può essere valutato come:

$$q_0 = 3.0 \cdot \frac{\alpha_u}{\alpha_1}$$

Trattandosi di una struttura a telaio ad un solo piano ed una sola campata in direzione trasversale, in accordo con il § 7.4.3.2 – NTC 2008, si assume:

| | | | | | | |
|---|---|------------------|-------------|---------------------|--------------------------|----------------|
|  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | LINEA PESCARA-BARI – RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTI 2 E 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA FABBRICATO PC | | | | | |
| | Fabbricato Energia Relazione di calcolo delle strutture | PROGETTO LI02 | LOTTO 02 | CODIFICA D 78 CL | DOCUMENTO FA 0000 002 | REVISIONE A |

$$\alpha_u/\alpha_1 = 1.1$$

Inoltre, la costruzione risulta **regolare in pianta** in quanto soddisfa il requisito b) riportato al § 7.2.2 – NTC2008.

Essendo, poi, la struttura anche **regolare in altezza** si può assumere $K_R = 1$. Pertanto il fattore di struttura al quale si farà riferimento per la definizione dello spettro di progetto è $q = 3.3$.

1.1.5.-..Spettri di risposta

Spettro di progetto elastico

FASE 3. DETERMINAZIONE DELL'AZIONE DI PROGETTO

Stato Limite
 Stato Limite considerato SLO info

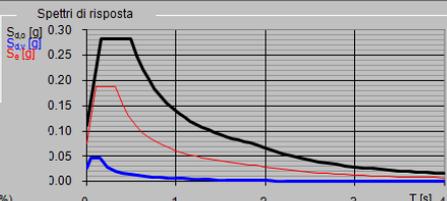
Risposta sismica locale
 Categoria di sottosuolo C info $S_s = 1.500$ $C_C = 1.518$ info
 Categoria topografica T1 info $h/H = 1.000$ $S_T = 1.000$ info
(=quota sito, H=altezza rilievo topografico)

Compon. orizzontale
 Spettro di progetto elastico (SLE) Smorzamento ξ (%) 5 $\eta = 1.000$ info
 Spettro di progetto inelastico (SLU) Fattore q_c 3.3 Regol. in altezza si info

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

Elaborazioni
 Grafici spettri di risposta
 Parametri e punti spettri di risposta

Spettri di risposta



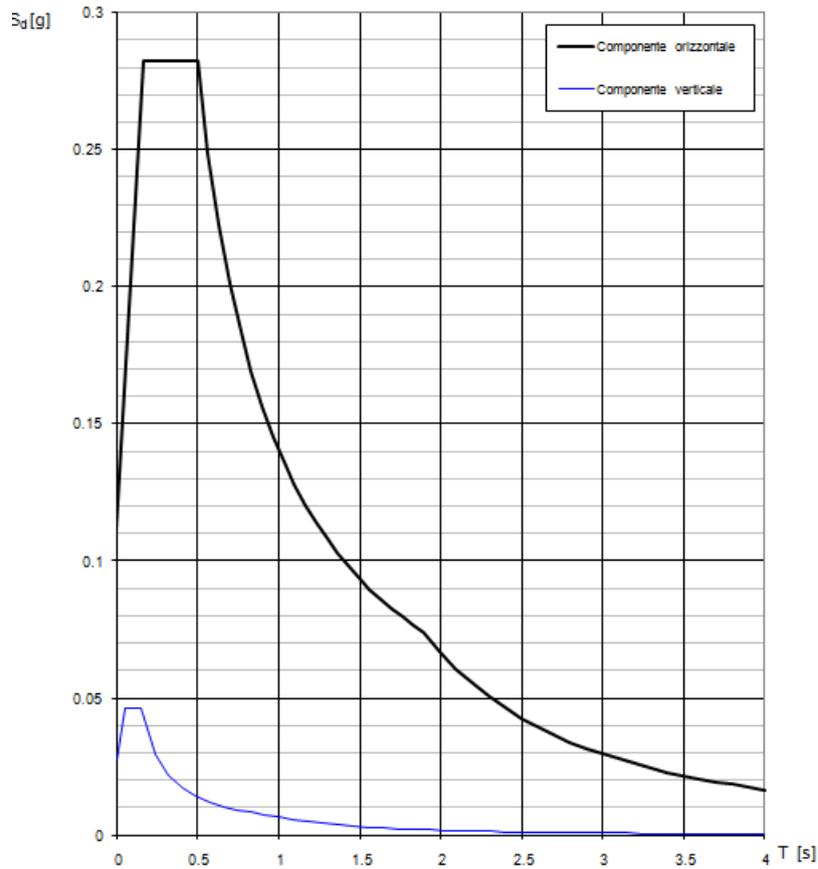
— Spettro di progetto - componente orizzontale
 — Spettro di progetto - componente verticale
 — Spettro elastico di riferimento (Cat. A-T1, $\xi = 5\%$)

Parametri indipendenti

| STATO LIMITE | SLO |
|--------------|---------|
| a_n | 0.074 g |
| F_n | 2.529 |
| T_C^* | 0.327 s |
| S_s | 1.500 |
| C_C | 1.518 |
| S_T | 1.000 |
| q | 1.000 |

Parametri dipendenti

| | |
|--------|---------|
| S | 1.500 |
| η | 1.000 |
| T_B | 0.166 s |
| T_C | 0.497 s |
| T_D | 1.898 s |



FASE 3. DETERMINAZIONE DELL'AZIONE DI PROGETTO

Stato Limite
Stato Limite considerato: SLD

Risposta sismica locale
 Categoria di sottosuolo: C
 Categoria topografica: T1
 $S_s = 1.500$ $C_c = 1.502$
 $h/H = 1.000$ $S_T = 1.000$

Compon. orizzontale
 Spettro di progetto elastico (SLE) $\xi = 5\%$ $\eta = 1.000$
 Spettro di progetto inelastico (SLU) $q_0 = 3.3$ $\eta = 1.000$

Compon. verticale
 Spettro di progetto $q = 1.5$ $\eta = 0.667$

Elaborazioni
 Grafici spettri di risposta
 Parametri e punti spettri di risposta

Spettri di risposta
 S_{d0} [g]
 S_{dV} [g]
 S_{dE} [g]

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

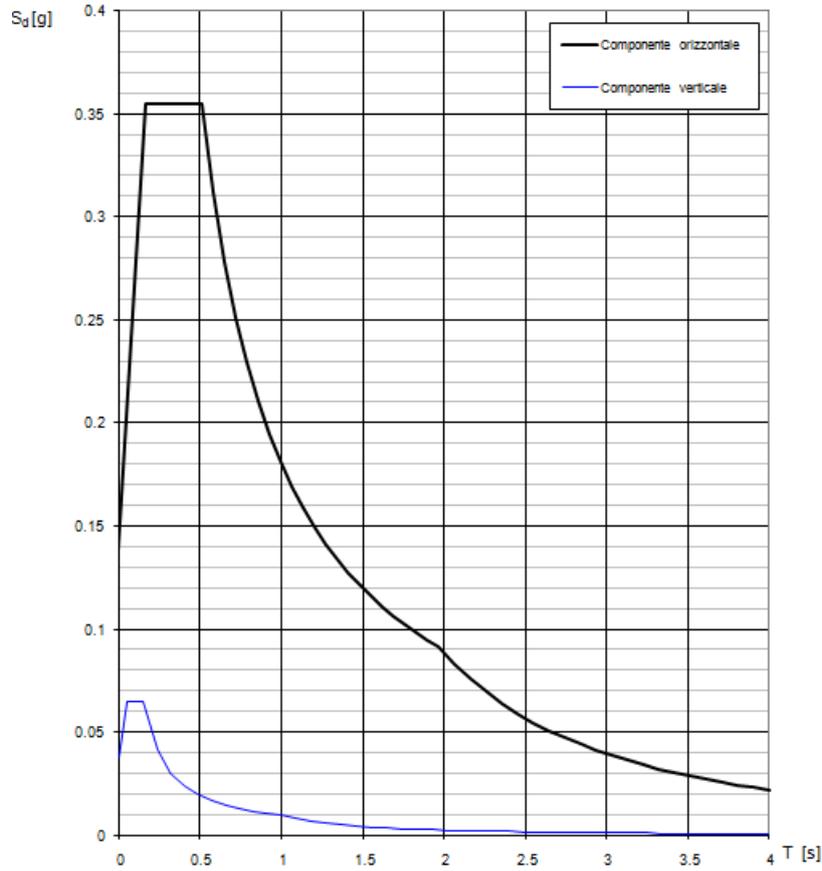
Parametri indipendenti

| STATO LIMITE | SLD |
|--------------|---------|
| a_n | 0.092 g |
| F_0 | 2.561 |
| T_C^* | 0.338 s |
| S_s | 1.500 |
| C_c | 1.502 |
| S_T | 1.000 |
| q | 1.000 |

Parametri dipendenti

| | |
|--------|---------|
| S | 1.500 |
| η | 1.000 |
| T_B | 0.169 s |
| T_C | 0.508 s |
| T_D | 1.969 s |

Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato li SLD



Spettro di progetto inelastico

FASE 3. DETERMINAZIONE DELL'AZIONE DI PROGETTO

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

Risposta sismica locale
Categoria di sottosuolo: **C** info $S_S = 1.373$ $C_C = 1.448$ info
Categoria topografica: **T1** info $h/H = 1.000$ $S_T = 1.000$ info
(h=quota sito, H=altezza rilievo topografico)

Compon. orizzontale
 Spettro di progetto elastico (SLE) Smorzamento ξ (%) **5** $\eta = 1.000$ info
 Spettro di progetto inelastico (SLU) Fattore q_0 **3.3** Regol. in altezza **si** info

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

Elaborazioni
Grafici spettri di risposta
Parametri e punti spettri di risposta

Spettri di risposta
 S_{d0} [g]
 S_{dV} [g]
 S_d [g]

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

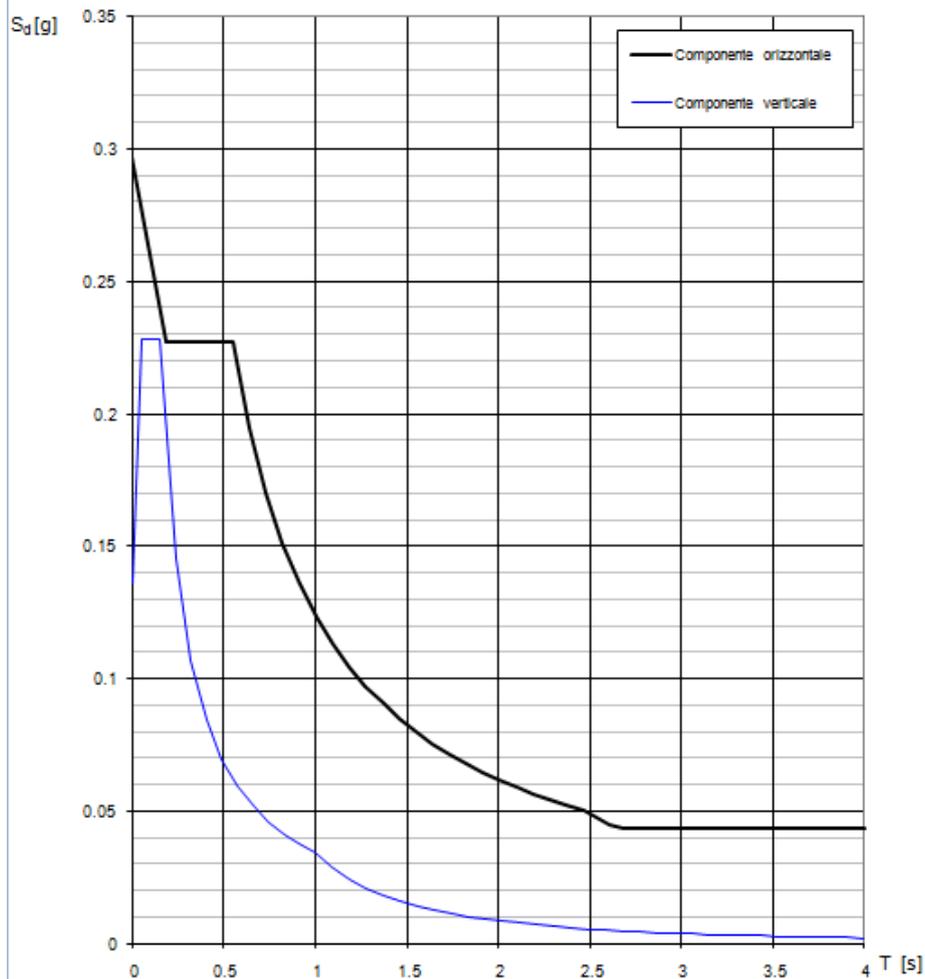
Parametri indipendenti

| | |
|--------------|---------|
| STATO LIMITE | SLV |
| a_n | 0.216 g |
| F_0 | 2.522 |
| T_C^* | 0.378 s |
| S_S | 1.373 |
| C_C | 1.448 |
| S_T | 1.000 |
| q | 3.300 |

Parametri dipendenti

| | |
|--------|---------|
| S | 1.373 |
| η | 0.303 |
| T_B | 0.182 s |
| T_C | 0.547 s |
| T_D | 2.465 s |

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



6.6.5.-.Metodo di analisi

Gli effetti dell'azione sismica vengono valutati tenendo conto delle masse associate ai carichi gravitazionali dovuti al peso proprio (G_1), ai sovraccarichi permanenti (G_2) e a un'aliquota (ψ_{2j}) dei sovraccarichi accidentali (Q_{kj}):

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

I valori dei coefficienti ψ_{2j} sono riportati nella Tabella 2.5.I – NTC2008. Nel caso in esame le azioni variabili che possono essere sottoposti ad eccitazione sismica sono:

- sovraccarico accidentale in copertura (Q_1): $\psi_{2j} = 0$
- azione della neve in copertura (SL): $\psi_{2j} = 0$

Come metodo di analisi per determinare gli effetti dell'azione sismica si è scelto di

| | | | | | | |
|---|---|-------|----------|-------------|-----------|----------|
|  | LINEA PESCARA-BARI – RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA | | | | | |
| | TERMOLI-LESINA | | | | | |
| LOTTI 2 E 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA | | | | | | |
| FABBRICATO PC | | | | | | |
| Fabbricato Energia | PROGETTO | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REVISIONE | FOGLIO |
| Relazione di calcolo delle strutture | LI02 | 02 | D 78 CL | FA 0000 002 | A | 31di 103 |

utilizzare l'analisi dinamica lineare o analisi modale con spettro di risposta, nella quale l'equilibrio è trattato dinamicamente e l'azione sismica è modellata direttamente attraverso lo spettro di progetto.

L'analisi dinamica lineare consiste:

- nella determinazione dei modi di vibrare della costruzione (analisi modale)
- nel calcolo degli effetti dell'azione sismica, rappresentata dallo spettro di risposta di progetto, per ciascuno dei modi di vibrare individuati
- nella combinazione di questi effetti

Come prescritto dalle NTC 2008 al § 7.3.3.1, devono essere considerati tutti i modi di vibrare con massa partecipante significativa. E' opportuno a tal riguardo considerare tutti i modi con massa partecipante superiore al 5% e comunque un numero di modi la cui massa partecipante totale sia superiore all'85%. Per la combinazione degli effetti relativi ai singoli modi, deve essere utilizzata una combinazione quadratica completa (CQC) degli effetti relativi a ciascun modo, secondo quanto definito al § 7.3.3.1 – NTC2008.

La risposta della struttura viene calcolata separatamente per ciascuna delle due componenti dell'azione sismica orizzontale; gli effetti sulla struttura, in termini di sollecitazioni e spostamenti, sono poi combinati applicando le seguenti espressioni (NTC 2008 - § 7.3.5):

$$1.00 \cdot E_x \text{ " + " } 0.30 \cdot E_y$$

$$1.00 \cdot E_y \text{ " + " } 0.30 \cdot E_x$$

6.6.5.1.-.. Risposta Modale

L'analisi a spettro di risposta cerca la risposta più probabile alle equazioni di equilibrio dinamico associate alla risposta della struttura al moto del suolo. L'accelerazione del suolo dovuta ad un terremoto in ogni direzione viene espressa come una curva di spettro di risposta della pseudo-accelerazione spettrale in funzione del periodo della struttura.

Anche se le accelerazioni possono essere specificate in 3 direzioni, viene prodotto un unico risultato positivo per ciascuna quantità in risposta; le quantità in risposta comprendono spostamenti, forze e tensioni. Ciascun risultato calcolato rappresenta una

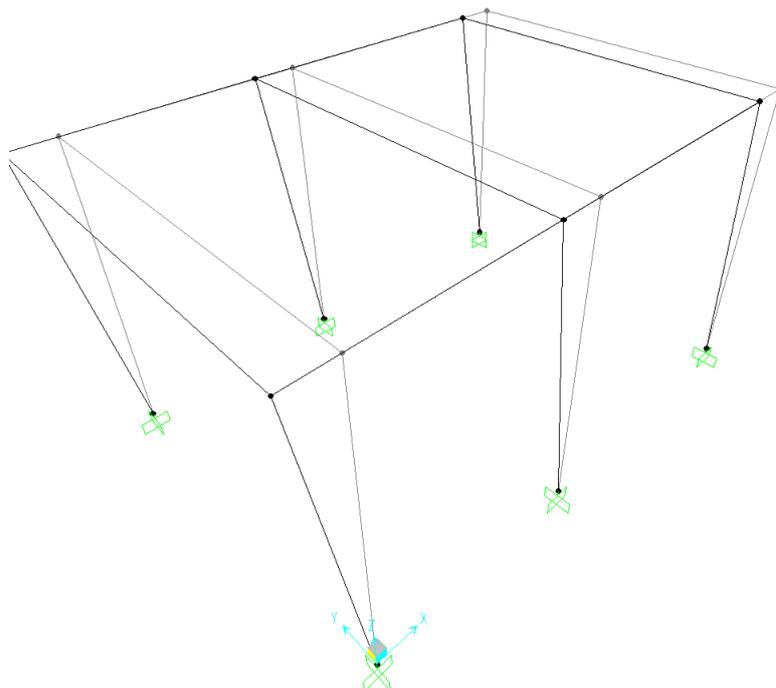
misura statistica della grandezza più probabile di quella particolare quantità in risposta. È da attendersi che la vera risposta sia compresa in un intervallo che va dal valore positivo a quello negativo del valore trovato.

L'analisi a spettro di risposta viene eseguita usando la sovrapposizione dei modi, ricavati usando l'analisi agli autovettori. Per una data direzione di accelerazione, la risposta modale è calcolata su tutta la struttura per ciascuno dei modi di vibrazione: questi valori modali, per una data quantità in risposta, vengono combinati per produrre un unico risultato positivo per quella data direzione di accelerazione, usando il metodo CQC.

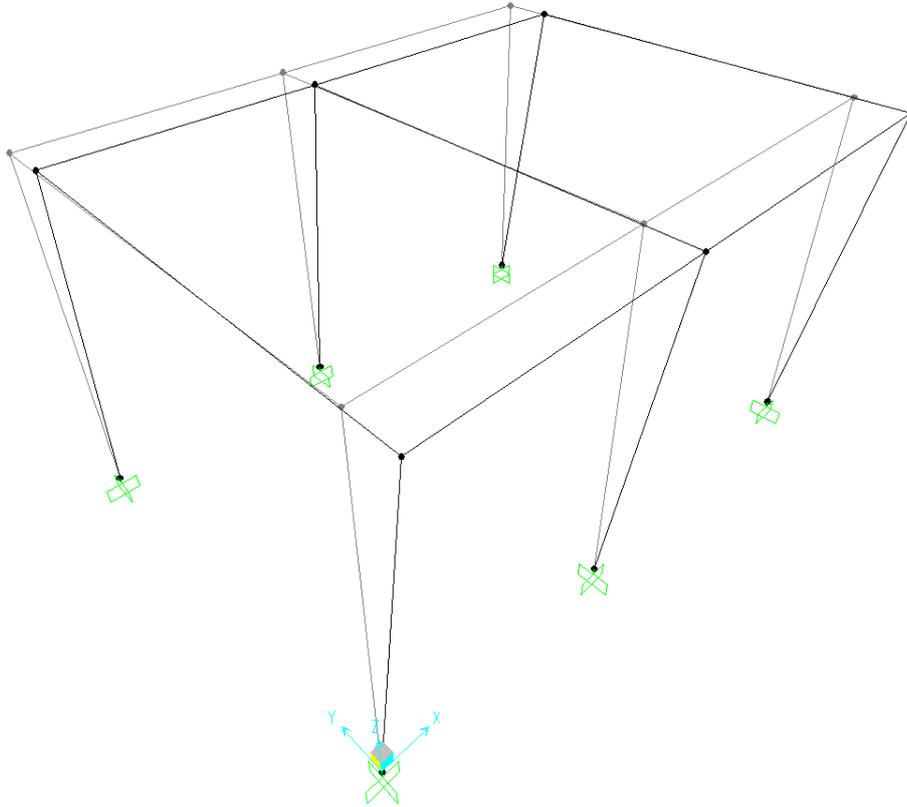
Si riportano nella seguente tabella i risultati dell'analisi modale condotta sulla struttura; in particolare, per i primi 18 modi, sono riepilogati: il periodo della struttura e le masse partecipanti (sia del singolo modo, sia le cumulate) per ciascun grado di libertà:

| TABLE: Modal Participating Mass Ratios | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|--|
| OutputCase | StepType | StepNum | Period | UX | UY | UZ | SumUX | SumUY | SumUZ | RX | RY | RZ | SumRX | SumRY | SumRZ | |
| Text | Text | Unitless | Sec | Unitless | |
| MODAL | Mode | 1 | 0.298061 | 100.00% | 0.00% | 0.00% | 100.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 50.43% | 19.68% | 0.00% | 50.43% | 19.68% | |
| MODAL | Mode | 2 | 0.290912 | 0.00% | 99.75% | 0.00% | 100.00% | 99.75% | 0.00% | 60.92% | 0.00% | 42.07% | 60.92% | 50.43% | 61.75% | |
| MODAL | Mode | 3 | 0.253674 | 0.00% | 0.25% | 0.00% | 100.00% | 100.00% | 0.00% | 0.15% | 0.00% | 38.25% | 61.08% | 50.43% | 100.00% | |
| MODAL | Mode | 4 | 0.022416 | 0.00% | 0.00% | 44.13% | 100.00% | 100.00% | 44.13% | 8.64% | 10.94% | 0.00% | 69.71% | 61.36% | 100.00% | |
| MODAL | Mode | 5 | 0.022369 | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 100.00% | 100.00% | 44.13% | 8.61% | 0.00% | 0.00% | 78.32% | 61.36% | 100.00% | |
| MODAL | Mode | 6 | 0.019392 | 0.00% | 0.00% | 29.56% | 100.00% | 100.00% | 73.69% | 5.78% | 38.64% | 0.00% | 84.11% | 100.00% | 100.00% | |
| MODAL | Mode | 7 | 0.019345 | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 100.00% | 100.00% | 73.69% | 5.68% | 0.00% | 0.00% | 89.79% | 100.00% | 100.00% | |
| MODAL | Mode | 8 | 0.018006 | 0.00% | 0.00% | 26.31% | 100.00% | 100.00% | 100.00% | 5.15% | 0.00% | 0.00% | 94.94% | 100.00% | 100.00% | |
| MODAL | Mode | 9 | 0.017959 | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 100.00% | 100.00% | 100.00% | 5.06% | 0.00% | 0.00% | 100.00% | 100.00% | 100.00% | |

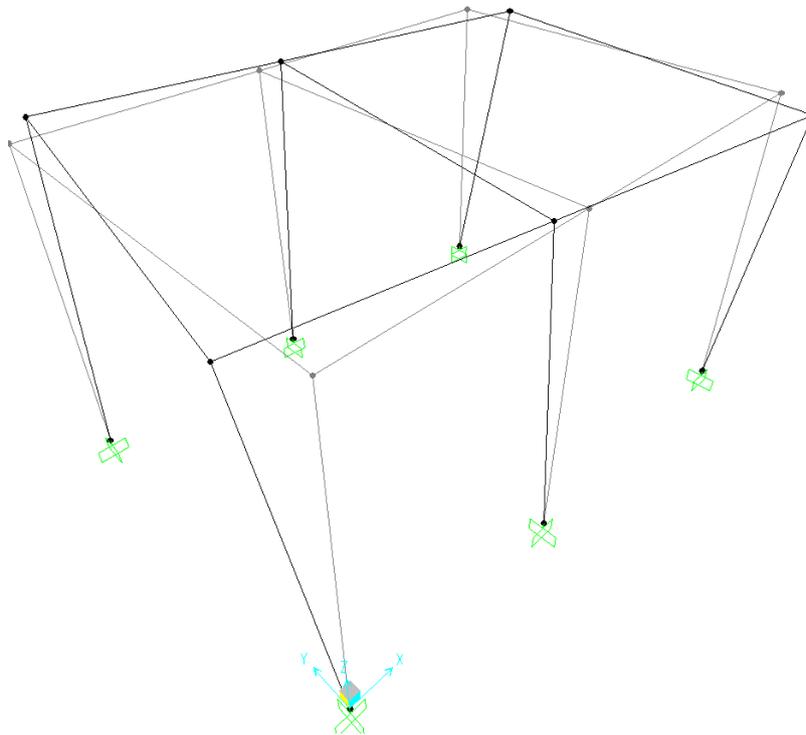
Deformed Shape (MODAL) - Mode 1 - Period 0.29806



Deformed Shape (MODAL) - Mode 2 - Period 0.29091



Deformed Shape (MODAL) - Mode 3 - Period 0.25367



| | | | | | | |
|---|---|------------------|-------------|---------------------|--------------------------|----------------|
|  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | LINEA PESCARA-BARI – RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTI 2 E 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA FABBRICATO PC | | | | | |
| | Fabbricato Energia Relazione di calcolo delle strutture | PROGETTO LI02 | LOTTO 02 | CODIFICA D 78 CL | DOCUMENTO FA 0000 002 | REVISIONE A |

6.6.5.2.-.. Eccentricità accidentale delle masse (Ecc.X , Ecc.Y)

Per tener conto della variabilità spaziale del moto sismico, nonché di eventuali incertezze nella localizzazione delle masse, al centro di massa deve essere attribuita un'eccentricità accidentale rispetto alla sua posizione quale deriva dal calcolo. Per gli edifici, gli effetti dell'eccentricità accidentale del centro di massa possono essere determinati mediante l'applicazione di carichi statici costituiti da momenti torcenti di valore pari alla risultante orizzontale della forza agente al piano, moltiplicata per l'eccentricità accidentale del baricentro delle masse rispetto alla sua posizione di calcolo. In assenza di più accurate determinazioni l'eccentricità accidentale in ogni direzione non può essere considerata inferiore a 0.05 volte la dimensione dell'edificio misurata perpendicolarmente alla direzione di applicazione dell'azione sismica.

La forza di taglio alla base F_b si determina con la formula definita al § 7.3.3.2 – NTC 2008:

$$F_b = S_d(T_1) \cdot W \cdot \lambda / g$$

dove:

λ è un fattore di correzione che nel caso in esame può essere assunto pari ad 1

W è il peso totale dell'edificio

$S_d(T_1)$ è l'ordinata dello spettro di progetto per il periodo T_1

T_1 è il periodo proprio derivante dall'analisi dinamica modale, relativo al modo di vibrare traslatorio considerato

Dall'analisi modale della struttura si ottengono i seguenti periodi propri, riferiti ai due modi di vibrare traslatori, sono i seguenti:

$$T_x = 0.298s$$

$$T_y = 0.291s$$

Si determinano quindi le forze di taglio alla base e i corrispondenti momenti torcenti per ciascuna direzione. Si osserva che se il momento torcente è generato dal sisma in direzione x (oppure y) allora anche il sistema di forze equivalente avrà direzione x (oppure y); si riportano di seguito le formule usate per la loro determinazione:

$$M_{tx} = F_b \cdot e_y$$

$$M_{ty} = F_b \cdot e_x$$

Dopo aver determinato il momento torcente per ciascuna delle due componenti

| | | | | | | |
|---|---|------------------|-------------|---------------------|--------------------------|----------------|
|  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | LINEA PESCARA-BARI – RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTI 2 E 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA FABBRICATO PC | | | | | |
| | Fabbricato Energia Relazione di calcolo delle strutture | PROGETTO LI02 | LOTTO 02 | CODIFICA D 78 CL | DOCUMENTO FA 0000 002 | REVISIONE A |

orizzontali dell'azione sismica, si procede con la determinazione di un sistema di forze equivalente a tale momento. Le forze equivalenti sono state individuate in base alla distanza dei pilastri dal centro geometrico degli stessi: le forze sono applicate su ciascun pilastro, alla quota del baricentro delle travi.

$$H_{kx} = M_{tx} \cdot \frac{y_k}{\sum_k y_k^2} \quad H_{ky} = M_{ty} \cdot \frac{x_k}{\sum_k x_k^2}$$

dove:

k indica il numero del pilastro considerato

H_{kx} è la forza in direzione x, data da M_{tx} , agente sul k-esimo pilastro considerato

H_{ky} è la forza in direzione y, data da M_{ty} , agente sul k-esimo pilastro considerato

x_k e y_k sono le distanze dei pilastri dal centro geometrico della struttura

Gli effetti delle forze equivalenti dovute all'eccentricità accidentale, vengono portati in conto nella combinazione sismica, sommandoli all'azione sismica che li origina.

| | | | | | | |
|--|---|------------------|-------------|---------------------|--------------------------|----------------|
|  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | LINEA PESCARA-BARI – RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTI 2 E 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA FABBRICATO PC | | | | | |
| | Fabbricato Energia Relazione di calcolo delle strutture | PROGETTO LI02 | LOTTO 02 | CODIFICA D 78 CL | DOCUMENTO FA 0000 002 | REVISIONE A |

7.-..ANALISI DELLA STRUTTURA

7.1.-..Codici di calcolo utilizzati

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

7.1.1.-..Affidabilità del software

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

7.2.-..Modellazione dell'opera

L'edificio in c.a. in oggetto è stato modellato come una struttura a telaio semplice di un piano.

Gli elementi strutturali, travi e pilastri, sono stati schematizzati mediante elementi monodimensionali tipo frame. Essi presentano caratteristiche geometriche e meccaniche in accordo con le proprietà reali dei materiali e delle sezioni che li rappresentano. Ciascuna asta è stata posizionata in corrispondenza dell'asse baricentrico degli elementi strutturali e le sono stati assegnati inoltre gli opportuni End Length Offset per tener in conto le compenetrazioni delle aste nei nodi.

A tutti i nodi del solaio è stato assegnato un vincolo di piano rigido (Diaphragm).

L'analisi degli effetti dovuti all'azione sismica prevede la definizione delle masse strutturali partecipanti all'eccitazione dinamica dovuta al terremoto. Pertanto nel modello le masse strutturali coincidono con i carichi caratteristici permanenti strutturali e non strutturali.

Vengono utilizzati due modelli di calcolo distinti esclusivamente dal vincolo alla base dei pilastri che in un primo modello, utilizzato per l'analisi modale e la verifica geotecnica della portanza delle fondazioni, è impostato con un incastro alla base dei pilastri. Il secondo modello, dove la trave di fondazione ha le sue effettive dimensioni geometriche, è utilizzato per le verifiche strutturali di tutti gli elementi travi e pilastri. In questo secondo modello l'interazione col terreno è assicurata da molle verticali alla

Winkler con rigidezza pari a 30000 kN/m³

Seguono alcune immagini rappresentative del modello di calcolo:

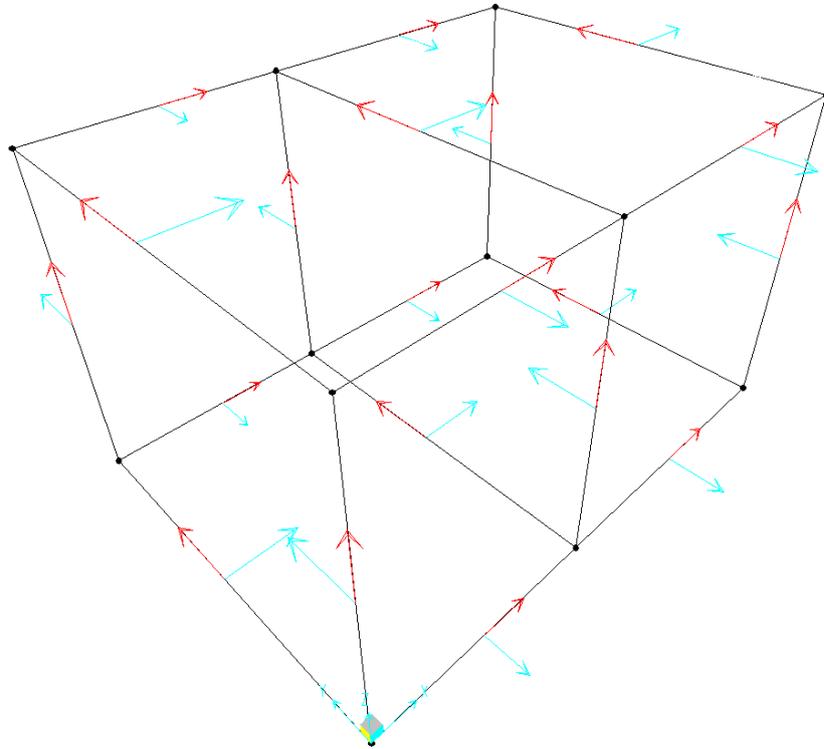


Figura 1: assi locali

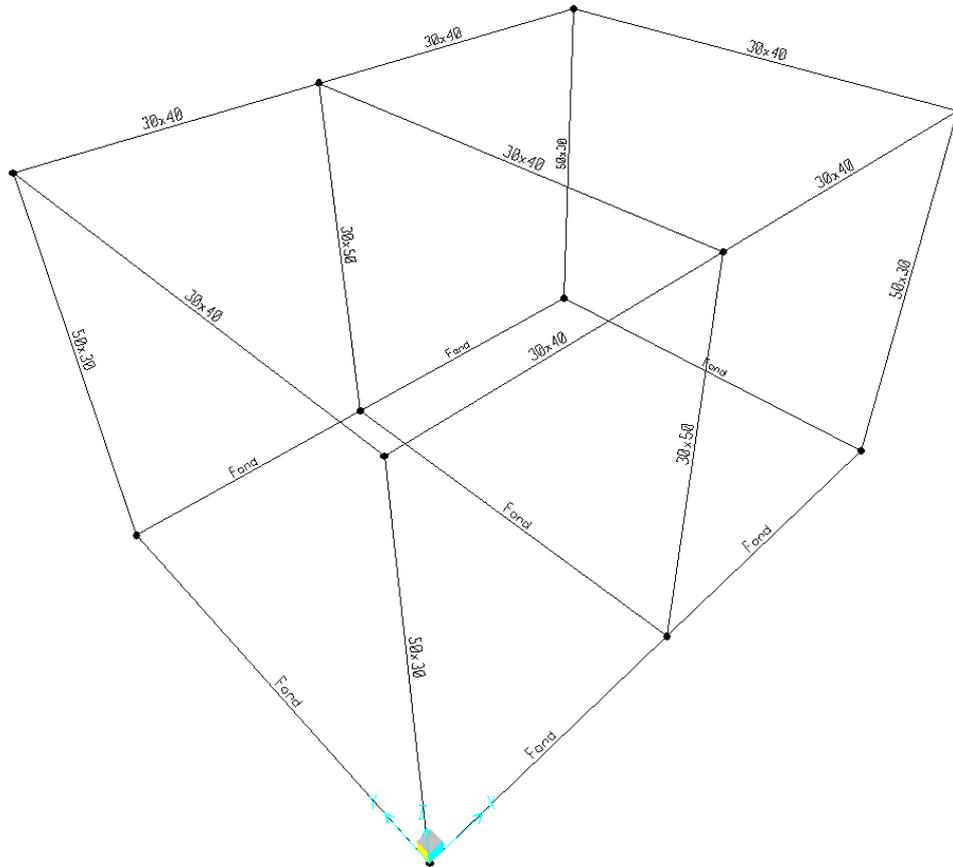


Figura 2: tipologia aste

| | | | | | | |
|--|------------------|-------------|---------------------|--------------------------|----------------|--------------------|
| Fabbricato Energia Relazione di calcolo delle strutture | PROGETTO LI02 | LOTTO 02 | CODIFICA D 78 CL | DOCUMENTO FA 0000 002 | REVISIONE A | FOGLIO 39di 103 |
|--|------------------|-------------|---------------------|--------------------------|----------------|--------------------|

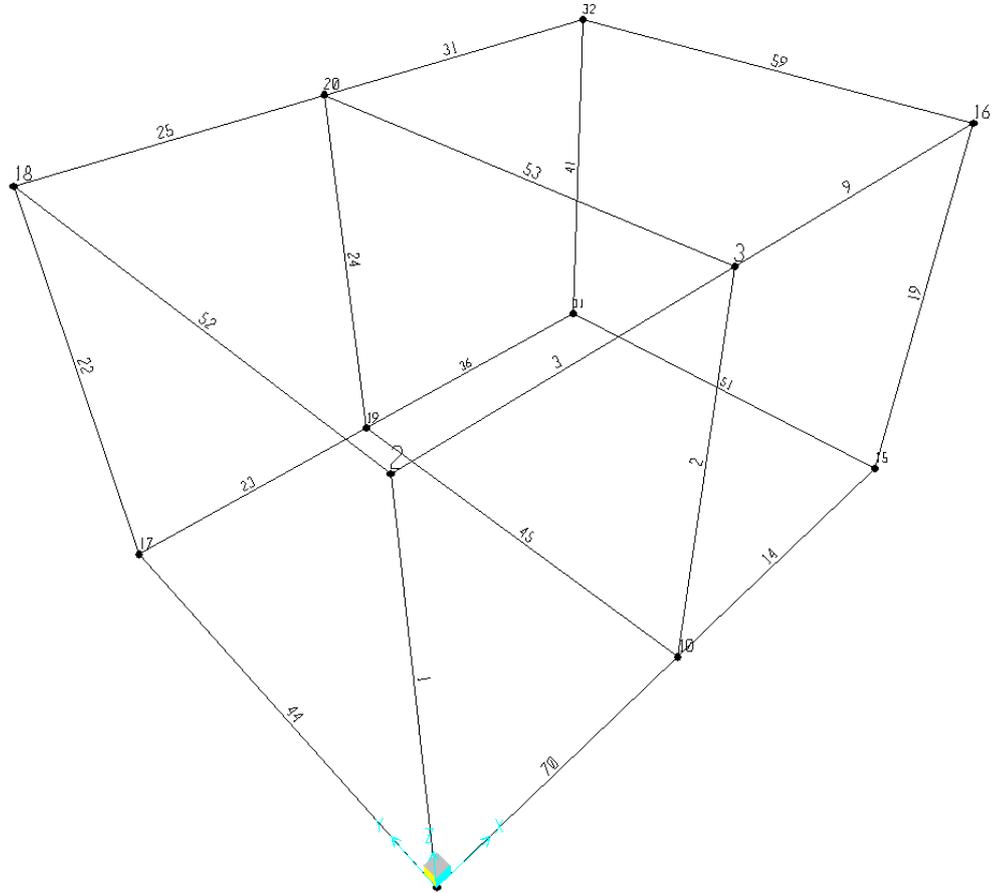


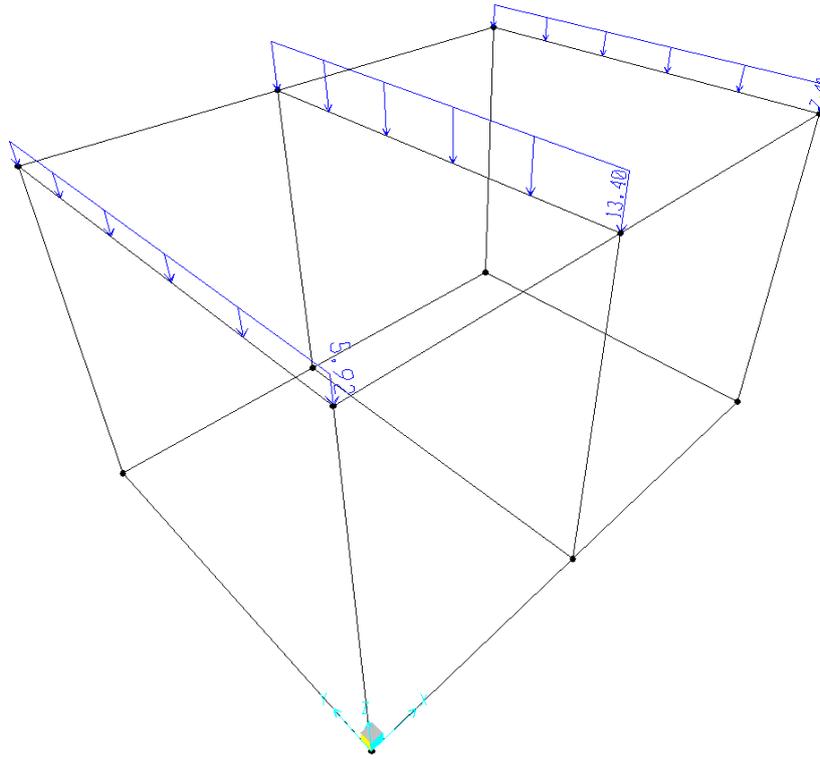
Figura 3: numerazione aste e nodi

| | | | | | | |
|---|---|------------------|-------------|---------------------|--------------------------|----------------|
|  ITAFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | LINEA PESCARA-BARI – RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTI 2 E 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA FABBRICATO PC | | | | | |
| | Fabbricato Energia Relazione di calcolo delle strutture | PROGETTO LI02 | LOTTO 02 | CODIFICA D 78 CL | DOCUMENTO FA 0000 002 | REVISIONE A |

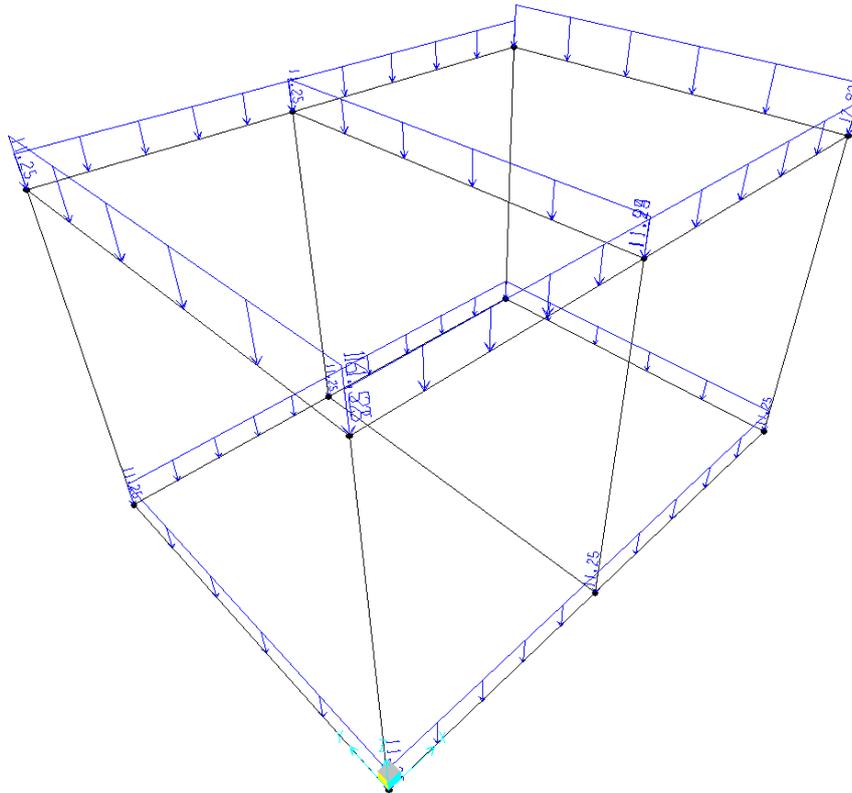
7.2.1.-..Condizioni di carico e assegnazioni

Di seguito si riportano le condizioni elementari di carico:

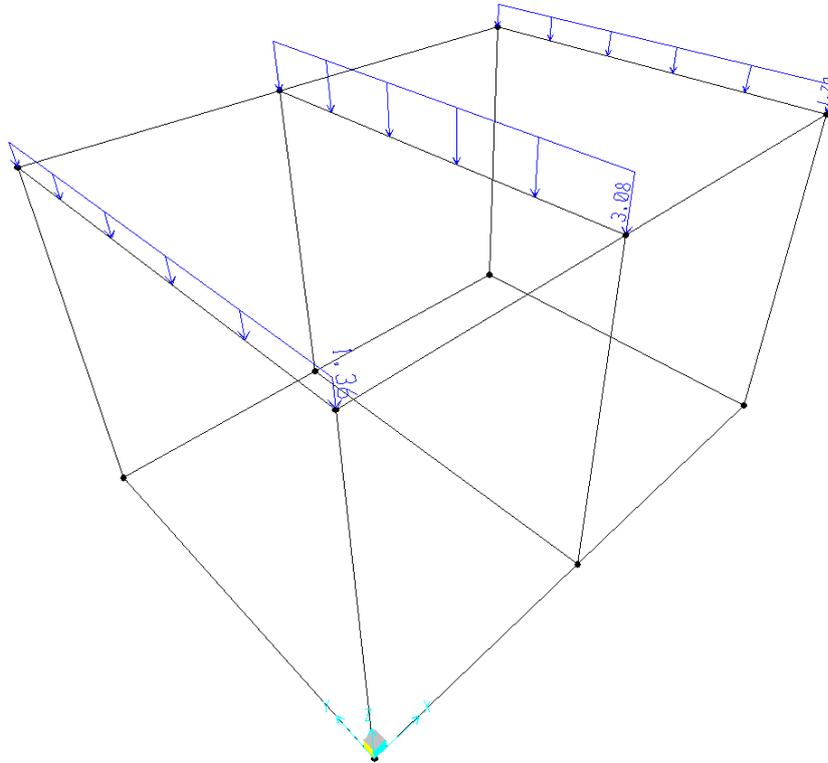
| Case | Type |
|--------|-------------|
| Text | Text |
| G1 | LinStatic |
| MODAL | LinModal |
| G2 | LinStatic |
| QH1 | LinStatic |
| N | LinStatic |
| T | LinStatic |
| Vx | LinStatic |
| Vy | LinStatic |
| Vx- | LinStatic |
| Vy- | LinStatic |
| SLV-X | LinRespSpec |
| SLV-Y | LinRespSpec |
| SLD-X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



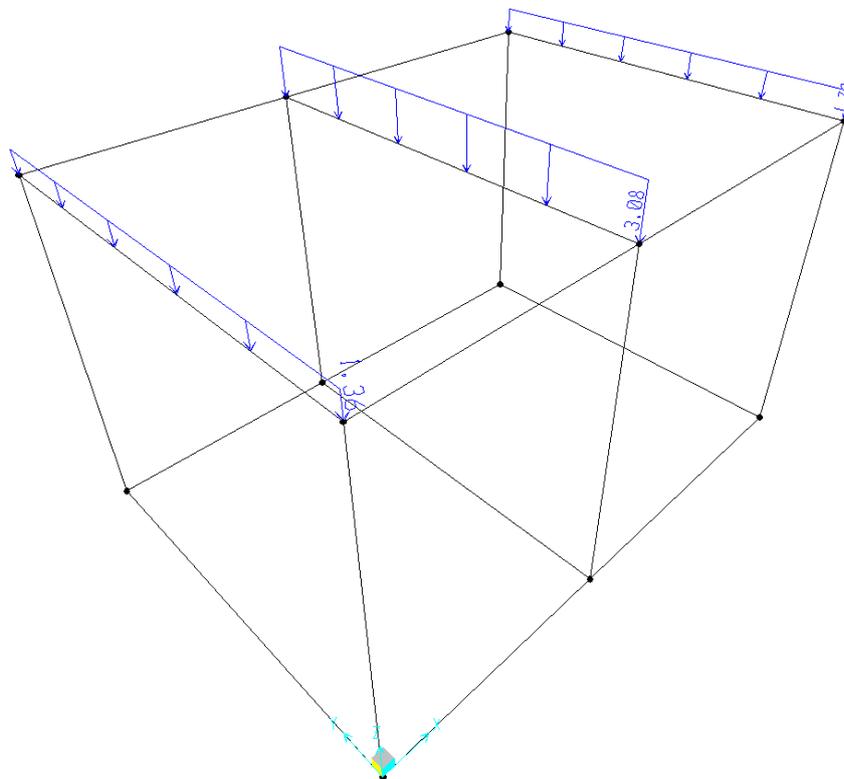
G1 – Peso solaio



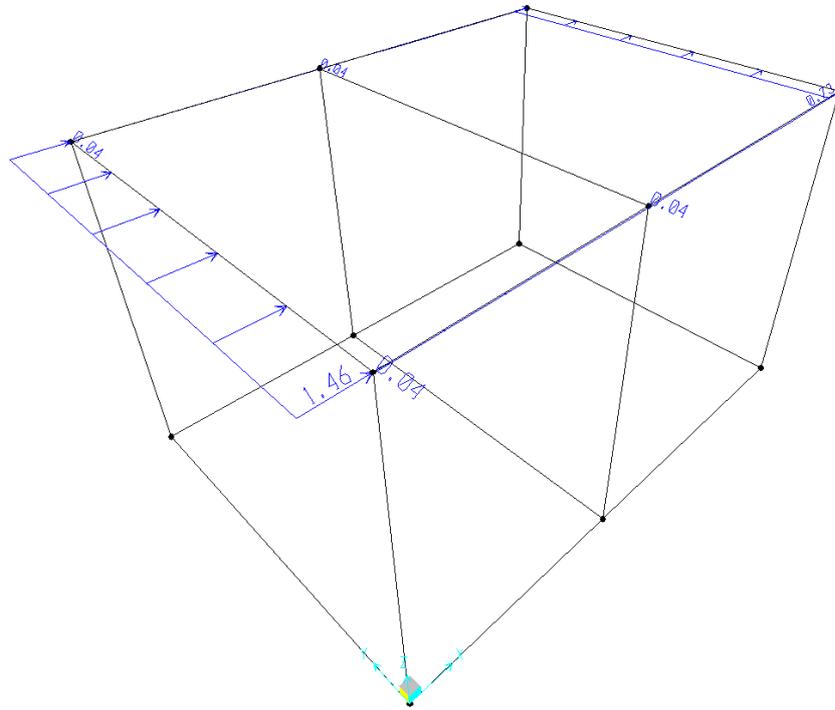
G2 – Permanenti non strutturali



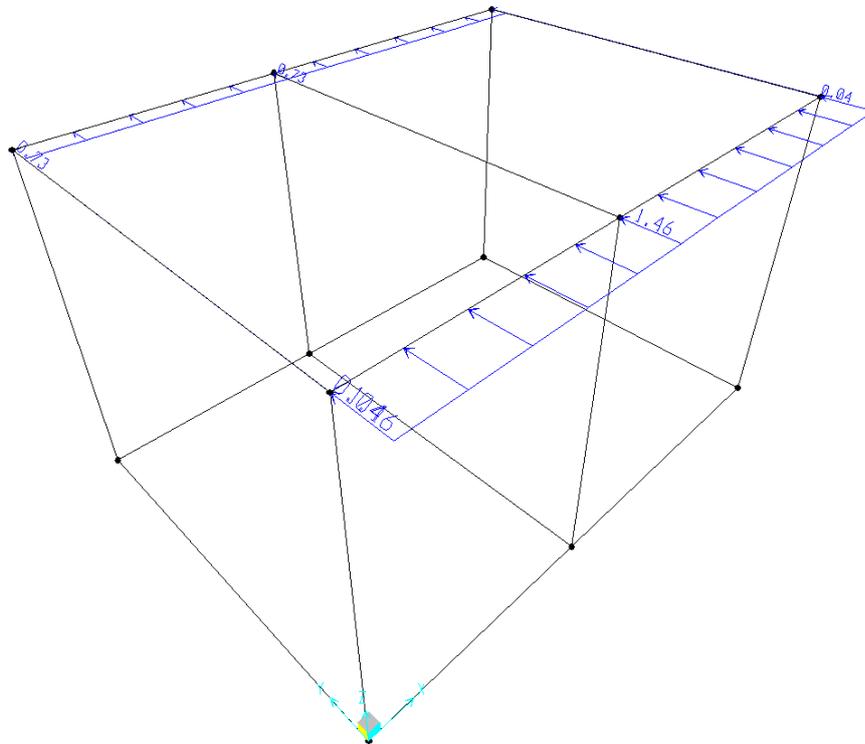
QH1 – Accidentali (Manutenzione)



N – Neve



Vx+ – Vento X+



Vy+ – Vento Y+

| | | | | | | |
|---|---|------------------|-------------|---------------------|--------------------------|----------------|
|  ITAFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | LINEA PESCARA-BARI – RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTI 2 E 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA FABBRICATO PC | | | | | |
| | Fabbricato Energia Relazione di calcolo delle strutture | PROGETTO LI02 | LOTTO 02 | CODIFICA D 78 CL | DOCUMENTO FA 0000 002 | REVISIONE A |

7.3.-..Combinazioni di carico

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

- Combinazione fondamentale, impiegata per gli stati limite ultimi (SLU):
 $\gamma_{G1} G_1 + \gamma_{G2} G_2 + \gamma_p P + \gamma_{Q1} Q_{K1} + \gamma_{Q2} \psi_{02} Q_{K2} + \gamma_{Q3} \psi_{03} Q_{K3} + \dots$
- Combinazione caratteristica (rara), impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) irreversibili (verifiche alle tensioni ammissibili di cui al § 2.7 NTC 08):
 $G_1 + G_2 + P + Q_{K1} + \psi_{02} Q_{K2} + \psi_{03} Q_{K3} + \dots$
- Combinazione frequente, impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) reversibili:
 $G_1 + G_2 + P + \psi_{11} Q_{K1} + \psi_{22} Q_{K2} + \psi_{23} Q_{K3} + \dots$
- Combinazione quasi permanente (SLE), impiegata per gli effetti a lungo termine:
 $G_1 + G_2 + P + \psi_{21} Q_{K1} + \psi_{22} Q_{K2} + \psi_{23} Q_{K3} + \dots$
- Combinazione sismica, impiegata per gli stati limite ultimi e di esercizio connessi all'azione sismica E:
 $E + G_1 + G_2 + P + \psi_{21} Q_{K1} + \psi_{22} Q_{K2} + \dots$
- Combinazione eccezionale, impiegata per gli stati limite ultimi connessi alle azioni eccezionali di progetto:
 $G_1 + G_2 + P + A_d + \psi_{21} Q_{K1} + \psi_{22} Q_{K2} + \dots$

Le condizioni elementari di carico sono opportunamente combinate per determinare le condizioni più sfavorevoli per ciascun elemento strutturale. Di seguito tutte le combinazioni di carico vengono raggruppate per famiglia di appartenenza. In particolare le celle di una riga contengono i coefficienti moltiplicatori della i-esima combinazione. Di seguito si riportano, con riferimento al § 7.3 della presente, le combinazioni utilizzate.

7.3.1.-..Modello di calcolo

Combinazioni SLU

| n° | ComboName | ComboType | CaseName | ScaleFactor |
|----|-----------|------------|----------|-------------|
| 1 | SLU_Q1 | Linear Add | G1 | 1,3 |
| | SLU_Q1 | | G2 | 1,3 |
| | SLU_Q1 | | QH1 | 1,5 |
| | SLU_Q1 | | T | 0,9 |

| | | | | |
|----|----------|------------|-----|------|
| | SLU_Q1 | | Vx | 0,9 |
| 2 | SLU_Q2 | Linear Add | G1 | 1,3 |
| | SLU_Q2 | | G2 | 1,3 |
| | SLU_Q2 | | QH1 | 1,5 |
| | SLU_Q2 | | T | -0,9 |
| | SLU_Q2 | | Vx | 0,9 |
| 3 | SLU_Q3 | Linear Add | G1 | 1,3 |
| | SLU_Q3 | | G2 | 1,3 |
| | SLU_Q3 | | QH1 | 1,5 |
| | SLU_Q3 | | T | 0,9 |
| | SLU_Q3 | | Vx- | 0,9 |
| 4 | SLU_Q4 | Linear Add | G1 | 1,3 |
| | SLU_Q4 | | G2 | 1,3 |
| | SLU_Q4 | | QH1 | 1,5 |
| | SLU_Q4 | | T | -0,9 |
| | SLU_Q4 | | Vx- | 0,9 |
| 5 | SLU_Q5 | Linear Add | G1 | 1,3 |
| | SLU_Q5 | | G2 | 1,3 |
| | SLU_Q5 | | QH1 | 1,5 |
| | SLU_Q5 | | T | 0,9 |
| | SLU_Q5 | | Vy | 0,9 |
| 6 | SLU_Q6 | Linear Add | G1 | 1,3 |
| | SLU_Q6 | | G2 | 1,3 |
| | SLU_Q6 | | QH1 | 1,5 |
| | SLU_Q6 | | T | -0,9 |
| | SLU_Q6 | | Vy | 0,9 |
| 7 | SLU_Q7 | Linear Add | G1 | 1,3 |
| | SLU_Q7 | | G2 | 1,3 |
| | SLU_Q7 | | QH1 | 1,5 |
| | SLU_Q7 | | T | 0,9 |
| | SLU_Q7 | | Vy- | 0,9 |
| 8 | SLU_Q8 | Linear Add | G1 | 1,3 |
| | SLU_Q8 | | G2 | 1,3 |
| | SLU_Q8 | | QH1 | 1,5 |
| | SLU_Q8 | | T | -0,9 |
| | SLU_Q8 | | Vy- | 0,9 |
| 9 | SLU_VX1+ | Linear Add | G1 | 1,3 |
| | SLU_VX1+ | | G2 | 1,3 |
| | SLU_VX1+ | | N | 0,75 |
| | SLU_VX1+ | | T | 0,9 |
| | SLU_VX1+ | | Vx | 1,5 |
| 10 | SLU_VX1- | Linear Add | G1 | 1,3 |

| | | | | |
|---------------|----------|------------|--------|------|
| | SLU_VX1- | | G2 | 1,3 |
| | SLU_VX1- | | N | 0,75 |
| | SLU_VX1- | | T | 0,9 |
| | SLU_VX1- | | Vx- | 1,5 |
| 11 | SLU_VX2+ | Linear Add | G1 | 1,3 |
| | SLU_VX2+ | | G2 | 1,3 |
| | SLU_VX2+ | | N | 0,75 |
| | SLU_VX2+ | | T | -0,9 |
| | SLU_VX2+ | | Vx | 1,5 |
| 12 | SLU_VX2- | Linear Add | G1 | 1,3 |
| | SLU_VX2- | | G2 | 1,3 |
| | SLU_VX2- | | N | 0,75 |
| | SLU_VX2- | | T | -0,9 |
| | SLU_VX2- | | Vx- | 1,5 |
| 13 | SLU_VY1+ | Linear Add | G1 | 1,3 |
| | SLU_VY1+ | | G2 | 1,3 |
| | SLU_VY1+ | | N | 0,75 |
| | SLU_VY1+ | | T | 0,9 |
| | SLU_VY1+ | | Vy | 1,5 |
| 14 | SLU_VY1- | Linear Add | G1 | 1,3 |
| | SLU_VY1- | | G2 | 1,3 |
| | SLU_VY1- | | N | 0,75 |
| | SLU_VY1- | | T | 0,9 |
| | SLU_VY1- | | Vy- | 1,5 |
| 15 | SLU_VY2+ | Linear Add | G1 | 1,3 |
| | SLU_VY2+ | | G2 | 1,3 |
| | SLU_VY2+ | | N | 0,75 |
| | SLU_VY2+ | | T | -0,9 |
| | SLU_VY2+ | | Vy | 1,5 |
| 16 | SLU_VY2- | Linear Add | G1 | 1,3 |
| | SLU_VY2- | | G2 | 1,3 |
| | SLU_VY2- | | N | 0,75 |
| | SLU_VY2- | | T | -0,9 |
| | SLU_VY2- | | Vy- | 1,5 |
| INVILUP PO | INV_SLU | Envelope | SLU_Q1 | 1 |
| | INV_SLU | | SLU_Q2 | 1 |
| | INV_SLU | | SLU_Q3 | 1 |
| | INV_SLU | | SLU_Q4 | 1 |
| | INV_SLU | | SLU_Q5 | 1 |
| | INV_SLU | | SLU_Q6 | 1 |
| | INV_SLU | | SLU_Q7 | 1 |
| | INV_SLU | | SLU_Q8 | 1 |

| | | | |
|---------|--|----------|---|
| INV_SLU | | SLU_VX1- | 1 |
| INV_SLU | | SLU_VX1+ | 1 |
| INV_SLU | | SLU_VX2- | 1 |
| INV_SLU | | SLU_VX2+ | 1 |
| INV_SLU | | SLU_VY1- | 1 |
| INV_SLU | | SLU_VY1+ | 1 |
| INV_SLU | | SLU_VY2- | 1 |
| INV_SLU | | SLU_VY2+ | 1 |

Combinazioni SLE rara

| n° | ComboName | ComboType | CaseName | ScaleFactor |
|----|-----------|------------|----------|-------------|
| 1 | SLER_Q1 | Linear Add | G1 | 1 |
| | SLER_Q1 | | G2 | 1 |
| | SLER_Q1 | | QH1 | 1 |
| | SLER_Q1 | | T | 0,6 |
| | SLER_Q1 | | N | 0,5 |
| | SLER_Q1 | | Vx | 0,6 |
| 2 | SLER_Q2 | Linear Add | G1 | 1 |
| | SLER_Q2 | | G2 | 1 |
| | SLER_Q2 | | QH1 | 1 |
| | SLER_Q2 | | T | 0,6 |
| | SLER_Q2 | | N | 0,5 |
| | SLER_Q2 | | Vx- | 0,6 |
| 3 | SLER_Q3 | Linear Add | G1 | 1 |
| | SLER_Q3 | | G2 | 1 |
| | SLER_Q3 | | QH1 | 1 |
| | SLER_Q3 | | T | 0,6 |
| | SLER_Q3 | | N | 0,5 |
| | SLER_Q3 | | Vy | 0,6 |
| 4 | SLER_Q4 | Linear Add | G1 | 1 |
| | SLER_Q4 | | G2 | 1 |
| | SLER_Q4 | | QH1 | 1 |
| | SLER_Q4 | | T | 0,6 |
| | SLER_Q4 | | N | 0,5 |
| | SLER_Q4 | | Vy- | 0,6 |
| 5 | SLER_Q5 | Linear Add | G1 | 1 |
| | SLER_Q5 | | G2 | 1 |
| | SLER_Q5 | | QH1 | 1 |
| | SLER_Q5 | | T | -0,6 |
| | SLER_Q5 | | N | 0,5 |
| | SLER_Q5 | | Vx | 0,6 |

| | | | | |
|----|-------------|------------|-----|------|
| 6 | SLER_Q6 | Linear Add | G1 | 1 |
| | SLER_Q6 | | G2 | 1 |
| | SLER_Q6 | | QH1 | 1 |
| | SLER_Q6 | | T | -0,6 |
| | SLER_Q6 | | N | 0,5 |
| | SLER_Q6 | | Vx- | 0,6 |
| 7 | SLER_Q7 | Linear Add | G1 | 1 |
| | SLER_Q7 | | G2 | 1 |
| | SLER_Q7 | | QH1 | 1 |
| | SLER_Q7 | | T | -0,6 |
| | SLER_Q7 | | N | 0,5 |
| | SLER_Q7 | | Vy | 0,6 |
| 8 | SLER_Q8 | Linear Add | G1 | 1 |
| | SLER_Q8 | | G2 | 1 |
| | SLER_Q8 | | QH1 | 1 |
| | SLER_Q8 | | T | -0,6 |
| | SLER_Q8 | | N | 0,5 |
| | SLER_Q8 | | Vy- | 0,6 |
| 9 | SLER_VX+_T- | Linear Add | G1 | 1 |
| | SLER_VX+_T- | | G2 | 1 |
| | SLER_VX+_T- | | Vx | 1 |
| | SLER_VX+_T- | | N | 0,5 |
| | SLER_VX+_T- | | T | -0,6 |
| 10 | SLER_VY+ | Linear Add | G1 | 1 |
| | SLER_VY+ | | G2 | 1 |
| | SLER_VY+ | | Vy | 1 |
| | SLER_VY+ | | N | 0,5 |
| | SLER_VY+ | | T | 0,6 |
| 11 | SLER_VX- | Linear Add | G1 | 1 |
| | SLER_VX- | | G2 | 1 |
| | SLER_VX- | | Vx- | 1 |
| | SLER_VX- | | N | 0,5 |
| | SLER_VX- | | T | 0,6 |
| 12 | SLER_VY- | Linear Add | G1 | 1 |
| | SLER_VY- | | G2 | 1 |
| | SLER_VY- | | Vy- | 1 |
| | SLER_VY- | | N | 0,5 |
| | SLER_VY- | | T | 0,6 |
| 13 | SLER_VX+ | Linear Add | G1 | 1 |
| | SLER_VX+ | | G2 | 1 |
| | SLER_VX+ | | Vx | 1 |
| | SLER_VX+ | | N | 0,5 |

| | | | | |
|---------------|-------------|-------------|-------------|------|
| | SLER_VX+ | | T | 0,6 |
| 14 | SLER_VX-_T- | Linear Add | G1 | 1 |
| | SLER_VX-_T- | | G2 | 1 |
| | SLER_VX-_T- | | Vx- | 1 |
| | SLER_VX-_T- | | N | 0,5 |
| | SLER_VX-_T- | | T | -0,6 |
| 15 | SLER_VY+_T- | Linear Add | G1 | 1 |
| | SLER_VY+_T- | | G2 | 1 |
| | SLER_VY+_T- | | Vy | 1 |
| | SLER_VY+_T- | | N | 0,5 |
| | SLER_VY+_T- | | T | -0,6 |
| 16 | SLER_VY-_T- | Linear Add | G1 | 1 |
| | SLER_VY-_T- | | G2 | 1 |
| | SLER_VY-_T- | | Vy- | 1 |
| | SLER_VY-_T- | | N | 0,5 |
| | SLER_VY-_T- | | T | -0,6 |
| INVILUP PO | INV_SLER | Envelope | SLER_Q1 | 1 |
| | INV_SLER | | SLER_Q2 | 1 |
| | INV_SLER | | SLER_Q3 | 1 |
| | INV_SLER | | SLER_Q4 | 1 |
| | INV_SLER | | SLER_Q5 | 1 |
| | INV_SLER | | SLER_Q6 | 1 |
| | INV_SLER | | SLER_Q7 | 1 |
| | INV_SLER | | SLER_Q8 | 1 |
| | INV_SLER | | SLER_VX- | 1 |
| | INV_SLER | | SLER_VX-_T- | 1 |
| | INV_SLER | | SLER_VX+ | 1 |
| | INV_SLER | | SLER_VX+_T- | 1 |
| | INV_SLER | | SLER_VY- | 1 |
| | INV_SLER | | SLER_VY-_T- | 1 |
| | INV_SLER | | SLER_VY+ | 1 |
| INV_SLER | | SLER_VY+_T- | 1 | |

Combinazioni SLE frequente

| n° | ComboName | ComboType | CaseName | ScaleFactor |
|----|-----------|------------|----------|-------------|
| 1 | SLEF_Vx+ | Linear Add | G1 | 1 |
| | SLEF_Vx+ | | G2 | 1 |
| | SLEF_Vx+ | | Vx | 0,2 |
| 2 | SLEF_Vy+ | Linear Add | G1 | 1 |
| | SLEF_Vy+ | | G2 | 1 |

| | | | | |
|---------------|----------|------------|----------|-----|
| | SLEF_Vy+ | | Vy | 0,2 |
| 3 | SLEF_Vx- | Linear Add | G1 | 1 |
| | SLEF_Vx- | | G2 | 1 |
| | SLEF_Vx- | | Vx- | 0,2 |
| 4 | SLEF_Vy- | Linear Add | G1 | 1 |
| | SLEF_Vy- | | G2 | 1 |
| | SLEF_Vy- | | Vy- | 0,2 |
| 5 | SLEF_N | Linear Add | G1 | 1 |
| | SLEF_N | | G2 | 1 |
| | SLEF_N | | N | 0,2 |
| 6 | SLEF_T | Linear Add | G1 | 1 |
| | SLEF_T | | G2 | 1 |
| | SLEF_T | | T | 0,5 |
| INVILUP PO | INV_SLEF | Envelope | SLEF_N | 1 |
| | INV_SLEF | | SLEF_T | 1 |
| | INV_SLEF | | SLEF_Vx- | 1 |
| | INV_SLEF | | SLEF_Vx+ | 1 |
| | INV_SLEF | | SLEF_Vy- | 1 |
| | INV_SLEF | | SLEF_Vy+ | 1 |

Combinazioni SLE quasi permanente

| n° | ComboName | ComboType | CaseName | ScaleFactor |
|----|-----------|------------|----------|-------------|
| 1 | SLEQP | Linear Add | G1 | 1 |
| | SLEQP | | G2 | 1 |

Combinazioni SLV

| n° | ComboName | ComboType | CaseName | ScaleFactor |
|----|-----------|------------|----------|-------------|
| 1 | SLV_X1 | Linear Add | G1 | 1 |
| | SLV_X1 | | G2 | 1 |
| | SLV_X1 | | SLV-X | 1 |
| | SLV_X1 | | SLV-Y | 0,3 |
| | SLV_X1 | | E SLVx | -1 |
| | SLV_X1 | | E SLVy | -0,3 |
| 2 | SLV_X2 | Linear Add | G1 | 1 |
| | SLV_X2 | | G2 | 1 |
| | SLV_X2 | | SLV-X | -1 |

| | | | | |
|--------|--------|------------|------------|------|
| | SLV_X2 | | SLV-Y | 0,3 |
| | SLV_X2 | | E SLVx | 1 |
| | SLV_X2 | | E SLVy | -0,3 |
| 3 | SLV_X3 | Linear Add | G1 | 1 |
| | SLV_X3 | | G2 | 1 |
| | SLV_X3 | | SLV-X | 1 |
| | SLV_X3 | | SLV-Y | -0,3 |
| | SLV_X3 | | E SLVx | -1 |
| | SLV_X3 | | E SLVy | 0,3 |
| | 4 | SLV_X4 | Linear Add | G1 |
| SLV_X4 | | | G2 | 1 |
| SLV_X4 | | | SLV-X | -1 |
| SLV_X4 | | | SLV-Y | -0,3 |
| SLV_X4 | | | E SLVx | 1 |
| SLV_X4 | | | E SLVy | 0,3 |
| 5 | SLV_Y1 | Linear Add | G1 | 1 |
| | SLV_Y1 | | G2 | 1 |
| | SLV_Y1 | | SLV-X | 0,3 |
| | SLV_Y1 | | SLV-Y | 1 |
| | SLV_Y1 | | E SLVx | -0,3 |
| | SLV_Y1 | | E SLVy | -1 |
| 6 | SLV_Y2 | Linear Add | G1 | 1 |
| | SLV_Y2 | | G2 | 1 |
| | SLV_Y2 | | SLV-X | -0,3 |
| | SLV_Y2 | | SLV-Y | 1 |
| | SLV_Y2 | | E SLVx | 0,3 |
| | SLV_Y2 | | E SLVy | -1 |
| 7 | SLV_Y3 | Linear Add | G1 | 1 |
| | SLV_Y3 | | G2 | 1 |
| | SLV_Y3 | | SLV-X | 0,3 |
| | SLV_Y3 | | SLV-Y | -1 |
| | SLV_Y3 | | E SLVx | -0,3 |
| | SLV_Y3 | | E SLVy | 1 |
| 8 | SLV_Y4 | Linear Add | G1 | 1 |
| | SLV_Y4 | | G2 | 1 |
| | SLV_Y4 | | SLV-X | -0,3 |
| | SLV_Y4 | | SLV-Y | -1 |
| | SLV_Y4 | | E SLVx | 0,3 |
| | SLV_Y4 | | E SLVy | 1 |
| 9 | SLV_X5 | Linear Add | G1 | 1 |
| | SLV_X5 | | G2 | 1 |
| | SLV_X5 | | SLV-X | 1 |

| | | | | |
|----|--------|------------|--------|------|
| | SLV_X5 | | SLV-Y | 0,3 |
| | SLV_X5 | | E SLVy | 0,3 |
| | SLV_X5 | | E SLVx | 1 |
| 10 | SLV_X6 | Linear Add | G1 | 1 |
| | SLV_X6 | | G2 | 1 |
| | SLV_X6 | | SLV-X | -1 |
| | SLV_X6 | | SLV-Y | 0,3 |
| | SLV_X6 | | E SLVy | 0,3 |
| | SLV_X6 | | E SLVx | -1 |
| | SLV_X6 | | | |
| 11 | SLV_X7 | Linear Add | G1 | 1 |
| | SLV_X7 | | G2 | 1 |
| | SLV_X7 | | SLV-X | 1 |
| | SLV_X7 | | SLV-Y | -0,3 |
| | SLV_X7 | | E SLVy | -0,3 |
| | SLV_X7 | | E SLVx | 1 |
| 12 | SLV_X8 | Linear Add | G1 | 1 |
| | SLV_X8 | | G2 | 1 |
| | SLV_X8 | | SLV-X | -1 |
| | SLV_X8 | | SLV-Y | -0,3 |
| | SLV_X8 | | E SLVy | -0,3 |
| | SLV_X8 | | E SLVx | -1 |
| 13 | SLV_Y5 | Linear Add | G1 | 1 |
| | SLV_Y5 | | G2 | 1 |
| | SLV_Y5 | | SLV-X | 0,3 |
| | SLV_Y5 | | SLV-Y | 1 |
| | SLV_Y5 | | E SLVy | 1 |
| | SLV_Y5 | | E SLVx | 0,3 |
| 14 | SLV_Y6 | Linear Add | G1 | 1 |
| | SLV_Y6 | | G2 | 1 |
| | SLV_Y6 | | SLV-X | -0,3 |
| | SLV_Y6 | | SLV-Y | 1 |
| | SLV_Y6 | | E SLVy | 1 |
| | SLV_Y6 | | E SLVx | -0,3 |
| 15 | SLV_Y7 | Linear Add | G1 | 1 |
| | SLV_Y7 | | G2 | 1 |
| | SLV_Y7 | | SLV-X | 0,3 |
| | SLV_Y7 | | SLV-Y | -1 |
| | SLV_Y7 | | E SLVy | -1 |
| | SLV_Y7 | | E SLVx | 0,3 |
| 16 | SLV_Y8 | Linear Add | G1 | 1 |
| | SLV_Y8 | | G2 | 1 |
| | SLV_Y8 | | SLV-X | -0,3 |

| | | | | |
|---------|---------|------------|------------|------|
| | SLV_Y8 | | SLV-Y | -1 |
| | SLV_Y8 | | E SLVy | -1 |
| | SLV_Y8 | | E SLVx | -0,3 |
| 17 | SLV_X9 | Linear Add | G1 | 1 |
| | SLV_X9 | | G2 | 1 |
| | SLV_X9 | | SLV-X | 1 |
| | SLV_X9 | | SLV-Y | 0,3 |
| | SLV_X9 | | E SLVy | -0,3 |
| | SLV_X9 | | E SLVx | 1 |
| | 18 | SLV_X10 | Linear Add | G1 |
| SLV_X10 | | | G2 | 1 |
| SLV_X10 | | | SLV-X | -1 |
| SLV_X10 | | | SLV-Y | 0,3 |
| SLV_X10 | | | E SLVy | -0,3 |
| SLV_X10 | | | E SLVx | -1 |
| 19 | SLV_X11 | Linear Add | G1 | 1 |
| | SLV_X11 | | G2 | 1 |
| | SLV_X11 | | SLV-X | 1 |
| | SLV_X11 | | SLV-Y | -0,3 |
| | SLV_X11 | | E SLVy | 0,3 |
| | SLV_X11 | | E SLVx | 1 |
| 20 | SLV_X12 | Linear Add | G1 | 1 |
| | SLV_X12 | | G2 | 1 |
| | SLV_X12 | | SLV-X | -1 |
| | SLV_X12 | | SLV-Y | -0,3 |
| | SLV_X12 | | E SLVy | 0,3 |
| | SLV_X12 | | E SLVx | -1 |
| 21 | SLV_X13 | Linear Add | G1 | 1 |
| | SLV_X13 | | G2 | 1 |
| | SLV_X13 | | SLV-X | 1 |
| | SLV_X13 | | SLV-Y | 0,3 |
| | SLV_X13 | | E SLVy | 0,3 |
| | SLV_X13 | | E SLVx | -1 |
| 22 | SLV_X14 | Linear Add | G1 | 1 |
| | SLV_X14 | | G2 | 1 |
| | SLV_X14 | | SLV-X | -1 |
| | SLV_X14 | | SLV-Y | 0,3 |
| | SLV_X14 | | E SLVy | 0,3 |
| | SLV_X14 | | E SLVx | 1 |
| 23 | SLV_X15 | Linear Add | G1 | 1 |
| | SLV_X15 | | G2 | 1 |
| | SLV_X15 | | SLV-X | 1 |

| | | | | |
|--------|---------|------------|------------|------|
| | SLV_X15 | | SLV-Y | -0,3 |
| | SLV_X15 | | E SLVy | -0,3 |
| | SLV_X15 | | E SLVx | -1 |
| 24 | SLV_X16 | Linear Add | G1 | 1 |
| | SLV_X16 | | G2 | 1 |
| | SLV_X16 | | SLV-X | -1 |
| | SLV_X16 | | SLV-Y | -0,3 |
| | SLV_X16 | | E SLVy | -0,3 |
| | SLV_X16 | | E SLVx | 1 |
| | 25 | SLV_Y9 | Linear Add | G1 |
| SLV_Y9 | | | G2 | 1 |
| SLV_Y9 | | | SLV-X | 0,3 |
| SLV_Y9 | | | SLV-Y | 1 |
| SLV_Y9 | | | E SLVy | -1 |
| SLV_Y9 | | | E SLVx | 0,3 |
| 26 | SLV_Y10 | Linear Add | G1 | 1 |
| | SLV_Y10 | | G2 | 1 |
| | SLV_Y10 | | SLV-X | -0,3 |
| | SLV_Y10 | | SLV-Y | 1 |
| | SLV_Y10 | | E SLVy | -1 |
| | SLV_Y10 | | E SLVx | -0,3 |
| 27 | SLV_Y11 | Linear Add | G1 | 1 |
| | SLV_Y11 | | G2 | 1 |
| | SLV_Y11 | | SLV-X | 0,3 |
| | SLV_Y11 | | SLV-Y | -1 |
| | SLV_Y11 | | E SLVy | 1 |
| | SLV_Y11 | | E SLVx | 0,3 |
| 28 | SLV_Y12 | Linear Add | G1 | 1 |
| | SLV_Y12 | | G2 | 1 |
| | SLV_Y12 | | SLV-X | -0,3 |
| | SLV_Y12 | | SLV-Y | -1 |
| | SLV_Y12 | | E SLVy | 1 |
| | SLV_Y12 | | E SLVx | -0,3 |
| 29 | SLV_Y13 | Linear Add | G1 | 1 |
| | SLV_Y13 | | G2 | 1 |
| | SLV_Y13 | | SLV-X | 0,3 |
| | SLV_Y13 | | SLV-Y | 1 |
| | SLV_Y13 | | E SLVy | 1 |
| | SLV_Y13 | | E SLVx | -0,3 |
| 30 | SLV_Y14 | Linear Add | G1 | 1 |
| | SLV_Y14 | | G2 | 1 |
| | SLV_Y14 | | SLV-X | -0,3 |

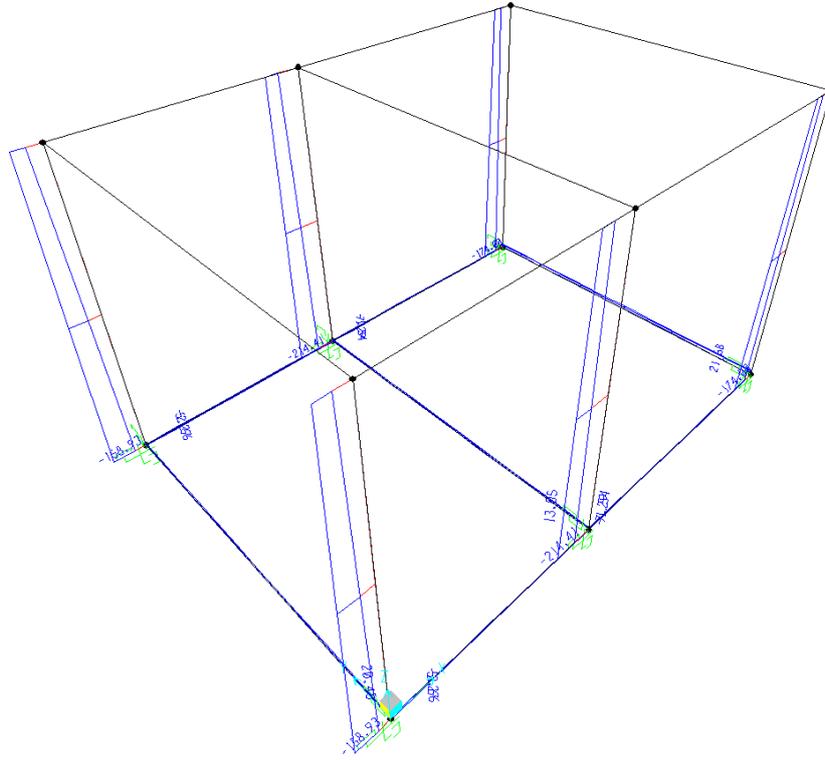
| | | | | |
|-----------|---------|------------|---------|------|
| | SLV_Y14 | | SLV-Y | 1 |
| | SLV_Y14 | | E SLVy | 1 |
| | SLV_Y14 | | E SLVx | 0,3 |
| 31 | SLV_Y15 | Linear Add | G1 | 1 |
| | SLV_Y15 | | G2 | 1 |
| | SLV_Y15 | | SLV-X | 0,3 |
| | SLV_Y15 | | SLV-Y | -1 |
| | SLV_Y15 | | E SLVy | -1 |
| | SLV_Y15 | | E SLVx | -0,3 |
| | | SLV_Y15 | | |
| 32 | SLV_Y16 | Linear Add | G1 | 1 |
| | SLV_Y16 | | G2 | 1 |
| | SLV_Y16 | | SLV-X | -0,3 |
| | SLV_Y16 | | SLV-Y | -1 |
| | SLV_Y16 | | E SLVy | -1 |
| | SLV_Y16 | | E SLVx | 0,3 |
| INVILUPPO | INV_SLV | Envelope | SLV_X1 | 1 |
| | INV_SLV | | SLV_X10 | 1 |
| | INV_SLV | | SLV_X11 | 1 |
| | INV_SLV | | SLV_X12 | 1 |
| | INV_SLV | | SLV_X13 | 1 |
| | INV_SLV | | SLV_X14 | 1 |
| | INV_SLV | | SLV_X15 | 1 |
| | INV_SLV | | SLV_X16 | 1 |
| | INV_SLV | | SLV_X2 | 1 |
| | INV_SLV | | SLV_X3 | 1 |
| | INV_SLV | | SLV_X4 | 1 |
| | INV_SLV | | SLV_X5 | 1 |
| | INV_SLV | | SLV_X6 | 1 |
| | INV_SLV | | SLV_X7 | 1 |
| | INV_SLV | | SLV_X8 | 1 |
| | INV_SLV | | SLV_X9 | 1 |
| | INV_SLV | | SLV_Y1 | 1 |
| | INV_SLV | | SLV_Y10 | 1 |
| | INV_SLV | | SLV_Y11 | 1 |
| | INV_SLV | | SLV_Y13 | 1 |
| | INV_SLV | | SLV_Y14 | 1 |
| | INV_SLV | | SLV_Y15 | 1 |
| | INV_SLV | | SLV_Y16 | 1 |
| | INV_SLV | | SLV_Y2 | 1 |
| INV_SLV | | SLV_Y3 | 1 | |
| INV_SLV | | SLV_Y4 | 1 | |



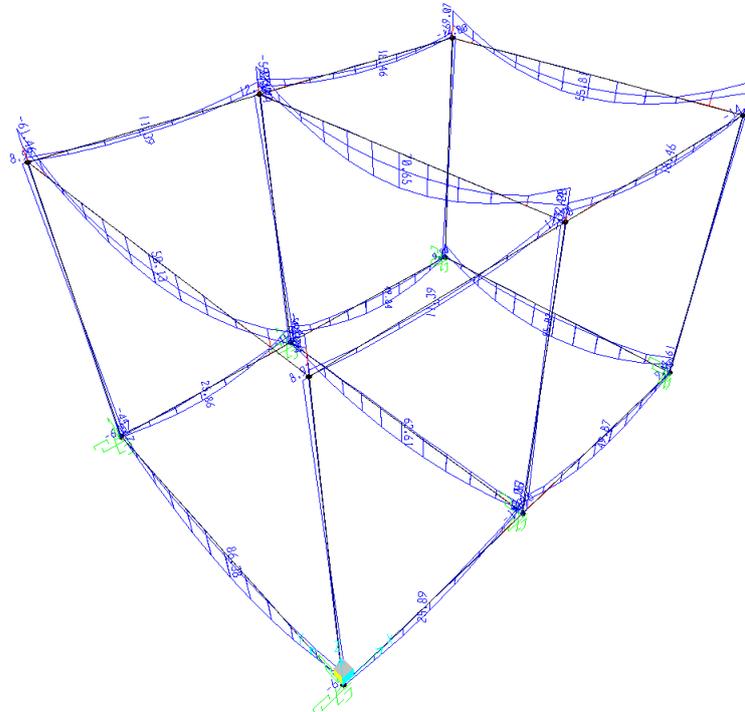
LINEA PESCARA-BARI – RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA
TERMOLI-LESINA
LOTTI 2 E 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA
FABBRICATO PC

| | | | | | | |
|--|------------------|-------------|---------------------|--------------------------|----------------|--------------------|
| Fabbricato Energia Relazione di calcolo delle strutture | PROGETTO LI02 | LOTTO 02 | CODIFICA D 78 CL | DOCUMENTO FA 0000 002 | REVISIONE A | FOGLIO 56di 103 |
|--|------------------|-------------|---------------------|--------------------------|----------------|--------------------|

| | | | |
|---------|--|---------|---|
| INV_SLV | | SLV_Y5 | 1 |
| INV_SLV | | SLV_Y6 | 1 |
| INV_SLV | | SLV_Y7 | 1 |
| INV_SLV | | SLV_Y8 | 1 |
| INV_SLV | | SLV_Y9 | 1 |
| INV_SLV | | SLV_Y12 | 1 |



Sforzo Normale N - Involuppo SLV



Momento M3 - Involuppo SLER

| | | | | | | |
|---|---|------------------|-------------|---------------------|--------------------------|----------------|
|  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | LINEA PESCARA-BARI – RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTI 2 E 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA FABBRICATO PC | | | | | |
| | Fabbricato Energia Relazione di calcolo delle strutture | PROGETTO LI02 | LOTTO 02 | CODIFICA D 78 CL | DOCUMENTO FA 0000 002 | REVISIONE A |

9.-.VERIFICA ELEMENTI STRUTTURALI

9.1.-.Travi elevazione 30x40cm

| SLU-SLV | Combo | V ₂ [kN] | M ₃ [kNm] |
|--------------------|----------|---------------------|----------------------|
| M _{3,max} | SLU_Q5 | -9.02 | 89.44 |
| M _{3,min} | SLU_Vy2+ | 108.22 | -90.62 |
| V _{2,max} | SLU_Q5 | 115.14 | -69.73 |
| V _{2,min} | SLU_Q7 | -115.14 | -69.73 |

| SLER | Combo | M ₃ [kNm] |
|--------------------|---------|----------------------|
| M _{3,max} | SLER_Q3 | 70.65 |
| M _{3,min} | SLER_Q7 | -69.07 |

| SLEF | Combo | M ₃ [kNm] |
|--------------------|----------|----------------------|
| M _{3,max} | SLEF_T | 60.60 |
| M _{3,min} | SLEF_Vy+ | -59.05 |

| SLEQP | Combo | M ₃ [kNm] |
|--------------------|-------|----------------------|
| M _{3,max} | SLEQP | 58.93 |
| M _{3,min} | SLEQP | -57.82 |

In funzione delle sollecitazioni si è dimensionata opportunamente l'armatura longitudinale della trave perimetrale tipo:

1) Zone d'appoggio:

- Armatura superiore 4 Φ 16
- Armatura inferiore 4 Φ 16

2) Campata:

- Armatura superiore 3 Φ 16
- Armatura inferiore 4 Φ 16

In aggiunta, fuori calcolo, andranno disposti 2 Φ 12 come ferri di parete.

➤ Verifica a flessione semplice:

Le verifiche di resistenza a flessione allo SLU (NTC2008 – 4.1.2.1.2.4) per le sezioni di appoggio e di campata sono state condotte con il supporto del software RC-SEC (che svolge in automatico anche il rispetto dei quantitativi minimi di norma) considerando le sollecitazioni riportate nei prospetti precedenti.

➤ Verifica a taglio:

Al fine di escludere la formazione di meccanismi inelastici dovuti al taglio, le

sollecitazioni di taglio di calcolo V_{Ed} si ottengono sommando il contributo dovuto ai carichi gravitazionali agenti sulla trave, considerata incernierata agli estremi, alle sollecitazioni di taglio corrispondenti alla formazione di cerniere plastiche nella trave e prodotte dai momenti resistenti (ultimi) delle due sezioni di plasticizzazione (generalmente quelle di estremità) amplificati del fattore di sovra resistenza γ_{Rd} assunto pari a 1.0 per CDB.

Deve risultare (NTC2008 – 4.1.2.1.3.2):

$$V_{Rd} > V_d$$

dove:

V_d = Valore di calcolo del taglio agente;

$V_{Rd} = \min(V_{Rsd}, V_{Rcd})$

Con riferimento all'armatura trasversale, la resistenza di calcolo a "taglio trazione" si calcola con:

$$V_{Rsd} = 0.9 \cdot d \cdot \frac{A_{sw}}{s} \cdot f_{yd} \cdot (\text{ctg}\alpha + \text{ctg}\theta) \cdot \sin \alpha$$

Con riferimento al calcestruzzo d'anima, la resistenza di calcolo a "taglio compressione" si calcola con:

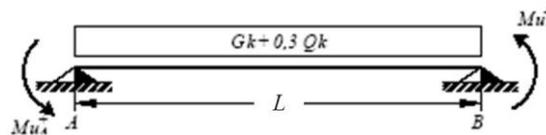
$$V_{Rcd} = 0.9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_c \cdot f'_{cd} \cdot (\text{ctg}\alpha + \text{ctg}\theta) / (1 + \text{ctg}^2\theta)$$

dove:

α : Angolo d'inclinazione dell'armatura trasversale rispetto all'asse dell'elemento;

θ : Angolo d'inclinazione dei puntoni in calcestruzzo rispetto all'asse dell'elemento.

• **1° Schema:**

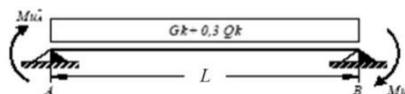


Il taglio è variabile linearmente lungo la trave ed è pari a:

$$V_A = \gamma_{Rd} \frac{Mu^+_A + Mu^+_B}{l_{trave}} + \frac{(G_k + 0,3Q_k) \cdot l_{trave}}{2}$$

$$V_B = \gamma_{Rd} \frac{Mu^+_A + Mu^+_B}{l_{trave}} - \frac{(G_k + 0,3Q_k) \cdot l_{trave}}{2}$$

• **2° Schema:**



Il taglio è variabile linearmente lungo la trave ed è pari a:

$$V_A = \gamma_{Rd} \frac{Mu^-_A + Mu^-_B}{l_{trave}} + \frac{(G_k + 0,3Q_k) \cdot l_{trave}}{2}$$

| | | | | | | |
|---|---|------------------|-------------|---------------------|--------------------------|----------------|
|  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | LINEA PESCARA-BARI – RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTI 2 E 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA FABBRICATO PC | | | | | |
| | Fabbricato Energia Relazione di calcolo delle strutture | PROGETTO LI02 | LOTTO 02 | CODIFICA D 78 CL | DOCUMENTO FA 0000 002 | REVISIONE A |

$$V_B = \gamma_{Rd} \frac{Mu_A^- + Mu_B^-}{l_{trave}} - \frac{(G_k + 0,3Q_k) \cdot l_{trave}}{2}$$

Si riporta di seguito un prospetto riepilogativo con i valori delle sollecitazioni taglianti ottenute seguendo la metodologia descritta e riportata negli schemi precedenti:

| Determinazione taglio di calcolo | | | | | | |
|----------------------------------|-------|------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| Base | 0.30 | m | $M_{uA}^{(+)}$ [kNm] | $M_{uB}^{(-)}$ [kNm] | $M_{uA}^{(-)}$ [kNm] | $M_{uB}^{(+)}$ [kNm] |
| Altezza | 0.40 | m | 57.11 | -57.11 | -57.11 | 57.11 |
| L_{trave} | 5.70 | m | | | | |
| G_k | 25.34 | kN/m | 1° Schema | | 2° Schema | |
| γ_Q | 0.30 | | V_A [kN] | V_B [kN] | V_A [kN] | V_B [kN] |
| Q_k | 3.08 | kN/m | 94.89 | -54.81 | 54.81 | -94.89 |
| γ_{Rd} | 1.00 | | | | | |

Poiché il valore del taglio determinato mediante la procedura sopra riportata è minore del taglio di calcolo ottenuto a valle dell'analisi strutturale mediante il SAP2000, si procede con questo valore alla verifica di resistenza

Si adotteranno nelle zone d'appoggio, per un tratto pari ad 0,80 m dal pilastro, staffe $\Phi 10 / 8.5$ cm, mentre nelle zone centrali di campata rimanenti staffe $\Phi 10 / 20$ cm.

➤ **Verifica limitazioni armatura:**

Resta da verificare che l'armatura determinata in funzione delle sollecitazioni agenti rispetti le limitazioni riportate nel punto 7.4.6.2.1 delle NTC2008:

- almeno due barre di diametro non inferiore a 14 mm devono essere presenti superiormente e inferiormente per tutta la lunghezza della trave;
- in ogni sezione della trave, il rapporto geometrico ρ relativo all'armatura tesa, indipendentemente dal fatto che l'armatura tesa sia quella al lembo superiore della sezione A_s o quella al lembo inferiore della sezione A_i , deve essere compreso entro i seguenti limiti:

$$\frac{1,4}{f_{yk}} < \rho < \rho_{comp} + \frac{3,5}{f_{yk}}$$

dove:

ρ è il rapporto geometrico relativo all'armatura tesa pari ad $A_s / (b \cdot h)$ oppure ad $A_i / (b \cdot h)$;

ρ_{comp} è il rapporto geometrico relativo all'armatura compressa;

f_{yk} è la tensione caratteristica di snervamento dell'acciaio (in MPa).

| | | | | | | |
|---|---|------------------|-------------|---------------------|--------------------------|----------------|
|  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | LINEA PESCARA-BARI – RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTI 2 E 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA FABBRICATO PC | | | | | |
| | Fabbricato Energia Relazione di calcolo delle strutture | PROGETTO LI02 | LOTTO 02 | CODIFICA D 78 CL | DOCUMENTO FA 0000 002 | REVISIONE A |

- l'armatura compressa non deve essere mai inferiore ad un quarto di quella tesa:

$$\rho_{comp} \geq 0.25\rho$$

- nelle zone critiche della trave, inoltre, deve essere:

$$\rho_{comp} \geq 0.5\rho$$

Le zone critiche si estendono, per CD" B", per una lunghezza pari a 1,5 volte l'altezza della sezione della trave, misurata a partire dalla faccia del nodo trave-pilastro o da entrambi i lati a partire dalla sezione di prima plasticizzazione.

- Nelle zone critiche devono essere previste staffe di contenimento. La prima staffa di contenimento deve distare non più di 5 cm dalla sezione a filo pilastro; le successive devono essere disposte ad un passo non superiore alla minore tra le grandezze seguenti:

- un quarto dell'altezza utile della sezione trasversale;
- 225 mm (per CD" B");
- 8 volte il diametro minimo delle barre longitudinali considerate ai fini delle verifiche (per CD" B");
- 24 volte il diametro delle armature trasversali.

Per staffa di contenimento si intende una staffa rettangolare, circolare o a spirale, di diametro minimo 6 mm, con ganci a 135° prolungati per almeno 10 diametri alle due estremità. I ganci devono essere assicurati alle barre longitudinali.

Devono inoltre essere rispettati i limiti previsti per le travi in calcestruzzo in zona non sismica (punto 4.1.6.1.1 delle NTC2008):

- l'area dell'armatura longitudinale in zona tesa non deve essere inferiore a

$$A_{s,\min} = 0.26 \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} b_t \cdot d$$

e comunque non minore di $0.0013 b_t \cdot d$

dove:

b_t rappresenta la larghezza media della zona tesa;

d è l'altezza utile della sezione;

f_{ctm} è il valore medio della resistenza a trazione assiale;

f_{yk} è il valore caratteristico della resistenza a trazione dell'armatura ordinaria.

- negli appoggi di estremità all'intradosso deve essere disposta un'armatura efficacemente ancorata, calcolata per uno sforzo di trazione pari al taglio;
- al di fuori delle zone di sovrapposizione, l'area di armatura tesa o compressa non deve superare individualmente $A_{s,\max} = 0,04 A_c$, essendo A_c l'area della sezione trasversale di calcestruzzo.

| | | | | | | |
|---|---|------------------|-------------|---------------------|--------------------------|----------------|
|  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | LINEA PESCARA-BARI – RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTI 2 E 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA FABBRICATO PC | | | | | |
| | Fabbricato Energia Relazione di calcolo delle strutture | PROGETTO LI02 | LOTTO 02 | CODIFICA D 78 CL | DOCUMENTO FA 0000 002 | REVISIONE A |

- le travi devono prevedere armatura trasversale costituita da staffe con sezione complessiva non inferiore ad $A_{st} = 1,5 b \text{ mm}^2/\text{m}$ essendo b lo spessore minimo dell'anima in millimetri, con un minimo di tre staffe al metro e comunque passo non
- in ogni caso almeno il 50% dell'armatura necessaria per il taglio deve essere costituita da staffe.

Per le travi dell'edificio l'armatura a taglio è costituita solamente da staffe. Si riscontra, pertanto, che l'armatura della trave rispetta i limiti prescritti dalle NTC2008.

➤ Verifiche agli stati limite di esercizio - SLE

Le verifiche nei confronti degli stati limite di esercizio degli elementi strutturali si effettuano in termini di:

- verifica di fessurazione;
- verifica delle tensioni di esercizio.

Nel caso in esame non è necessario effettuare le verifiche degli elementi strutturali in termini di resistenza (punto 7.3.7.1 delle NTC2008) dato che il fabbricato tecnologico in esame non ricade in classe d'uso III e IV.

Verifiche di fessurazione:

Per assicurare la funzionalità e la durata della struttura è necessario:

- realizzare un sufficiente ricoprimento delle armature con calcestruzzo di buona qualità e compattezza, bassa porosità e bassa permeabilità;
- non superare uno stato limite di fessurazione adeguato alle condizioni ambientali, alle sollecitazioni ed alla sensibilità delle armature alla corrosione;
- tener conto delle esigenze estetiche.

Avendo adottato acciai ordinari si rientra nel gruppo di armature poco sensibili alla corrosione. Pertanto sulla base della tabella 4.1.IV – NTC2008 è possibile definire lo stato limite di fessurazione in funzione delle condizioni ambientali (ordinarie) e dell'armatura (poco sensibile), prendendo in considerazione le combinazioni quasi permanenti e frequenti. Nel caso in esame lo stato limite di fessurazione da considerare è lo *stato limite di apertura delle fessure*. La verifica consiste nell'accertarsi che il valore di calcolo di apertura delle fessure (w_d) non supera il valore limite fissato per la combinazione considerata. In particolare:

- per la combinazione di carico frequente bisogna accertarsi che risulti: $w_d < w_3 = 0.4 \text{ mm}$;
- per la combinazione di carico quasi permanente bisogna accertarsi che risulti: $w_d < w_2 = 0.3 \text{ mm}$.

9.1.1.-.Tabulato di verifica SLU - SLE e taglio – ZONA APPOGGIO

DATI GENERALI SEZIONE IN C.A.

NOME SEZIONE: 30x40

(Percorso File: Z:\COMMESSE\0128 Termoli Lesina\LAVORO\Provvisori\04_Verifiche\Strutture\Fabbricati\Energia\30x40.sez)

| | |
|-------------------------------|---------------------|
| Descrizione Sezione: | |
| Metodo di calcolo resistenza: | Stati Limite Ultimi |
| Normativa di riferimento: | N.T.C. |
| Tipologia sezione: | Sezione predefinita |
| Forma della sezione: | Rettangolare |

| | | | | | | |
|--|------------------|-------------|---------------------|--------------------------|----------------|--------------------|
| Fabbricato Energia Relazione di calcolo delle strutture | PROGETTO LI02 | LOTTO 02 | CODIFICA D 78 CL | DOCUMENTO FA 0000 002 | REVISIONE A | FOGLIO 69di 103 |
|--|------------------|-------------|---------------------|--------------------------|----------------|--------------------|

| | |
|-------------------------------|-------------------------------|
| Percorso sollecitazione: | A Sforzo Norm. costante |
| Condizioni Ambientali: | Poco aggressive |
| Riferimento Sforzi assegnati: | Assi x,y principali d'inerzia |
| Riferimento alla sismicità: | Zona sismica (CD'B') |
| Posizione sezione nell'asta: | In zona critica |

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

| | | | |
|--|---|---------------------|---------------------|
| CALCESTRUZZO - | Classe: | C28/35 | |
| | Resistenza compress. di calcolo fcd: | 158.60 | daN/cm ² |
| | Resistenza compress. ridotta fcd': | 79.30 | daN/cm ² |
| | Deform. unitaria max resistenza ec2: | 0.0020 | |
| | Deformazione unitaria ultima ecu: | 0.0035 | |
| | Diagramma tensioni-deformaz.: | Parabola-Rettangolo | |
| | Modulo Elastico Normale Ec: | 323080 | daN/cm ² |
| | Resis. media a trazione fctm: | 27.60 | daN/cm ² |
| | Coeff.Omogen. S.L.E.: | 15.00 | |
| | Sc limite S.L.E. comb. Rare: | 168.00 | daN/cm ² |
| | Sc limite S.L.E. comb. Frequenti: | 168.00 | daN/cm ² |
| | Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti: | 0.400 | mm |
| | Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti: | 126.00 | daN/cm ² |
| Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Q.Permanenti: | 0.300 | mm | |

| | | | |
|------------------------|---|---------------------|---------------------|
| ACCIAIO - | Tipo: | B450C | |
| | Resist. caratt. a snervamento fyk: | 4500.0 | daN/cm ² |
| | Resist. caratt. a rottura ftk: | 4500.0 | daN/cm ² |
| | Resist. a snerv. di calcolo fyd: | 3913.0 | daN/cm ² |
| | Resist. ultima di calcolo ftd: | 3913.0 | daN/cm ² |
| | Deform. ultima di calcolo Epu: | 0.068 | |
| | Modulo Elastico Ef: | 2000000 | daN/cm ² |
| | Diagramma tensioni-deformaz.: | Bilineare finito | |
| | Coeff. Aderenza istant. $\beta_1 \cdot \beta_2$: | 1.00 | |
| | Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$: | 0.50 | |
| Comb.Rare - Sf Limite: | 3600.0 | daN/cm ² | |

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE

| | | |
|--------------------------------|------|------------------------|
| Base: | 30.0 | cm |
| Altezza: | 40.0 | cm |
| Barre inferiori: | 4Ø16 | (8.0 cm ²) |
| Barre superiori: | 4Ø16 | (8.0 cm ²) |
| Coprif.Inf.(dal baric. barre): | 5.8 | cm |
| Coprif.Sup.(dal baric. barre): | 5.8 | cm |

ST.LIM.ULTIMI - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

| | |
|----|---|
| N | Sforzo normale [daN] applicato nel baricentro (posit. se di compress.) |
| Mx | Momento flettente [daNm] intorno all'asse x baric. della sezione con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sezione |
| Vy | Taglio [daN] in direzione parallela all'asse y baric. della sezione |
| MT | Momento torcente [daN m] |

| N°Comb. | N | Mx | Vy | MT |
|---------|---|-------|-------|----|
| 1 | 0 | -9062 | 0 | 0 |
| 2 | 0 | 10 | 11514 | 0 |

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

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

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

| | | | | | | |
|--------------------------------------|----------|-------|----------|-------------|-----------|----------|
| Fabbricato Energia | PROGETTO | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REVISIONE | FOGLIO |
| Relazione di calcolo delle strutture | LI02 | 02 | D 78 CL | FA 0000 002 | A | 70di 103 |

1 0 -6907

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

| | | |
|---------|--|---------------|
| N | Sforzo normale [daN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.) | |
| Mx | Coppia [daNm] applicata all'asse x baricentrico (tra parentesi il Momento di fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione | |
| N°Comb. | N | Mx |
| 1 | 0 | -5905 (-2879) |

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

| | | |
|---------|--|---------------|
| N | Sforzo normale [daN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.) | |
| Mx | Coppia [daNm] applicata all'asse x baricentrico (tra parentesi il Momento di fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione | |
| N°Comb. | N | Mx |
| 1 | 0 | -5782 (-2879) |

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

| | |
|--|--------|
| Copriferro netto minimo barre longitudinali: | 5.0 cm |
| Interferro netto minimo barre longitudinali: | 4.5 cm |
| Copriferro netto minimo staffe: | 4.0 cm |

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - RISULTATI PRESSO-TENSO FLESSIONE

| | | |
|----------|--|--|
| Ver | S = combinazione verificata / N = combin. non verificata | |
| N | Sforzo normale [daN] applicato nel Baricentro (positivo se di compressione) | |
| Mx | Momento flettente assegnato [daNm] riferito all'asse x baricentrico | |
| N Ult | Sforzo normale ultimo [daN] nella sezione (positivo se di compress.) | |
| Mx Ult | Momento flettente ultimo [daNm] riferito all'asse x baricentrico | |
| Mis.Sic. | Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N Ult,Mx Ult) e (N,Mx) Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000 | |
| Yneutro | Ordinata [cm] dell'asse neutro a rottura nel sistema di rif. X,Y,O sez. | |
| Mx sn. | Momento flettente allo snervamento [daNm] | |
| x/d | Rapp. di duttilità a rottura per sole travi (N = 0) | |
| C.Rid. | Coeff. di riduz. momenti in travi continue [formula (4.1.1)NTC] | |
| As Tesa | Area armature long. [cm ²] in zona tesa per sole travi (l'area minima ex (4.1.43)NTC è indicata tra parentesi) | |

| N°Comb | Ver | N | Mx | N Ult | Mx Ult | Mis.Sic. | Yn | M sn | x/d | C.Rid. | As Tesa |
|--------|-----|---|-------|-------|--------|----------|------|-------|------|--------|-----------|
| 1 | S | 0 | -9062 | -13 | -9711 | 1.072 | 6.5 | -9338 | 0.19 | 0.70 | 8.0 (3.7) |
| 2 | S | 0 | 10 | -13 | 9711 | 971.055 | 33.5 | 9338 | 0.19 | 0.70 | 8.0 (3.7) |

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

| | |
|--------|--|
| ec max | Deform. unit. massima del conglomerato a compressione |
| ec 3/7 | Deform. unit. del conglomerato nella fibra a 3/7 dell'altezza efficace |
| Yc max | Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.) |
| es min | Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione) |
| Ys min | Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.) |
| es max | Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compressione) |
| Ys max | Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.) |

| N°Comb | ec max | ec 3/7 | Yc max | es min | Ys min | es max | Ys max |
|--------|---------|----------|--------|---------|--------|----------|--------|
| 1 | 0.00350 | -0.00569 | 0.0 | 0.00039 | 5.8 | -0.01483 | 34.2 |
| 2 | 0.00350 | -0.00569 | 40.0 | 0.00039 | 34.2 | -0.01483 | 5.8 |

| | | | | | | |
|--------------------------------------|----------|-------|----------|-------------|-----------|----------|
| Fabbricato Energia | PROGETTO | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REVISIONE | FOGLIO |
| Relazione di calcolo delle strutture | LI02 | 02 | D 78 CL | FA 0000 002 | A | 71di 103 |

LARGHEZZA MINIMA h_c [cm] DEL PILASTRO DI APPOGGIO PER EVITARE LO SCORRIMENTO DELLE BARRE [eq(7.4.26) NTC]

| | | | | | | | | | |
|---------------------------|---------------|---------------|---|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| Diametro barre superiori: | 16 | mm | | | | | | | |
| Ro: | 0.0067 | | % area tesa barre superiori | | | | | | |
| Ro': | 0.0067 | | % area barre inferiori compresse | | | | | | |
| v | 0.00-0.50 | | sforzo assiale normalizzato nel pilastro = $N/(fcd \cdot Ac)$ | | | | | | |
| | $h_c(v=0.00)$ | $h_c(v=0.05)$ | $h_c(v=0.10)$ | $h_c(v=0.15)$ | $h_c(v=0.20)$ | $h_c(v=0.25)$ | $h_c(v=0.30)$ | $h_c(v=0.40)$ | $h_c(v=0.50)$ |
| Nodo interno | 46 | 44 | 43 | 41 | 40 | 38 | 37 | 34 | 32 |
| Nodo esterno | 31 | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 23 | 22 |

ARMATURE A TAGLIO E/O TORSIONE DI INVILUPPO PER TUTTE LE COMBINAZIONI ASSEGNATE

| | | | |
|------------------|------|--------------------|---|
| Diametro staffe: | 10 | mm | |
| Passo staffe: | 8.5 | cm | [Passo massimo di normativa = 8.6 cm] |
| N.Bracci staffe: | 2 | | |
| Area staffe/m : | 18.5 | cm ² /m | [Area Staffe Minima NTC = 4.5 cm ² /m] |

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - VERIFICHE A TAGLIO

| | |
|------|--|
| Ver | S = comb.verificata a taglio-tors./ N = comb. non verificata |
| Vsdu | Taglio agente [daN] uguale al taglio Vy di comb. |
| Vrd | Taglio resistente [daN] in assenza di staffe [formula (4.1.14)NTC] |
| Vcd | Taglio compressione resistente [daN] lato conglomerato [formula (4.1.19)NTC] |
| Vwd | Taglio trazione resistente [daN] assorbito dalle staffe [formula (4.1.18)NTC] |
| bw | Larghezza minima [cm] sezione misurata parallelam. all'asse neutro |
| Teta | Angolo [gradi sessadec.] di inclinazione dei puntoni di conglomerato |
| Acw | Coefficiente maggiorativo della resistenza a taglio per compressione |
| Ast | Area staffe/metro strettamente necessaria per taglio e torsione [cm ² /m] |

| N°Comb | Ver | Vsdu | Vrd | Vcd | Vwd | bw | Teta | Acw | Ast |
|--------|-----|-------|------|-------|-------|------|-------|-------|-----|
| 1 | S | 0 | 6083 | 36614 | 22258 | 30.0 | 45.00 | 1.000 | 0.0 |
| 2 | S | 11514 | 6083 | 25251 | 55644 | 30.0 | 21.80 | 1.000 | 3.8 |

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

| | |
|---------|--|
| Ver | S = combinazione verificata / N = combin. non verificata |
| Sc max | Massima tensione di compress.(+) nel conglom. in fase fessurata [(daN/cm ²)] |
| Yc max | Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O) |
| Sc min | Minima tensione di compress.(+) nel conglom. in fase fessurata [(daN/cm ²)] |
| Yc min | Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc min (sistema rif. X,Y,O) |
| Sf min | Minima tensione di trazione (-) nell'acciaio [daN/cm ²] |
| Ys min | Ordinata in cm della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O) |
| Dw Eff. | Spessore di conglomerato [cm] in zona tesa considerata aderente alle barre |
| Ac eff. | Area di congl. [cm ²] in zona tesa aderente alle barre (verifica fess.) |
| As eff. | Area Barre tese di acciaio [cm ²] ricadente nell'area efficace(verifica fess.) |
| D barre | Distanza media in cm tra le barre tese efficaci utilizzata nel calcolo di fessurazione (se Dbarre >14Ø viene posto Dbarre=14Ø nel calcolo di fess. [B.6.6.3 Circ. 252/96]) |

| N°Comb | Ver | Sc max | Yc max | Sc min | Yc min | Sf min | Ys min | Dw Eff. | Ac Eff. | As Eff. | D barre |
|--------|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|---------|---------|
| 1 | S | 98.7 | 0.0 | 0.0 | 11.6 | -2879 | 5.8 | 14.2 | 426 | 8.0 | 6.1 |

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE

| | |
|--------|---|
| Ver | S = combinazione verificata / N = combin. non verificata |
| Sclmax | Massima tensione nel conglomerato nello STATO I non fessurato [daN/cm ²] |
| Sclmin | Minima tensione nel conglomerato nello STATO I non fessurato [daN/cm ²] |
| K3 | =0,125 per flessione; = 0,25 (Sclmin + Sclmax)/(2 Sclmin) per trazione eccentrica |
| Beta12 | Prodotto dei Coeff. di aderenza Beta1*Beta2 |
| Psi | = 1-Beta12*(Ssr/Ss) ² = 1-Beta12*(fctm/Sclmin) ² = 1-Beta12*(Mfess/M) ² [B.6.6 DM96] |
| e sm | Deformazione unitaria media tra le fessure . Tra parentesi il valore minimo = 0.4 Ss/Es |
| srm | Distanza media in mm tra le fessure |
| wk | Apertura delle fessure in mm = 1,7*Eps*Srm. Tra parentesi è indicato il valore limite. |

| | | | | | | |
|--|------------------|-------------|---------------------|--------------------------|----------------|--------------------|
| Fabbricato Energia Relazione di calcolo delle strutture | PROGETTO LI02 | LOTTO 02 | CODIFICA D 78 CL | DOCUMENTO FA 0000 002 | REVISIONE A | FOGLIO 72di 103 |
|--|------------------|-------------|---------------------|--------------------------|----------------|--------------------|

M fess. Momento di prima fessurazione [daNm]

| N°Comb | Ver | Sclmax | Sclmin | Sc Eff | K3 | Beta12 | Psi | e sm | srm | wk | M Fess. |
|--------|-----|--------|--------|--------|-------|--------|-------|---------------------|-----|-------|---------|
| 1 | S | 66.2 | -66.2 | --- | 0.125 | 1.00 | 0.826 | 0.001189 (0.000576) | 155 | 0.313 | -2879 |

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

| N°Comb | Ver | Sc max | Yc max | Sc min | Yc min | Sf min | Ys min | Dw Eff. | Ac Eff. | As Eff. | D barre |
|--------|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|---------|---------|
| 1 | S | 84.4 | 0.0 | 0.0 | 11.6 | -2461 | 5.8 | 14.2 | 426 | 8.0 | 6.1 |

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE

| N°Comb | Ver | Sclmax | Sclmin | Sc Eff | K3 | Beta12 | Psi | e sm | srm | wk | M Fess. |
|--------|-----|--------|--------|--------|-------|--------|-------|---------------------|-----|--------------|---------|
| 1 | S | 56.6 | -56.6 | --- | 0.125 | 1.00 | 0.762 | 0.000938 (0.000492) | 155 | 0.247 (0.40) | -2879 |

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

| N°Comb | Ver | Sc max | Yc max | Sc min | Yc min | Sf min | Ys min | Dw Eff. | Ac Eff. | As Eff. | D barre |
|--------|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|---------|---------|
| 1 | S | 82.6 | 0.0 | 0.0 | 11.6 | -2410 | 5.8 | 14.2 | 426 | 8.0 | 6.1 |

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE

| N°Comb | Ver | Sclmax | Sclmin | Sc Eff | K3 | Beta12 | Psi | e sm | srm | wk | M Fess. |
|--------|-----|--------|--------|--------|-------|--------|-------|---------------------|-----|--------------|---------|
| 1 | S | 55.4 | -55.4 | --- | 0.125 | 0.50 | 0.876 | 0.001056 (0.000482) | 155 | 0.277 (0.30) | -2879 |

9.1.2.-.Tabulato di verifica SLU - SLE – CAMPATA
DATI GENERALI SEZIONE IN C.A.

NOME SEZIONE: 30x40camp

(Percorso File: Z:\COMESSE\0128 Termoli Lesina\LAVORO\Provvisori\04_Verifiche\Strutture\Fabbricati\Energia\30x40camp.sez)

| | |
|-------------------------------|-------------------------------|
| Descrizione Sezione: | |
| Metodo di calcolo resistenza: | Stati Limite Ultimi |
| Normativa di riferimento: | N.T.C. |
| Tipologia sezione: | Sezione predefinita |
| Forma della sezione: | Rettangolare |
| Percorso sollecitazione: | A Sforzo Norm. costante |
| Condizioni Ambientali: | Poco aggressive |
| Riferimento Sforzi assegnati: | Assi x,y principali d'inerzia |
| Riferimento alla sismicità: | Zona sismica (CD'B') |
| Posizione sezione nell'asta: | Non in zona critica |

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

| | | |
|----------------|---|----------------------------|
| CALCESTRUZZO - | Classe: | C28/35 |
| | Resistenza compress. di calcolo fcd: | 158.60 daN/cm ² |
| | Resistenza compress. ridotta fcd: | 79.30 daN/cm ² |
| | Deform. unitaria max resistenza ec2: | 0.0020 |
| | Deformazione unitaria ultima ecu: | 0.0035 |
| | Diagramma tensioni-deformaz.: | Parabola-Rettangolo |
| | Modulo Elastico Normale Ec: | 323080 daN/cm ² |
| | Resis. media a trazione fctm: | 27.60 daN/cm ² |
| | Coeff.Omogen. S.L.E.: | 15.00 |
| | Sc limite S.L.E. comb. Rare: | 168.00 daN/cm ² |
| | Sc limite S.L.E. comb. Frequenti: | 168.00 daN/cm ² |
| | Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti: | 0.400 mm |

| | | | | | | |
|--|------------------|-------------|---------------------|--------------------------|----------------|--------------------|
| Fabbricato Energia Relazione di calcolo delle strutture | PROGETTO LI02 | LOTTO 02 | CODIFICA D 78 CL | DOCUMENTO FA 0000 002 | REVISIONE A | FOGLIO 73di 103 |
|--|------------------|-------------|---------------------|--------------------------|----------------|--------------------|

Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti: 126.00 daN/cm²
 Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Q.Permanenti: 0.300 mm

ACCIAIO -

Tipo: B450C
 Resist. caratt. a snervamento fyk: 4500.0 daN/cm²
 Resist. caratt. a rottura ftk: 4500.0 daN/cm²
 Resist. a snerv. di calcolo fyd: 3913.0 daN/cm²
 Resist. ultima di calcolo ftd: 3913.0 daN/cm²
 Deform. ultima di calcolo Epu: 0.068
 Modulo Elastico Ef: 2000000 daN/cm²
 Diagramma tensioni-deformaz.: Bilineare finito
 Coeff. Aderenza istant. $\beta_1 \cdot \beta_2$: 1.00
 Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$: 0.50
 Comb.Rare - Sf Limite: 3600.0 daN/cm²

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE

Base: 30.0 cm
 Altezza: 40.0 cm
 Barre inferiori: 4Ø16 (8.0 cm²)
 Barre superiori: 3Ø16 (6.0 cm²)
 Coprif.Inf.(dal baric. barre): 5.8 cm
 Coprif.Sup.(dal baric. barre): 5.8 cm

ST.LIM.ULTIMI - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

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

| N°Comb. | N | Mx | Vy | MT |
|---------|---|------|----|----|
| 1 | 0 | 8944 | 0 | 0 |

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

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

| N°Comb. | N | Mx |
|---------|---|------|
| 1 | 0 | 7065 |

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

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

| N°Comb. | N | Mx |
|---------|---|-------------|
| 1 | 0 | 6060 (2837) |

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

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

| N°Comb. | N | Mx |
|---------|---|-------------|
| 1 | 0 | 5893 (2837) |

| | | | | | | |
|--------------------------------------|----------|-------|----------|-------------|-----------|----------|
| Fabbricato Energia | PROGETTO | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REVISIONE | FOGLIO |
| Relazione di calcolo delle strutture | LI02 | 02 | D 78 CL | FA 0000 002 | A | 74di 103 |

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

| | | |
|--|-----|----|
| Copriferro netto minimo barre longitudinali: | 5.0 | cm |
| Interferro netto minimo barre longitudinali: | 4.5 | cm |
| Copriferro netto minimo staffe: | 4.0 | cm |

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - RISULTATI PRESSO-TENSO FLESSIONE

| | |
|----------|---|
| Ver | S = combinazione verificata / N = combin. non verificata |
| N | Sforzo normale [daN] applicato nel Baricentro (positivo se di compressione) |
| Mx | Momento flettente assegnato [daNm] riferito all'asse x baricentrico |
| N Ult | Sforzo normale ultimo [daN] nella sezione (positivo se di compress.) |
| Mx Ult | Momento flettente ultimo [daNm] riferito all'asse x baricentrico |
| Mis.Sic. | Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N Ult, Mx Ult) e (N, Mx) Verifica positiva se tale rapporto risulta ≥ 1.000 |
| Yneuro | Ordinata [cm] dell'asse neutro a rottura nel sistema di rif. X, Y, O sez. |
| Mx sn. | Momento flettente allo snervamento [daNm] |
| x/d | Rapp. di duttilità a rottura per sole travi (N = 0) |
| C.Rid. | Coeff. di riduz. momenti in travi continue [formula (4.1.1)NTC] |
| As Tesa | Area armature long. [cm ²] in zona tesa per sole travi (l'area minima ex (4.1.43)NTC è indicata tra parentesi) |

| N°Comb | Ver | N | Mx | N Ult | Mx Ult | Mis.Sic. | Yn | M sn | x/d | C.Rid. | As Tesa |
|--------|-----|---|------|-------|--------|----------|------|------|------|--------|-----------|
| 1 | S | 0 | 8944 | -28 | 9711 | 1.086 | 33.3 | 9333 | 0.20 | 0.70 | 8.0 (3.7) |

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

| | |
|--------|--|
| ec max | Deform. unit. massima del conglomerato a compressione |
| ec 3/7 | Deform. unit. del conglomerato nella fibra a 3/7 dell'altezza efficace |
| Yc max | Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X, Y, O sez.) |
| es min | Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione) |
| Ys min | Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X, Y, O sez.) |
| es max | Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compressione) |
| Ys max | Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X, Y, O sez.) |

| N°Comb | ec max | ec 3/7 | Yc max | es min | Ys min | es max | Ys max |
|--------|---------|----------|--------|---------|--------|----------|--------|
| 1 | 0.00350 | -0.00546 | 40.0 | 0.00047 | 34.2 | -0.01437 | 5.8 |

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

| | |
|---------|---|
| Ver | S = combinazione verificata / N = combin. non verificata |
| Sc max | Massima tensione di compress.(+) nel conglom. in fase fessurata [(daN/cm ²)] |
| Yc max | Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc max (sistema rif. X, Y, O) |
| Sc min | Minima tensione di compress.(+) nel conglom. in fase fessurata [(daN/cm ²)] |
| Yc min | Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc min (sistema rif. X, Y, O) |
| Sf min | Minima tensione di trazione (-) nell'acciaio [daN/cm ²] |
| Ys min | Ordinata in cm della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X, Y, O) |
| Dw Eff. | Spessore di conglomerato [cm] in zona tesa considerata aderente alle barre |
| Ac eff. | Area di congl. [cm ²] in zona tesa aderente alle barre (verifica fess.) |
| As eff. | Area Barre tese di acciaio [cm ²] ricadente nell'area efficace (verifica fess.) |
| D barre | Distanza media in cm tra le barre tese efficaci utilizzata nel calcolo di fessurazione (se Dbarre > 14Ø viene posto Dbarre = 14Ø nel calcolo di fess. [B.6.6.3 Circ. 252/96]) |

| N°Comb | Ver | Sc max | Yc max | Sc min | Yc min | Sf min | Ys min | Dw Eff. | Ac Eff. | As Eff. | D barre |
|--------|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|---------|---------|
| 1 | S | 105.0 | 40.0 | 0.0 | 28.1 | -2943 | 34.2 | 14.0 | 421 | 8.0 | 6.1 |

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE

| | |
|--------|---|
| Ver | S = combinazione verificata / N = combin. non verificata |
| Sclmax | Massima tensione nel conglomerato nello STATO I non fessurato [daN/cm ²] |
| Sclmin | Minima tensione nel conglomerato nello STATO I non fessurato [daN/cm ²] |
| K3 | = 0,125 per flessione; = 0,25 (Sclmin + Sclmax)/(2 Sclmin) per trazione eccentrica |
| Beta12 | Prodotto dei Coeff. di aderenza Beta1 * Beta2 |
| Psi | = 1 - Beta12 * (Ssr/Ss)² = 1 - Beta12 * (fctm/Sclmin)² = 1 - Beta12 * (Mfess/M)² [B.6.6 DM96] |

| | | | | | | |
|--|------------------|-------------|---------------------|--------------------------|----------------|--------------------|
| Fabbricato Energia Relazione di calcolo delle strutture | PROGETTO LI02 | LOTTO 02 | CODIFICA D 78 CL | DOCUMENTO FA 0000 002 | REVISIONE A | FOGLIO 75di 103 |
|--|------------------|-------------|---------------------|--------------------------|----------------|--------------------|

e sm Deformazione unitaria media tra le fessure . Tra parentesi il valore minimo = 0.4 Ss/Es
 srm Distanza media in mm tra le fessure
 wk Apertura delle fessure in mm = 1,7*Eps*Srm. Tra parentesi è indicato il valore limite.
 M fess. Momento di prima fessurazione [daNm]

| N°Comb | Ver | Scmax | Scmin | Sc Eff | K3 | Beta12 | Psi | e sm | srm | wk | M Fess. |
|--------|-----|-------|-------|--------|-------|--------|-------|---------------------|-----|-------|---------|
| 1 | S | 70.9 | -68.7 | --- | 0.125 | 1.00 | 0.839 | 0.001234 (0.000589) | 154 | 0.323 | 2837 |

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

| N°Comb | Ver | Sc max | Yc max | Sc min | Yc min | Sf min | Ys min | Dw Eff. | Ac Eff. | As Eff. | D barre |
|--------|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|---------|---------|
| 1 | S | 90.1 | 40.0 | 0.0 | 28.1 | -2524 | 34.2 | 14.0 | 421 | 8.0 | 6.1 |

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE

| N°Comb | Ver | Scmax | Scmin | Sc Eff | K3 | Beta12 | Psi | e sm | srm | wk | M Fess. |
|--------|-----|-------|-------|--------|-------|--------|-------|---------------------|-----|--------------|---------|
| 1 | S | 60.8 | -59.0 | --- | 0.125 | 1.00 | 0.781 | 0.000986 (0.000505) | 154 | 0.258 (0.40) | 2837 |

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

| N°Comb | Ver | Sc max | Yc max | Sc min | Yc min | Sf min | Ys min | Dw Eff. | Ac Eff. | As Eff. | D barre |
|--------|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|---------|---------|
| 1 | S | 87.6 | 40.0 | 0.0 | 28.1 | -2455 | 34.2 | 14.0 | 421 | 8.0 | 6.1 |

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE

| N°Comb | Ver | Scmax | Scmin | Sc Eff | K3 | Beta12 | Psi | e sm | srm | wk | M Fess. |
|--------|-----|-------|-------|--------|-------|--------|-------|---------------------|-----|--------------|---------|
| 1 | S | 59.1 | -57.3 | --- | 0.125 | 0.50 | 0.884 | 0.001085 (0.000491) | 154 | 0.284 (0.30) | 2837 |

9.2.-..Pilastrì (30x50)

| SLU-SLV | Combo | N [kN] | V ₂ [kN] | V ₃ [kN] | M ₂ [kNm] | M ₃ [kNm] | n° frame |
|--------------------|----------|---------|---------------------|---------------------|----------------------|----------------------|----------|
| M _{3,max} | SLU_Vy2- | -142.25 | -32.76 | 4.65 | -14.40 | 96.04 | 19 |
| M _{3,min} | SLU_Vy2+ | -142.25 | 32.76 | 4.65 | -14.40 | -96.04 | 41 |
| V _{2,max} | SLV_Y4 | -154.12 | 35.08 | 6.66 | 14.28 | 78.70 | 41 |
| V _{2,min} | SLV_Y4 | -174.00 | -35.08 | 2.24 | 2.64 | -78.70 | 19 |
| M _{2,max} | SLU_Q8 | -198.72 | -2.24 | -19.98 | 62.24 | 6.87 | 2 |
| M _{2,min} | SLU_Q6 | -198.72 | -2.24 | 19.98 | -62.24 | 6.87 | 24 |
| V _{3,max} | SLU_Vy2+ | -216.57 | -2.26 | 20.07 | 35.96 | -4.05 | 24 |
| V _{3,min} | SLU_Vy2- | -216.57 | -2.26 | -20.07 | -35.96 | -4.05 | 2 |
| N _{max} | SLU_Q8 | -221.91 | -2.236 | -19.98 | -34.66 | -3.97 | 2 |
| N _{min} | SLV-X | 9.96 | 0.00 | 6.48 | 16.72 | 0.00 | 5 |

| SLER | Combo | N [kN] | M ₂ [kNm] | M ₃ [kNm] |
|--------------------|----------|----------------|----------------------|----------------------|
| M _{3,max} | SLER_Vy- | -108.82 | -10.90 | 72.19 |
| M _{3,min} | SLER_Q7 | -112.72 | -11.02 | -73.56 |
| M _{2,max} | SLER_Q6 | -154.17 | 46.64 | 9.41 |
| M _{2,min} | SLER_Q7 | -155.39 | -48.68 | 5.28 |
| N _{max} | SLER_Q7 | -173.23 | 26.78 | -3.03 |
| N _{min} | SLER_Q8 | -64.31 | -4.04 | 10.39 |

| SLEF | Combo | N [kN] | M ₂ [kNm] | M ₃ [kNm] |
|--------------------|----------|----------------|----------------------|----------------------|
| M _{3,max} | SLEF_Vy- | -105.33 | -9.75 | 62.52 |
| M _{3,min} | SLEF_Vy+ | -105.33 | -9.75 | -62.52 |
| M _{2,max} | SLEF_N | -142.11 | 39.71 | 5.17 |
| M _{2,min} | SLEF_N | -142.11 | -39.71 | 5.17 |
| N _{max} | SLEF_N | -159.95 | -20.73 | -2.89 |
| N _{min} | SLEF_Vy+ | -89.04 | 4.71 | 55.07 |

| SLEQP | Combo | N [kN] | M ₂ [kNm] | M ₃ [kNm] |
|--------------------|-------|----------------|----------------------|----------------------|
| M _{3,max} | SLEQP | -104.90 | -9.77 | 61.24 |
| M _{3,min} | SLEQP | -104.90 | -9.77 | -61.24 |
| M _{2,max} | SLEQP | -140.44 | 38.92 | 5.16 |
| M _{2,min} | SLEQP | -140.44 | -38.92 | 5.16 |
| N _{max} | SLEQP | -158.27 | -20.35 | -2.89 |
| N _{min} | SLEQP | -89.46 | 4.71 | 56.31 |

Preliminarmente alla verifica di resistenza dei pilastri allo SLU è necessario valutare la stabilità degli elementi snelli. Tali verifiche devono essere condotte attraverso un'analisi del secondo ordine che tenga conto degli effetti flessionali delle azioni assiali sulla configurazione deformata degli elementi stessi. In via approssimativa gli effetti del secondo ordine in pilastri singoli possono essere trascurati se la snellezza λ non supera il valore limite (4.1.2.1.7-NTC2008):

$$\lambda_{lim} = 15.4 \cdot \frac{C}{\sqrt{\nu}}$$

dove:

$\nu = N_{Ed} / (A_c \cdot f_{cd})$ è l'azione assiale adimensionale;

$C = 1.7 - r_m$ dipende dalla distribuzione dei momenti del primo ordine;

$r_m = M_{01} / M_{02}$ è il rapporto tra i momenti flettenti del primo ordine alle due estremità del pilastro (con $M_{02} \geq M_{01}$).

E' stata valutata la snellezza λ del pilastro nel piano (YZ) e nel piano ortogonale (XZ):

$$\lambda = L_0 / i$$

dove:

$L_0 = \beta L$ lunghezza di libera inflessione

$\beta = 1$ coefficiente di vincolo per asta incastrata al piede

L luce netta del pilastro

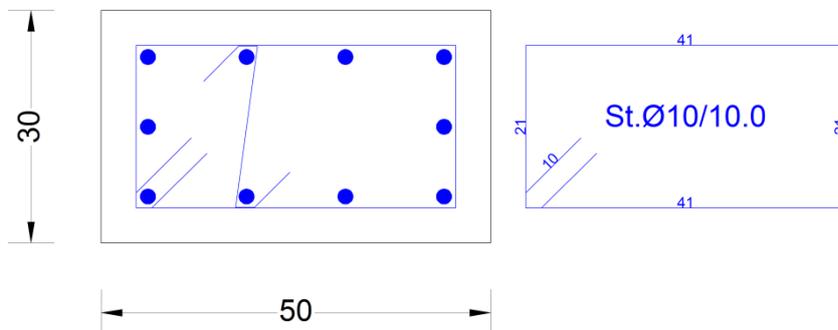
Si riporta di seguito una tabella riepilogativa con il confronto tra snellezza di calcolo dei

| | | | | | | |
|---|---|------------------|-------------|---------------------|--------------------------|----------------|
|  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | LINEA PESCARA-BARI – RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTI 2 E 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA FABBRICATO PC | | | | | |
| | Fabbricato Energia Relazione di calcolo delle strutture | PROGETTO LI02 | LOTTO 02 | CODIFICA D 78 CL | DOCUMENTO FA 0000 002 | REVISIONE A |

pilastri e snellezza limite, facendo riferimento alle combinazioni di carico più gravose sul pilastro più caricato dallo sforzo assiale massimo e dai momenti flettenti massimi.

| Verifica stabilità elementi snelli | | | | | | | | | | | |
|------------------------------------|--------|----------------|-------|------------------|----------------------------------|--------------------------------------|---------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------|----------------|
| Combo | Asse | N [kN] | h [m] | b [m] | A _c [m ²] | f _{cd} [kN/m ²] | v | M ₀₂ [kNm] | M ₀₁ [kNm] | R _{ck} | n° frame |
| SLU_Q8 | X | 222 | 0.50 | 0.30 | 0.15 | 16462 | 0.090 | -34.62 | 62.10 | 35 | 2 |
| | Y | 222 | 0.50 | 0.30 | 0.15 | | 0.090 | -3.96 | 6.86 | | |
| Combo | L [cm] | r _m | C | λ _{lim} | β | l ₀ (cm) | i _x (cm) | i _y (cm) | λ _{yz} | λ _{xz} | Esito verifica |
| SLU_Q8 | 405 | -1.79 | 3.49 | 179.44 | 1 | 405 | 8.66 | | 46.77 | | OK |
| | | -1.73 | 3.43 | 176.28 | 1 | 405 | | 14.43 | | 28.06 | OK |

• Verifica di resistenza allo SLU



1) Lato corto:

- Armatura superiore 3 Ø 20
- Armatura inferiore 3 Ø 20

2) Lato lungo:

- Armatura superiore 2 Ø 20
- Armatura inferiore 2 Ø 20

➤ Verifica a presso-flessione:

Le verifiche di resistenza a flessione e pressoflessione allo SLU (NTC2008 – 4.1.2.1.2.4; - 7.4.4.2) per le sezioni di base dei pilastri sono state condotte con il supporto del software RC-SEZ considerando le sollecitazioni riportate nei prospetti precedenti:

➤ Verifica a taglio:

Al fine di escludere la formazione di meccanismi inelastici o fragili dovuti al taglio, per quanto concerne la verifica a taglio del pilastro si utilizza il valore massimo tra il taglio di calcolo dedotto dall'output del modello di calcolo e quello che si ottiene dalla condizione di equilibrio del pilastro soggetto all'azione dei momenti resistenti nelle sezioni di estremità superiore M^s_{C,Rd} ed inferiore Mⁱ_{C,Rd} secondo l'espressione:

$$V_{Ed} = \gamma_{Rd} \cdot \frac{M^{s}_{C,Rd} + M^{i}_{C,Rd}}{l_p}$$

| | | | | | | |
|---|---|------------------|-------------|---------------------|--------------------------|----------------|
|  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | LINEA PESCARA-BARI – RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTI 2 E 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA FABBRICATO PC | | | | | |
| | Fabbricato Energia Relazione di calcolo delle strutture | PROGETTO LI02 | LOTTO 02 | CODIFICA D 78 CL | DOCUMENTO FA 0000 002 | REVISIONE A |

dove:

$\gamma_{Rd} = 1.10$ per strutture in CD"B”;

| Determinazione taglio di calcolo pilastro | | | | | |
|---|--------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| | | asse forte | | asse debole | |
| | | $M_{C,Rd}^s$ [kNm] | $M_{C,Rd}^i$ [kNm] | $M_{C,Rd}^s$ [kNm] | $M_{C,Rd}^i$ [kNm] |
| L_{pil} | 4.05 m | 134.48 | 134.48 | 14.67 | 14.67 |
| γ_{Rd} | 1.10 | asse forte | | asse debole | |
| | | V_{Ed} [kN] | | V_{Ed} [kN] | |
| | | 73.05 | | 7.97 | |

Poiché il valore del taglio determinato mediante la procedura sopra riportata è maggiore del taglio di calcolo ottenuto a valle dell'analisi strutturale mediante il SAP2000, si procede alla verifica di resistenza considerando questo valore del taglio massimo.

Si adotteranno staffe $\Phi 10 / 10$ cm alle estremità superiore e inferiore (lunghezza 1 m) del pilastro e staffe $\Phi 10 / 15$ cm per la zona centrale del pilastro, rispettando ampiamente le prescrizioni relative ai dettagli costruttivi degli elementi in c.a. proposti dalle NTC-2008 al punto 4.1.6.

➤ Verifica limitazioni armatura:

Resta da verificare che l'armatura determinata in funzione delle sollecitazioni agenti rispetti le limitazioni riportate nel punto 7.4.6.2.2 delle NTC2008:

- Per tutta la lunghezza del pilastro l'interasse tra le barre non deve essere superiore a 25 cm;
- Nella sezione corrente del pilastro, la percentuale geometrica ρ di armatura longitudinale, con ρ rapporto tra l'area dell'armatura longitudinale e l'area della sezione del pilastro, deve essere compresa entro i seguenti limiti:

$$1\% < \rho < 4\%$$

$$\rho = A_l / (bH) = 64.05 / (40 \cdot 50) = 3.2\%$$

- Nelle zone critiche devono essere rispettate le condizioni seguenti: le barre disposte sugli angoli della sezione devono essere contenute dalle staffe; almeno una barra ogni due, di quelle disposte sui lati, deve essere trattenuta da staffe interne o legature; le barre non fissate si devono trovare a meno di 20 cm da una barra fissata per CDB.
- Il diametro delle staffe di contenimento e legature deve essere non inferiore a 6 mm ed il loro passo deve essere non superiore alla più piccola delle quantità seguenti:

| | | | | | | |
|---|---|-------|----------|-------------|-----------|----------|
|  | LINEA PESCARA-BARI – RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA | | | | | |
| | TERMOLI-LESINA | | | | | |
| LOTTE 2 E 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA | | | | | | |
| FABBRICATO PC | | | | | | |
| Fabbricato Energia | PROGETTO | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REVISIONE | FOGLIO |
| Relazione di calcolo delle strutture | LI02 | 02 | D 78 CL | FA 0000 002 | A | 79di 103 |

- 1/2 del lato minore della sezione trasversale per CDB;
- 175 mm (per CD"B");
- 8 volte il diametro minimo delle barre longitudinali che collegano (per CD"B")
 - Si devono disporre staffe in un quantitativo minimo non

$$\frac{A_{st}}{s} = 0.08 \frac{f_{cd} \cdot b_{st}}{f_{yd}} \quad \text{inferiore a:}$$

Le staffe orizzontali presenti lungo l'altezza del nodo devono verificare la seguente condizione

$$\frac{n_{st} \cdot A_{st}}{i \cdot b_j} \geq 0.05 \frac{f_{ck}}{f_{yk}}$$

Nella quale n_{st} e A_{st} sono rispettivamente il numero di bracci e l'area della sezione trasversale della barra della singola staffa orizzontale, i è l'interasse, e b_j è la larghezza utile del nodo determinata come segue:

- se la trave ha una larghezza b_w superiore a quella del pilastro b_c , allora b_j è il valore minimo fra b_w e $b_c + h_c/2$, essendo h_c la dimensione della sezione della colonna parallela alla trave;
- se la trave ha una larghezza b_w inferiore a quella del pilastro b_c , allora b_j è il valore minimo fra b_c e $b_w + h_c/2$.

Devono inoltre essere rispettati i limiti riportati al punto 4.1.6.1.2 delle NTC2008:

- Nel caso di elementi sottoposti a prevalente sforzo normale, le barre parallele

$$A_{s,min} = (0.10 \cdot \frac{N_{Ed}}{f_{yd}}) \quad \text{all'asse devono avere diametro maggiore od uguale a 12 mm. Inoltre la loro area non deve essere inferiore a :}$$

e comunque non minore di 0.003 A_c ;

dove:

N_{Ed} rappresenta lo sforzo di compressione assiale di calcolo;

A_c è l'area di calcestruzzo;

f_{yd} è il valore della resistenza di calcolo dell'armatura.

Si riscontra, pertanto, che l'armatura dei pilastri rispetta i limiti prescritti dalle NTC2008.

- Verifiche agli stati limite di esercizio - SLE

Le verifiche nei confronti degli stati limite di esercizio degli elementi strutturali si effettuano in termini di:

- verifica di fessurazione;
- verifica delle tensioni di esercizio.

Nel caso in esame non è necessario effettuare le verifiche degli elementi strutturali in termini di resistenza (punto 7.3.7.1 delle NTC2008) dato che il fabbricato tecnologico in esame non ricade in classe d'uso III e IV.

- a) Verifiche di fessurazione:

| | | | | | | |
|---|---|------------------|-------------|---------------------|--------------------------|----------------|
|  ITAFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | LINEA PESCARA-BARI – RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTI 2 E 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA FABBRICATO PC | | | | | |
| | Fabbricato Energia Relazione di calcolo delle strutture | PROGETTO LI02 | LOTTO 02 | CODIFICA D 78 CL | DOCUMENTO FA 0000 002 | REVISIONE A |

In particolare:

- per la combinazione di carico frequente bisogna accertarsi che risulti: $w_d < w_3 = 0.4$ mm;
- per la combinazione di carico quasi permanente bisogna accertarsi che risulti: $w_d < w_2 = 0.3$ mm.

b) Verifiche delle tensioni di esercizio:

Per completare il quadro delle verifiche agli stati limite di esercizio (SLE) è necessario controllare le tensioni di esercizio, in accordo con quanto riportato al punto 4.1.2.2.5 delle NTC2008. In particolare bisogna verificare che:

- Per il calcestruzzo compresso:
 - $\sigma_c < 0.60 f_{ck}$ (per combinazione caratteristica rara);
 - $\sigma_c < 0.45 f_{ck}$ (per combinazione quasi permanente);
- Per l'acciaio:
 - $\sigma_s < 0.80 f_{yk}$ (per combinazione caratteristica rara).

Di seguito si riportano le tensioni di esercizio determinate in corrispondenza della combinazione che produce il valore di tensione più gravoso distinguendo tra combinazioni rare e quasi permanenti. Dalle tabelle seguenti, nelle quali accanto a ciascun valore di tensione viene indicato il corrispondente valore limite, si evince che le verifiche delle tensioni di esercizio risultano soddisfatte.

9.2.1.-..Tabulato di verifica SLU – SLE e taglio

DATI GENERALI SEZIONE IN C.A.

NOME SEZIONE: pil30x50

(Percorso File: Z:\COMMESSE\0128 Termoli Lesina\LAVORO\Provvisori\04_Verifiche\Strutture\Fabbricati\Energia\pil30x50.sez)

| | |
|-------------------------------|---|
| Descrizione Sezione: | |
| Metodo di calcolo resistenza: | Stati Limite Ultimi |
| Normativa di riferimento: | N.T.C. |
| Tipologia sezione: | Pilastro rettangolare ad armatura simm. |
| Percorso sollecitazione: | A Sforzo Norm. costante |
| Condizioni Ambientali: | Poco aggressive |
| Riferimento Sforzi assegnati: | Assi x,y principali d'inerzia |
| Riferimento alla sismicità: | Zona sismica (CD'B') |
| Posizione sezione nell'asta: | In zona critica |

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

| | | | |
|------------------------------------|--|---------------------|---------------------|
| CALCESTRUZZO - | Classe: | C28/35 | |
| | Resistenza compress. di calcolo fcd: | 158.60 | daN/cm ² |
| | Resistenza compress. ridotta fcd': | 79.30 | daN/cm ² |
| | Deform. unitaria max resistenza ec2: | 0.0020 | |
| | Deformazione unitaria ultima ecu: | 0.0035 | |
| | Diagramma tensioni-deformaz.: | Parabola-Rettangolo | |
| | Modulo Elastico Normale Ec: | 323080 | daN/cm ² |
| | Resis. media a trazione fctm: | 27.60 | daN/cm ² |
| | Coeff.Omogen. S.L.E.: | 15.00 | |
| | Sc limite S.L.E. comb. Rare: | 168.00 | daN/cm ² |
| | Sc limite S.L.E. comb. Frequenti: | 168.00 | daN/cm ² |
| | Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti: | 0.400 | mm |
| | Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti: | 126.00 | daN/cm ² |
| | Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Q.Permanenti: | 0.300 | mm |
| | ACCIAIO - | Tipo: | B450C |
| Resist. caratt. a snervamento fyk: | | 4500.0 | daN/cm ² |
| Resist. caratt. a rottura ftk: | | 4500.0 | daN/cm ² |
| Resist. a snerv. di calcolo fyd: | | 3913.0 | daN/cm ² |

| | | | | | | |
|--|------------------|-------------|---------------------|--------------------------|----------------|--------------------|
| Fabbricato Energia Relazione di calcolo delle strutture | PROGETTO LI02 | LOTTO 02 | CODIFICA D 78 CL | DOCUMENTO FA 0000 002 | REVISIONE A | FOGLIO 81di 103 |
|--|------------------|-------------|---------------------|--------------------------|----------------|--------------------|

| | | |
|--|------------------|---------------------|
| Resist. ultima di calcolo ftd: | 3913.0 | daN/cm ² |
| Deform. ultima di calcolo Epu: | 0.068 | |
| Modulo Elastico Ef: | 2000000 | daN/cm ² |
| Diagramma tensioni-deformaz.: | Bilineare finito | |
| Coeff. Aderenza istant. $\beta_1^*\beta_2$: | 1.00 | |
| Coeff. Aderenza differito $\beta_1^*\beta_2$: | 0.50 | |
| Comb.Rare - Sf Limite: | 3600.0 | daN/cm ² |

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE

| | | |
|-------------------------------|------|----|
| Base: | 50.0 | cm |
| Altezza: | 30.0 | cm |
| N°totale barre: | 10 | |
| Diametro barre: | 20 | mm |
| Copriferro (dal baric.barre): | 6.0 | cm |

Coordinate Barre nei vertici

| N°Barra | X [cm] | Y [cm] |
|---------|--------|--------|
| 1 | -19.0 | -9.0 |
| 2 | -19.0 | 9.0 |
| 3 | 19.0 | 9.0 |
| 4 | 19.0 | -9.0 |

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 | 2 | 20 |
| 2 | 2 | 3 | 2 | 20 |
| 3 | 1 | 2 | 1 | 20 |
| 4 | 4 | 3 | 1 | 20 |

ARMATURE A TAGLIO

| | | |
|--------------------------|------------------------------------|----|
| Diametro staffe: | 10 | mm |
| Passo staffe e legature: | 10.0 | cm |
| Staffe: | Una sola staffa chiusa perimetrale | |
| N° Legature: | 1 | |

Indicazione Barre Longitudinali di estremità delle legature:

| N°Legat. | Barra 1 | Barra 2 |
|----------|---------|---------|
| 1 | 7 | 5 |

Coordinate Barre generate di estremità delle legature:

| N°Barra | X[cm] | Y[cm] |
|---------|-------|-------|
| 5 | -6.3 | -9.0 |

ST.LIM.ULTIMI - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

| | |
|----|---|
| N | Sforzo normale [daN] applicato nel baricentro (posit. se di compress.) |
| Mx | Momento flettente [daNm] intorno all'asse x baric. della sezione con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sezione |
| My | Momento flettente [daNm] intorno all'asse y baric. della sezione con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione |
| Vy | Taglio [daN] in direzione parallela all'asse y baric. della sezione |
| Vx | Taglio [daN] in direzione parallela all'asse x baric. della sezione |

| N°Comb. | N | Mx | My | Vy | Vx |
|---------|-------|------|-------|----|----|
| 1 | 14225 | 9604 | -1440 | 0 | 0 |

| | | | | | | |
|--------------------------------------|----------|-------|----------|-------------|-----------|----------|
| Fabbricato Energia | PROGETTO | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REVISIONE | FOGLIO |
| Relazione di calcolo delle strutture | LI02 | 02 | D 78 CL | FA 0000 002 | A | 82di 103 |

| | | | | | |
|---|-------|-------|-------|-----|------|
| 2 | 17400 | -7870 | 264 | 0 | 0 |
| 3 | 19872 | 687 | 6224 | 0 | 0 |
| 4 | 22191 | -397 | -3466 | 0 | 0 |
| 5 | 0 | 0 | 0 | 797 | 7305 |

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

| | |
|----|--|
| N | Sforzo normale [daN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.) |
| Mx | Momento flettente [daNm] intorno all'asse x baricentrico della sezione con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione |
| My | Momento flettente [daNm] intorno all'asse y baricentrico della sezione con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione |

| N°Comb. | N | Mx | Mx |
|---------|-------|-------|-------|
| 1 | 11272 | -7356 | -1102 |
| 2 | 15417 | 941 | 4664 |
| 3 | 17323 | -303 | 2678 |

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

| | |
|----|--|
| N | Sforzo normale [daN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.) |
| Mx | Momento flettente [daNm] intorno all'asse x baricentrico della sezione con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione |
| My | Momento flettente [daNm] intorno all'asse y baricentrico della sezione con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione |

| N°Comb. | N | Mx | Mx |
|---------|-------|------|-------|
| 1 | 10533 | 6252 | -975 |
| 2 | 14211 | 517 | 3971 |
| 3 | 15995 | -289 | -2073 |

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

| | |
|----|--|
| N | Sforzo normale [daN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.) |
| Mx | Momento flettente [daNm] intorno all'asse x baricentrico della sezione con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione |
| My | Momento flettente [daNm] intorno all'asse y baricentrico della sezione con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione |

| N°Comb. | N | Mx | Mx |
|---------|-------|------|-------|
| 1 | 10490 | 6124 | -977 |
| 2 | 14044 | 516 | 3892 |
| 3 | 15827 | -289 | -2035 |

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

| | |
|--|--------|
| Copriferro netto minimo barre longitudinali: | 5.0 cm |
| Interferro netto minimo barre longitudinali: | 7.0 cm |
| Copriferro netto minimo staffe: | 4.0 cm |

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - RISULTATI PRESSO-TENSO FLESSIONE

| | |
|----------|---|
| Ver | S = combinazione verificata / N = combin. non verificata |
| N Sn | Sforzo normale allo snervamento [daN] nel baricentro sezione cls. (positivo se di compressione) |
| Mx Sn | Momento di snervamento [daNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia |
| My Sn | Momento di snervamento [daNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia |
| N Ult | Sforzo normale ultimo [daN] baricentrico (positivo se di compress.) |
| Mx Ult | Momento flettente ultimo [daNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia |
| My Ult | Momento flettente ultimo [daNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia |
| Mis.Sic. | Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N Ult, Mx Ult, My Ult) e (N, Mx, My) Verifica positiva se tale rapporto risulta ≥ 1.000 |

| | | | | | | |
|--------------------------------------|----------|-------|----------|-------------|-----------|----------|
| Fabbricato Energia | PROGETTO | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REVISIONE | FOGLIO |
| Relazione di calcolo delle strutture | LI02 | 02 | D 78 CL | FA 0000 002 | A | 83di 103 |

As Tesa Area armature [cm²] in zona tesa (solo travi). Tra parentesi l'area minima di normativa

| N°Comb | Ver | N Sn | Mx Sn | My Sn | N Ult | Mx Ult | My Ult | Mis.Sic. | As Tesa |
|--------|-----|-------|--------|--------|-------|--------|--------|----------|-----------|
| 1 | S | 14240 | 11187 | -1754 | 14252 | 13400 | -2059 | 1.396 | ---- |
| 2 | S | 17379 | -11979 | 439 | 17416 | -13895 | 412 | 1.765 | ---- |
| 3 | S | 19895 | 2369 | 18154 | 19875 | 2698 | 23952 | 3.849 | ---- |
| 4 | S | 22164 | -2421 | -18417 | 22195 | -2747 | -24119 | 6.958 | ---- |
| 5 | S | 9 | 10662 | 0 | 0 | 12432 | 0 | 999.000 | 18.8(4.7) |

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

| | |
|--------|--|
| ec max | Deform. unit. massima del conglomerato a compressione |
| ec 3/7 | Deform. unit. del conglomerato nella fibra a 3/7 dell'altezza efficace |
| 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 | ec 3/7 | Xc max | Yc max | es min | Xs min | Ys min | es max | Xs max | Ys max |
|--------|---------|----------|--------|--------|---------|--------|--------|----------|--------|--------|
| 1 | 0.00350 | -0.00112 | -25.0 | 15.0 | 0.00141 | -19.0 | 9.0 | -0.00519 | 19.0 | -9.0 |
| 2 | 0.00350 | -0.00124 | 25.0 | -15.0 | 0.00130 | 19.0 | -9.0 | -0.00537 | -19.0 | 9.0 |
| 3 | 0.00350 | -0.00070 | 25.0 | 15.0 | 0.00217 | 19.0 | 9.0 | -0.00496 | -19.0 | -9.0 |
| 4 | 0.00350 | -0.00064 | -25.0 | -15.0 | 0.00219 | -19.0 | -9.0 | -0.00485 | 19.0 | 9.0 |
| 5 | 0.00350 | -0.00211 | -25.0 | 15.0 | 0.00088 | -19.0 | 9.0 | -0.00697 | -19.0 | -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 a rottura in presenza di sola fless.(travi) |
| C.Rid. | Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue |

| N°Comb | a | b | c | x/d | C.Rid. |
|--------|--------------|--------------|--------------|-------|--------|
| 1 | -0.000016051 | 0.000332759 | -0.001892663 | ---- | ---- |
| 2 | 0.000003268 | -0.000363537 | -0.002034749 | ---- | ---- |
| 3 | 0.000157525 | 0.000063800 | -0.001395140 | ---- | ---- |
| 4 | -0.000155099 | -0.000063561 | -0.001330895 | ---- | ---- |
| 5 | 0.000000000 | 0.000436146 | -0.003042191 | 0.334 | 0.858 |

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - VERIFICHE A TAGLIO

Passo staffe e legature: 10.0 cm [Passo massimo di normativa = 15.0 cm]

| | |
|-------|---|
| Ver | S = comb. verificata a taglio / N = comb. non verificata |
| Vsdu | Taglio di progetto [daN] = proiez. di Vx e Vy sulla normale all'asse neutro |
| Vcd | Taglio resistente ultimo [daN] lato conglomerato compresso |
| Vwd | Taglio resistente [daN] assorbito dalle staffe |
| Dmed | Altezza utile media pesata [cm] valutata lungo strisce ortog. all'asse neutro. Vengono prese nella media le strisce con almeno un estremo compresso. I pesi della media sono costituiti dalle stesse lunghezze delle strisce. |
| bw | Larghezza media resistente a taglio [cm] misurate parallel. all'asse neutro E' data dal rapporto tra l'area delle sopradette strisce resistenti e Dmed. |
| Teta | Angolo [gradi sessadec.] di inclinazione dei puntoni di conglomerato |
| Acw | Coefficiente maggiorativo della resistenza a taglio per compressione |
| Ast | Area staffe+legature strettam. necessarie a taglio per metro di pil.[cm ² /m] |
| A.Eff | Area staffe+legature efficaci nella direzione del taglio di combinaz.[cm ² /m] Tra parentesi è indicata la quota dell'area relativa alle sole legature. L'area della legatura è ridotta col fattore L/d_max con L=lungh.legat.proietta- ta sulla direz. del taglio e d_max= massima altezza utile nella direz.del taglio. |
| OMst | Rapporto meccanico di armatura staffe nella sola direzione del taglio di cui alla (7.4.28)NTC |

| | | | | | | |
|--------------------------------------|----------|-------|----------|-------------|-----------|----------|
| Fabbricato Energia | PROGETTO | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REVISIONE | FOGLIO |
| Relazione di calcolo delle strutture | LI02 | 02 | D 78 CL | FA 0000 002 | A | 84di 103 |

(tra parentesi vi è il valore del rapporto meccanico minimo di normativa)

| N°Comb | Ver | Vsdu | Vcd | Vwd | Dmed | bw | Teta | Acw | Ast | A.Eff | OMst |
|--------|-----|------|-------|-------|------|------|--------|-------|-----|-----------|--------------|
| 1 | S | 0 | 45145 | 17059 | 23.9 | 50.0 | 45.00° | 1.060 | 0.0 | 20.3(4.6) | 0.122(0.080) |
| 2 | S | 0 | 46202 | 17447 | 24.0 | 50.3 | 45.00° | 1.073 | 0.0 | 20.6(4.9) | 0.123(0.080) |
| 3 | S | 0 | 43805 | 21641 | 39.1 | 29.0 | 45.00° | 1.084 | 0.0 | 15.7(0.0) | 0.194(0.080) |
| 4 | S | 0 | 45150 | 22525 | 38.7 | 29.9 | 45.00° | 1.093 | 0.0 | 16.5(0.8) | 0.195(0.080) |
| 5 | S | 797 | 29532 | 43812 | 24.0 | 50.0 | 21.80° | 1.000 | 0.4 | 20.7(5.0) | 0.125(0.080) |

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

Ver S = comb. verificata/ N = comb. non verificata
 Sc max Massima tensione (positiva se di compressione) nel conglomerato [daN/cm²]
 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 [daN/cm²]
 Xs min, Ys min Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)
 Ac eff. Area di calcestruzzo [cm²] in zona tesa considerata aderente alle barre
 As eff. Area barre [cm²] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure
 D barre Distanza tra le barre tese [cm] ai fini del calcolo dell'apertura fessure
 Beta12 Prodotto dei coeff. di aderenza delle barre Beta1*Beta2

| N°Comb | Ver | Sc max | Xc max | Yc max | Sf min | Xs min | Ys min | Ac eff. | As eff. | D barre | Beta12 |
|--------|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|---------|--------|
| 1 | S | 136.9 | -25.0 | -15.0 | -2411 | 19.0 | 9.0 | 452 | 12.6 | 9.0 | 1.00 |
| 2 | S | 60.3 | 25.0 | 15.0 | -700 | -19.0 | -9.0 | 254 | 6.3 | 9.0 | 1.00 |
| 3 | S | 30.7 | 25.0 | -15.0 | -145 | -19.0 | 9.0 | 133 | 3.1 | 9.0 | 1.00 |

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

| N°Comb | Ver | Sc max | Xc max | Yc max | Sf min | Xs min | Ys min | Ac eff. | As eff. | D barre | Beta12 |
|--------|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|---------|--------|
| 1 | S | 116.9 | -25.0 | 15.0 | -2022 | 19.0 | -9.0 | 449 | 12.6 | 9.0 | 1.00 |
| 2 | S | 46.3 | 25.0 | 15.0 | -508 | -19.0 | -9.0 | 279 | 6.3 | 9.0 | 1.00 |
| 3 | S | 24.9 | -25.0 | -15.0 | -76 | 19.0 | 9.0 | 90 | 3.1 | 9.0 | 1.00 |

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§B.6.6 DM96]

La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a fctm

Ver. Esito della verifica
 S1 Massima tensione [daN/cm²] di trazione del calcestruzzo, valutata in sezione non fessurata
 S2 Minima di trazione [daN/cm²] del cls. (in sezione non fessurata) nella fibra più interna dell'area Ac eff
 k2 = 0.4 per barre ad aderenza migliorata
 k3 = (S1 + S2)/(2*S1) con riferimento all'area tesa Ac eff
 Ø Diametro [mm] medio delle barre tese comprese nell'area efficace Ac eff
 Cf Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa
 Psi = 1-Beta12*(Ssr/Ss)² = 1-Beta12*(fctm/S2)² = 1-Beta12*(Mfess/M)² [B.6.6 DM96]
 e sm Deformazione unitaria media tra le fessure [4.3.1.7.1.3 DM96]. Il valore limite = 0.4*Ss/Es è tra parentesi
 srm Distanza media tra le fessure [mm]
 wk Valore caratteristico [mm] dell'apertura fessure = 1.7 * e sm * srm . Valore limite tra parentesi
 MX fess. Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [daNm]
 MY fess. Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [daNm]

| Comb. | Ver | S1 | S2 | k3 | Ø | Cf | Psi | e sm | srm | wk | Mx fess | My fess |
|-------|-----|-------|-------|-------|----|----|---------|-------------------|-----|--------------|---------|---------|
| 1 | S | -66.0 | -20.5 | 0.164 | 20 | 50 | 0.825 | 0.00083 (0.00040) | 165 | 0.234 (0.40) | 2615 | -408 |
| 2 | S | -21.7 | -7.2 | 0.167 | 20 | 50 | -0.613 | 0.00010 (0.00010) | 177 | 0.031 (0.40) | 657 | 5044 |
| 3 | S | -7.2 | -2.8 | 0.174 | 20 | 50 | -13.721 | 0.00002 (0.00002) | 158 | 0.004 (0.40) | -1109 | -7954 |

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

| N°Comb | Ver | Sc max | Xc max | Yc max | Sf min | Xs min | Ys min | Ac eff. | As eff. | D barre | Beta12 |
|--------|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|---------|--------|
| 1 | S | 114.7 | -25.0 | 15.0 | -1978 | 19.0 | -9.0 | 448 | 12.6 | 9.0 | 0.50 |
| 2 | S | 45.5 | 25.0 | 15.0 | -496 | -19.0 | -9.0 | 277 | 6.3 | 9.0 | 0.50 |

| | | | | | | |
|---|---|------------------|-------------|---------------------|--------------------------|----------------|
|  ITAFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | LINEA PESCARA-BARI – RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTI 2 E 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA FABBRICATO PC | | | | | |
| | Fabbricato Energia Relazione di calcolo delle strutture | PROGETTO LI02 | LOTTO 02 | CODIFICA D 78 CL | DOCUMENTO FA 0000 002 | REVISIONE A |

3 S 24.5 -25.0 -15.0 -74 19.0 9.0 88 3.1 9.0 0.50

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§B.6.6 DM96]

| Comb. | Ver | S1 | S2 | k3 | Ø | Cf | Psi | e sm | srm | wk | Mx fess | My fess |
|-------|-----|-------|-------|-------|----|----|--------|-------------------|-----|--------------|---------|---------|
| 1 | S | -64.7 | -20.0 | 0.164 | 20 | 50 | 0.909 | 0.00090 (0.00040) | 165 | 0.252 (0.30) | 2613 | -417 |
| 2 | S | -21.3 | -7.1 | 0.167 | 20 | 50 | 0.163 | 0.00010 (0.00010) | 177 | 0.030 (0.30) | 667 | 5035 |
| 3 | S | -7.1 | -2.8 | 0.174 | 20 | 50 | -6.655 | 0.00001 (0.00001) | 157 | 0.004 (0.30) | -1131 | -7963 |

9.3.-.Travi fondazione

| SLU | Combo | V ₂ [kN] | M ₃ [kNm] |
|--------------------|----------|---------------------|----------------------|
| M _{3,max} | SLU_Vy1+ | -5.16 | 112.54 |
| M _{3,min} | SLU_Vx1- | -105.86 | -73.65 |
| V _{2,max} | SLU_Vy1+ | 119.32 | -60.92 |
| V _{2,min} | SLU_Vy1- | -119.32 | -60.92 |

| SLV | Combo | V ₂ [kN] | M ₃ [kNm] | 1.1*SLV | Combo | V ₂ [kN] | M ₃ [kNm] |
|--------------------|--------|---------------------|----------------------|--------------------|--------|---------------------|----------------------|
| M _{3,max} | SLV_Y4 | -3.52 | 180.07 | M _{3,max} | SLV_Y4 | -3.88 | 198.08 |
| M _{3,min} | SLV_X4 | -152.65 | -105.37 | M _{3,min} | SLV_X4 | -167.92 | -115.91 |
| V _{2,max} | SLV_Y4 | 173.37 | -10.43 | V _{2,max} | SLV_Y4 | 190.71 | -11.47 |
| V _{2,min} | SLV_Y4 | -173.37 | -77.42 | V _{2,min} | SLV_Y4 | -190.71 | -85.16 |

| SLER | Combo | M ₃ [kNm] |
|--------------------|----------|----------------------|
| M _{3,max} | SLER_Vy+ | 86.38 |
| M _{3,min} | SLER_Vx- | -55.57 |

| SLEF | Combo | M ₃ [kNm] |
|--------------------|----------|----------------------|
| M _{3,max} | SLEF_T | 86.13 |
| M _{3,min} | SLEF_Vx- | -49.78 |

| SLEQP | Combo | M ₃ [kNm] |
|--------------------|-------|----------------------|
| M _{3,max} | SLEQP | 85.19 |
| M _{3,min} | SLEQP | -48.50 |

Nelle verifiche agli stati limite ultimi finalizzate al dimensionamento strutturale (STR), si considerano gli stati limite ultimi per raggiungimento della resistenza negli elementi che costituiscono la fondazione. Le azioni trasmesse in fondazione derivano dall'analisi del comportamento dell'intera opera alla quale sono applicate le azioni statiche e sismiche. Le fondazioni superficiali sono verificate in condizioni sismiche e in condizioni statiche: In condizioni sismiche utilizzando le sollecitazioni ottenute amplificando i valori nelle SLV mediante il coefficiente 1,1. (combinazione di carico 1,1 x SLV), secondo quanto prescritto nel paragrafo 7.2.5 delle NTC 2008.

In condizioni statiche utilizzando le sollecitazioni non amplificate della combinazione non sismica SLU.

Inoltre sono state eseguite le verifiche a fessurazione e delle tensioni di esercizio per le combinazioni relative allo SLE.

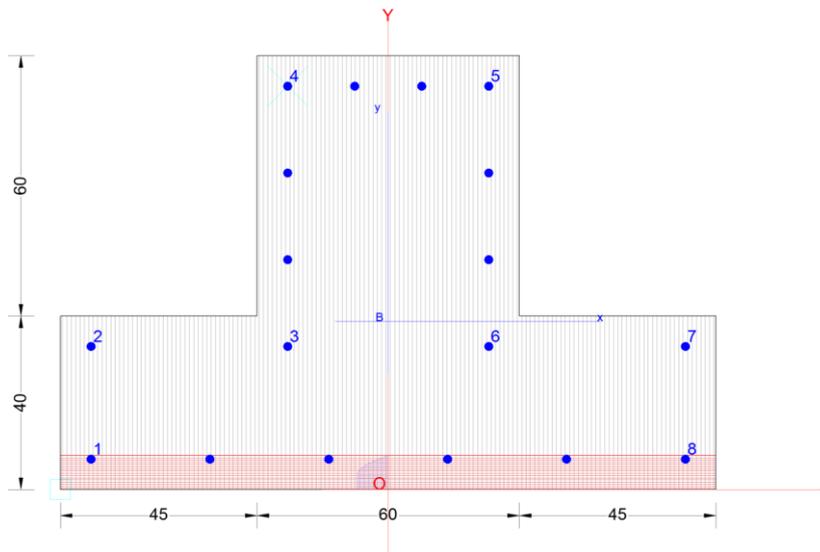
- Verifica di resistenza allo SLU

Si riportano di seguito le sollecitazioni di calcolo, per l'elemento maggiormente sollecitato, in corrispondenza della sezione d'appoggio e della sezione di campata (convenzione sui segni: compressione negativa (-), momento flettente che tende le fibre superiori negativo (-)):

Come prescritto dalle NTC2008 nel paragrafo 7.2.5 la combinazione sismica SLV, andrà amplificata del fattore 1,1 per CDB.

In funzione delle sollecitazioni si è dimensionata opportunamente l'armatura longitudinale della trave tipo:

Nome sezione: fond Comb. n. 2 (S.L.U.)
Coprif. netto minimo barre long.: 6.0 cm Coprif. netto staffe: 5.0 cm



- Armatura superiore 4 Φ 20
- Armatura inferiore 6 Φ 20

➤ Verifica a presso-flessione:

Le verifiche di resistenza a flessione allo SLU (NTC2008 – 4.1.2.1.2.4) per le sezioni di appoggio e di campata sono state condotte con il supporto del software RC-SEC (che svolge in automatico anche il rispetto dei quantitativi minimi di norma) considerando le sollecitazioni riportate nei prospetti precedenti.

➤ Verifica a taglio:

Deve risultare (NTC2008 – 4.1.2.1.3.2):

$$V_{Rd} > V_d$$

dove:

V_d = Valore di calcolo del taglio agente;

$$V_{Rd} = \min (V_{Rsd}, V_{Rcd})$$

Con riferimento all'armatura trasversale, la resistenza di calcolo a "taglio trazione" si calcola con:

$$V_{Rsd} = 0.9 \cdot d \cdot \frac{A_{sw}}{s} \cdot f_{yd} \cdot (\text{ctg}\alpha + \text{ctg}\theta) \cdot \sin \alpha$$

Con riferimento al calcestruzzo d'anima, la resistenza di calcolo a "taglio compressione"

| | | | | | | |
|---|---|------------------|-------------|---------------------|--------------------------|----------------|
|  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | LINEA PESCARA-BARI – RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTI 2 E 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA FABBRICATO PC | | | | | |
| | Fabbricato Energia Relazione di calcolo delle strutture | PROGETTO LI02 | LOTTO 02 | CODIFICA D 78 CL | DOCUMENTO FA 0000 002 | REVISIONE A |

si calcola con:

$$V_{Rcd} = 0.9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_c \cdot f'_{cd} \cdot (\text{ctg}\alpha + \text{ctg}\theta) / (1 + \text{ctg}^2\theta)$$

dove:

α : Angolo d'inclinazione dell'armatura trasversale rispetto all'asse dell'elemento;

θ : Angolo d'inclinazione dei puntoni in calcestruzzo rispetto all'asse dell'elemento.

Si adotteranno staffe $\Phi 12/20$ cm a 4 bracci, mentre nelle zone centrali di campata staffe $\Phi 10/20$ cm.

➤ Verifiche agli stati limite di esercizio - SLE

Le verifiche nei confronti degli stati limite di esercizio degli elementi strutturali si effettuano in termini di:

- verifica di fessurazione;
- verifica delle tensioni di esercizio.

Nel caso in esame non è necessario effettuare le verifiche degli elementi strutturali in termini di resistenza (punto 7.3.7.1 delle NTC2008) dato che il fabbricato tecnologico in esame non ricade in classe d'uso III e IV.

Verifiche di fessurazione:

Per assicurare la funzionalità e la durata della struttura è necessario:

- realizzare un sufficiente ricoprimento delle armature con calcestruzzo di buona qualità e compattezza, bassa porosità e bassa permeabilità;
- non superare uno stato limite di fessurazione adeguato alle condizioni ambientali, alle sollecitazioni ed alla sensibilità delle armature alla corrosione;
- tener conto delle esigenze estetiche.

Avendo adottato acciai ordinari si rientra nel gruppo di armature poco sensibili alla corrosione. Pertanto sulla base della tabella 4.1.IV – NTC2008 è possibile definire lo stato limite di fessurazione in funzione delle condizioni ambientali (ordinarie) e dell'armatura (poco sensibile), prendendo in considerazione le combinazioni quasi permanenti e frequenti. Nel caso in esame lo stato limite di fessurazione da considerare è lo *stato limite di apertura delle fessure*. La verifica consiste nell'accertarsi che il valore di calcolo di apertura delle fessure (w_d) non supera il valore limite fissato per la combinazione considerata. In particolare:

- per la combinazione di carico frequente bisogna accertarsi che risulti: $w_d < w_3 = 0.4$ mm;
- per la combinazione di carico quasi permanente bisogna accertarsi che risulti: $w_d < w_2 = 0.3$ mm.

Verifiche delle tensioni di esercizio:

Per completare il quadro delle verifiche agli stati limite di esercizio (SLE) è necessario controllare le tensioni di esercizio, in accordo con quanto riportato al punto 4.1.2.2.5 delle NTC2008. In particolare bisogna verificare che:

- Per il calcestruzzo compresso:
 - $\sigma_c < 0.60 f_{ck}$ (per combinazione caratteristica rara);
 - $\sigma_c < 0.45 f_{ck}$ (per combinazione quasi permanente);
- Per l'acciaio:

| | | | | | | |
|--|---|-------|----------|-------------|-----------|----------|
|  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | LINEA PESCARA-BARI – RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA | | | | | |
| | TERMOLI-LESINA | | | | | |
| LOTTE 2 E 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA | | | | | | |
| FABBRICATO PC | | | | | | |
| Fabbricato Energia | PROGETTO | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REVISIONE | FOGLIO |
| Relazione di calcolo delle strutture | LI02 | 02 | D 78 CL | FA 0000 002 | A | 88di 103 |

$$\sigma_s < 0.80 f_{yk} \quad (\text{per combinazione caratteristica rara}).$$

9.3.1.-...Tabulato di verifica SLU – SLE e taglio

DATI GENERALI SEZIONE IN C.A.

NOME SEZIONE: fond

(Percorso File: Z:\COMMESSE\0128 Termoli Lesina\LAVORO\Provvisori\04_Verifiche\Strutture\Fabbricati\Energia\fond.sez)

| | |
|-------------------------------|---|
| Descrizione Sezione: | |
| Metodo di calcolo resistenza: | Stati Limite Ultimi |
| Tipologia sezione: | Sezione generica |
| 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 |
| Riferimento alla sismicità: | Zona sismica (CD'B') |
| Posizione sezione nell'asta: | Non in zona critica |

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

| | | | |
|------------------------------|--|---------------------|---------------------|
| CALCESTRUZZO - | Classe: | C25/30 | |
| | Resis. compr. di calcolo fcd: | 141.60 | daN/cm ² |
| | Resis. compr. ridotta fcd': | 70.80 | daN/cm ² |
| | Def.unit. max resistenza ec2: | 0.0020 | |
| | Def.unit. ultima ecu: | 0.0035 | |
| | Diagramma tensione-deformaz.: | Parabola-Rettangolo | |
| | Modulo Elastico Normale Ec: | 314750 | daN/cm ² |
| | Resis. media a trazione fctm: | 25.60 | daN/cm ² |
| | Coeff. Omogen. S.L.E.: | 15.00 | |
| | Sc limite S.L.E. comb. Rare: | 150.00 | daN/cm ² |
| | Sc limite S.L.E. comb. Frequenti: | 150.00 | daN/cm ² |
| | Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti: | 0.400 | mm |
| | Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti: | 112.50 | daN/cm ² |
| | Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Q.Permanenti: | 0.300 | mm |
| ACCIAIO - | Tipo: | B450C | |
| | Resist. caratt. snervam. fyk: | 4500.0 | daN/cm ² |
| | Resist. caratt. rottura ftk: | 4500.0 | daN/cm ² |
| | Resist. snerv. di calcolo fyd: | 3913.0 | daN/cm ² |
| | Resist. ultima di calcolo ftd: | 3913.0 | daN/cm ² |
| | Deform. ultima di calcolo Epu: | 0.068 | |
| | Modulo Elastico Ef | 2000000 | daN/cm ² |
| | 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: | 3600.0 | daN/cm ² | |

CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

| | |
|----------------------|------------|
| Forma del Dominio: | Poligonale |
| Classe Conglomerato: | C25/30 |

| N°vertice: | X [cm] | Y [cm] |
|------------|--------|--------|
| 1 | -75.0 | 0.0 |
| 2 | -75.0 | 40.0 |
| 3 | -30.0 | 40.0 |
| 4 | -30.0 | 100.0 |
| 5 | 30.0 | 100.0 |
| 6 | 30.0 | 40.0 |
| 7 | 75.0 | 40.0 |

| | | | | | | |
|--|------------------|-------------|---------------------|--------------------------|----------------|--------------------|
| Fabbricato Energia Relazione di calcolo delle strutture | PROGETTO LI02 | LOTTO 02 | CODIFICA D 78 CL | DOCUMENTO FA 0000 002 | REVISIONE A | FOGLIO 90di 103 |
|--|------------------|-------------|---------------------|--------------------------|----------------|--------------------|

Mx Momento flettente [daNm] 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 | 8613 (55366) | 0 (0) |
| 2 | 0 | -4978 (-35701) | 0 (0) |

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

N Sforzo normale in daN applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx Momento flettente [daNm] 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 | 8519 (55366) | 0 (0) |
| 2 | 0 | -4850 (-35701) | 0 (0) |

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 6.0 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali: 13.3 cm
Copriferro netto minimo staffe: 5.0 cm

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - RISULTATI PRESSO-TENSO FLESSIONE

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N Sn Sforzo normale allo snervamento [daN] nel baricentro sezione cls. (positivo se di compressione)
Mx Sn Momento flettente di snervamento [daNm] intorno all'asse X di riferimento delle coordinate
Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N Ult,Mx Ult,My Ult) e (N,Mx,My)
Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000
As Tesa Area armature [cm²] in zona tesa (solo travi). Tra parentesi l'area minima di normativa

| N°Comb | Ver | N Sn | Mx Sn | N Ult | Mx Ult | Mis.Sic. | As Tesa |
|--------|-----|------|--------|-------|--------|----------|------------|
| 1 | S | -16 | 80773 | 0 | 106980 | 5.401 | 44.0(29.9) |
| 2 | S | 6 | -62946 | 0 | -87651 | 7.562 | 37.7(29.9) |
| 3 | S | -16 | 80773 | 0 | 106980 | 999.000 | 44.0(29.9) |

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

ec max Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
ec 3/7 Deform. unit. del conglomerato nella fibra a 3/7 dell'altezza efficace
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 | ec 3/7 | Xc max | Yc max | es min | Xs min | Ys min | es max | Xs max | Ys max |
|--------|---------|----------|--------|--------|---------|--------|--------|----------|--------|--------|
| 1 | 0.00350 | -0.00499 | -30.0 | 100.0 | 0.00211 | -23.0 | 93.0 | -0.01492 | -68.0 | 7.0 |
| 2 | 0.00350 | -0.01573 | -75.0 | 0.0 | 0.00036 | -68.0 | 7.0 | -0.03823 | -23.0 | 93.0 |
| 3 | 0.00350 | -0.00499 | -30.0 | 100.0 | 0.00211 | -23.0 | 93.0 | -0.01492 | -68.0 | 7.0 |

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 a rottura in presenza di sola fless.(travi)

| | | | | | | |
|--|------------------|-------------|---------------------|--------------------------|----------------|--------------------|
| Fabbricato Energia Relazione di calcolo delle strutture | PROGETTO LI02 | LOTTO 02 | CODIFICA D 78 CL | DOCUMENTO FA 0000 002 | REVISIONE A | FOGLIO 91di 103 |
|--|------------------|-------------|---------------------|--------------------------|----------------|--------------------|

C.Rid. Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

| N°Comb | a | b | c | x/d | C.Rid. |
|--------|-------------|--------------|--------------|-------|--------|
| 1 | 0.000000000 | 0.000198037 | -0.016303666 | 0.190 | 0.700 |
| 2 | 0.000000000 | -0.000448749 | 0.003500000 | 0.084 | 0.700 |
| 3 | 0.000000000 | 0.000198037 | -0.016303666 | 0.190 | 0.700 |

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - VERIFICHE A TAGLIO

Passo staffe: 8.4 cm [Passo massimo di normativa = 33.0 cm]

Ver S = comb. verificata a taglio / N = comb. non verificata
VsdU Taglio di progetto [daN] = V_y ortogonale all'asse neutro
Vcd Taglio resistente ultimo [daN] lato conglomerato compresso
Vwd Taglio resistente [daN] assorbito dalle staffe
Dmed Altezza utile media pesata [cm] valutata lungo strisce ortog. all'asse neutro.
Vengono prese nella media le strisce con almeno un estremo compresso.
I pesi della media sono costituiti dalle stesse lunghezze delle strisce.
bw Larghezza media resistente a taglio [cm] misurate parallel. all'asse neutro
E' data dal rapporto tra l'area delle sopradette strisce resistenti e Dmed.
Teta Angolo [gradi sessadec.] di inclinazione dei puntoni di conglomerato
Acw Coefficiente maggiorativo della resistenza a taglio per compressione
Ast Area staffe+legature strettam. necessarie a taglio per metro di pil.[cm²/m]
A.Eff Area staffe+legature efficaci nella direzione del taglio di combinaz.[cm²/m]
Tra parentesi è indicata la quota dell'area relativa alle sole legature.
L'area della legatura è ridotta col fattore L/d_max con L=lungh.legat.proietta-
ta sulla direz. del taglio e d_max= massima altezza utile nella direz.del taglio.

| N°Comb | Ver | VsdU | Vcd | Vwd | Dmed | bw | Teta | Acw | Ast | A.Eff | OMst |
|--------|-----|-------|--------|--------|------|-------|--------|-------|-----|-----------|------|
| 1 | S | 25 | 122606 | 153114 | 93.0 | 60.0 | 21.80° | 1.000 | 0.0 | 18.7(0.0) | |
| 2 | S | 0 | 278230 | 46428 | 70.5 | 123.9 | 45.00° | 1.000 | 0.0 | 18.7(0.0) | |
| 3 | S | 19071 | 122606 | 153114 | 93.0 | 60.0 | 21.80° | 1.000 | 2.3 | 18.7(0.0) | |

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

Ver S = comb. verificata/ N = comb. non verificata
Sc max Massima tensione (positiva se di compressione) nel conglomerato [daN/cm²]
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 [daN/cm²]
Xs min, Ys min Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)
Ac eff. Area di calcestruzzo [cm²] in zona tesa considerata aderente alle barre
As eff. Area barre [cm²] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure
D barre Distanza tre le barre tese [cm] ai fini del calcolo dell'apertura fessure
Beta12 Prodotto dei coeff. di aderenza delle barre Beta1*Beta2

| N°Comb | Ver | Sc max | Xc max | Yc max | Sf min | Xs min | Ys min | Ac eff. | As eff. | D barre | Beta12 |
|--------|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|---------|--------|
| 1 | S | 11.9 | -30.0 | 100.0 | -413 | -40.8 | 7.0 | 2747 | 18.8 | 27.2 | 1.00 |
| 2 | S | 5.3 | -75.0 | 0.0 | -345 | 7.7 | 93.0 | 1220 | 12.6 | 15.3 | 1.00 |

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

| N°Comb | Ver | Sc max | Xc max | Yc max | Sf min | Xs min | Ys min | Ac eff. | As eff. | D barre | Beta12 |
|--------|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|---------|--------|
| 1 | S | 11.8 | -30.0 | 100.0 | -412 | -68.0 | 7.0 | 2747 | 18.8 | 26.0 | 1.00 |
| 2 | S | 4.7 | -75.0 | 0.0 | -309 | 7.7 | 93.0 | 1220 | 12.6 | 15.3 | 1.00 |

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§B.6.6 DM96]

Ver. La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a f_{ctm}
Esito della verifica
S1 Massima tensione [daN/cm²] di trazione nel calcestruzzo valutata in sezione non fessurata
S2 Minima tensione [daN/cm²] di trazione nel calcestruzzo valutata in sezione fessurata
k2 = 0.4 per barre ad aderenza migliorata

| | | | | | | |
|--|------------------|-------------|---------------------|--------------------------|----------------|--------------------|
| Fabbricato Energia Relazione di calcolo delle strutture | PROGETTO LI02 | LOTTO 02 | CODIFICA D 78 CL | DOCUMENTO FA 0000 002 | REVISIONE A | FOGLIO 92di 103 |
|--|------------------|-------------|---------------------|--------------------------|----------------|--------------------|

| | |
|----------|---|
| k3 | = 0.125 per flessione e presso-flessione; $=(e1 + e2)/(2 \cdot e1)$ per trazione eccentrica |
| Ø | Diametro [mm] medio delle barre tese comprese nell'area efficace Ac eff |
| Cf | Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa |
| Psi | $= 1 - \text{Beta}12 \cdot (Ssr/Ss)^2 = 1 - \text{Beta}12 \cdot (fctm/S2)^2 = 1 - \text{Beta}12 \cdot (Mfess/M)^2$ [B.6.6 DM96] |
| e sm | Deformazione unitaria media tra le fessure [4.3.1.7.1.3 DM96]. Il valore limite = $0.4 \cdot Ss/Es$ è tra parentesi |
| srm | Distanza media tra le fessure [mm] |
| wk | Valore caratteristico [mm] dell'apertura fessure = $1.7 \cdot e \cdot sm$. Valore limite tra parentesi |
| MX fess. | Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [daNm] |
| MY fess. | Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [daNm] |

| Comb. | Ver | S1 | S2 | k3 | Ø | Cf | Psi | e sm | srm | wk | Mx fess | My fess |
|-------|-----|------|----|-------|----|----|---------|-------------------|-----|--------------|---------|---------|
| 1 | S | -4.0 | 0 | 0.125 | 20 | 60 | -40.321 | 0.00008 (0.00008) | 318 | 0.045 (0.40) | 55366 | 0 |
| 2 | S | -3.6 | 0 | 0.125 | 20 | 60 | -50.434 | 0.00006 (0.00006) | 248 | 0.026 (0.40) | -35701 | 0 |

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

| N°Comb | Ver | Sc max | Xc max | Yc max | Sf min | Xs min | Ys min | Ac eff. | As eff. | D barre | Beta12 |
|--------|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|---------|--------|
| 1 | S | 11.7 | -30.0 | 100.0 | -408 | -68.0 | 7.0 | 2747 | 18.8 | 26.0 | 0.50 |
| 2 | S | 4.6 | -75.0 | 0.0 | -301 | 7.7 | 93.0 | 1220 | 12.6 | 15.3 | 0.50 |

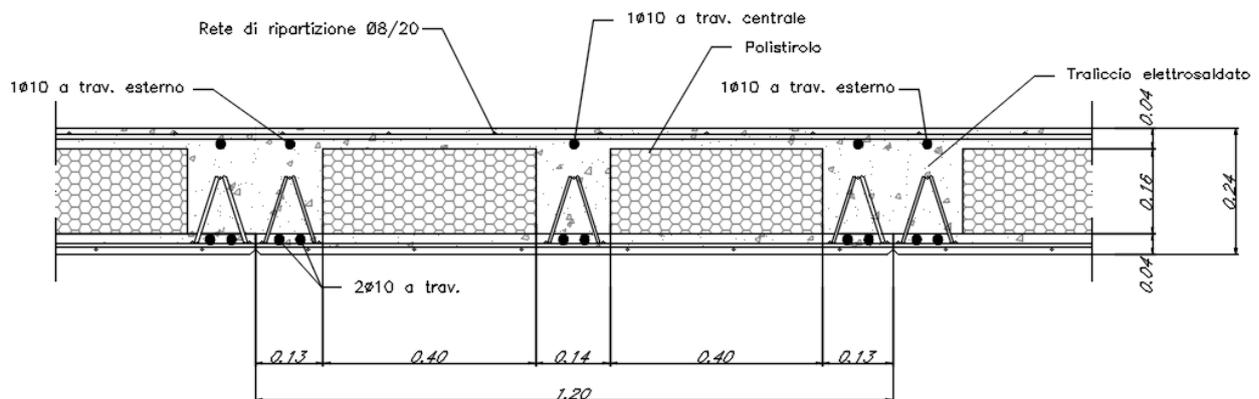
COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§B.6.6 DM96]

| Comb. | Ver | S1 | S2 | k3 | Ø | Cf | Psi | e sm | srm | wk | Mx fess | My fess |
|-------|-----|------|----|-------|----|----|---------|-------------------|-----|--------------|---------|---------|
| 1 | S | -3.9 | 0 | 0.125 | 20 | 60 | -20.119 | 0.00008 (0.00008) | 318 | 0.044 (0.30) | 55366 | 0 |
| 2 | S | -3.5 | 0 | 0.125 | 20 | 60 | -26.093 | 0.00006 (0.00006) | 248 | 0.025 (0.30) | -35701 | 0 |

10.-..VERIFICA SOLAIO

10.1.-..Premessa

Il solaio è del tipo a predalle di spessore 4+16+4, nella fase di getto si considera puntellato e pertanto nei paragrafi successivi si esegue la verifica del solaio nella fase di esercizio.



10.2.-..Analisi dei carichi

Dai paragrafi precedenti si ricavano le azioni agenti sul solaio di copertura

- Peso proprio (G_1) = 3.48 kN/m²
- Permanenti (G_2) = 3.10 kN/m²
- Accidentale cat. H1 (Q_{H1}) = 0.50 kN/m²
- Neve = 0.80 kN/m²

10.3.-..Calcolo delle massime sollecitazioni agenti

Si considera uno schema statico a doppio appoggio su singola campata di luce pari a 4.30m, verificando il campo con luce maggiore.

Le massime sollecitazioni agenti risultano pertanto pari a:

$$M_{SLU} = (1.3 \cdot 3.48 + 1.5 \cdot 3.1 + 1.5 \cdot 0.5 + 1.5 \cdot 0.5 \cdot 0.8) \cdot 4.30^2 / 8 = 24.32 \text{ kNm/m}$$

$$T_{SLU} = (1.3 \cdot 3.48 + 1.5 \cdot 3.1 + 1.5 \cdot 0.5 + 1.5 \cdot 0.5 \cdot 0.8) \cdot 4.30 / 2 = 22.63 \text{ kN/m}$$

| | | | | | | |
|--|---|------------------|-------------|---------------------|--------------------------|----------------|
|  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | LINEA PESCARA-BARI – RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTI 2 E 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA FABBRICATO PC | | | | | |
| | Fabbricato Energia Relazione di calcolo delle strutture | PROGETTO LI02 | LOTTO 02 | CODIFICA D 78 CL | DOCUMENTO FA 0000 002 | REVISIONE A |

$$M_{SLE,rara} = (3.48 + 3.1 + 0.5 + 0.5 \cdot 0.8) \cdot 4.30^2 / 8 = 17.29 \text{ kNm/m}$$

10.4.-. Verifica del solaio

Si esegue la verifica a flessione e taglio di una sezione a T equivalente alla predalla di larghezza 1.20m armata con 2 ϕ 10 inferiori ed 1 ϕ 10 superiore a travetto per cui risulta:

$$M_{SLU} = 24.32 \cdot 1.20 = 29.18 \text{ kNm}$$

$$T_{SLU} = 22.63 \cdot 1.20 = 27.16 \text{ kN}$$

$$M_{SLE,rara} = 17.29 \cdot 1.20 = 20.75 \text{ kNm}$$

DATI GENERALI SEZIONE IN C.A.

NOME SEZIONE: solaio

(Percorso File: H:\fabbricati\Fabbricati\PC\solaio.sez)

| | |
|-------------------------------|-------------------------------|
| Descrizione Sezione: | |
| Metodo di calcolo resistenza: | Stati Limite Ultimi |
| Normativa di riferimento: | N.T.C. |
| Tipologia sezione: | Sezione predefinita |
| Forma della sezione: | a T o T rovescio |
| Percorso sollecitazione: | A Sforzo Norm. costante |
| Condizioni Ambientali: | Poco aggressive |
| Riferimento Sforzi assegnati: | Assi x,y principali d'inerzia |
| Riferimento alla sismicit : | Zona non sismica |

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

| | | | | |
|---|--------------------------------------|------------------------------------|---------------------|---------------------|
| CALCESTRUZZO - | Classe: | C28/35 | | |
| | Resistenza compress. di calcolo fcd: | 158.60 | daN/cm ² | |
| | Resistenza compress. ridotta fcd': | 79.30 | daN/cm ² | |
| | Deform. unitaria max resistenza ec2: | 0.0020 | | |
| | Deformazione unitaria ultima ecu: | 0.0035 | | |
| | Diagramma tensioni-deformaz.: | Parabola-Rettangolo | | |
| | Modulo Elastico Normale Ec: | 323080 | daN/cm ² | |
| | Coeff. di Poisson: | 0.20 | | |
| | Resis. media a trazione fctm: | 27.60 | daN/cm ² | |
| | Coeff.Omogen. S.L.E.: | 15.0 | | |
| | Sc limite S.L.E. comb. Rare: | 168.00 | daN/cm ² | |
| | ACCIAIO - | Tipo: | B450C | |
| | | Resist. caratt. a snervamento fyk: | 4500.0 | daN/cm ² |
| Resist. caratt. a rottura ftk: | | 4500.0 | daN/cm ² | |
| Resist. a snerv. di calcolo fyd: | | 3913.0 | daN/cm ² | |
| Resist. ultima di calcolo ftd: | | 3913.0 | daN/cm ² | |
| Deform. ultima di calcolo Epu: | | 0.068 | | |
| Modulo Elastico Ef: | | 2000000 | daN/cm ² | |
| Diagramma tensioni-deformaz.: | | Bilineare finito | | |
| Coeff. Aderenza istant. $\beta_1 \cdot \beta_2$: | | 1.00 | | |
| Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$: | | 0.50 | | |
| Comb.Rare - Sf Limite: | 3600.0 | daN/cm ² | | |

| | | | | | | |
|--|------------------|-------------|---------------------|--------------------------|----------------|--------------------|
| Fabbricato Energia Relazione di calcolo delle strutture | PROGETTO LI02 | LOTTO 02 | CODIFICA D 78 CL | DOCUMENTO FA 0000 002 | REVISIONE A | FOGLIO 95di 103 |
|--|------------------|-------------|---------------------|--------------------------|----------------|--------------------|

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE

| | | |
|--------------------------------|-------|------------------------|
| Base rett. inf.: | 40.0 | cm |
| Altezza rett. inf.: | 20.0 | cm |
| Base rett. sup.: | 120.0 | cm |
| Altezza rett. sup.: | 4.0 | cm |
| Barre inferiori: | 6Ø10 | (4.7 cm ²) |
| Barre superiori: | 3Ø10 | (2.4 cm ²) |
| Coprif.Inf.(dal baric. barre): | 4.5 | cm |
| Coprif.Sup.(dal baric. barre): | 4.5 | cm |

ST.LIM.ULTIMI - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

| | |
|----|---|
| N | Sforzo normale [daN] applicato nel baricentro (posit. se di compress.) |
| Mx | Momento flettente [daNm] intorno all'asse x baric. della sezione con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sezione |
| Vy | Taglio [daN] in direzione parallela all'asse y baric. della sezione |
| MT | Momento torcente [daN m] |

| N°Comb. | N | Mx | Vy | MT |
|---------|---|------|------|----|
| 1 | 0 | 2918 | 0 | 0 |
| 2 | 0 | 10 | 2716 | 0 |

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

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

| N°Comb. | N | Mx |
|---------|---|------|
| 1 | 0 | 2075 |

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - RISULTATI PRESSO-TENSO FLESSIONE

| | |
|----------|--|
| Ver | S = combinazione verificata / N = combin. non verificata |
| N | Sforzo normale [daN] applicato nel Baricentro (positivo se di compressione) |
| Mx | Momento flettente assegnato [daNm] riferito all'asse x baricentrico |
| N ult | Sforzo normale ultimo [daN] nella sezione (positivo se di compress.) |
| Mx ult | Momento flettente ultimo [daNm] riferito all'asse x baricentrico |
| Mis.Sic. | Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N ult,Mx ult) e (N,Mx) Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000 |
| Yneutro | Ordinata [cm] dell'asse neutro a rottura nel sistema di rif. X,Y,O sez. |
| Mx sn. | Momento flettente allo snervamento [daNm] |
| x/d | Rapp. di duttilità a rottura per sole travi (N = 0) |
| C.Rid. | Coeff. di riduz. momenti in travi continue [formula (4.1.1)NTC] |
| As Tesa | Area armature long. [cm ²] in zona tesa per sole travi (l'area minima ex (4.1.43)NTC è indicata tra parentesi) |

| N°Comb | Ver | N | Mx | N ult | Mx ult | Mis.Sic. | Yn | M sn | x/d | C.Rid. | As Tesa |
|--------|-----|---|------|-------|--------|----------|------|------|------|--------|-----------|
| 1 | S | 0 | 2918 | 17 | 3803 | 1.303 | 22.2 | 3344 | 0.09 | 0.70 | 4.7 (1.2) |
| 2 | S | 0 | 10 | 17 | 3803 | 380.345 | 22.2 | 3344 | 0.09 | 0.70 | 4.7 (1.2) |

| | | | | | | |
|--|---|------------------|-------------|---------------------|--------------------------|----------------|
|  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | LINEA PESCARA-BARI – RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTI 2 E 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA FABBRICATO PC | | | | | |
| | Fabbricato Energia Relazione di calcolo delle strutture | PROGETTO LI02 | LOTTO 02 | CODIFICA D 78 CL | DOCUMENTO FA 0000 002 | REVISIONE A |

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

| | |
|--------|--|
| ec max | Deform. unit. massima del conglomerato a compressione |
| ec 3/7 | Deform. unit. del conglomerato nella fibra a 3/7 dell'altezza efficace |
| Yc max | Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.) |
| es min | Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione) |
| Ys min | Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.) |
| es max | Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compressione) |
| Ys max | Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.) |

| N°Comb | ec max | ec 3/7 | Yc max | es min | Ys min | es max | Ys max |
|--------|---------|----------|--------|----------|--------|----------|--------|
| 1 | 0.00350 | -0.01636 | 24.0 | -0.00519 | 19.5 | -0.03415 | 4.5 |
| 2 | 0.00350 | -0.01636 | 24.0 | -0.00519 | 19.5 | -0.03415 | 4.5 |

METODO SLU - VERIFICHE A TAGLIO SENZA ARMATURE TRASVERSALI (§ 4.1.2.1.3.1 NTC)

| | |
|------|---|
| Ver | S = comb.verificata a taglio/ N = comb. non verificata |
| Vsdu | Taglio agente [daN] uguale al taglio Vy di comb. (sollecit. retta) |
| Vwct | Taglio trazione resistente [daN] in assenza di staffe [formula (4.1.14)NTC] |
| d | Altezza utile sezione [cm] |
| bw | Larghezza minima sezione [cm] |
| Ro | Rapporto geometrico di armatura longitudinale [<0.02] |
| Scp | Tensione media di compressione nella sezione [daN/cm ²] |

| N°Comb | Ver | Vsdu | Vwct | d | bw | Ro | Scp |
|--------|-----|------|------|------|------|--------|-----|
| 1 | S | 0 | 4806 | 19.5 | 40.0 | 0.0060 | 0.0 |
| 2 | S | 2716 | 4806 | 19.5 | 40.0 | 0.0060 | 0.0 |

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

| | |
|---------|--|
| Ver | S = combinazione verificata / N = combin. non verificata |
| Sc max | Massima tensione di compress.(+) nel conglom. in fase fessurata [(daN/cm ²)] |
| Yc max | Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O) |
| Sc min | Minima tensione di compress.(+) nel conglom. in fase fessurata [(daN/cm ²)] |
| Yc min | Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc min (sistema rif. X,Y,O) |
| Sf min | Minima tensione di trazione (-) nell'acciaio [daN/cm ²] |
| Ys min | Ordinata in cm della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O) |
| Dw Eff. | Spessore di conglomerato [cm] in zona tesa considerata aderente alle barre |
| Ac eff. | Area di congl. [cm ²] in zona tesa aderente alle barre (verifica fess.) |
| As eff. | Area Barre tese di acciaio [cm ²] ricadente nell'area efficace(verifica fess.) |
| D barre | Distanza media in cm tra le barre tese efficaci utilizzata nel calcolo di fessurazione (se Dbarre >14Ø viene posto Dbarre=14Ø nel calcolo di fess. [B.6.6.3 Circ. 252/96]) |

| N°Comb | Ver | Sc max | Yc max | Sc min | Yc min | Sf min | Ys min | Dw Eff. | Ac Eff. | As Eff. | D barre |
|--------|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|---------|---------|
| 1 | S | 45.3 | 24.0 | 0.0 | 19.7 | -2431 | 19.5 | 9.9 | 395 | 4.7 | 6.2 |

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE

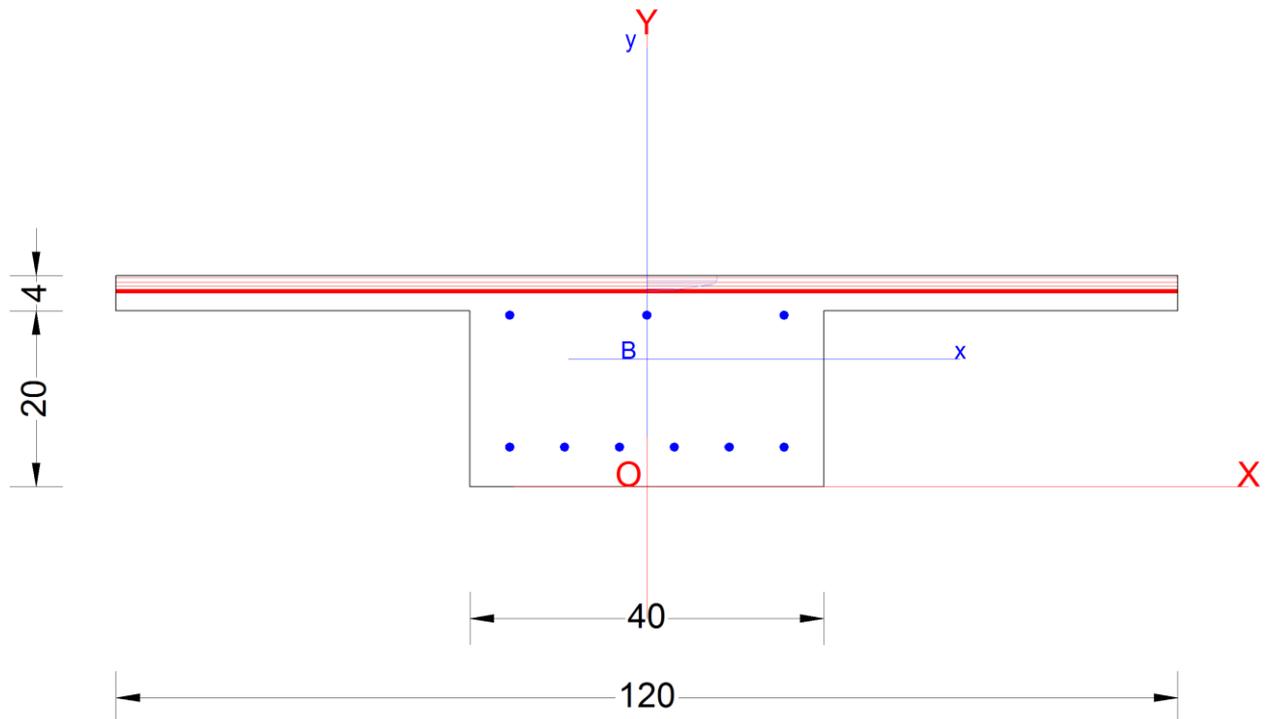
| | |
|--------|---|
| Ver | S = combinazione verificata / N = combin. non verificata |
| Sclmax | Massima tensione nel conglomerato nello STATO I non fessurato [daN/cm ²] |
| Sclmin | Minima tensione nel conglomerato nello STATO I non fessurato [daN/cm ²] |
| K3 | =0,125 per flessione; = 0,25 (Sclmin + Sclmax)/(2 Sclmin) per trazione eccentrica |
| Beta12 | Prodotto dei Coeff. di aderenza Beta1*Beta2 |
| Psi | = 1-Beta12*(Ssr/Ss) ² = 1-Beta12*(fctm/Sclmin) ² = 1-Beta12*(Mfess/M) ² [B.6.6 DM96] |

| | | | | | | |
|--|------------------|-------------|---------------------|--------------------------|----------------|--------------------|
| Fabbricato Energia Relazione di calcolo delle strutture | PROGETTO LI02 | LOTTO 02 | CODIFICA D 78 CL | DOCUMENTO FA 0000 002 | REVISIONE A | FOGLIO 97di 103 |
|--|------------------|-------------|---------------------|--------------------------|----------------|--------------------|

e sm Deformazione unitaria media tra le fessure . Tra parentesi il valore minimo = 0.4 Ss/Es
srm Distanza media in mm tra le fessure
wk Apertura delle fessure in mm = 1,7*Eps*Srm. Tra parentesi è indicato il valore limite.
M fess. Momento di prima fessurazione [daNm]

| N°Comb | Ver | Sclmax | Sclmin | Sc Eff | K3 | Beta12 | Psi | e sm | srm | wk | M Fess. |
|--------|-----|--------|--------|--------|-------|--------|-------|---------------------|-----|-------|---------|
| 1 | S | 26.2 | -37.4 | -- | 0.125 | 1.00 | 0.456 | 0.000555 (0.000486) | 134 | 0.127 | 1530 |

Nome sezione: solaio Comb. n. 1 (S.L.U.)
Coprif. netto minimo barre long.: 4.0 cm Coprif. netto staffe: 3.9 cm



| | | | | | | |
|---|---|------------------|-------------|---------------------|--------------------------|----------------|
|  ITAFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | LINEA PESCARA-BARI – RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTI 2 E 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA FABBRICATO PC | | | | | |
| | Fabbricato Energia Relazione di calcolo delle strutture | PROGETTO LI02 | LOTTO 02 | CODIFICA D 78 CL | DOCUMENTO FA 0000 002 | REVISIONE A |

11.-..VERIFICA DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI IN TERMINI DI CONTENIMENTO DEL DANNO AGLI ELEMENTI NON STRUTTURALI (SLO)

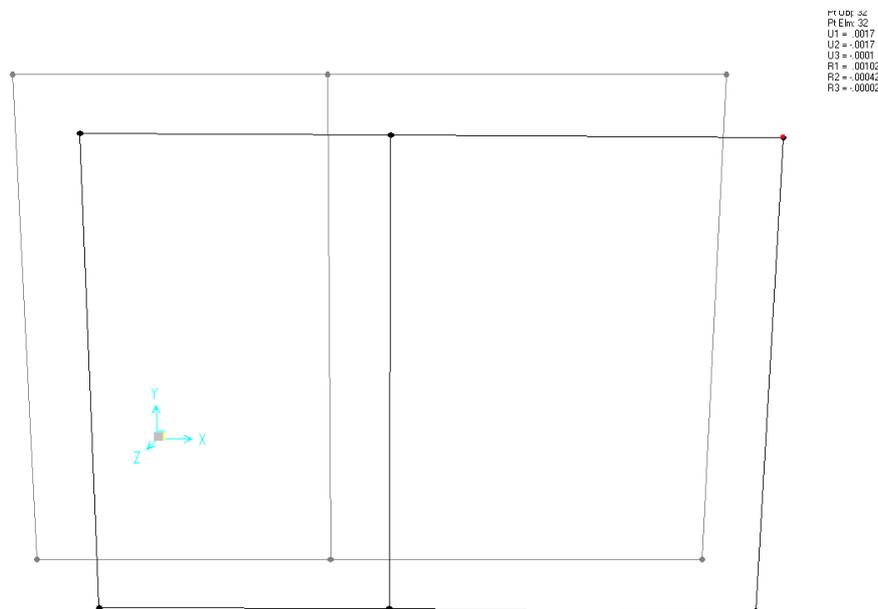
Per le costruzioni ricadenti in classe d'uso III e IV si deve verificare che l'azione sismica di progetto non produca danni agli elementi costruttivi senza funzione strutturale tali da rendere temporaneamente non operativa la costruzione.

Nel caso delle costruzioni civili e industriali questa condizione si può ritenere soddisfatta quando gli spostamenti interpiano ottenuti dall'analisi in presenza dell'azione sismica di progetto relativa allo SLO (v. § 3.2.1 e § 3.2.3.2) siano inferiori a:

- per tamponamenti progettati in modo da non subire danni a seguito di spostamenti d'interpiano, per effetto della loro deformabilità intrinseca ovvero dei collegamenti alla struttura:

$$d_r \leq 2 \times 0.01h / 3 = 0,026 \text{ m}$$

Si riportano gli spostamenti della Comb – EnvSLV (il raffronto è con la fondazione a nodi incastrati)



$$d_r = u_1 = 0,0017 \text{ m} < 0,026 \text{ m}$$

La verifica risulta soddisfatta.

| | | | | | | |
|---|---|------------------|-------------|---------------------|--------------------------|----------------|
|  ITAFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | LINEA PESCARA-BARI – RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTI 2 E 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA FABBRICATO PC | | | | | |
| | Fabbricato Energia Relazione di calcolo delle strutture | PROGETTO LI02 | LOTTO 02 | CODIFICA D 78 CL | DOCUMENTO FA 0000 002 | REVISIONE A |

12.-..VERIFICA DI CAPACITÀ PORTANTE

La norma 2008 al punto 7.2.5 recita come segue:

Per le strutture progettate sia per CD “A” sia per CD “B” il dimensionamento delle strutture di fondazione e la verifica di sicurezza del complesso fondazione-terreno devono essere eseguiti assumendo come azioni in fondazione le resistenze degli elementi strutturali soprastanti. Più precisamente, la forza assiale negli elementi strutturali verticali derivante dalla combinazione delle azioni di cui al § 3.2.4 deve essere associata al concomitante valore resistente del momento flettente e del taglio; si richiede tuttavia che tali azioni risultino non maggiori di quelle trasferite dagli elementi soprastanti, amplificate con un γ_{Rd} pari a 1,1 in CD “B” e 1,3 in CD “A”, e comunque non maggiori di quelle derivanti da una analisi elastica della struttura in elevazione eseguita con un fattore di struttura q pari a 1.

Poiché le azioni associate ai momenti resistenti dei pilastri sono superiori a quelle di calcolo amplificate di un fattore 1.1, di seguito si considereranno proprio le azioni*1.1.

Di seguito si riportano le sollecitazioni allo spiccato dei pilastri derivanti dal modello di calcolo:

| Inviluppo combo SLU-SLV | | | | | | | |
|-------------------------|------|--------|---------------|---------------|---------------|----------------|----------------|
| | Nodo | Combo | F_1 [kN] | F_2 [kN] | F_3 [kN] | M_1 [kNm] | M_2 [kNm] |
| $M_{2,max}$ | 10 | SLV_X4 | 13.92 | 14.57 | 187.65 | -17.85 | 36.52 |
| $M_{2,min}$ | 10 | SLV_X1 | -12.06 | 8.76 | 79.42 | -19.66 | -33.69 |
| $M_{1,max}$ | 31 | SLV_Y4 | -0.88 | -8.28 | 144.88 | 57.58 | 0.28 |
| $M_{1,min}$ | 15 | SLV_Y4 | -4.22 | 8.28 | 130.01 | -57.58 | -8.52 |
| $F_{3,max}$ | 10 | SLU_Q8 | 1.29 | 19.26 | 189.78 | -32.64 | 2.06 |
| $F_{3,min}$ | 10 | SLV-X | 12.45 | 0.00 | 2.28 | 0.00 | 34.11 |
| $F_{2,max}$ | 15 | SLV_Y4 | -0.88 | 27.32 | 144.88 | 0.91 | 0.28 |
| $F_{2,min}$ | 31 | SLV_Y4 | -4.22 | -27.32 | 130.01 | -0.91 | -8.52 |
| F_{max} | 10 | SLV_X1 | -12.06 | 8.764 | 79.42 | -19.66 | -33.69 |
| F_{min} | 10 | SLV_X4 | 13.92 | 14.57 | 187.65 | -17.85 | 36.52 |

A favore di sicurezza si considera una porzione di trave rovescia sotto il pilastro, equivalente a un plinto di dimensioni quadrata in pianta 1.20m x 1.20m.

Per il calcolo delle sollecitazioni all'intradosso si ha:

| | | | |
|----------------|---|------|----|
| Peso plinto | W | 41.3 | kN |
| Altezza plinto | h | 1.0 | m |

$$M_{1tot} = M_1 - F_2 * h$$

$$M_{2tot} = M_2 + F_1 \cdot h$$

$$F_{3tot} = F_3 + W$$

| Sollecitazioni intradosso della fondazione +peso proprio plinto | | | | | | | |
|---|------|--------|------------------------|------------------------|------------------------|-------------------------|-------------------------|
| | Nodo | Combo | F ₁ [kN] | F ₂ [kN] | F ₃ [kN] | M ₁ [kNm] | M ₂ [kNm] |
| M _{2,max} | 10 | SLV_X4 | -15.3 | -16.0 | -251.8 | 35.7 | -55.5 |
| M _{2,min} | 10 | SLV_X1 | 13.3 | -9.6 | -132.8 | 31.3 | 50.3 |
| M _{1,max} | 31 | SLV_Y4 | 1.0 | 9.1 | -204.8 | -72.4 | 0.6 |
| M _{1,min} | 15 | SLV_Y4 | 4.6 | -9.1 | -188.4 | 72.4 | 14.0 |
| F _{3,max} | 10 | SLU_Q8 | -1.4 | -21.2 | -254.2 | 57.1 | -3.7 |
| F _{3,min} | 10 | SLV-X | -13.7 | 0.0 | -47.9 | 0.0 | -51.2 |
| F _{2,max} | 15 | SLV_Y4 | 1.0 | -30.1 | -204.8 | 29.1 | 0.6 |
| F _{2,min} | 31 | SLV_Y4 | 4.6 | 30.1 | -188.4 | -29.1 | 14.0 |
| F _{max} | 10 | SLV_X1 | 13.3 | -9.6 | -132.8 | 31.3 | 50.3 |
| F _{min} | 10 | SLV_X4 | -15.3 | -16.0 | -251.8 | 35.7 | -55.5 |

Di seguito si riporta la verifica di capacità portante per la combinazione più gravosa con N_{max} e M_{1max}:

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 $e_L = 0$; $L^* = L$)

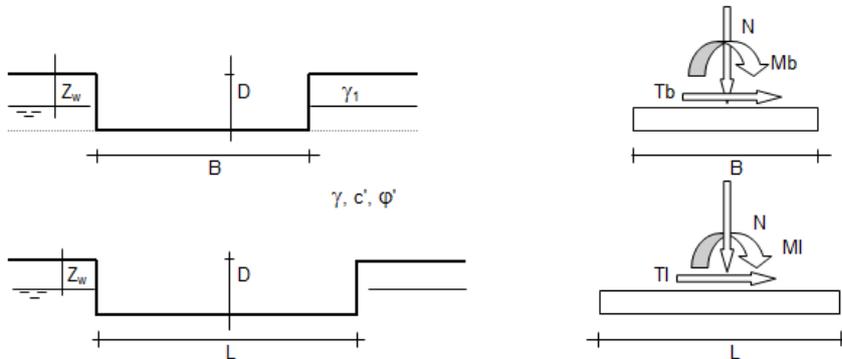
B^* = Larghezza fittizia della fondazione ($B^* = B - 2 \cdot e_B$)

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

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

coefficienti parziali

| Metodo di calcolo | 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 |
| | A2+M2+R2 | ○ | 1.00 | 1.30 | 1.25 | 1.25 | 1.80 |
| | SISMA | ○ | 1.00 | 1.00 | 1.25 | 1.25 | 1.80 |
| | A1+M1+R3 | ○ | 1.30 | 1.50 | 1.00 | 1.00 | 2.30 |
| | SISMA | ○ | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 2.30 |
| Tensioni Ammissibili | ○ | | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 3.00 |
| Definiti dal Progettista | ⊙ | | 1.00 | 1.00 | 1.25 | 1.00 | 2.30 |



(Per fondazione nastriforme $L = 100$ m)

B = 1.50 (m)
L = 1.50 (m)
D = 1.60 (m)



AZIONI

| | valori di input | | Valori di calcolo |
|----------|-----------------|------------|-------------------|
| | permanenti | temporanee | |
| N [kN] | 254.20 | | 254.20 |
| Mb [kNm] | 72.40 | | 72.40 |
| MI [kNm] | 55.50 | | 55.50 |
| Tb [kN] | 30.10 | | 30.10 |
| TI [kN] | 15.30 | | 15.30 |
| H [kN] | 33.77 | 0.00 | 33.77 |

Peso unità di volume del terreno

$$\begin{aligned} \gamma_1 &= 20.00 \quad (\text{kN/mc}) \\ \gamma &= 20.00 \quad (\text{kN/mc}) \end{aligned}$$

Valori caratteristici di resistenza del terreno

$$\begin{aligned} c' &= 0.00 \quad (\text{kN/mq}) \\ \varphi' &= 35.00 \quad (^\circ) \end{aligned}$$

Valori di progetto

$$\begin{aligned} c' &= 0.00 \quad (\text{kN/mq}) \\ \varphi' &= 29.26 \quad (^\circ) \end{aligned}$$

Profondità della falda

$$Z_w = 7.20 \quad (\text{m})$$

$$\begin{aligned} e_B &= 0.28 \quad (\text{m}) \\ e_L &= 0.22 \quad (\text{m}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} B^* &= 0.93 \quad (\text{m}) \\ L^* &= 1.06 \quad (\text{m}) \end{aligned}$$

q : sovraccarico alla profondità D

$$q = 32.00 \quad (\text{kN/mq})$$

 γ : peso di volume del terreno di fondazione

$$\gamma = 20.00 \quad (\text{kN/mc})$$

 N_c, N_q, N_γ : coefficienti di capacità portante

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

$$N_q = 16.92$$

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

$$N_c = 28.42$$

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

$$N_\gamma = 20.08$$

 s_c, s_q, s_γ : fattori di forma

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

$$s_c = 1.52$$

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

$$s_q = 1.49$$

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

$$s_\gamma = 0.65$$

 i_c, i_q, i_γ : fattori di inclinazione del carico

$$m_b = (2 + B^* / L^*) / (1 + B^* / L^*) = 1.53 \quad \theta = \arctg(T_b/T_l) = 63.06 \quad (^\circ)$$

$$m_l = (2 + L^* / B^*) / (1 + L^* / B^*) = 1.47 \quad m = 1.52 \quad (-)$$

$$i_q = (1 - H / (N + B^* L^* c' \cotg \varphi'))^m \quad (m=2 \text{ nel caso di fondazione nastriforme e } m=(m_b \sin^2 \theta + m_l \cos^2 \theta) \text{ in tutti gli altri casi})$$

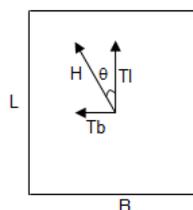
$$i_q = 0.81$$

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

$$i_c = 0.79$$

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

$$i_\gamma = 0.70$$



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

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

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

$$d_q = 1.31$$

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

$$d_c = 1.32$$

$$d_\gamma = 1$$

$$d_\gamma = 1.00$$

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

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

$$b_q = 1.00$$

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

$$b_c = 1.00$$

$$b_\gamma = b_q$$

$$b_\gamma = 1.00$$

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

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

$$g_q = 1.00$$

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

$$g_c = 1.00$$

$$g_\gamma = g_q$$

$$g_\gamma = 1.00$$

Carico limite unitario

$$q_{lim} = 933.20 \quad (\text{kN/m}^2)$$

Pressione massima agente

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

$$q = 256.95 \quad (\text{kN/m}^2)$$

Verifica di sicurezza capacità portante

$$q_{lim} / \gamma_R = 405.74 \geq q = 256.95 \quad (\text{kN/m}^2)$$

VERIFICA A SCORRIMENTO

Carico agente

$$H_d = 33.77 \quad (\text{kN})$$

Azione Resistente

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

$$S_d = 142.39 \quad (\text{kN})$$

Verifica di sicurezza allo scorrimento

$$S_d / \gamma_R = 129.45 \geq H_d = 33.77 \quad (\text{kN})$$