

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 PC

SCALA:

:-:---

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

LI 02 02 D 78 CL FA00000 001 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: LI0202D78CLFA000001A

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 PC Relazione di calcolo delle strutture	PROGETTO LI02	LOTTO 02	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO FA 0000 001	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.....	10
5.1.-. Opere in calcestruzzo armato.....	10
5.1.1.-. <i>Magrone</i>	10
5.1.2.-. <i>Struttura in fondazione:</i>	10
5.1.3.-. <i>Struttura in elevazione e solaio in lastre predalles:</i>	11
5.2.-. Acciaio per calcestruzzo armato	12
5.3.-. Copriferro	12
6.-. ANALISI DEI CARICHI DI PROGETTO.....	14
6.1.-. Carichi permanenti.....	14
6.1.1.-. <i>Solaio copertura</i>	14
6.1.2.-. <i>Facciate e cornicioni:</i>	14
6.2.-. Carichi variabili	15
6.3.-. Azioni della neve	15
6.4.-. Azioni del vento.....	16
6.5.-. Variazione Termica	18
6.6.-. Azione sismica.....	18
6.6.1.-. <i>Vita nominale</i>	19
6.6.2.-. <i>Classe d'uso</i>	20
6.6.3.-. <i>Periodo di riferimento per l'azione sismica</i>	20
6.6.4.-. <i>Azioni di progetto</i>	21
6.6.5.-. <i>Categoria di sottosuolo e Condizioni topografiche</i>	23
6.6.6.-. <i>Classe di duttilità</i>	24
6.6.7.-. <i>Regolarità</i>	24
6.6.8.-. <i>Tipologia strutturale e fattore di struttura</i>	24
6.6.9.-. <i>Spettri di risposta</i>	26
6.6.10.-. <i>Metodo di analisi</i>	29
6.6.10.1.-. <i>Risposta Modale</i>	30

 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 PC Relazione di calcolo delle strutture	PROGETTO LI02	LOTTO 02	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO FA 0000 001	REVISIONE A

6.6.10.2.-..	<i>Eccentricità accidentale delle masse (Ecc.X , Ecc.Y).....</i>	32
7.-..	ANALISI DELLA STRUTTURA	34
7.1.-..	Codici di calcolo utilizzati	34
7.1.1.-..	<i>Affidabilità del software</i>	34
7.2.-..	Modellazione dell'opera	34
7.2.1.-..	<i>Condizioni di carico e assegnazioni.....</i>	36
7.3.-..	Combinazioni di carico	40
7.3.1.-..	<i>Modello di calcolo.....</i>	41
8.-..	SOLLECITAZIONI MASSIME	53
9.-..	VERIFICA ELEMENTI STRUTTURALI	60
9.1.-..	Travi elevazione 40x50cm.....	60
9.1.1.-..	<i>Tabulato di verifica SLU - SLE e taglio – ZONA APPOGGIO.....</i>	64
9.1.2.-..	<i>Tabulato di verifica SLU - SLE – CAMPATA.....</i>	68
9.2.-..	Travi elevazione 30x40cm.....	71
9.2.1.-..	<i>Tabulato di verifica SLU - SLE e taglio – ZONA APPOGGIO.....</i>	76
9.2.2.-..	<i>Tabulato di verifica SLU - SLE – CAMPATA</i>	79
9.3.-..	Pilastri (30x50)	83
9.3.1.-..	<i>Tabulato di verifica SLU – SLE e taglio</i>	87
9.4.-..	Travi fondazione	92
9.4.1.-..	<i>Tabulato di verifica SLU – SLE e taglio</i>	95
10.-..	VERIFICA SOLAIO	100
10.1.-..	Premessa	100
10.2.-..	Analisi dei carichi	100
10.3.-..	Calcolo delle massime sollecitazioni agenti	100
10.4.-..	Verifica del solaio.....	101
11.-..	VERIFICA DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI IN TERMINI DI CONTENIMENTO DEL DANNO AGLI ELEMENTI NON STRUTTURALI (SLO).....	105
12.-..	VERIFICA DI CAPACITÀ PORTANTE.....	107

	LINEA PESCARA-BARI – RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA					
	TERMOLI-LESINA					
LOTTI 2 E 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA						
FABBRICATO PC						
Fabbricato PC	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REVISIONE	FOGLIO
Relazione di calcolo delle strutture	LI02	02	D 78 CL	FA 0000 001	A	4di 111

1.-..PREMESSA

La presente relazione di calcolo riguarda il Progetto Definitivo dell'edificio tipologico **PC**, da realizzare nell'ambito del potenziamento infrastrutturale della linea ferroviaria Termoli-Lesina, in corrispondenza della progressiva al 13+660 circa.

	LINEA PESCARA-BARI – RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTI 2 E 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA FABBRICATO PC					
	Fabbricato PC Relazione di calcolo delle strutture	PROGETTO LI02	LOTTO 02	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO FA 0000 001	REVISIONE A

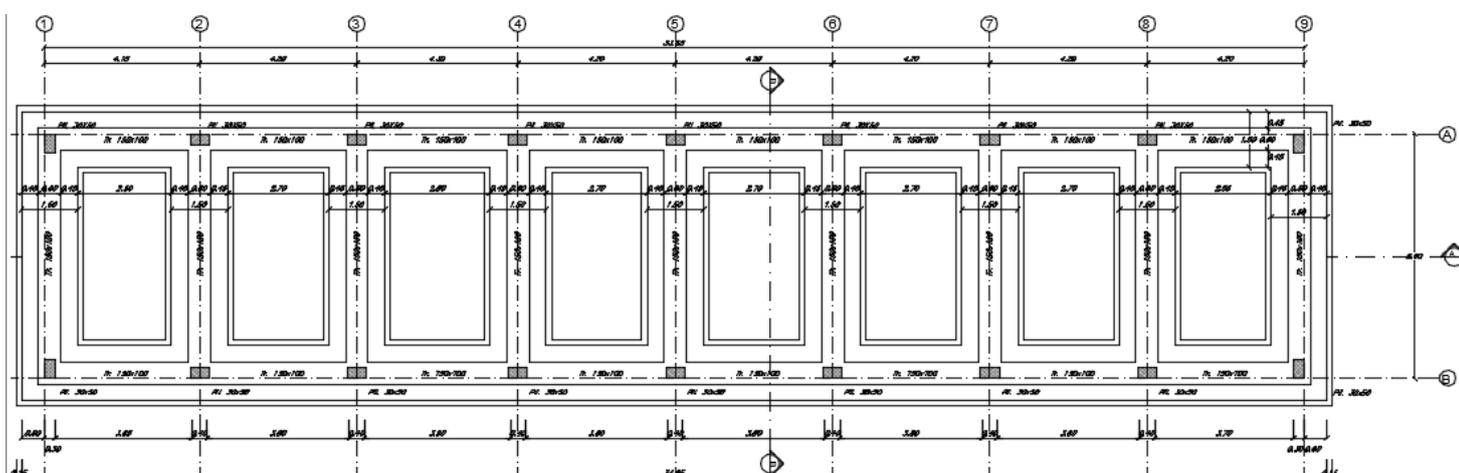
2.-..NORME DI RIFERIMENTO

- [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

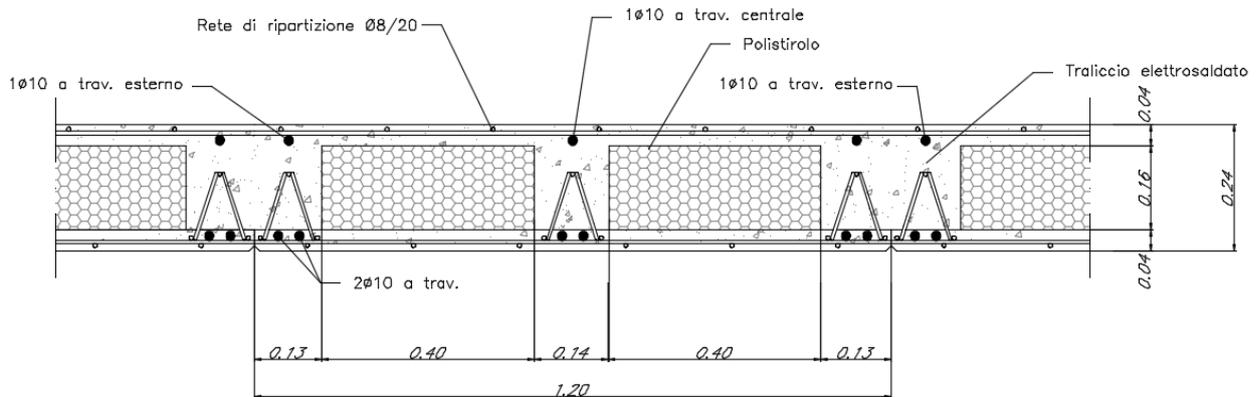
Il fabbricato in oggetto è costituito da una struttura in c.a. su fondazione diretta a travi rovesce.

La struttura ha pianta rettangolare di dimensioni L x B = 33.65 x 6.60 m, è un telaio spaziale monolivello con copertura piana costituito da una campata in direzione trasversale di luce pari a 6.30m e otto campate in direzione longitudinale.

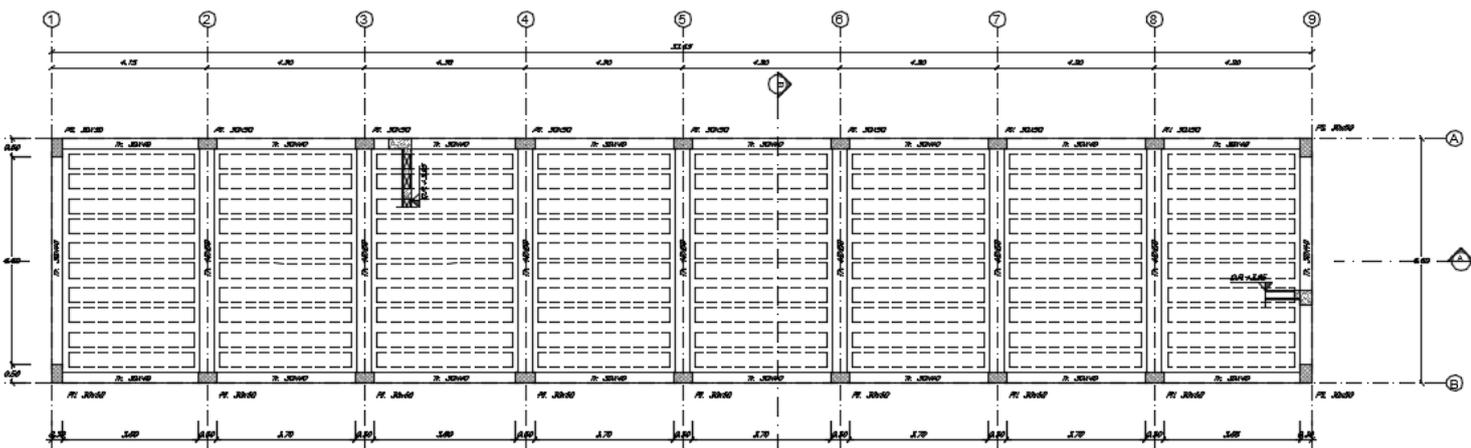


La parte in elevazione è costituita da travi e pilastri in c.a.. In particolare, i pilastri hanno dimensioni in pianta 0.30m x 0.40m, le travi perimetrali (trasversali e longitudinali) e le travi interne hanno dimensioni 0.40m x 0.50m.

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 prèdalles sono larghe 120 cm e presentano tre tralicci 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.



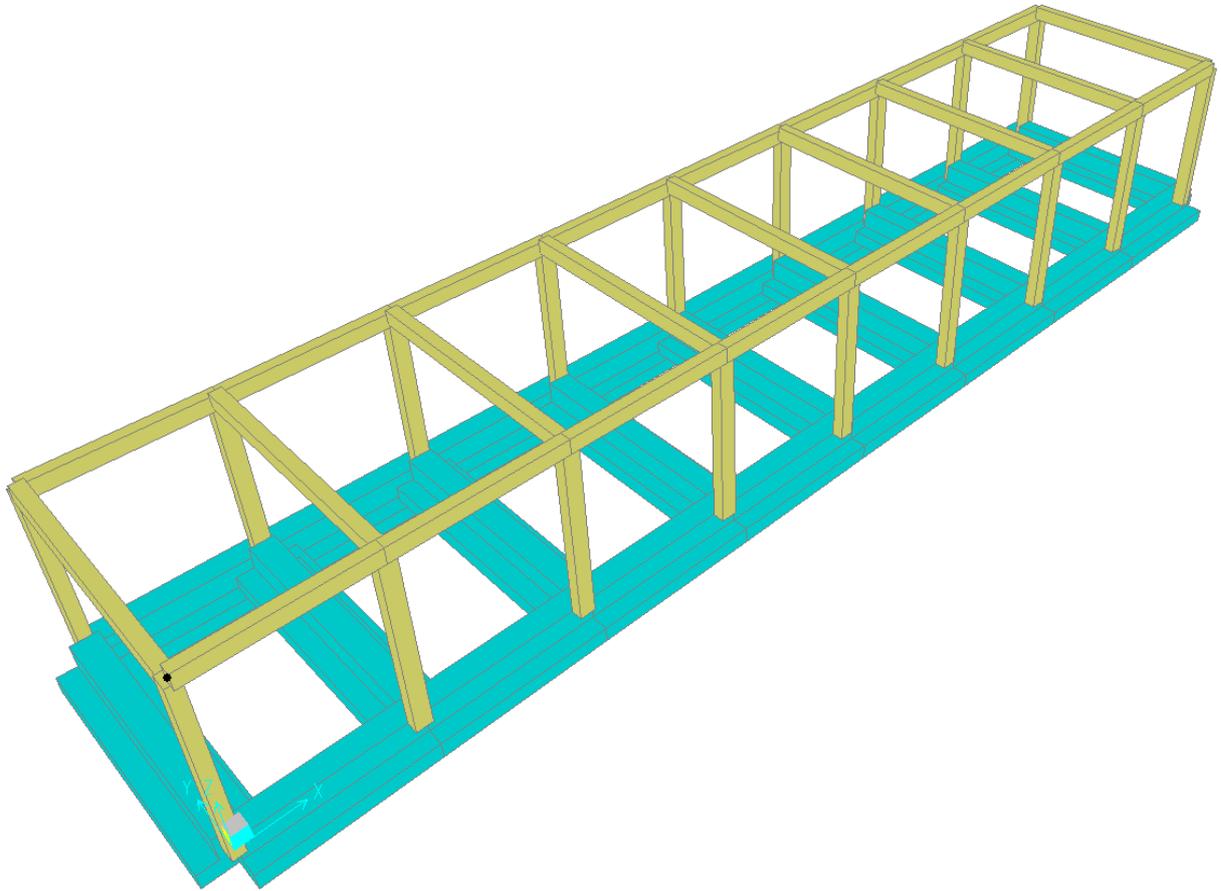
Le caratteristiche geometriche dell' edificio sono le seguenti:

- Lunghezza totale L = 33.65 m
- Larghezza totale B = 6.60 m
- Quota piano posa fondazioni (filo magrone): $H_1 = -1,50$ m
- Quota piano campagna $H_2 = 0,00$ m
- Quota piano terra: $H_3 = +0,25$ m
- Quota copertura: $H_4 = +3.95$ m

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

	LINEA PESCARA-BARI – RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTI 2 E 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA FABBRICATO PC					
Fabbricato PC Relazione di calcolo delle strutture	PROGETTO LI02	LOTTO 02	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO FA 0000 001	REVISIONE A	FOGLIO 8di 111

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



 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 PC Relazione di calcolo delle strutture	PROGETTO LI02	LOTTO 02	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO FA 0000 001	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:

(S13)

0,00÷2.80 Unità ga2 – Sabbia, sabbia limosa (Depositi costieri attuali e recenti)

$\gamma = 19.5 \div 20.5 \text{ kN/m}^3$	peso di volume naturale
$c' = 0 \text{ kPa}$	coesione drenata
$\varphi' = 30 \div 38^\circ$	angolo di resistenza al taglio
$N_{spt} = 10 \div R$	numero di colpi da prova SPT
$V_s = 190 \div 510 \text{ m/s}$	velocità delle onde di taglio
$G_o = 70 \div 500 \text{ MPa}$	modulo di deformazione a taglio iniziale
$E_o = 180 \div 1300 \text{ MPa}$	modulo di deformazione elastico iniziale
$k = 10^{-6} \div 10^{-5} \text{ m/s}$	permeabilità

2.80÷6.80 Unità ga3 – Argille limose (Depositi costieri attuali e recenti)

$\gamma = 19.5 \div 20 \text{ kN/m}^3$	peso di volume naturale
$c' = 0 \div 15 \text{ kPa}$	coesione drenata
$\varphi' = 23 \div 28^\circ$	angolo di resistenza al taglio
$c_u = 40 \div 250 \text{ kPa}$	resistenza al taglio in condizioni non drenate
$N_{spt} = 5 \div 60$	numero di colpi da prova SPT
$V_s = 190 \div 360 \text{ m/s}$	velocità delle onde di taglio
$G_o = 70 \div 250 \text{ MPa}$	modulo di deformazione a taglio iniziale
$E_o = 180 \div 650 \text{ MPa}$	modulo di deformazione elastico iniziale
$k = 10^{-8} \div 10^{-6} \text{ m/s}$	permeabilità

La falda idrica è cautelativamente considerata sempre a 0.30m da p.c..

 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 PC Relazione di calcolo delle strutture	PROGETTO LI02	LOTTO 02	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO FA 0000 001	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]

Fabbricato PC	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REVISIONE	FOGLIO
Relazione di calcolo delle strutture	LI02	02	D 78 CL	FA 0000 001	A	11di 111

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 PC Relazione di calcolo delle strutture	PROGETTO LI02	LOTTO 02	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO FA 0000 001	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.

			barre da c.a. elementi a piastra		barre da c.a. altri elementi		cavi da c.a.p elementi a piastra		cavi da c.a.p altri elementi	
C_{min}	C_o	ambiente	$C \geq C_o$	$C_{min} \leq C < C_o$	$C \geq C_o$	$C_{min} \leq C < C_o$	$C \geq C_o$	$C_{min} \leq C < C_o$	$C \geq C_o$	$C_{min} \leq C < C_o$
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 PC Relazione di calcolo delle strutture	PROGETTO LI02	LOTTO 02	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO FA 0000 001	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.

 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 PC Relazione di calcolo delle strutture	PROGETTO LI02	LOTTO 02	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO FA 0000 001	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 PC		PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REVISIONE	FOGLIO
Relazione di calcolo delle strutture		LI02	02	D 78 CL	FA 0000 001	A	15di 111

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 $C_t = 1$.

	LINEA PESCARA-BARI – RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA					
	TERMOLI-LESINA					
LOTTI 2 E 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA						
FABBRICATO PC						
Fabbricato PC	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REVISIONE	FOGLIO
Relazione di calcolo delle strutture	LI02	02	D 78 CL	FA 0000 001	A	16di 111

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 PC Relazione di calcolo delle strutture	PROGETTO LI02	LOTTO 02	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO FA 0000 001	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:

	LINEA PESCARA-BARI – RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA					
	TERMOLI-LESINA					
LOTTE 2 E 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA						
FABBRICATO PC						
Fabbricato PC	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REVISIONE	FOGLIO
Relazione di calcolo delle strutture	LI02	02	D 78 CL	FA 0000 001	A	18di 111

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

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 PC Relazione di calcolo delle strutture	PROGETTO LI02	LOTTO 02	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO FA 0000 001	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

	LINEA PESCARA-BARI – RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA					
	TERMOLI-LESINA					
	LOTTI 2 E 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA					
	FABBRICATO PC					
Fabbricato PC	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REVISIONE	FOGLIO
Relazione di calcolo delle strutture	LI02	02	D 78 CL	FA 0000 001	A	20di 111

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.

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

	LINEA PESCARA-BARI – RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA					
	TERMOLI-LESINA					
	LOTTI 2 E 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA					
	FABBRICATO PC					
Fabbricato PC	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REVISIONE	FOGLIO
Relazione di calcolo delle strutture	LI02	02	D 78 CL	FA 0000 001	A	21di 111

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 Chieuti (FG)

FASE 1. INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DEL SITO

Ricerca per coordinate

LONGITUDINE: 15.16000 LATITUDINE: 41.92000

Ricerca per comune

REGIONE: Puglia PROVINCIA: Foggia COMUNE: Chieuti

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 posì 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 parametri azione
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 PC Relazione di calcolo delle strutture	PROGETTO LI02	LOTTO 02	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO FA 0000 001	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	0.081	2.521	0.319
SLD	151	0.101	2.543	0.328
SLV	1424	0.250	2.473	0.354
SLC	2475	0.306	2.457	0.359

6.6.5.-. 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 V_{S30} compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{SPT,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < C_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina)”.

	LINEA PESCARA-BARI – RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA					
	TERMOLI-LESINA					
LOTTI 2 E 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA						
FABBRICATO PC						
Fabbricato PC	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REVISIONE	FOGLIO
Relazione di calcolo delle strutture	LI02	02	D 78 CL	FA 0000 001	A	25di 111

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:

$$\alpha_u / \alpha_1 = 1.1$$

 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 PC Relazione di calcolo delle strutture	PROGETTO LI02	LOTTO 02	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO FA 0000 001	REVISIONE A

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 $q = 3.3$.

6.6.9.-...Spettri di risposta

Spettro di progetto elastico

FASE 3. DETERMINAZIONE DELL'AZIONE DI PROGETTO

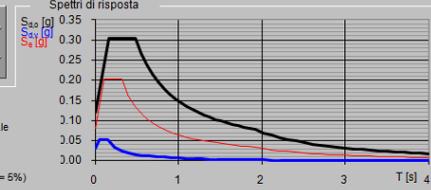
Stato Limite
 Stato Limite considerato: SLO

Risposta sismica locale
 Categoria di sottosuolo: C
 Categoria topografica: T1
 $S_s = 1.500$
 $C_c = 1.531$
 $h/H = 1.000$
 $S_r = 1.000$

Compon. orizzontale
 Spettro di progetto elastico (SLE)
 Spettro di progetto inelastico (SLU)
 Smorzamento ξ (%): 5
 Fattore q_s : 3.3
 Regol. in altezza: si

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

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, $\xi = 5\%$)

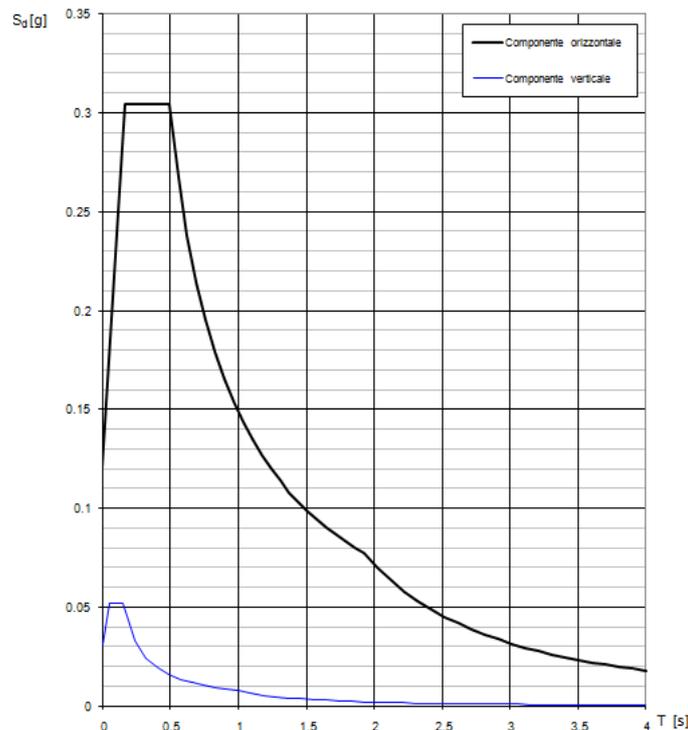
Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLO
a_g	0.081 g
F_a	2.521
T_c	0.319 s
S_s	1.500
C_c	1.531
S_r	1.000
q	1.000

Parametri dipendenti

S	1.500
η	1.000
T_a	0.163 s
T_b	0.488 s
T_c	1.922 s

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



FASE 3. DETERMINAZIONE DELL'AZIONE DI PROGETTO

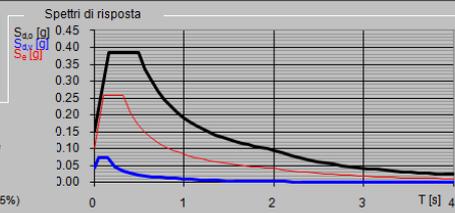
Stato Limite
Stato Limite considerato: SLD

Risposta sismica locale
Categoria di sottosuolo: C
Categoria topografica: T1
 $S_b = 1.500$
 $C_c = 1.517$
 $h/H = 1.000$
 $S_r = 1.000$

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

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

Elaborazioni
Grafici spettri di risposta
Parametri e punti spettri di risposta



Spettri di risposta
 S_{d0} [g]
 S_{d1} [g]
 S_{d2} [g]

— Spettro di progetto - componente orizzontale
— Spettro di progetto - componente verticale
— Spettro elastico di riferimento (Cat. A-T1, $\xi = 6\%$)

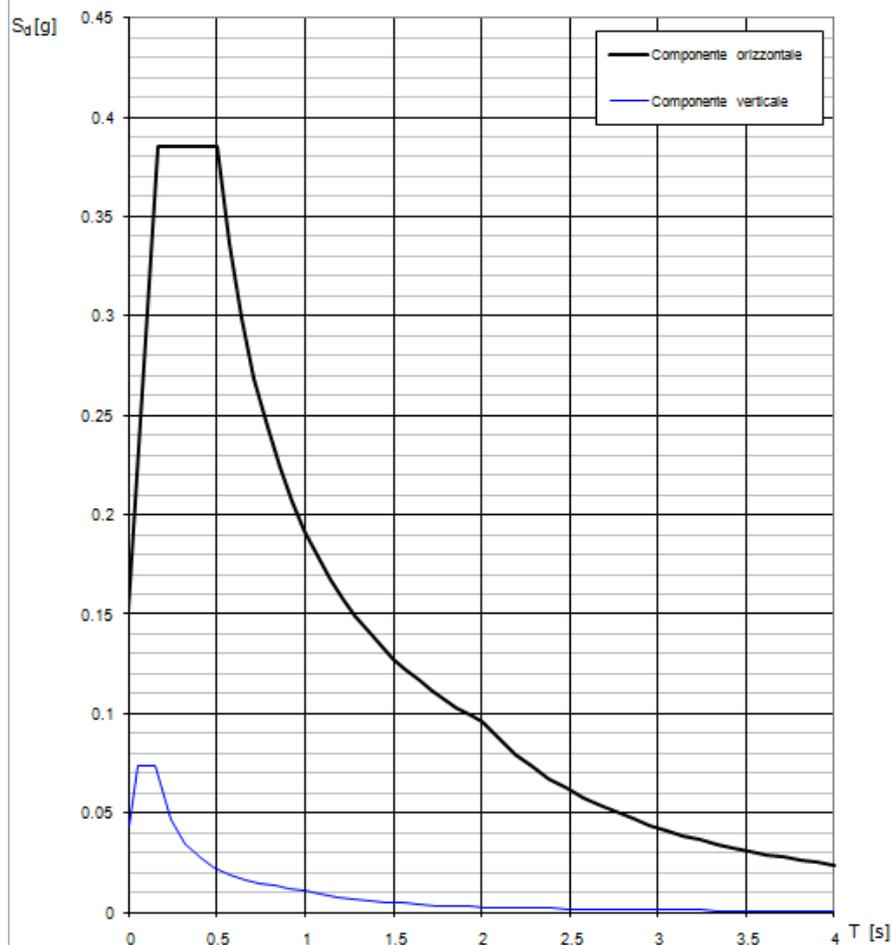
Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLD
a_g	0.101 g
F_a	2.543
T_c^*	0.328 s
S_b	1.500
C_c	1.517
S_r	1.000
q	1.000

Parametri dipendenti

S	1.500
η	1.000
T_a	0.166 s
T_c	0.438 s
T_b	2.004 s

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



Spettro di progetto inelastico

FASE 3. DETERMINAZIONE DELL'AZIONE DI PROGETTO

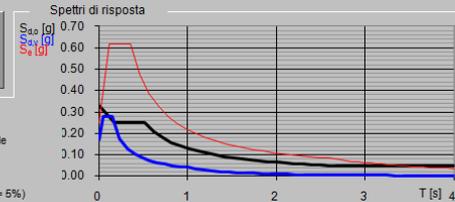
Stato Limite
Stato Limite considerato: SLV

Risposta sismica locale
Categoria di sottosuolo: C
Categoria topografica: T1
 $S_S = 1.330$
 $C_C = 1.479$
 $h/H_E = 1.000$
 $S_T = 1.000$

Compon. orizzontale
 Spettro di progetto inelastico (SLU)
Smorzamento ξ (%): 5
Fattore q : 3.3
Regol. in altezza: si

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

Elaborazioni
Grafici spettri di risposta
Parametri e punti spettri di risposta



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

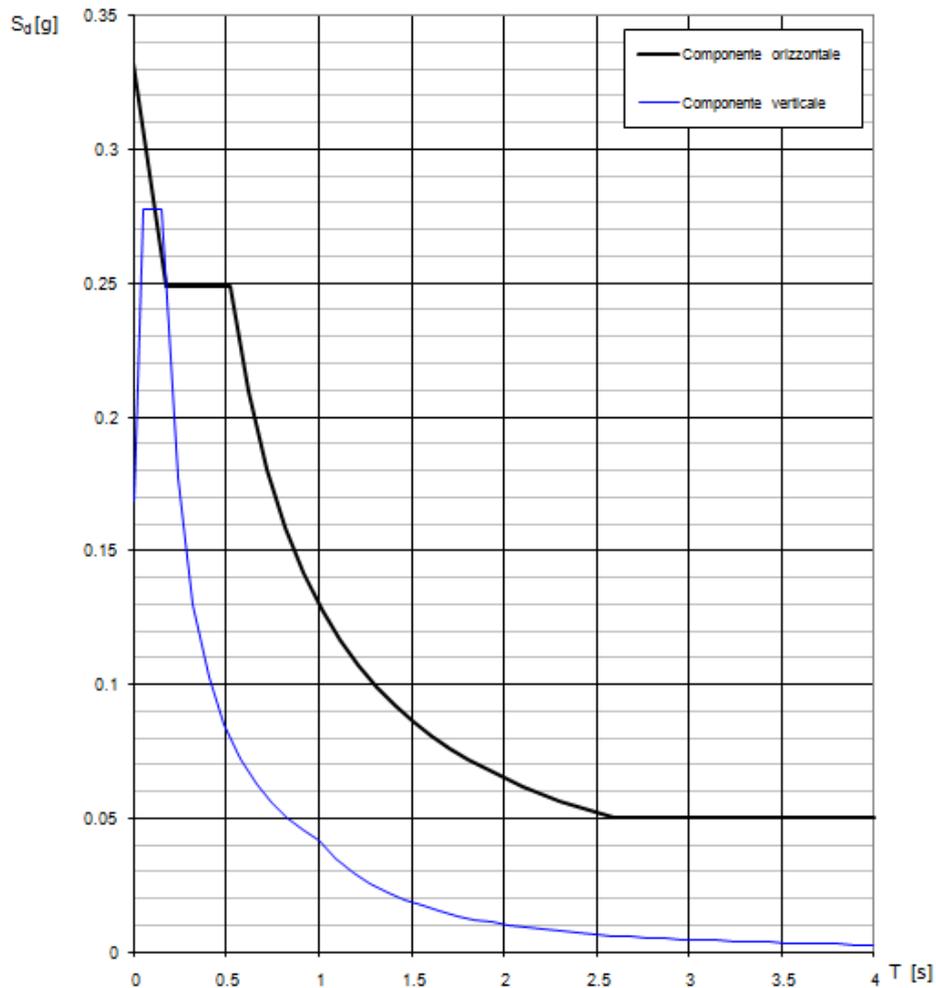
Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
a_g	0.250 g
F_c	2.473
T_c	0.354 s
S_c	1.330
C_c	1.479
S_T	1.000
q	3.300

Parametri dipendenti

S	1.330
η	0.303
T_a	0.175 s
T_c	0.524 s
T_b	2.599 s

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



	LINEA PESCARA-BARI – RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA					
	TERMOLI-LESINA					
LOTTI 2 E 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA						
FABBRICATO PC						
Fabbricato PC	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REVISIONE	FOGLIO
Relazione di calcolo delle strutture	LI02	02	D 78 CL	FA 0000 001	A	29di 111

6.6.10.-..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 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):

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

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

 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 PC Relazione di calcolo delle strutture	PROGETTO LI02	LOTTO 02	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO FA 0000 001	REVISIONE A

6.6.10.1.-.. 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.

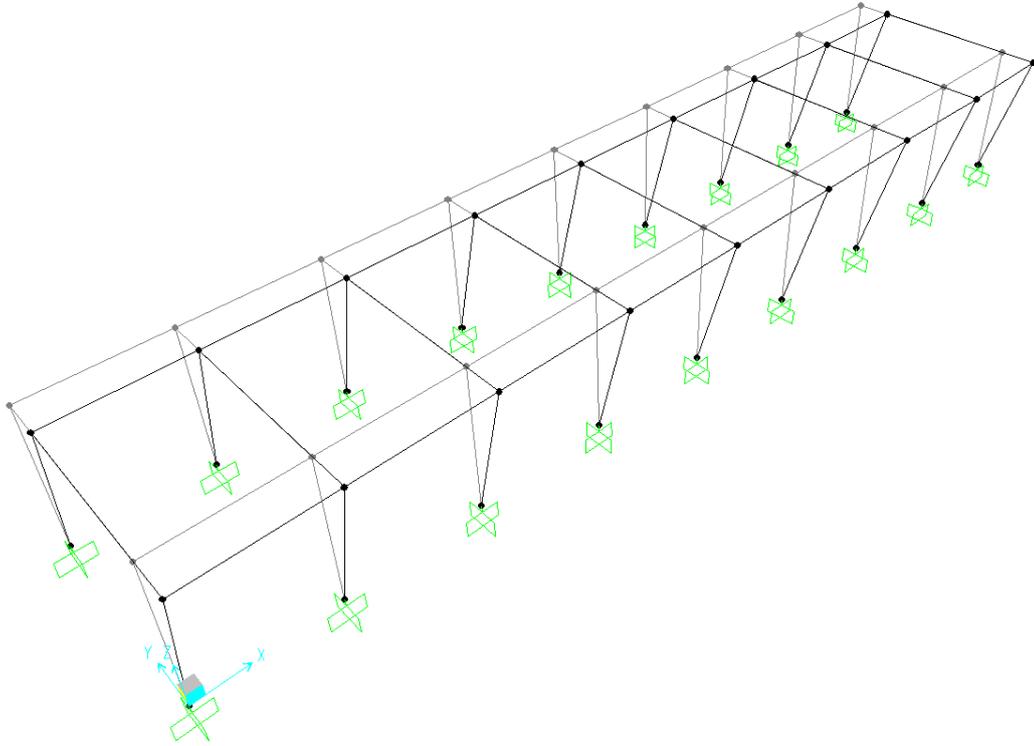
Anche se le accelerazioni possono essere specificate in 3 direzioni, viene prodotto un unico risultato positivo per ciascuna quantità in risposta; le quantità in risposta comprendono spostamenti, forze e tensioni. Ciascun risultato calcolato rappresenta una misura statistica della grandezza più probabile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

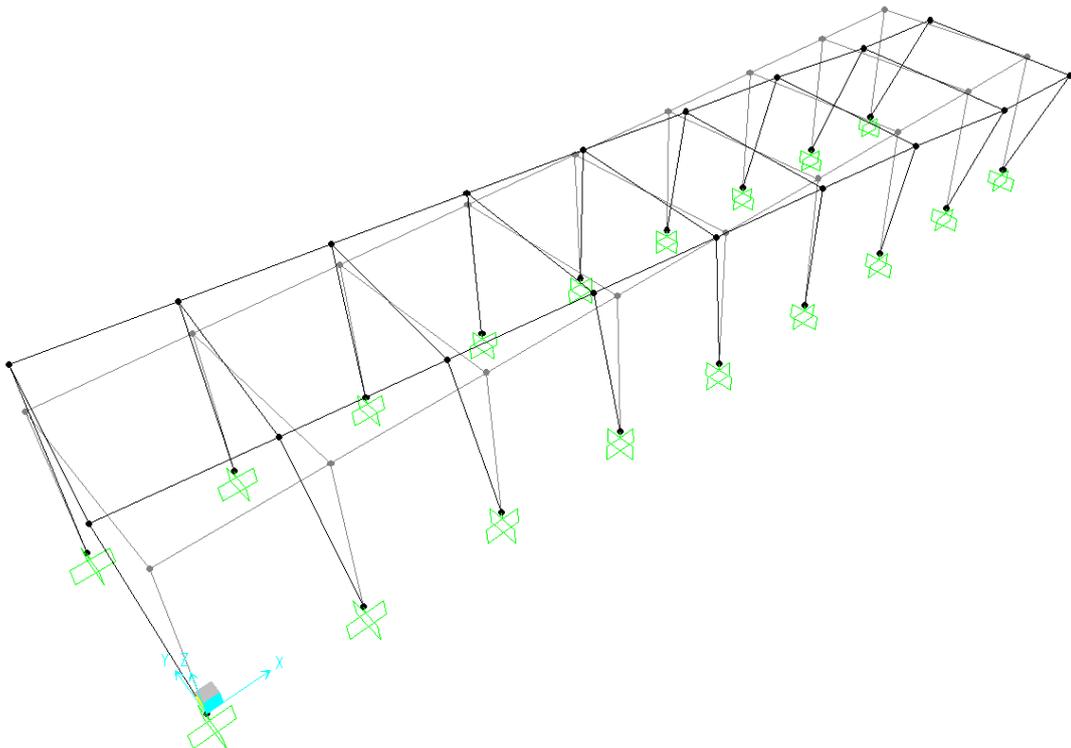
Si riportano nella seguente tabella i risultati dell'analisi modale condotta sulla struttura; in particolare, per i primi 12 modi, sono riepilogati: il periodo della struttura e le masse partecipanti (sia del singolo modo, sia le cumulate) per ciascun grado di libertà:

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	0.444138	0.00%	99.97%	0.00%	0.00%	99.97%	0.00%	54.40%	0.00%	70.31%	54.40%	0.00%	70.31%
MODAL	Mode	2	0.393053	0.00%	0.01%	0.00%	0.00%	99.98%	0.00%	0.01%	0.00%	27.08%	54.41%	0.00%	97.39%
MODAL	Mode	3	0.375144	100.00%	0.00%	0.00%	100.00%	99.98%	0.00%	0.00%	5.84%	2.48%	54.41%	5.84%	99.87%
MODAL	Mode	4	0.188961	0.00%	0.02%	0.00%	100.00%	100.00%	0.00%	0.01%	0.00%	0.14%	54.42%	5.84%	100.00%
MODAL	Mode	5	0.027803	0.00%	0.00%	37.98%	100.00%	100.00%	37.98%	8.69%	12.05%	0.00%	63.11%	17.89%	100.00%
MODAL	Mode	6	0.027759	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%	100.00%	37.98%	9.39%	0.00%	0.00%	72.50%	17.89%	100.00%
MODAL	Mode	7	0.027689	0.00%	0.00%	19.38%	100.00%	100.00%	57.36%	4.43%	31.64%	0.00%	76.94%	49.53%	100.00%
MODAL	Mode	8	0.027643	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%	100.00%	57.36%	4.37%	0.00%	0.00%	81.31%	49.53%	100.00%
MODAL	Mode	9	0.027635	0.00%	0.00%	13.29%	100.00%	100.00%	70.65%	3.04%	12.65%	0.00%	84.35%	62.18%	100.00%
MODAL	Mode	10	0.027575	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%	100.00%	70.65%	2.53%	0.00%	0.00%	86.88%	62.18%	100.00%
MODAL	Mode	11	0.02752	0.00%	0.00%	0.08%	100.00%	100.00%	70.73%	0.02%	4.11%	0.00%	86.90%	66.28%	100.00%
MODAL	Mode	12	0.027454	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%	100.00%	70.73%	0.02%	0.00%	0.00%	86.91%	66.28%	100.00%

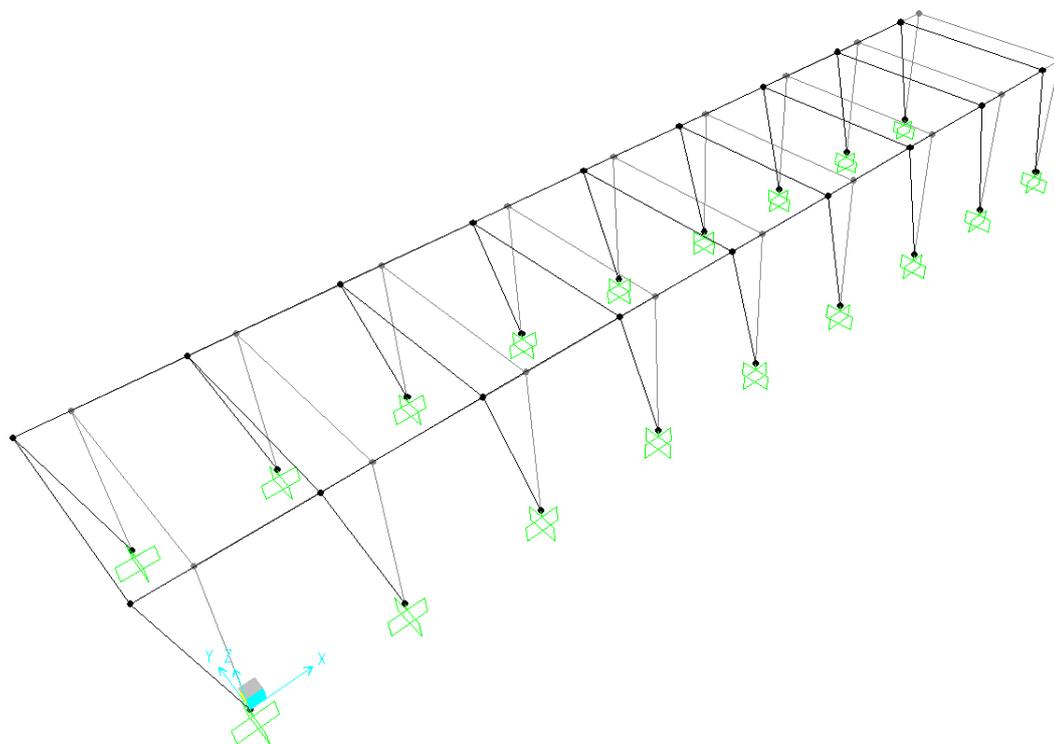
Deformed Shape (MODAL) - Mode 1 - Period 0.44414



Deformed Shape (MODAL) - Mode 2 - Period 0.39305



Deformed Shape (MODAL) - Mode 3 - Period 0.37514



6.6.10.2.-.. 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

	LINEA PESCARA-BARI – RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA					
	TERMOLI-LESINA					
LOTTE 2 E 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA						
FABBRICATO PC						
Fabbricato PC	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REVISIONE	FOGLIO
Relazione di calcolo delle strutture	LI02	02	D 78 CL	FA 0000 001	A	33di 111

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:

$$T_x = 0.375s \qquad T_y = 0.444s$$

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:

$$M_{tx} = F_b \cdot e_y \qquad M_{ty} = F_b \cdot e_x$$

Dopo aver determinato il momento torcente per ciascuna delle due componenti 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.

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

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.

	LINEA PESCARA-BARI – RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA					
	TERMOLI-LESINA					
LOTTI 2 E 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA						
FABBRICATO PC						
Fabbricato PC	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REVISIONE	FOGLIO
Relazione di calcolo delle strutture	LI02	02	D 78 CL	FA 0000 001	A	34di 111

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:

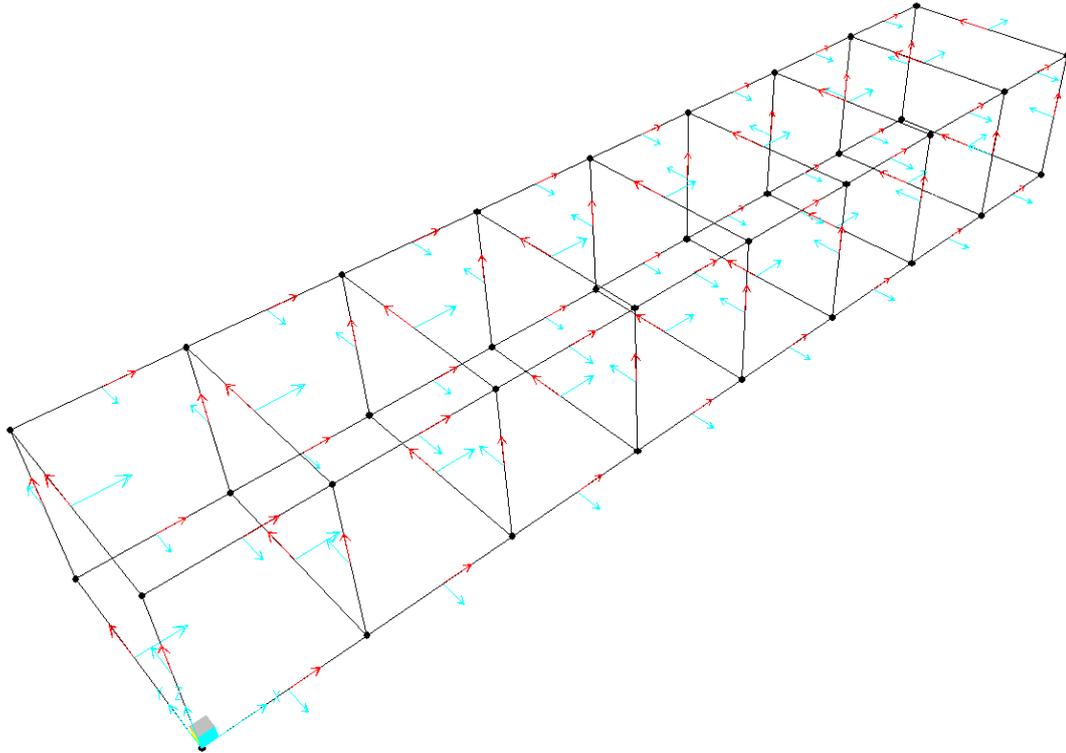


Figura 1: assi locali

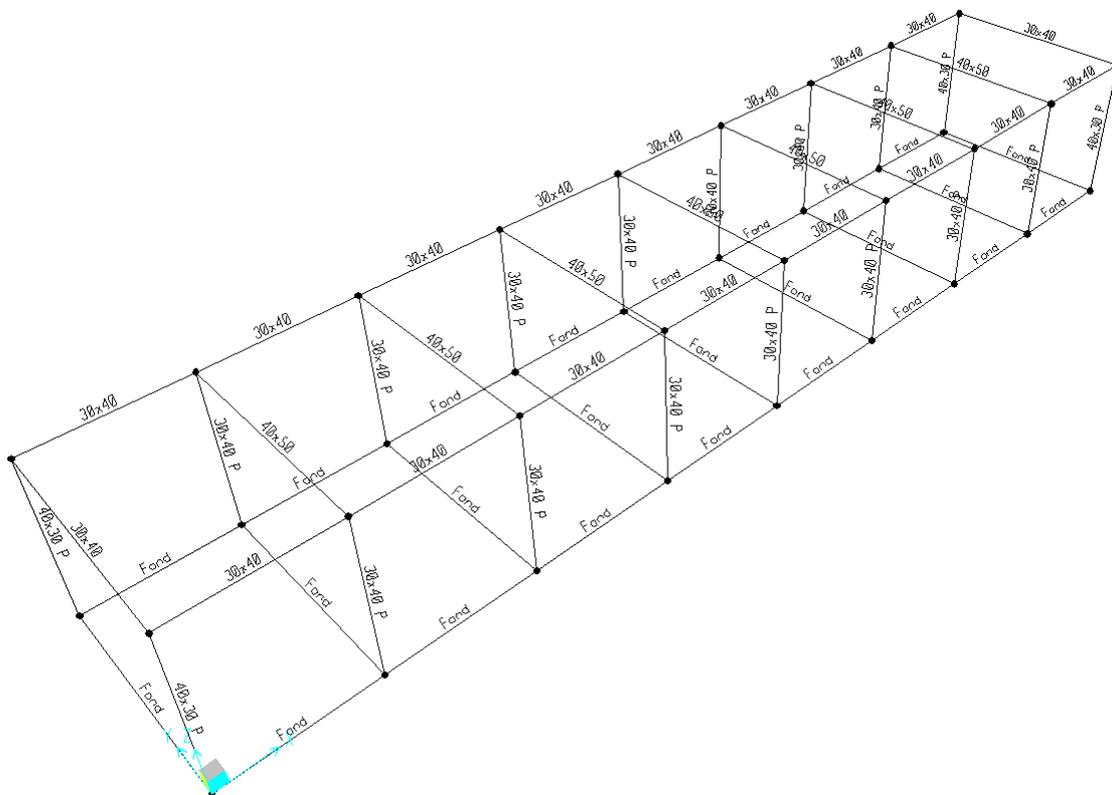


Figura 2: tipologia aste

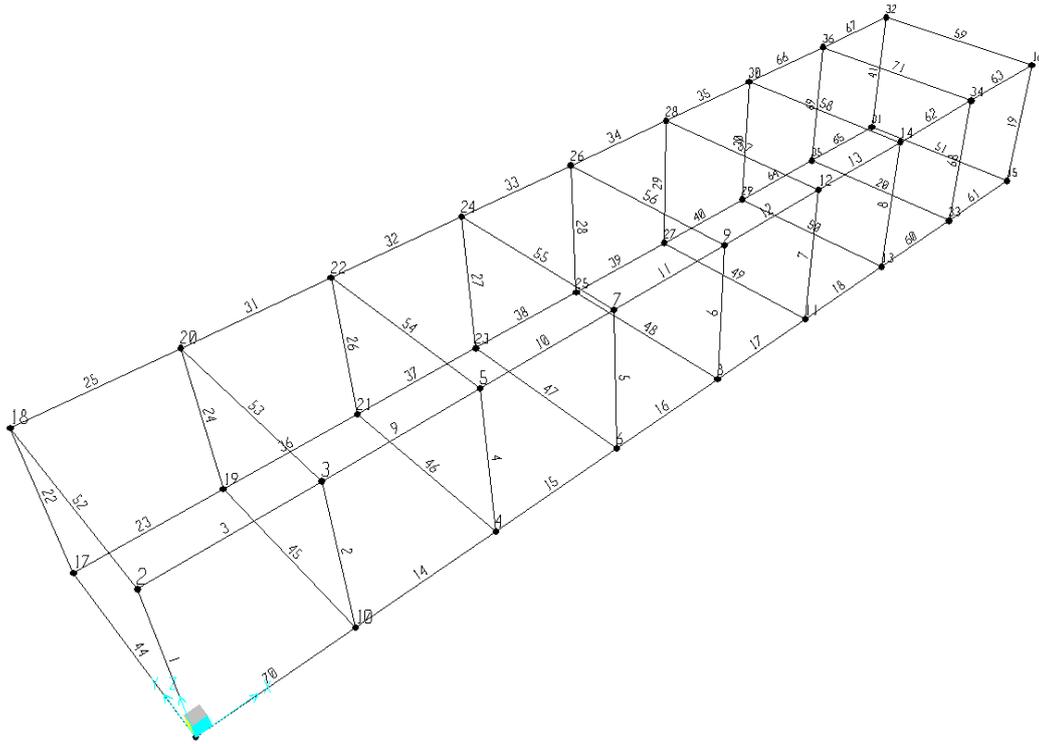


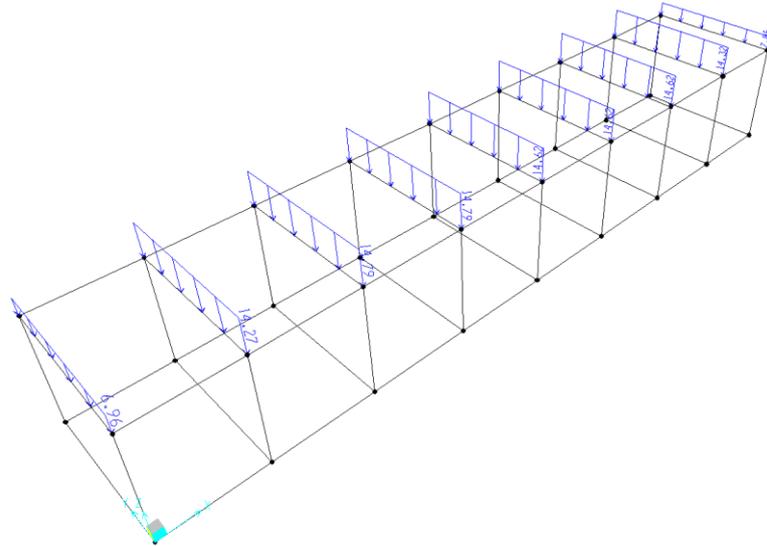
Figura 3: numerazione aste e nodi

7.2.1.-...Condizioni di carico e assegnazioni

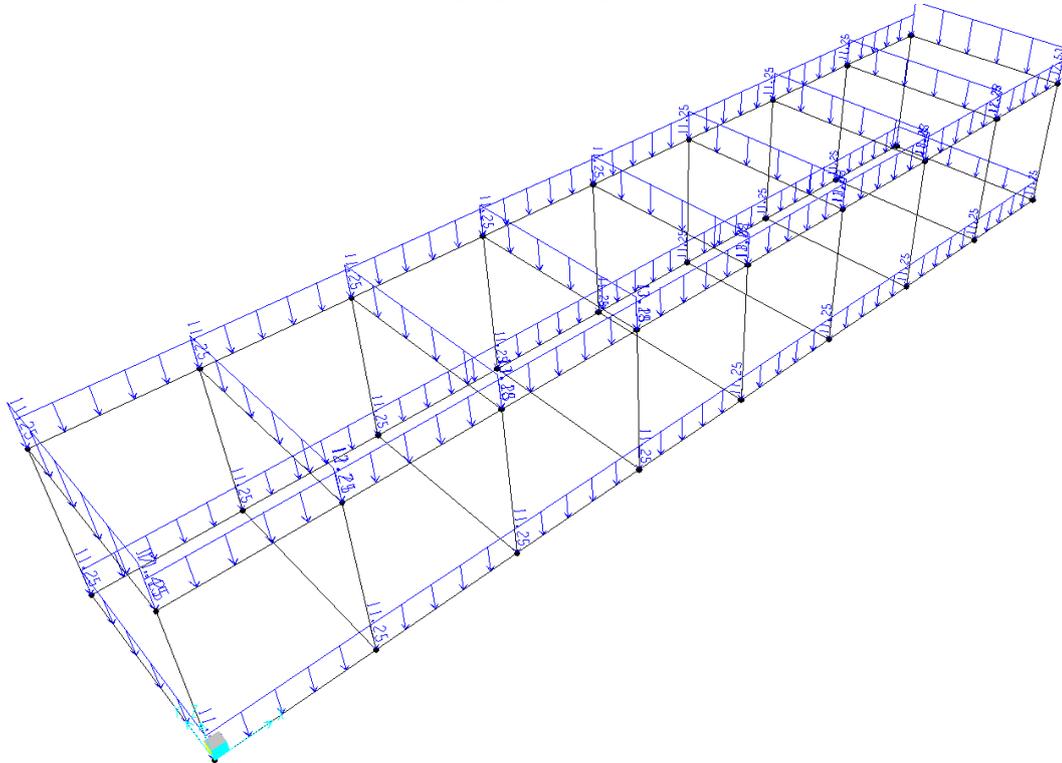
Di seguito si riportano le condizioni elementari di carico:

Case	Type
Text	Text
G1	LinStatic
MODAL	LinModal
G2	LinStatic
QH1	LinStatic
N	LinStatic
T	LinStatic
Vx	LinStatic
Vy	LinStatic
Vx-	LinStatic
Vy-	LinStatic
SLV-X	LinRespSpec
SLV-Y	LinRespSpec
SLD-X	LinRespSpec
SLD-Y	LinRespSpec
SLO-X	LinRespSpec
SLO-Y	LinRespSpec

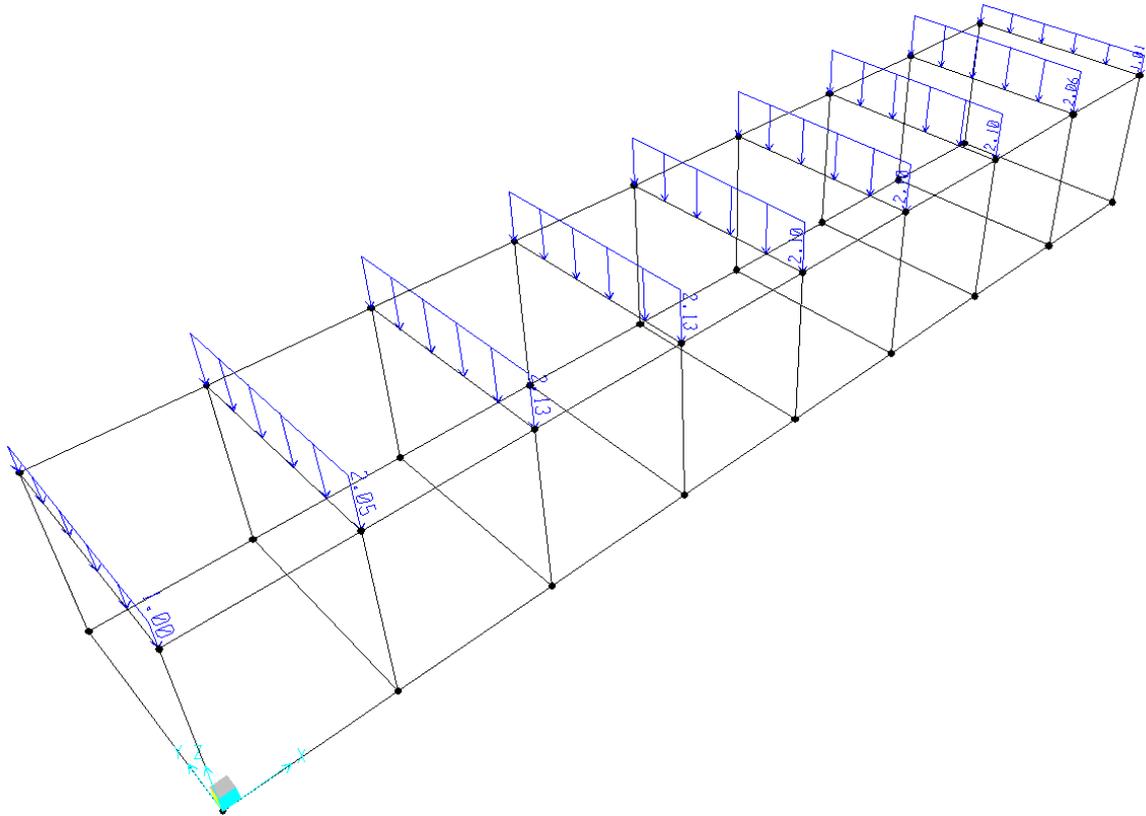
E SLVy	LinStatic
E SLVx	LinStatic
E SLDy	LinStatic
E SLDx	LinStatic
E SLOy	LinStatic
E SLOx	LinStatic



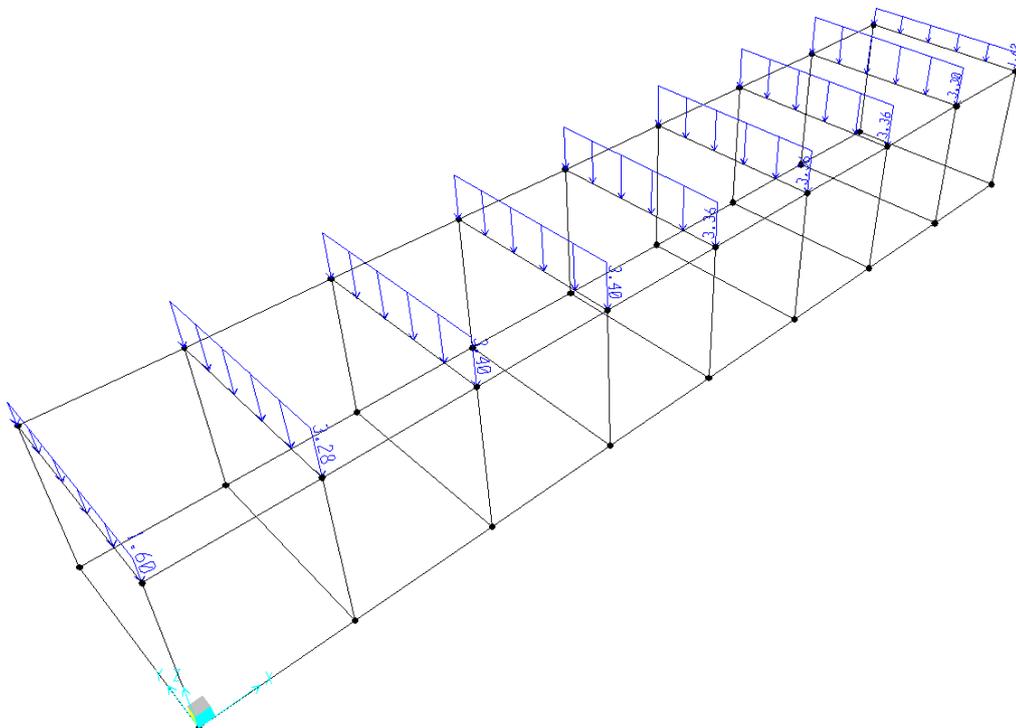
G1 – Peso solaio



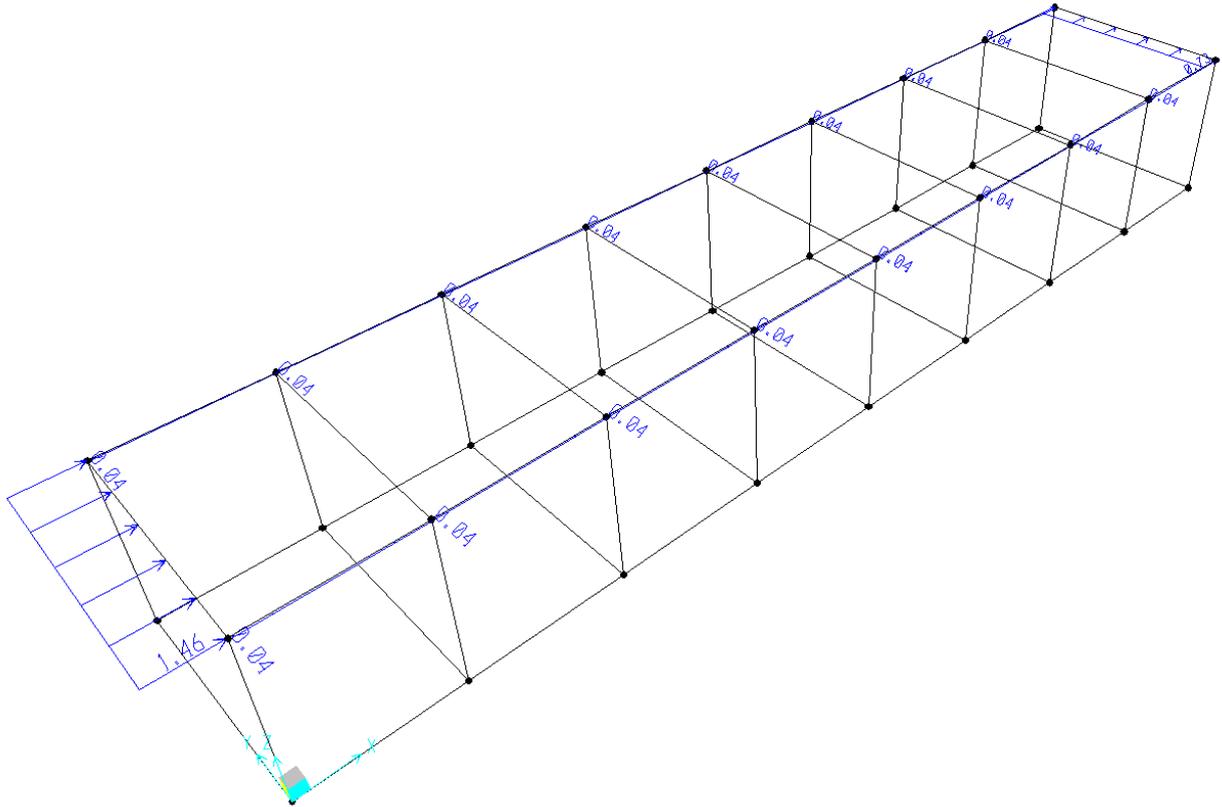
G2 – Permanenti non strutturali



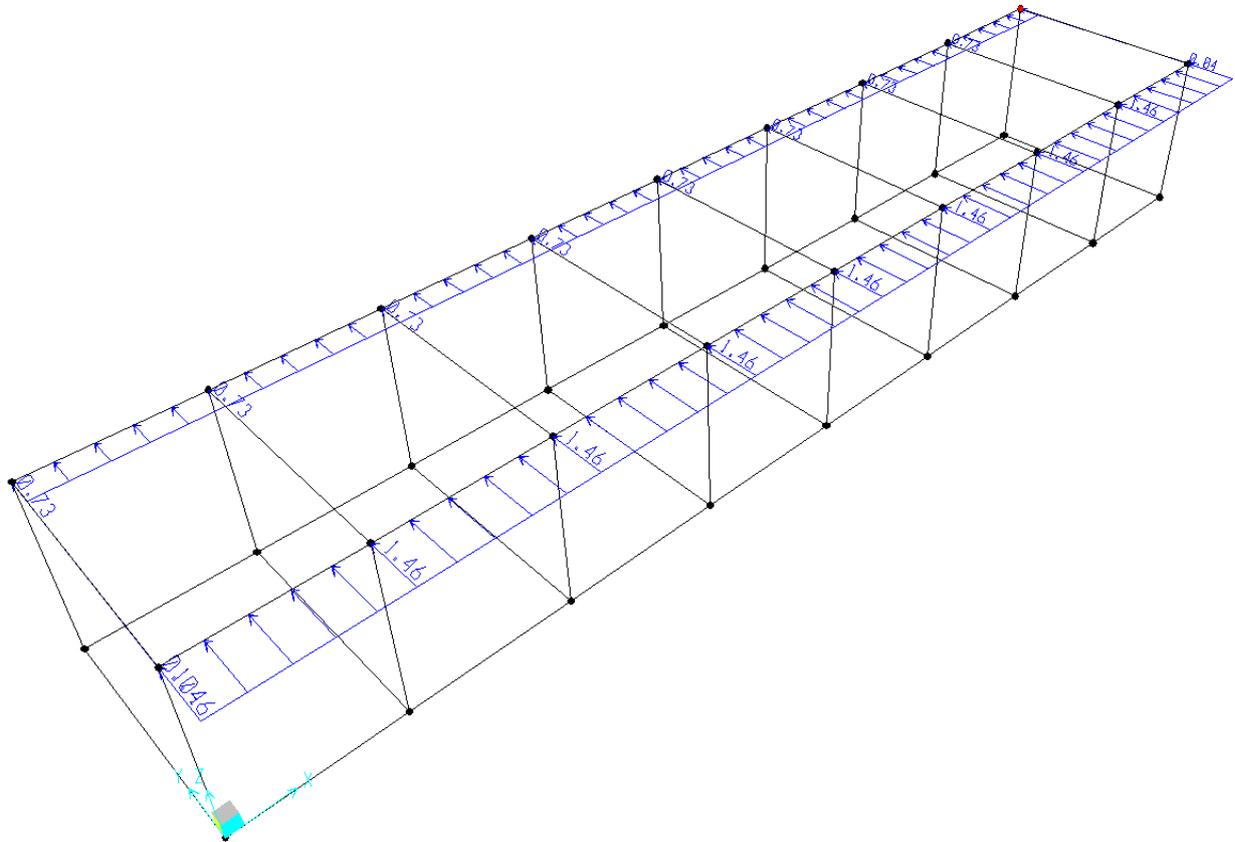
Q_{H1} – Accidentali (Manutenzione)



N – Neve



V_{x+} – Vento X+



V_{y+} – Vento Y+

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

 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 PC Relazione di calcolo delle strutture	PROGETTO LI02	LOTTO 02	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO FA 0000 001	REVISIONE A

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

Fabbricato PC Relazione di calcolo delle strutture	PROGETTO LI02	LOTTO 02	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO FA 0000 001	REVISIONE A	FOGLIO 46di 111
---	------------------	-------------	---------------------	--------------------------	----------------	--------------------

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	1
	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
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	1
	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

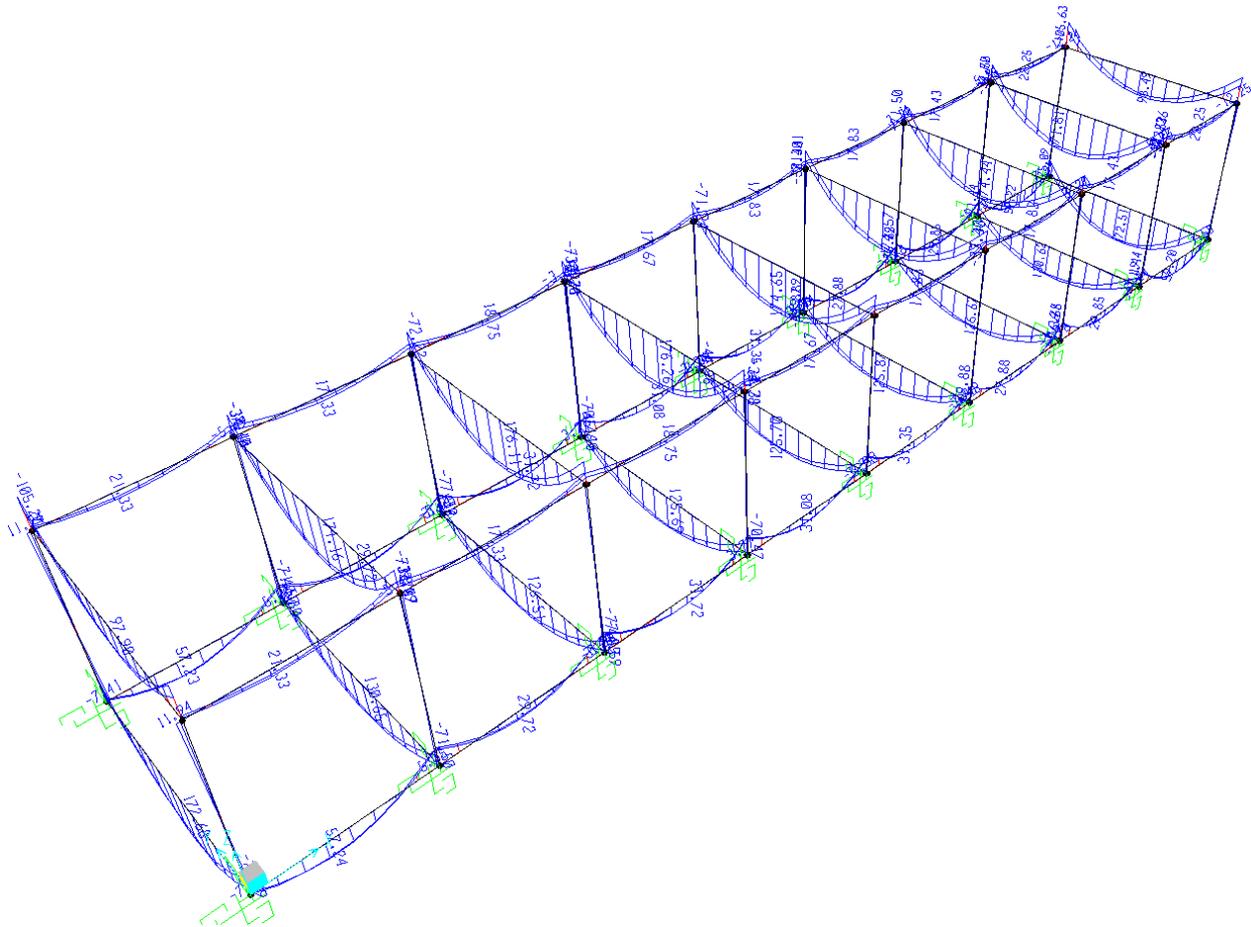
	SLV_X11		E SLVy	0,3
	SLV_X11		E SLVx	1
20	SLV_X12	Linear Add	G1	1
	SLV_X12		G2	1
	SLV_X12		SLV-X	-1
	SLV_X12		SLV-Y	-0,3
	SLV_X12		E SLVy	0,3
	SLV_X12		E SLVx	-1
	21	SLV_X13	Linear Add	G1
SLV_X13			G2	1
SLV_X13			SLV-X	1
SLV_X13			SLV-Y	0,3
SLV_X13			E SLVy	0,3
SLV_X13			E SLVx	-1
22	SLV_X14	Linear Add	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	1
	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
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

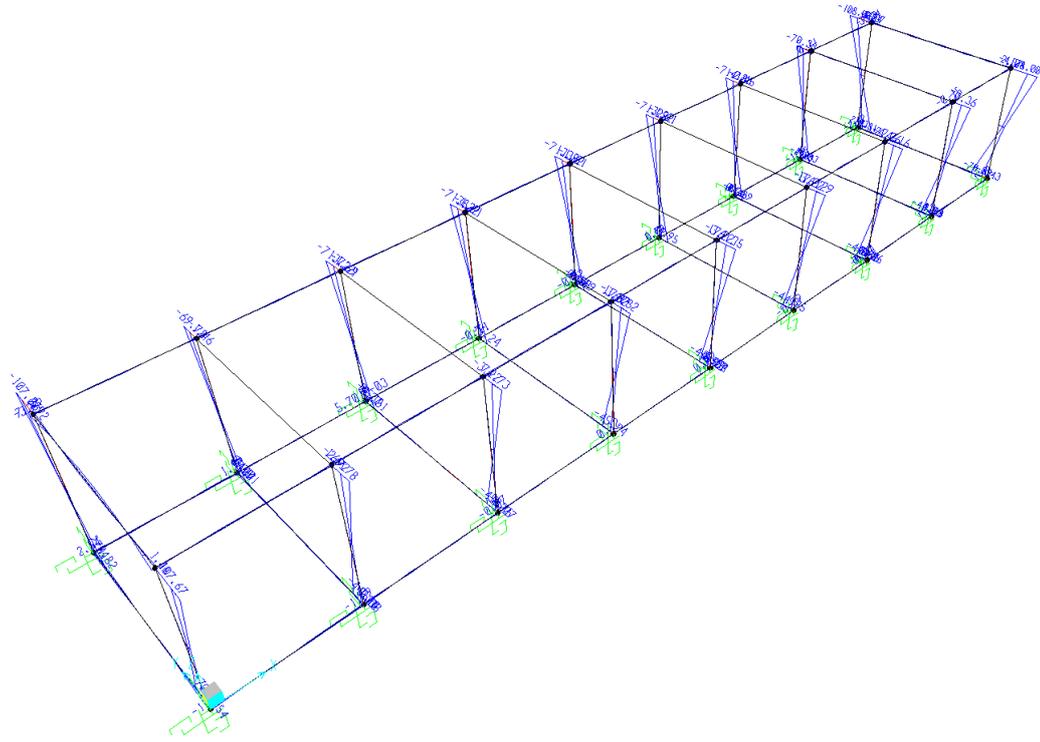
INV_SLV		SLV_X13	1
INV_SLV		SLV_X14	1
INV_SLV		SLV_X15	1
INV_SLV		SLV_X16	1
INV_SLV		SLV_X2	1
INV_SLV		SLV_X3	1
INV_SLV		SLV_X4	1
INV_SLV		SLV_X5	1
INV_SLV		SLV_X6	1
INV_SLV		SLV_X7	1
INV_SLV		SLV_X8	1
INV_SLV		SLV_X9	1
INV_SLV		SLV_Y1	1
INV_SLV		SLV_Y10	1
INV_SLV		SLV_Y11	1
INV_SLV		SLV_Y13	1
INV_SLV		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
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

8.-..SOLLECITAZIONI MASSIME

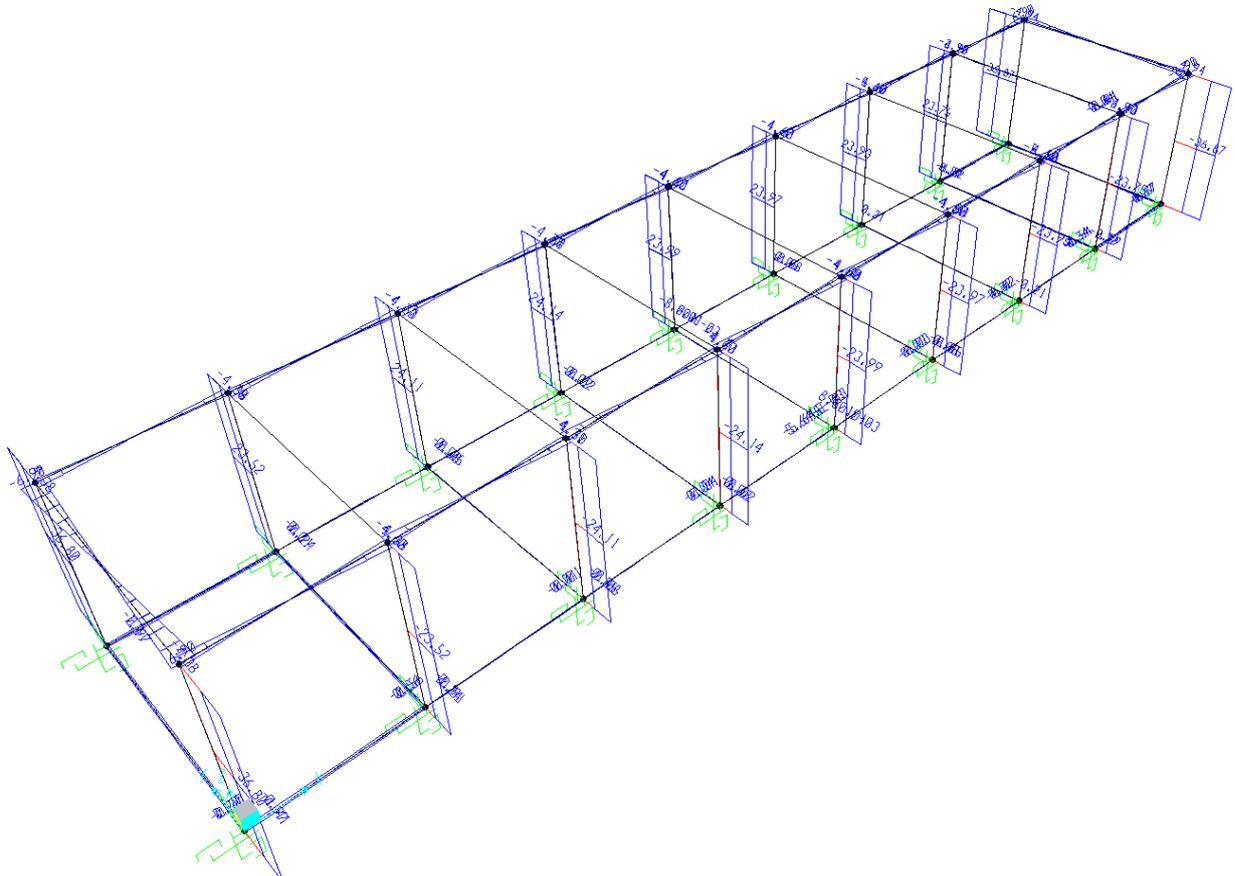
Di seguito si riportano, per il modello di calcolo, la rappresentazione grafica delle principali caratteristiche di sollecitazione a mezzo di diagrammi di involucro associati alle famiglie di combinazioni dei carichi.



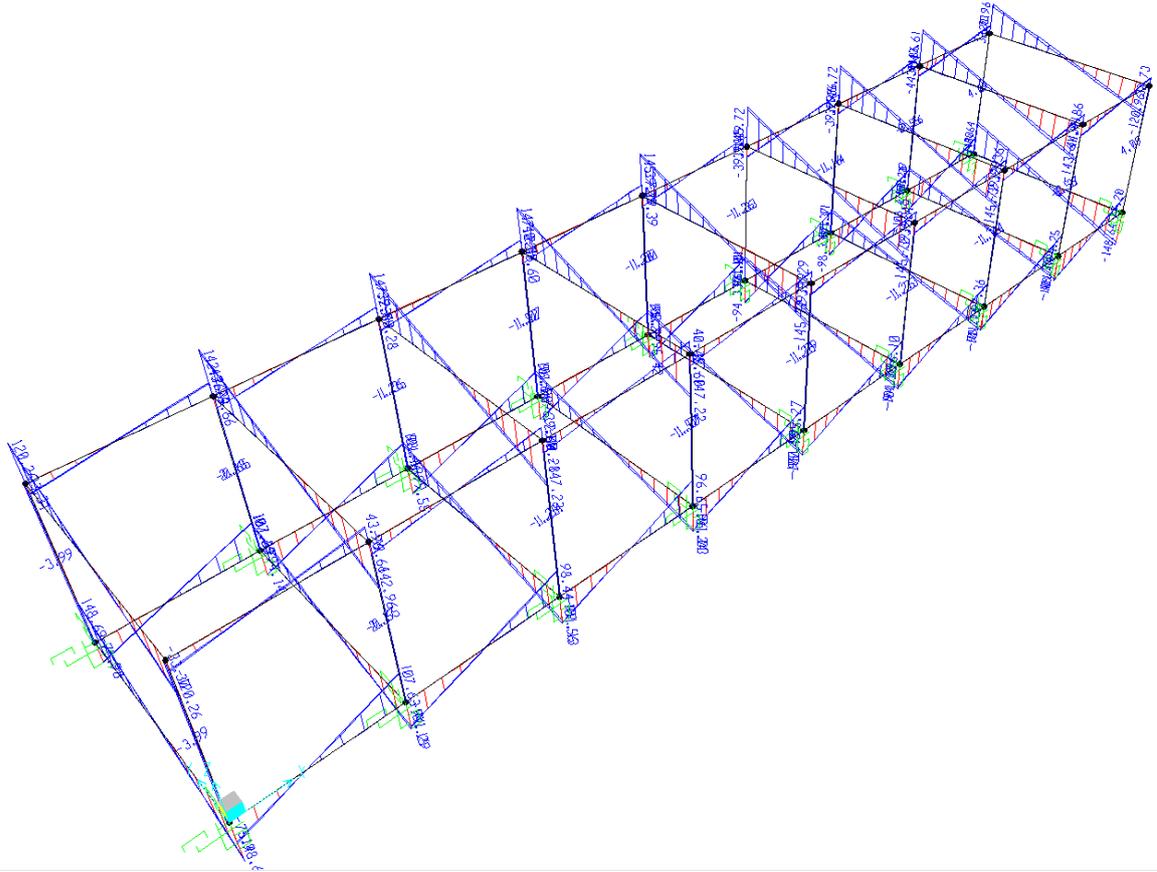
Momento M3 - Involuppo SLU



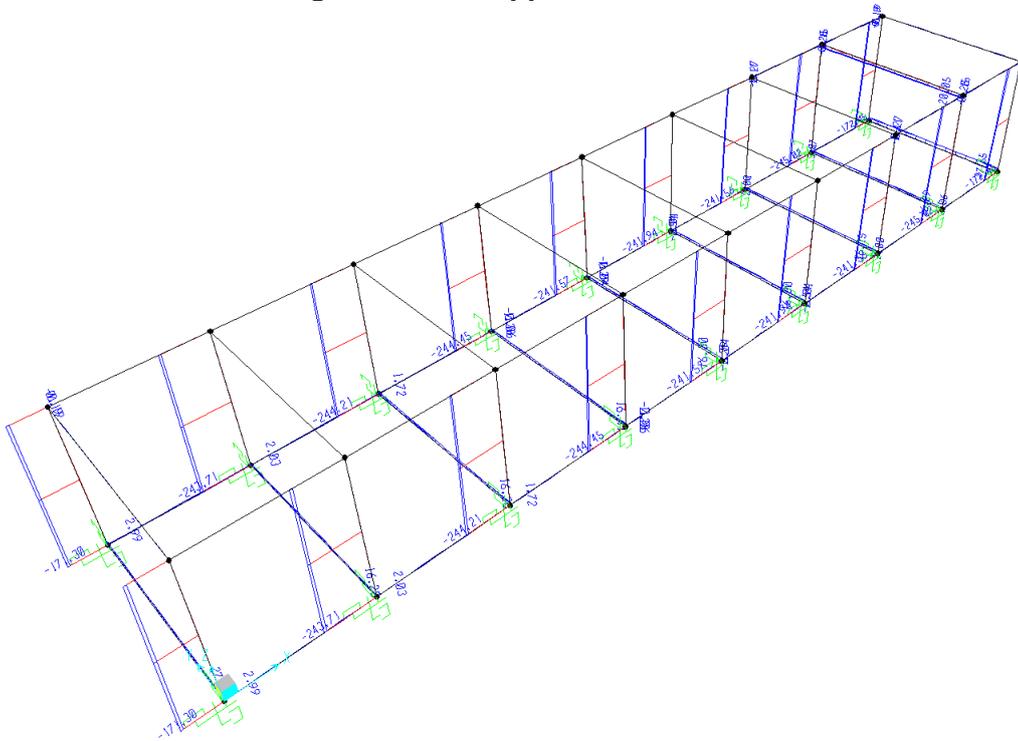
Momento M2 - Involuppo SLU



Taglio V3 - Involuppo SLU



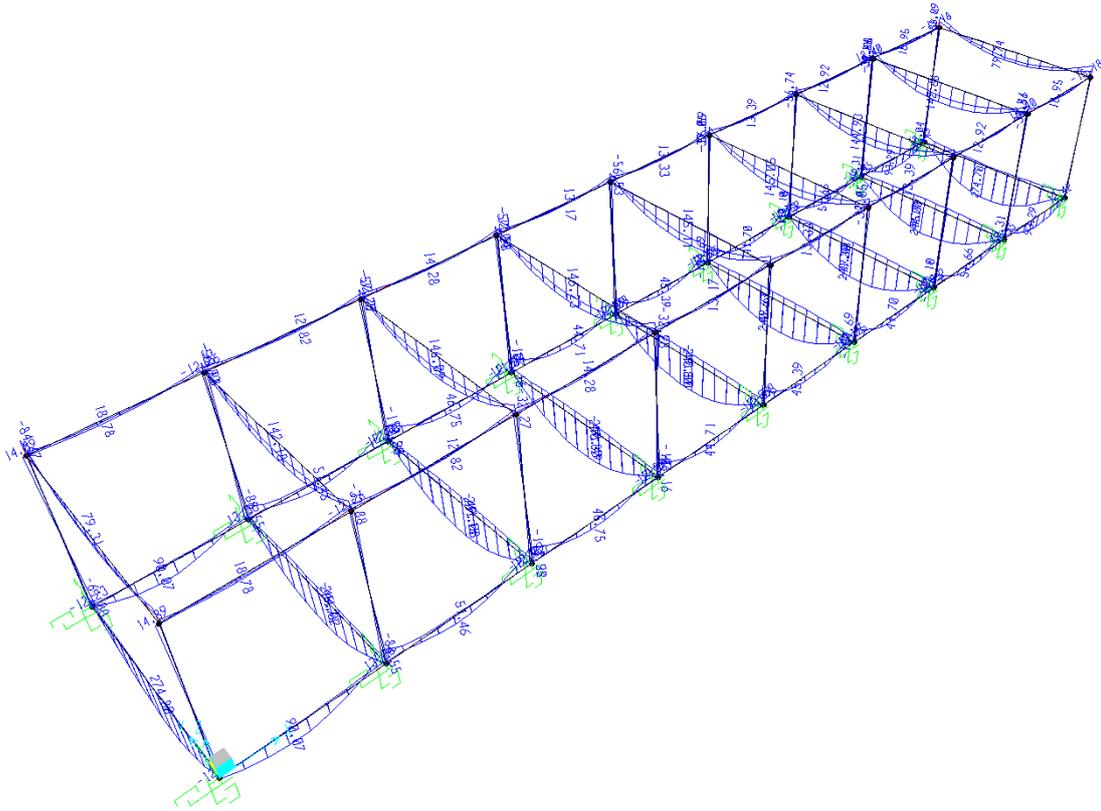
Taglio V2 - Involuppo SLU



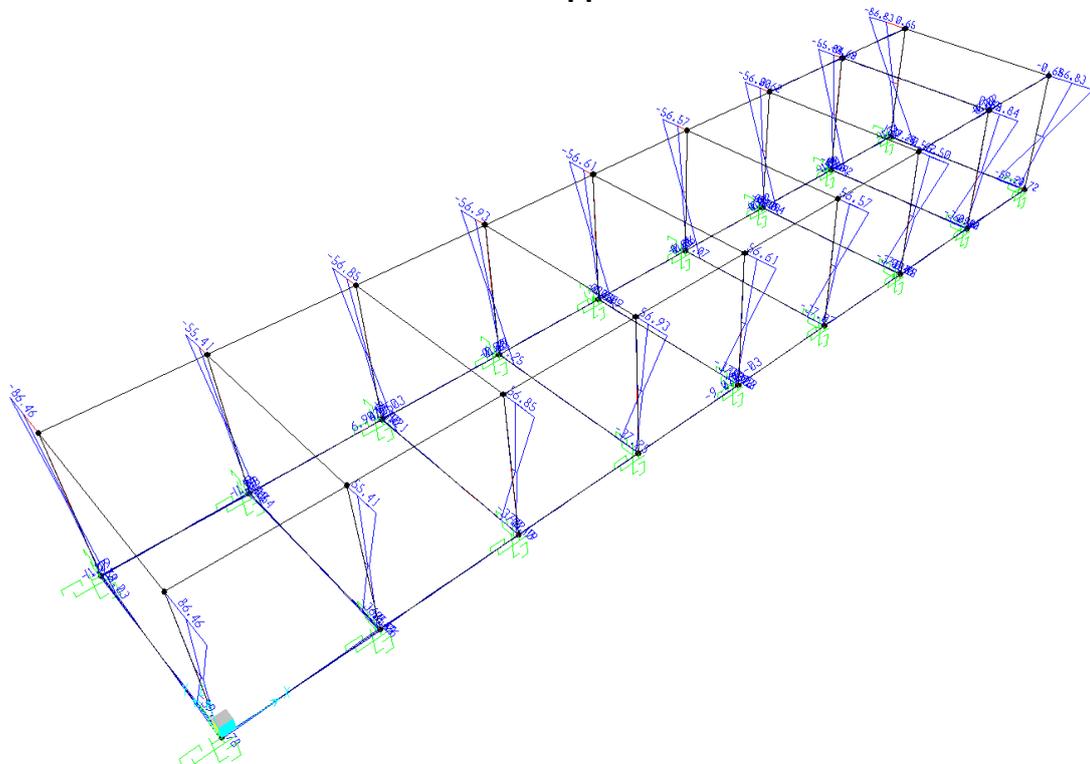
Sforzo Normale N - Involuppo SLU

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REVISIONE	FOGLIO
LI02	02	D 78 CL	FA 0000 001	A	56di 111

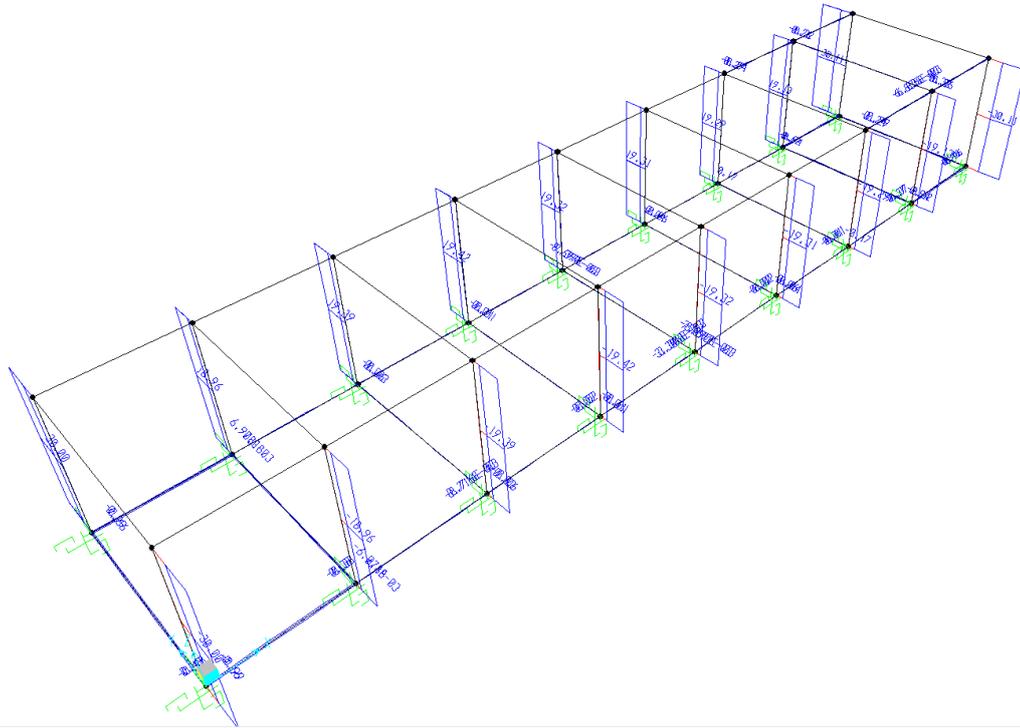
Fabbricato PC
Relazione di calcolo delle strutture



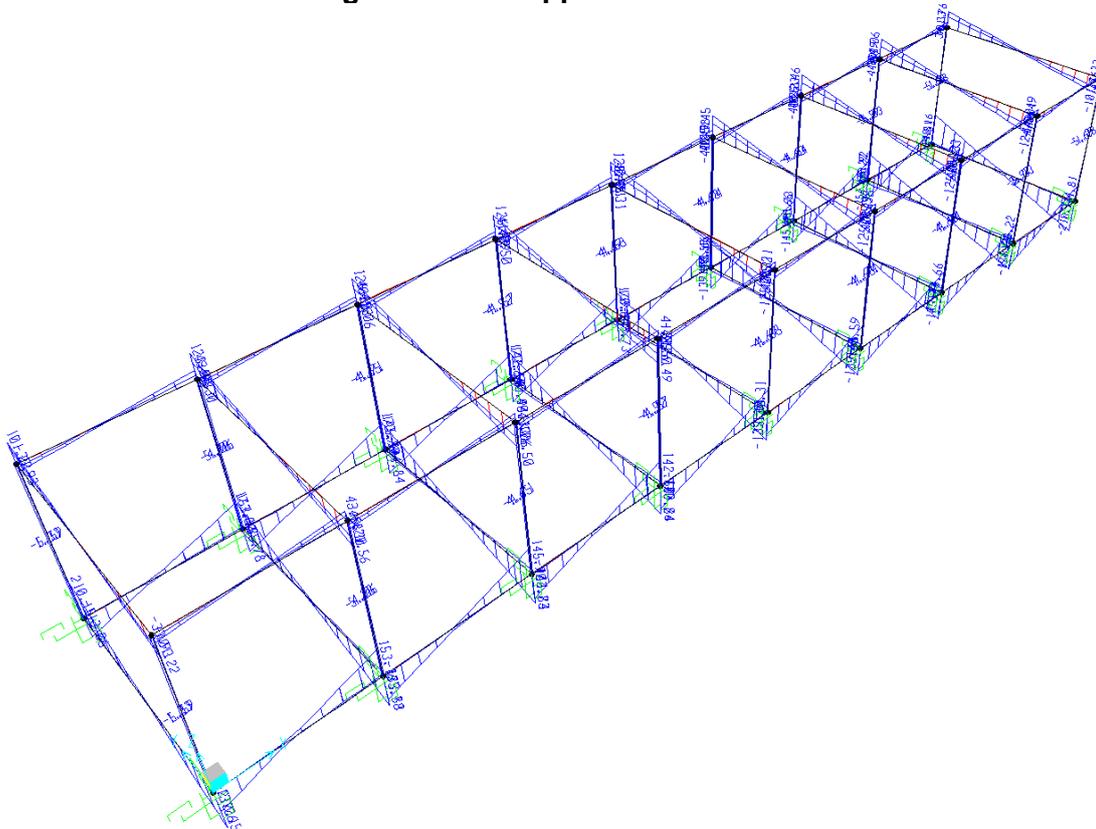
Momento M3 - Involuppo SLV



Momento M2 - Involuppo SLV



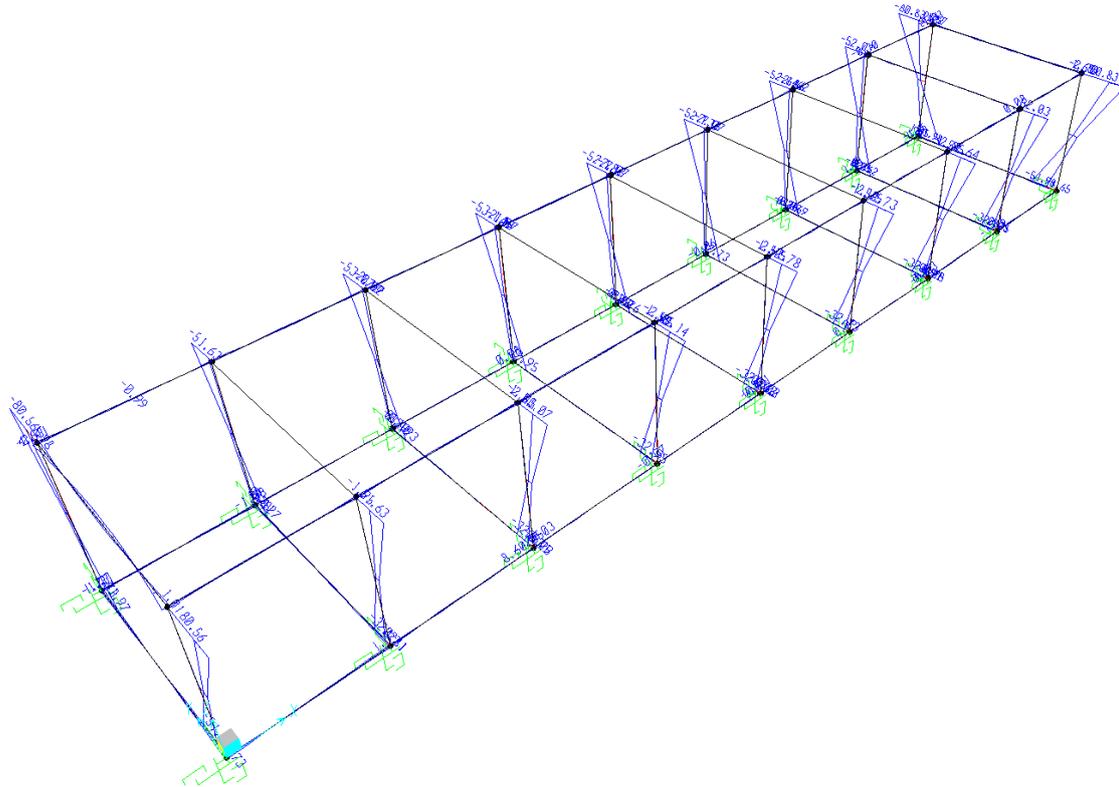
Taglio V3 - Involuppo SLV



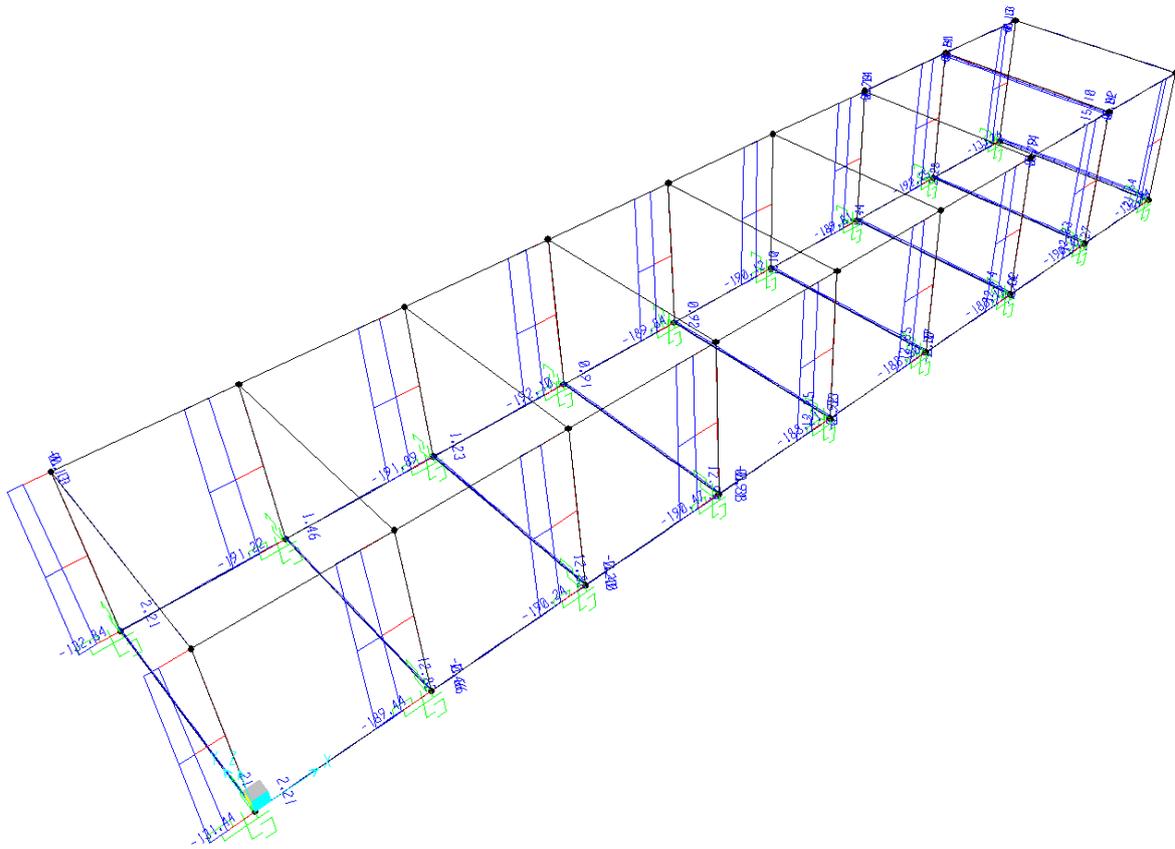
Taglio V2 - Involuppo SLV

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REVISIONE	FOGLIO
LI02	02	D 78 CL	FA 0000 001	A	59di 111

Fabbricato PC
Relazione di calcolo delle strutture



Momento M2 - Involuppo SLER



Sforzo Normale N - Involuppo SLER

 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 PC Relazione di calcolo delle strutture	PROGETTO LI02	LOTTO 02	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO FA 0000 001	REVISIONE A

9.-.VERIFICA ELEMENTI STRUTTURALI

9.1.-.Travi elevazione 40x50cm

SLU-SLV	Combo	V ₂ [kN]	M ₃ [kNm]
M _{3,max}	SLU_Q5	-8.59	176.26
M _{3,min}	SLU_Vy2+	143.53	-72.36
V _{2,max}	SLU_Q5	147.23	-59.06
V _{2,min}	SLU_Q7	-147.23	-59.06

SLER	Combo	M ₃ [kNm]
M _{3,max}	SLER_Q3	140.23
M _{3,min}	SLER_Vy+	-53.43

SLEF	Combo	M ₃ [kNm]
M _{3,max}	SLEF_N	125.16
M _{3,min}	SLEF_Vy+	-41.42

SLEQP	Combo	M ₃ [kNm]
M _{3,max}	SLEQP	122.61
M _{3,min}	SLEQP	-39.64

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

1) Zone d'appoggio:

- Armatura superiore 3 Φ 20
- Armatura inferiore 3 Φ 20

2) Campata:

- Armatura superiore 3 Φ 20
- Armatura inferiore 5 Φ 20

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:

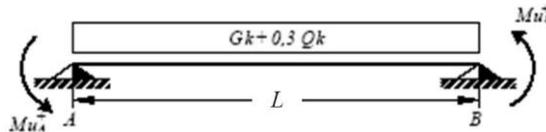
$$V_{Rcd} = 0.9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_c \cdot f'_{cd} \cdot (\text{ctg}\alpha + \text{ctg}\theta) / (1 + \text{ctg}^2\theta)$$

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:**

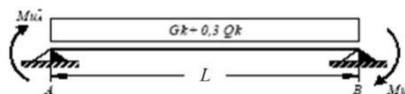


Il taglio è variabile linearmente lungo la trave ed è pari a:

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

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

• **2° Schema:**



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

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

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

 GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	LINEA PESCARA-BARI – RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTI 2 E 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA FABBRICATO PC					
	Fabbricato PC Relazione di calcolo delle strutture	PROGETTO LI02	LOTTO 02	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO FA 0000 001	REVISIONE A

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	0.40	m	$M_{vA}^{(+)}$ [kNm]	$M_{vB}^{(-)}$ [kNm]	$M_{vA}^{(-)}$ [kNm]	$M_{vB}^{(+)}$ [kNm]
Altezza	0.50	m	151.15	-151.15	-151.15	151.15
L_{trave}	6.30	m	1° Schema		2° Schema	
G_k	27.97	kN/m	V_A [kN]	V_B [kN]	V_A [kN]	V_B [kN]
γ_Q	0.30		138.10	-42.13	42.13	-138.10
Q_k	2.13	kN/m				
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 $\Phi 10 / 10$ 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).

- 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:

 GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	LINEA PESCARA-BARI – RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTI 2 E 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA FABBRICATO PC					
	Fabbricato PC Relazione di calcolo delle strutture	PROGETTO LI02	LOTTO 02	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO FA 0000 001	REVISIONE A

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

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.
- 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 superiore a 0,8 volte l'altezza utile della sezione;

	LINEA PESCARA-BARI – RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA						
	TERMOLI-LESINA						
LOTTI 2 E 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA							
FABBRICATO PC							
Fabbricato PC	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REVISIONE	FOGLIO	
Relazione di calcolo delle strutture	LI02	02	D 78 CL	FA 0000 001	A	64di 111	

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

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

DATI GENERALI SEZIONE IN C.A.

NOME SEZIONE: 40x50

(Percorso File: Z:\COMMESSE\0128 Termoli Lesina\LAVORO\Provvisori\04_Verifiche\Strutture\Fabbricati\PC\40x50.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:	In zona critica

Fabbricato PC	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REVISIONE	FOGLIO
Relazione di calcolo delle strutture	LI02	02	D 78 CL	FA 0000 001	A	65di 111

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:	40.0	cm
Altezza:	50.0	cm
Barre inferiori:	3Ø20	(9.4 cm ²)
Barre superiori:	3Ø20	(9.4 cm ²)
Coprif.Inf.(dal baric. barre):	6.0	cm
Coprif.Sup.(dal baric. barre):	6.0	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	-7236	0	0
2	0	10	14723	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	-5343

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

Fabbricato PC	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REVISIONE	FOGLIO
Relazione di calcolo delle strutture	LI02	02	D 78 CL	FA 0000 001	A	66di 111

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	-4142 (-5727)

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	-3934 (-5727)

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 5.0 cm
 Interferro netto minimo barre longitudinali: 12.0 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 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. [cm²] 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	-7236	23	-15115	2.089	6.4	-14454	0.15	0.70	9.4 (6.2)
2	S	0	10	23	15115	1511.458	43.6	14454	0.15	0.70	9.4 (6.2)

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	-0.00823	0.0	0.00022	6.0	-0.02059	44.0
2	0.00350	-0.00823	50.0	0.00022	44.0	-0.02059	6.0

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

Diametro barre superiori: 20 mm
 Ro: 0.0047 % area tesa barre superiori
 Ro': 0.0047 % area barre inferiori compresse
 v 0.00-0.50 sforzo assiale normalizzato nel pilastro = $N/(fcd \cdot Ac)$

Fabbricato PC	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REVISIONE	FOGLIO
Relazione di calcolo delle strutture	LI02	02	D 78 CL	FA 0000 001	A	67di 111

hc(v=0.00) hc(v=0.05) hc(v=0.10) hc(v=0.15) hc(v=0.20) hc(v=0.25) hc(v=0.30) hc(v=0.40) hc(v=0.50)

Nodo interno	57	55	53	51	49	48	46	43	41
Nodo esterno	38	37	36	34	33	32	31	29	28

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

Diametro staffe:	10	mm	
Passo staffe:	10.0	cm	[Passo massimo di normativa = 11.0 cm]
N.Bracci staffe:	2		
Area staffe/m :	15.7	cm ² /m	[Area Staffe Minima NTC = 6.0 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	8719	62807	24340	40.0	45.00	1.000	0.0
2	S	14723	8719	43315	60851	40.0	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	40.4	0.0	0.0	13.0	-1443	6.0	18.5	740	9.4	14.0

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.
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	25.8	-25.8	---	0.125	1.00	0.400	0.000289 (0.000289)	206	0.101	-5727

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	31.3	0.0	0.0	13.0	-1119	6.0	18.5	740	9.4	14.0

Fabbricato PC	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REVISIONE	FOGLIO
Relazione di calcolo delle strutture	LI02	02	D 78 CL	FA 0000 001	A	68di 111

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	20.0	-20.0	---	0.125	1.00	0.400	0.000224 (0.000224)	206	0.079 (0.40)	-5727

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	29.8	0.0	0.0	13.0	-1063	6.0	18.5	740	9.4	14.0

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	19.0	-19.0	---	0.125	0.50	0.400	0.000213 (0.000213)	206	0.075 (0.30)	-5727

9.1.2.-..Tabulato di verifica SLU - SLE – CAMPATA
DATI GENERALI SEZIONE IN C.A.
NOME SEZIONE: 40x50camp

(Percorso File: Z:\COMMESSE\0128 Termoli Lesina\LAVORO\Provvisori\04_Verifiche\Strutture\Fabbricati\PC\40x50camp.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
	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. β1*β2:	1.00
	Coeff. Aderenza differito β1*β2:	0.50
Comb.Rare - Sf Limite:	3600.0 daN/cm ²	

Fabbricato PC	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REVISIONE	FOGLIO
Relazione di calcolo delle strutture	LI02	02	D 78 CL	FA 0000 001	A	69di 111

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE

Base:	40.0	cm
Altezza:	50.0	cm
Barre inferiori:	5Ø20	(15.7 cm ²)
Barre superiori:	3Ø20	(9.4 cm ²)
Coprif.Inf.(dal baric. barre):	6.0	cm
Coprif.Sup.(dal baric. barre):	6.0	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	17626	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	14023

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	12516 (6277)

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	12261 (6277)

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali:	5.0	cm
Interferro netto minimo barre longitudinali:	5.0	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	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

Fabbricato PC		PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REVISIONE	FOGLIO
Relazione di calcolo delle strutture		LI02	02	D 78 CL	FA 0000 001	A	70di 111

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	17626	25	24444	1.387	41.6	23482	0.19	0.70	15.7 (6.2)

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	-0.00548	50.0	0.00099	44.0	-0.01493	6.0

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	88.9	50.0	0.0	33.9	-2318	44.0	17.0	679	15.7	7.0

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*Ssm. 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	65.5	-61.7	---	0.125	1.00	0.800	0.000927 (0.000464)	157	0.248	6277

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
--------	-----	--------	--------	--------	--------	--------	--------	---------	---------	---------	---------

Fabbricato PC				PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REVISIONE	FOGLIO
Relazione di calcolo delle strutture				LI02	02	D 78 CL	FA 0000 001	A	71di 111

1	S	79.3	50.0	0.0	33.9	-2069	44.0	17.0	679	15.7	7.0
---	---	------	------	-----	------	-------	------	------	-----	------	-----

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	58.5	-55.0	---	0.125	1.00	0.749	0.000774 (0.000414)	157	0.207 (0.40)	6277

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	77.7	50.0	0.0	33.9	-2027	44.0	17.0	679	15.7	7.0

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	57.3	-53.9	---	0.125	0.50	0.869	0.000881 (0.000405)	157	0.235 (0.30)	6277

9.2.-..Travi elevazione 30x40cm

SLU-SLV	Combo	V ₂ [kN]	M ₃ [kNm]
M _{3,max}	SLU_Q5	-6.38	98.49
M _{3,min}	SLU_Vy2+	120.96	-105.63
V _{2,max}	SLU_Vy1+	120.96	-99.34
V _{2,min}	SLU_Vy1-	-120.96	-99.34

SLER	Combo	M ₃ [kNm]
M _{3,max}	SLER_Q3	77.09
M _{3,min}	SLER_Vy+	-79.21

SLEF	Combo	M ₃ [kNm]
M _{3,max}	SLEF_T	71.53
M _{3,min}	SLEF_Vy+	-67.81

SLEQP	Combo	M ₃ [kNm]
M _{3,max}	SLEQP	69.78
M _{3,min}	SLEQP	-65.95

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

1) Zone d'appoggio:

- Armatura superiore 3 Φ 16 + 1 Φ 20
- Armatura inferiore 4 Φ 16

2) Campata:

 GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	LINEA PESCARA-BARI – RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTI 2 E 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA FABBRICATO PC					
	Fabbricato PC Relazione di calcolo delle strutture	PROGETTO LI02	LOTTO 02	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO FA 0000 001	REVISIONE A

- Armatura superiore 3 Φ 16
- Armatura inferiore 5 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:

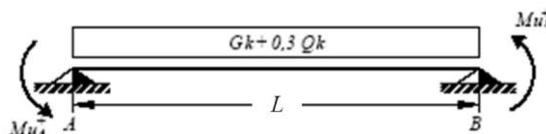
$$V_{Rcd} = 0.9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_c \cdot f'_{cd} \cdot (\text{ctg}\alpha + \text{ctg}\theta) / (1 + \text{ctg}^2\theta)$$

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:**



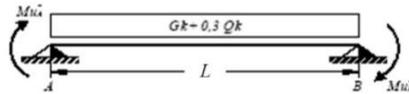
Il taglio è variabile linearmente lungo la trave ed è pari a:

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

 GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	LINEA PESCARA-BARI – RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTI 2 E 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA FABBRICATO PC					
	Fabbricato PC Relazione di calcolo delle strutture	PROGETTO LI02	LOTTO 02	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO FA 0000 001	REVISIONE A

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

• **2° Schema:**



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

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

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

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}	6.30	m				
G_k	24.58	kN/m	1° Schema		2° Schema	
γ_Q	0.30		V_A [kN]	V_B [kN]	V_A [kN]	V_B [kN]
Q_k	1.01	kN/m	96.51	-60.25	60.25	-96.51
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 $\Phi 10 / 8.5\text{cm}$, mentre nelle zone centrali di campata rimanenti staffe $\Phi 10/20\text{cm}$.

➤ **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;

 GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	LINEA PESCARA-BARI – RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTI 2 E 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA FABBRICATO PC					
	Fabbricato PC Relazione di calcolo delle strutture	PROGETTO LI02	LOTTO 02	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO FA 0000 001	REVISIONE A

- 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).

- 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:

	LINEA PESCARA-BARI – RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA					
	TERMOLI-LESINA					
Lotti 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA						
FABBRICATO PC						
Fabbricato PC	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REVISIONE	FOGLIO
Relazione di calcolo delle strutture	LI02	02	D 78 CL	FA 0000 001	A	75di 111

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.
- 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:

 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 PC Relazione di calcolo delle strutture	PROGETTO LI02	LOTTO 02	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO FA 0000 001	REVISIONE A	FOGLIO 76di 111

- 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.

9.2.1.-.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\PC\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
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. $\beta_1*\beta_2$:	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:	30.0	cm
Altezza:	40.0	cm
Barre inferiori:	4Ø16	(8.0 cm ²)
Barre superiori:	3Ø16 + 1Ø20	(9.2 cm ²)
Coprif.Inf.(dal baric. barre):	5.8	cm
Coprif.Sup.(dal baric. barre):	6.0	cm

ST.LIM.ULTIMI - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

Fabbricato PC		PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REVISIONE	FOGLIO
Relazione di calcolo delle strutture		LI02	02	D 78 CL	FA 0000 001	A	77di 111

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	-10563	0	0
2	0	10	12096	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	-7921

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	-6781 (-2937)

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	-6595 (-2937)

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 5.0 cm
 Interferro netto minimo barre longitudinali: 2.7 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. [cm²] 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	-10563	-17	-10898	1.032	6.9	-10512	0.20	0.70	9.2 (3.7)

Fabbricato PC		PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REVISIONE	FOGLIO
Relazione di calcolo delle strutture		LI02	02	D 78 CL	FA 0000 001	A	78di 111

2 S 0 10 -4 9701 970.119 33.4 9324 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	-0.00516	0.0	0.00057	5.8	-0.01367	34.0
2	0.00350	-0.00557	40.0	0.00033	34.0	-0.01459	5.8

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

Diametro barre superiori:	20	mm	
Ro:	0.0076		% area tesa barre superiori
Ro':	0.0067		% area barre inferiori compresse
v	0.00-0.50		sforzo assiale normalizzato nel pilastro = N/(fcd*Ac)

hc(v=0.00) hc(v=0.05) hc(v=0.10) hc(v=0.15) hc(v=0.20) hc(v=0.25) hc(v=0.30) hc(v=0.40) hc(v=0.50)

Nodo interno	55	53	51	49	47	46	44	41	39
Nodo esterno	38	37	36	34	33	32	31	29	28

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	6339	36400	22127	30.0	45.00	1.000	0.0
2	S	12096	6083	25251	55644	30.0	21.80	1.000	4.0

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.)

Fabbricato PC	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REVISIONE	FOGLIO
Relazione di calcolo delle strutture	LI02	02	D 78 CL	FA 0000 001	A	79di 111

As eff. Area Barre tese di acciaio [cm²] 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	109.1	0.0	0.0	12.2	-2928	5.8	13.9	417	9.2	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/cm²]
 Sclmin Minima tensione nel conglomerato nello STATO I non fessurato [daN/cm²]
 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*Sm. 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	75.5	-74.4	---	0.125	1.00	0.863	0.001263 (0.000586)	154	0.331	-2937

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	93.4	0.0	0.0	12.2	-2507	5.8	13.9	417	9.2	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	64.7	-63.7	---	0.125	1.00	0.812	0.001018 (0.000501)	154	0.267 (0.40)	-2937

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	90.9	0.0	0.0	12.2	-2438	5.8	13.9	417	9.2	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	62.9	-62.0	---	0.125	0.50	0.901	0.001098 (0.000488)	154	0.288 (0.30)	-2937

9.2.2.-.Tabulato di verifica SLU - SLE – CAMPATA

DATI GENERALI SEZIONE IN C.A.

NOME SEZIONE: 30x40camp

(Percorso File: Z:\COMMESSE0128 Termoli Lesina\LAVORO\Provvisori04_Verifiche\Strutture\Fabbricati\PC\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

Fabbricato PC	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REVISIONE	FOGLIO
Relazione di calcolo delle strutture	LI02	02	D 78 CL	FA 0000 001	A	80di 111

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:	5Ø16	(10.1 cm ²)
Barre superiori:	3Ø16	(6.0 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	9849	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	7709

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)	

Fabbricato PC	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REVISIONE	FOGLIO
Relazione di calcolo delle strutture	LI02	02	D 78 CL	FA 0000 001	A	81di 111

con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

N°Comb.	N	Mx
1	0	7153 (2960)

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	6978 (2960)

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 5.0 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali: 3.0 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 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. [cm²] 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	9849	1	11944	1.213	32.4	11515	0.22	0.72	10.1 (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	-0.00439	40.0	0.00083	34.2	-0.01224	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/cm²)
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/cm²)
Yc min Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc min (sistema rif. X,Y,O)

Fabbricato PC	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REVISIONE	FOGLIO
Relazione di calcolo delle strutture	LI02	02	D 78 CL	FA 0000 001	A	82di 111

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	106.3	40.0	0.0	27.0	-2594	34.2	13.5	405	10.1	4.6

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.
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	76.3	-71.9	---	0.125	1.00	0.853	0.001106 (0.000519)	141	0.266	2960

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	98.6	40.0	0.0	27.0	-2407	34.2	13.5	405	10.1	4.6

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	70.8	-66.7	---	0.125	1.00	0.829	0.000997 (0.000481)	141	0.240 (0.40)	2960

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	96.2	40.0	0.0	27.0	-2348	34.2	13.5	405	10.1	4.6

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	69.0	-65.1	---	0.125	0.50	0.910	0.001068 (0.000470)	141	0.257 (0.30)	2960

9.3.-.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-	-151.96	-36.87	3.36	-10.62	108.00	19
M _{3,min}	SLU_Vy2+	-151.96	36.87	3.36	-10.62	-108.00	41
V _{2,max}	SLU_Vy2+	-170.51	36.87	3.36	5.69	70.81	41
V _{2,min}	SLU_Vy2-	-170.51	-36.87	3.36	5.69	-70.81	19
M _{2,max}	SLU_Vy2-	-225.56	0.24	-24.14	71.82	-0.72	5
M _{2,min}	SLU_Vy2+	-225.56	0.24	24.14	-71.82	-0.72	27
V _{3,max}	SLU_Vy2+	-244.11	0.24	24.14	45.24	0.47	27
V _{3,min}	SLU_Vy2-	-244.11	0.24	-24.14	-45.24	0.47	5
N _{max}	SLU_Q8	-245.02	-1.01	-21.62	-39.22	-2.01	68
N _{min}	SLV-Y	3.27	0.04	3.96	10.06	0.10	5

SLER	Combo	N [kN]	M ₂ [kNm]	M ₃ [kNm]
M _{3,max}	SLER_Vy-	-116.14	-8.01	80.83
M _{3,min}	SLER_Vy+	-116.14	-8.01	-80.83
M _{2,max}	SLER_Vy-	-172.25	53.14	-0.55
M _{2,min}	SLER_Vy+	-172.25	-53.14	-0.55
N _{max}	SLER_Q7	-192.25	29.79	-1.47
N _{min}	SLER_Q8	-75.99	-3.06	9.15

SLEF	Combo	N [kN]	M ₂ [kNm]	M ₃ [kNm]
M _{3,max}	SLEF_Vy-	-111.88	-6.91	68.27
M _{3,min}	SLEF_Vy+	-111.88	-6.91	-68.27
M _{2,max}	SLEF_Vy-	-164.62	41.19	-0.52
M _{2,min}	SLEF_Vy+	-164.62	-41.19	-0.52
N _{max}	SLEF_N	-180.46	-21.31	0.33
N _{min}	SLEF_Vy+	-109.82	6.71	63.84

SLEQP	Combo	N [kN]	M ₂ [kNm]	M ₃ [kNm]
M _{3,max}	SLEQP	-111.29	-6.93	66.26
M _{3,min}	SLEQP	-111.29	-6.93	-66.26
M _{2,max}	SLEQP	-164.05	39.42	-0.51
M _{2,min}	SLEQP	-164.05	-39.42	-0.51
N _{max}	SLEQP	-178.32	-20.92	0.32
N _{min}	SLEQP	-110.41	6.70	65.88

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):

 GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	LINEA PESCARA-BARI – RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTI 2 E 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA FABBRICATO PC					
	Fabbricato PC Relazione di calcolo delle strutture	PROGETTO LI02	LOTTO 02	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO FA 0000 001	REVISIONE A

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

dove:

$v = N_{Ed} / (A_c \cdot f_{cd})$ 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):

$$\lambda = L_o / i$$

dove:

$L_o = \beta L$ lunghezza di libera inflessione

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

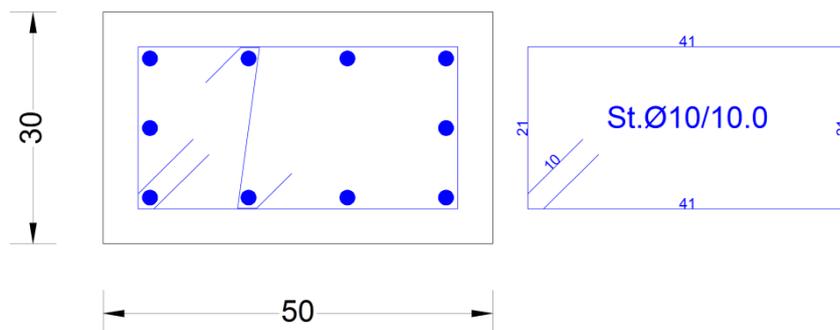
L luce netta del pilastro

Si riporta di seguito una tabella riepilogativa con il confronto tra snellezza di calcolo dei 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	245	0.50	0.30	0.15	16462	0.099	-32.81	58.51	35	68
	Y	245	0.50	0.30	0.15		0.099	-0.43	0.88		
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	-1.78	3.48	170.30	1	405	8.66		46.77		OK
		-2.05	3.75	183.17	1	405		14.43		28.06	OK

• Verifica di resistenza allo SLU



1) Lato corto:

- Armatura superiore 3 Φ 20

- Armatura inferiore 3 Φ 20

2) Lato lungo:

- Armatura superiore 2 Φ 20

- Armatura inferiore 2 Φ 20

➤ Verifica a presso-flessione:

 GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	LINEA PESCARA-BARI – RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTI 2 E 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA FABBRICATO PC					
	Fabbricato PC Relazione di calcolo delle strutture	PROGETTO LI02	LOTTO 02	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO FA 0000 001	REVISIONE A

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 $M^{i}_{C,Rd}$ secondo l'espressione:

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

dove:

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

Determinazione taglio di calcolo pilastro					
		asse forte		asse debole	
		$M^{s}_{C,Rd}$ [kNm]	$M^{i}_{C,Rd}$ [kNm]	$M^{s}_{C,Rd}$ [kNm]	$M^{i}_{C,Rd}$ [kNm]
Lpil	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:

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

 GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	LINEA PESCARA-BARI – RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTI 2 E 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA FABBRICATO PC					
	Fabbricato PC Relazione di calcolo delle strutture	PROGETTO LI02	LOTTO 02	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO FA 0000 001	REVISIONE A

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

- 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:
 - 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 all'asse devono avere diametro maggiore od uguale a 12 mm. Inoltre la loro area non deve essere inferiore a :

$$A_{s,min} = (0.10 \cdot \frac{N_{Ed}}{f_{yd}})$$

e comunque non minore di 0.003 A_c ;

dove:

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

	LINEA PESCARA-BARI – RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA					
	LOTTI 2 E 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA FABBRICATO PC					
Fabbricato PC	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REVISIONE	FOGLIO
Relazione di calcolo delle strutture	LI02	02	D 78 CL	FA 0000 001	A	87di 111

Ac 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:

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.

9.3.1.-. 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\PC\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

Fabbricato PC Relazione di calcolo delle strutture	PROGETTO LI02	LOTTO 02	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO FA 0000 001	REVISIONE A	FOGLIO 88di 111
---	------------------	-------------	---------------------	--------------------------	----------------	--------------------

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:	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:

Fabbricato PC	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REVISIONE	FOGLIO
Relazione di calcolo delle strutture	LI02	02	D 78 CL	FA 0000 001	A	89di 111

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	15196	10800	-1062	0	0
2	17051	7081	569	0	0
3	22556	-72	7182	0	0
4	24502	-201	-3922	0	0
5	0	10	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	11614	8083	-801
2	17225	-55	5314
3	19225	-147	2979

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	11188	6827	-691
2	16462	-52	4119
3	18046	33	-2131

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	11129	6626	-693
2	16405	-51	3942
3	17832	32	-2092

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Fabbricato PC	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REVISIONE	FOGLIO
Relazione di calcolo delle strutture	LI02	02	D 78 CL	FA 0000 001	A	90di 111

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
 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	15203	11486	-1191	15195	13583	-1344	1.258	----
2	S	17064	11718	981	17048	13753	1125	1.943	----
3	S	22540	-329	20520	22573	-323	25663	3.573	----
4	S	24501	-1327	-19831	24506	-1415	-25314	6.456	----
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	-0.00118	-25.0	15.0	0.00136	-19.0	9.0	-0.00528	19.0	-9.0
2	0.00350	-0.00116	25.0	15.0	0.00136	19.0	9.0	-0.00523	-19.0	-9.0
3	0.00350	-0.00138	25.0	-15.0	0.00211	19.0	-9.0	-0.00650	-19.0	9.0
4	0.00350	-0.00090	-25.0	-15.0	0.00218	-19.0	-9.0	-0.00544	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	-0.000010980	0.000345701	-0.001960006	----	----
2	0.000009093	0.000347162	-0.001934761	----	----
3	0.000221223	-0.000010914	-0.002194297	----	----
4	-0.000182220	-0.000038512	-0.001633192	----	----
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.

Fabbricato PC	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REVISIONE	FOGLIO
Relazione di calcolo delle strutture	LI02	02	D 78 CL	FA 0000 001	A	91di 111

Vengono prese nella media le strisce con almeno un estremo compresso.
 I pesi della media sono costituiti dalle stesse lunghezze delle strisce.
 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.
 OMst Rapporto meccanico di armatura staffe nella sola direzione del taglio di cui alla (7.4.28)NTC
 (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	45031	17160	23.9	49.7	45.00°	1.064	0.0	20.4(4.7)	0.124(0.080)
2	S	0	45314	17209	23.9	49.6	45.00°	1.072	0.0	20.5(4.8)	0.124(0.080)
3	S	0	49862	24145	43.6	29.2	45.00°	1.095	0.0	15.7(0.0)	0.191(0.080)
4	S	0	48188	22669	41.0	29.9	45.00°	1.103	0.0	15.7(0.0)	0.186(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	145.8	-25.0	15.0	-2622	19.0	-9.0	463	12.6	9.0	1.00
2	S	50.7	25.0	-15.0	-622	-19.0	9.0	381	9.4	9.0	1.00
3	S	31.4	25.0	-15.0	-135	-19.0	9.0	186	6.3	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	123.5	-25.0	15.0	-2170	19.0	-9.0	459	12.6	9.0	1.00
2	S	39.8	25.0	-15.0	-396	-19.0	9.0	345	9.4	9.0	1.00
3	S	22.6	-25.0	15.0	-23	19.0	-9.0	---	---	---	---

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	-70.0	-21.8	0.164	20	50	0.845	0.00092 (0.00043)	166	0.258 (0.40)	2691	-272
2	S	-16.6	-4.8	0.161	20	50	-1.768	0.00008 (0.00008)	165	0.022 (0.40)	-87	6853
3	S	-3.8	0	---	---	---	---	---	---	---	239	-15429

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

Fabbricato PC	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REVISIONE	FOGLIO
Relazione di calcolo delle strutture	LI02	02	D 78 CL	FA 0000 001	A	92di 111

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.	D barre	Beta12
1	S	120.1	-25.0	15.0	-2100	19.0	-9.0	458	12.6	9.0	0.50
2	S	38.2	25.0	-15.0	-362	-19.0	9.0	336	9.4	9.0	0.50
3	S	22.3	-25.0	15.0	-21	19.0	-9.0	---	---	---	---

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

Comb.	Ver	S1	S2	k3	Ø	Cf	Psi	e sm	sm	wk	Mx fess	My fess
1	S	-67.9	-21.1	0.164	20	50	0.917	0.00096 (0.00042)	166	0.271 (0.30)	2692	-282
2	S	-15.6	-4.5	0.161	20	50	-0.573	0.00007 (0.00007)	164	0.020 (0.30)	-90	6993
3	S	-3.7	0	---	---	---	---	---	---	---	240	-15694

9.4.-.Travi fondazione

SLU	Combo	V ₂ [kN]	M ₃ [kNm]
M _{3,max}	SLU_Vy1+	-4.72	172.68
M _{3,min}	SLU_Vx2-	-99.56	-77.59
V _{2,max}	SLU_Vy1+	148.69	-71.51
V _{2,min}	SLU_Vy1-	-148.69	-71.51

SLV	Combo	V ₂ [kN]	M ₃ [kNm]	1.1*SLV	Combo	V ₂ [kN]	M ₃ [kNm]
M _{3,max}	SLV_Y4	-11.65	274.80	M _{3,max}	SLV_Y4	-12.81	302.28
M _{3,min}	SLV_X4	-144.84	-112.96	M _{3,min}	SLV_X4	-159.32	-124.26
V _{2,max}	SLV_Y4	210.17	-35.52	V _{2,max}	SLV_Y4	231.18	-39.08
V _{2,min}	SLV_Y4	-210.17	-62.04	V _{2,min}	SLV_Y4	-231.18	-68.25

SLER	Combo	M ₃ [kNm]
M _{3,max}	SLER_Vy+	132.64
M _{3,min}	SLER_Vx-	-59.50

SLEF	Combo	M ₃ [kNm]
M _{3,max}	SLEF_T	132.39
M _{3,min}	SLEF_Vx+	-58.57

SLEQP	Combo	M ₃ [kNm]
M _{3,max}	SLEQP	131.39
M _{3,min}	SLEQP	-58.38

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.

 GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	LINEA PESCARA-BARI – RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTI 2 E 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA FABBRICATO PC					
	Fabbricato PC Relazione di calcolo delle strutture	PROGETTO LI02	LOTTO 02	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO FA 0000 001	REVISIONE A

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

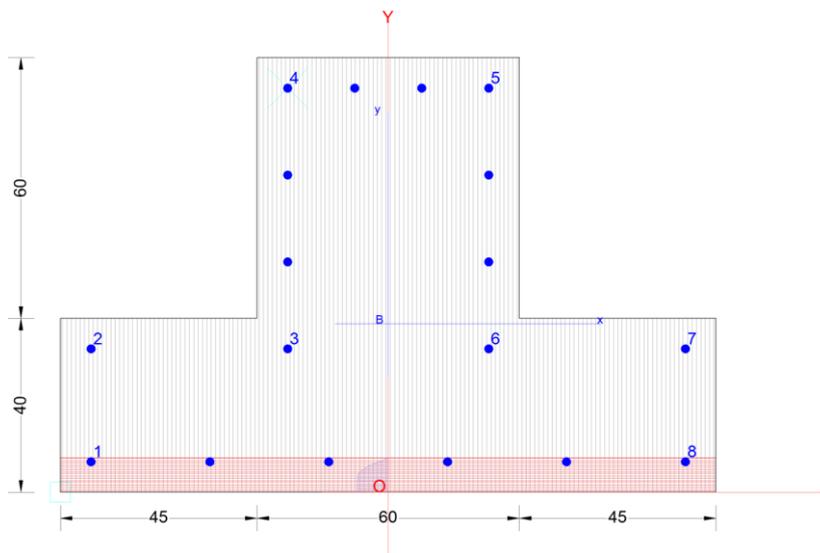
- Verifica di resistenza allo SLU

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:

	LINEA PESCARA-BARI – RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA					
	TERMOLI-LESINA					
LOTTE 2 E 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA						
FABBRICATO PC						
Fabbricato PC	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REVISIONE	FOGLIO
Relazione di calcolo delle strutture	LI02	02	D 78 CL	FA 0000 001	A	94di 111

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

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.

Si adotteranno staffe $\Phi 12/20$ cm a 4 bracci, 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:

 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 PC Relazione di calcolo delle strutture	PROGETTO LI02	LOTTO 02	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO FA 0000 001	REVISIONE A

- $\sigma_c < 0.60 f_{ck}$ (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).

9.4.1.-..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\PC\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 $\beta_1 \cdot \beta_2$:	1.00	
	Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$:	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

Fabbricato PC		PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REVISIONE	FOGLIO
Relazione di calcolo delle strutture		LI02	02	D 78 CL	FA 0000 001	A	96di 111

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
8	75.0	0.0

DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	-68.0	7.0	20
2	-68.0	33.0	20
3	-23.0	33.0	20
4	-23.0	93.0	20
5	23.0	93.0	20
6	23.0	33.0	20
7	68.0	33.0	20
8	68.0	7.0	20

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	4	5	2	20
2	1	8	4	20
3	3	4	2	20
4	6	5	2	20

ST.LIM.ULTIMI - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

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

N°Comb.	N	Mx	Vy
1	0	30228	0
2	0	-12426	0
3	0	10	23118

COMB. RARE (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	13264	0
2	0	-5950	0

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

N	Sforzo normale in daN applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
---	---

Fabbricato PC	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REVISIONE	FOGLIO
Relazione di calcolo delle strutture	LI02	02	D 78 CL	FA 0000 001	A	97di 111

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	13239 (55366)	0 (0)
2	0	-5857 (-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	13139 (55366)	0 (0)
2	0	-5838 (-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: 4.8 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	3.539	44.0(29.9)
2	S	6	-62946	0	-87651	7.054	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

Fabbricato PC Relazione di calcolo delle strutture	PROGETTO LI02	LOTTO 02	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO FA 0000 001	REVISIONE A	FOGLIO 99di 111
---	------------------	-------------	---------------------	--------------------------	----------------	--------------------

k2	= 0.4 per barre ad aderenza migliorata
k3	= 0.125 per flessione e presso-flessione; $= (e1 + e2) / (2 * e1)$ 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	$= 1 - \text{Beta}12 * (Ssr/Ss)^2 = 1 - \text{Beta}12 * (fctm/S2)^2 = 1 - \text{Beta}12 * (Mfess/M)^2$ [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	-6.1	0	0.125	20	60	-16.489	0.00013 (0.00013)	320	0.069 (0.40)	55366	0
2	S	-4.2	0	0.125	20	60	-36.155	0.00007 (0.00007)	248	0.031 (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	18.0	-30.0	100.0	-629	-40.8	7.0	2747	18.8	27.2	0.50
2	S	5.6	-75.0	0.0	-362	7.7	93.0	1220	12.6	15.3	0.50

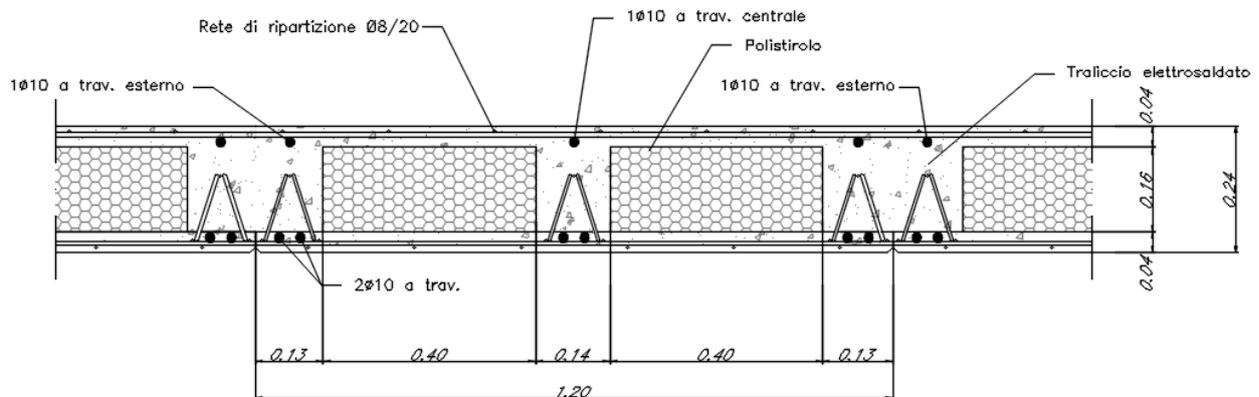
COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§B.6.6 DM96]

Comb.	Ver	S1	S2	k3	Ø	Cf	Psi	e sm	srm	wk	Mx fess	My fess
1	S	-6.1	0	0.125	20	60	-7.878	0.00013 (0.00013)	320	0.068 (0.30)	55366	0
2	S	-4.2	0	0.125	20	60	-17.698	0.00007 (0.00007)	248	0.030 (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:

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

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

Fabbricato PC	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REVISIONE	FOGLIO
Relazione di calcolo delle strutture	LI02	02	D 78 CL	FA 0000 001	A	101di 111

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

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 PC	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REVISIONE	FOGLIO
Relazione di calcolo delle strutture	LI02	02	D 78 CL	FA 0000 001	A	102di 111

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 PC Relazione di calcolo delle strutture	PROGETTO LI02	LOTTO 02	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO FA 0000 001	REVISIONE A	FOGLIO 103di 111

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

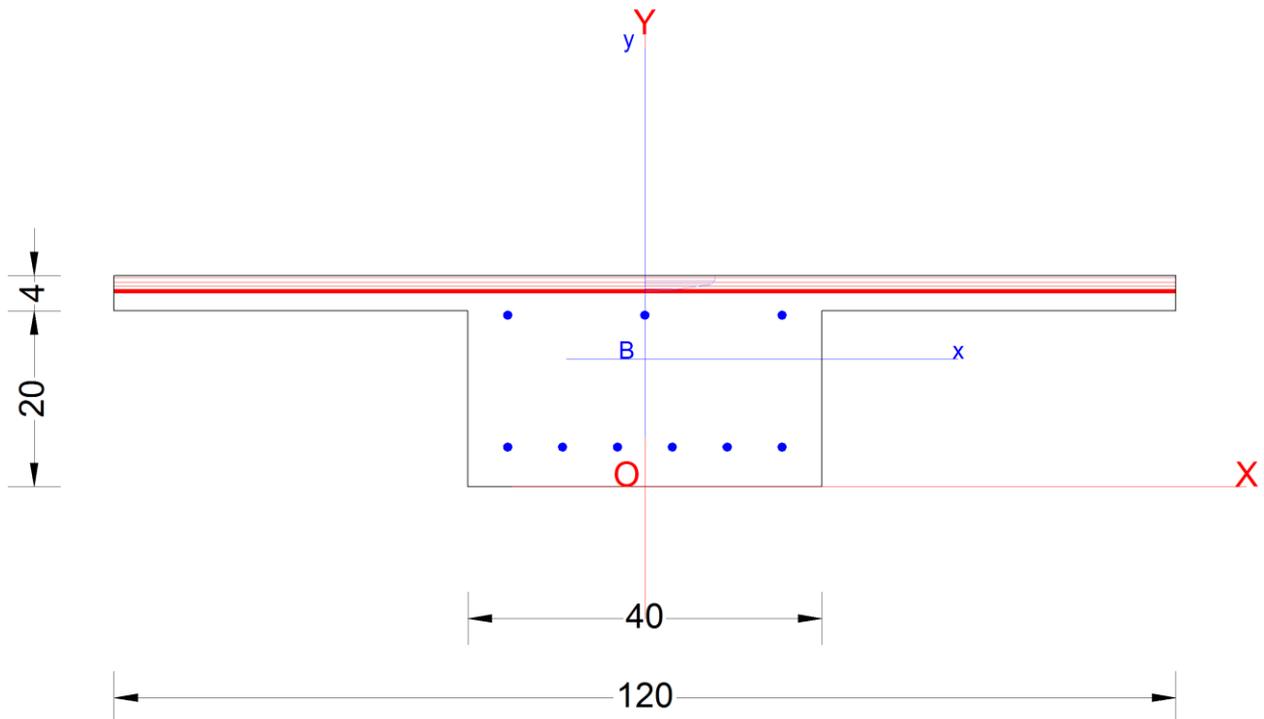
Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
Sclmax	Massima tensione nel conglomerato nello STATO I non fessurato [daN/cm ²]
Sclmin	Minima tensione nel conglomerato nello STATO I non fessurato [daN/cm ²]
K3	=0,125 per flessione; = 0,25 (Sclmin + Sclmax)/(2 Sclmin) per trazione eccentrica
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 PC	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REVISIONE	FOGLIO
Relazione di calcolo delle strutture	LI02	02	D 78 CL	FA 0000 001	A	104di 111

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



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.

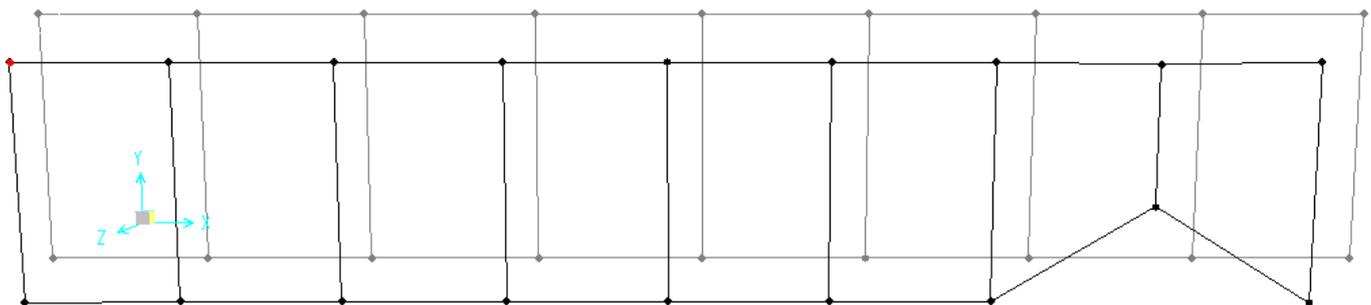
Nel caso delle costruzioni civili e industriali questa condizione si può ritenere soddisfatta quando gli spostamenti interpiano ottenuti dall'analisi in presenza dell'azione sismica di progetto relativa allo SLO (v. § 3.2.1 e § 3.2.3.2) siano inferiori a:

- 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)

Pt Obj: 18
 Pt Elm: 18
 U1 = -.0009
 U2 = -.0012
 U3 = -.0002
 R1 = .00168
 R2 = -.00032
 R3 = -.0000008806



$$d_r = u_1 = 0,0012 \text{ m} < 0,026 \text{ m}$$

La verifica risulta soddisfatta.



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

Fabbricato PC
Relazione di calcolo delle strutture

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REVISIONE	FOGLIO
LI02	02	D 78 CL	FA 0000 001	A	106di 111

12.-..VERIFICA DI CAPACITÀ PORTANTE

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:

Involuppo combo SLU-SLV							
	Nodo	Combo	F ₁ [kN]	F ₂ [kN]	F ₃ [kN]	M ₁ [kNm]	M ₂ [kNm]
M _{2,max}	33	SLV_X4	4.25	14.77	209.77	-19.52	10.67
M _{2,min}	10	SLV_X4	-4.21	12.76	206.77	-24.54	-10.60
M _{1,max}	31	SLU_Vy2+	-1.75	-29.93	135.96	57.25	-2.81
M _{1,min}	15	SLU_Vy2-	-1.75	29.93	135.96	-57.25	-2.81
F _{3,max}	6	SLU_Q7	-0.11	20.15	213.24	-35.58	-0.18
F _{3,min}	11	SLV-X	3.89	0.00	0.01	0.00	10.09
F _{2,max}	15	SLU_Vy2-	-1.75	29.93	135.96	-57.25	-2.81
F _{2,min}	31	SLU_Vy2+	-1.75	-29.93	135.96	57.25	-2.81
F _{max}	10	SLV_X4	-4.21	12.763	206.77	-24.54	-10.60
F _{min}	33	SLV_X4	4.25	14.77	209.77	-19.52	10.67

A favore di sicurezza si considera una porzione di trave rovescia sotto il pilastro, equivalente a un plinto di dimensioni quadrata in pianta 1.50m x 1.50m.

Per il calcolo delle sollecitazioni all'intradosso si ha:

Peso plinto	W	41.3	kN
Altezza plinto	h	1.0	m

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

$$M_{2tot} = M_2 + F_1 * h$$

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

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}	33	SLV_X4	-4.7	-16.2	-276.2	37.7	-16.4
M_{2,min}	10	SLV_X4	4.6	-14.0	-272.9	41.0	16.3
M_{1,max}	31	SLU_Vy2+	1.9	32.9	-195.0	-95.9	5.0
M_{1,min}	15	SLU_Vy2-	1.9	-32.9	-195.0	95.9	5.0
F_{3,max}	6	SLU_Q7	0.1	-22.2	-280.0	61.3	0.3
F_{3,min}	11	SLV-X	-4.3	0.0	-45.4	0.0	-15.4
F_{2,max}	15	SLU_Vy2-	1.9	-32.9	-195.0	95.9	5.0
F_{2,min}	31	SLU_Vy2+	1.9	32.9	-195.0	-95.9	5.0
F_{max}	10	SLV_X4	4.6	-14.0	-272.9	41.0	16.3
F_{min}	33	SLV_X4	-4.7	-16.2	-276.2	37.7	-16.4

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 ($e_B = Mb/N$)

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

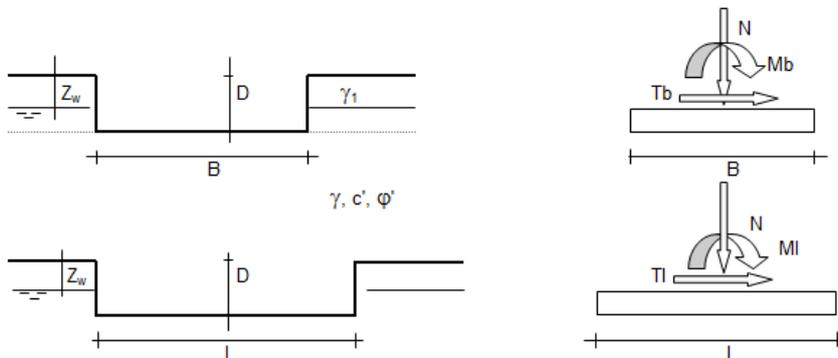
B^* = Larghezza fittizia della fondazione ($B^* = B - 2 \cdot e_B$)

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

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

coefficienti parziali

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



(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]	280.00		280.00
Mb [kNm]	95.90		95.90
MI [kNm]	16.30		16.30
Tb [kN]	32.90		32.90
TI [kN]	4.70		4.70
H [kN]	33.23	0.00	33.23

Fabbricato PC	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REVISIONE	FOGLIO
Relazione di calcolo delle strutture	LI02	02	D 78 CL	FA 0000 001	A	110di 111

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

$$\begin{aligned} c' &= 15.00 \quad (\text{kN/mq}) \\ \varphi' &= 28.00 \quad (^\circ) \end{aligned}$$

Valori di progetto

$$\begin{aligned} c' &= 15.00 \quad (\text{kN/mq}) \\ \varphi' &= 23.04 \quad (^\circ) \end{aligned}$$

Profondità della falda

$$Z_w = 1.50 \quad (\text{m})$$

$$\begin{aligned} e_B &= 0.34 \quad (\text{m}) \\ e_L &= 0.06 \quad (\text{m}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} B^* &= 0.82 \quad (\text{m}) \\ L^* &= 1.38 \quad (\text{m}) \end{aligned}$$

q : sovraccarico alla profondità D

$$q = 31.00 \quad (\text{kN/mq})$$

γ : peso di volume del terreno di fondazione

$$\gamma = 10.00 \quad (\text{kN/mc})$$

Nc, Nq, N γ : coefficienti di capacità portante

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

$$N_q = 8.70$$

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

$$N_c = 18.10$$

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

$$N_\gamma = 8.25$$

s_c, s_q, s_{\gamma} : fattori di forma

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

$$s_c = 1.28$$

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

$$s_q = 1.25$$

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

$$s_\gamma = 0.76$$

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

$$m_b = (2 + B^* / L^*) / (1 + B^* / L^*) = 1.63 \quad \theta = \arctg(T_b/T_l) = 81.87 \quad (^\circ)$$

$$m_l = (2 + L^* / B^*) / (1 + L^* / B^*) = 1.37 \quad m = 1.62 \quad (-)$$

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

(m=2 nel caso di fondazione nastriforme e m=(m_bsin²θ+m_lcos²θ) in tutti gli altri casi)

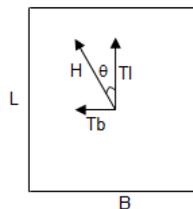
$$i_q = 0.84$$

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

$$i_c = 0.82$$

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

$$i_\gamma = 0.75$$



Fabbricato PC	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REVISIONE	FOGLIO
Relazione di calcolo delle strutture	LI02	02	D 78 CL	FA 0000 001	A	111di 111

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

$$d_q = 1.35$$

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

$$d_c = 1.39$$

$$d_\gamma = 1$$

$$d_\gamma = 1.00$$

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

$$q_{lim} = 794.63 \quad (\text{kN/m}^2)$$

Pressione massima agente

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

$$q = 248.31 \quad (\text{kN/m}^2)$$

Verifica di sicurezza capacità portante

$$q_{lim} / \gamma_R = 345.49 \geq q = 248.31 \quad (\text{kN/m}^2)$$

VERIFICA A SCORRIMENTO

Carico agente

$$H_d = 33.23 \quad (\text{kN})$$

Azione Resistente

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

$$S_d = 136.02 \quad (\text{kN})$$

Verifica di sicurezza allo scorrimento

$$S_d / \gamma_R = 123.65 \geq H_d = 33.23 \quad (\text{kN})$$