

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



U.O. PROGETTAZIONE INTEGRATA NORD

PROGETTO DEFINITIVO

RADDOPPIO DELLA LINEA GENOVA – VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA

FV03 – FERMATA BORGHETTO

Relazione di calcolo
Fabbricato Viaggiatori

SCALA:

-

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

I V 0 1 0 0 D 2 6 C L F V 0 3 0 0 0 0 2 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione esecutiva	P.L. Carci <i>P.L. Carci</i>	Gennaio 2022	M. Severi <i>M. Severi</i>	Gennaio 2022	G. Fadda <i>G. Fadda</i>	Gennaio 2022	A Perego Gennaio 2022



File: IV0100D26CLFV0300002A.doc

n. Elab.: X

INDICE

1	PREMESSA	4
2	DESCRIZIONE DELL'OPERA	4
2.1	GEOMETRIA	5
3	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO	6
3.1	NORMATIVE DI RIFERIMENTO	6
3.2	ELABORATI PROGETTUALI	6
4	MATERIALI	6
4.1	ELEMENTI IN C.A.	6
4.2	ELEMENTI IN CARPENTERIA METALLICA	9
4.3	DURABILITÀ STRUTTURALE ELEMENTI IN C.A.	10
4.3.1	<i>Classe di esposizione</i>	10
4.3.2	<i>Copriferro</i>	11
4.4	DURABILITÀ ELEMENTI IN CARPENTERIA METALLICA	12
5	INQUADRAMENTO GEOTECNICO	13
6	ANALISI DEI CARICHI	14
6.1	PESI PROPRI	14
6.2	CARICHI PERMANENTI PORTATI	14
6.2.1	<i>Tamponamenti esterni</i>	14
6.3	AZIONI VARIABILI	17
6.3.1	<i>Azioni variabili verticali da destinazione d'uso</i>	17
6.3.2	<i>Azioni variabili: vento</i>	17
6.3.3	<i>Azioni variabili: neve</i>	24
6.3.4	<i>Azioni variabili: temperatura</i>	26
6.3.5	<i>Azione sismica</i>	27
6.3.6	<i>Spettro di progetto per lo SLU</i>	31
6.3.7	<i>Spettro di progetto per lo Stato limite di Danno</i>	31
6.3.8	<i>Spettro di progetto per lo Stato limite di Operatività</i>	32
7	COMBINAZIONI DI CALCOLO	33
7.1	COMBINAZIONI GEOTECNICHE	34
7.2	ELENCO COMBINAZIONI DI CARICO	35
8	MODELLO DI CALCOLO ED ANALISI STRUTTURALE	36
8.1.1	<i>Origine e caratteristiche dei codici di calcolo</i>	38
8.1.2	<i>Affidabilità del codice di calcolo</i>	39
8.2	CRITERI DI MODELLAZIONE DELLE MASSE STRUTTURALI	39
8.3	CALCOLO DELLE AZIONI INTERNE E DEGLI SPOSTAMENTI	40
8.3.1	<i>Analisi dinamica modale con spettro di risposta di progetto</i>	40
8.3.2	<i>Combinazione delle riposte modali</i>	40
8.3.3	<i>Combinazione degli effetti delle componenti dell'azione sismica</i>	41
9	PRESENTAZIONE DEI RISULTATI	41
9.1	RISULTATI DELL'ANALISI MODALE	41
9.2	PRESENTAZIONE DEI RISULTATI	45
10	VERIFICHE ALLO STATO LIMITE DI OPERATIVITA'	54
10.1	ANALISI E CALCOLO DEGLI SPOSTAMENTI	54
11	VERIFICHE AGLI STATI LIMITE ULTIMI E DI ESERCIZIO ELEMENTI IN C.A.	55
11.1	VERIFICHE DELLE TRAVI	55
11.1.1	<i>Prescrizioni sulla geometria</i>	56
11.1.2	<i>Prescrizioni sui quantitativi di armatura ed i dettagli costruttivi</i>	56
11.1.3	<i>Verifica travi a pressoflessione</i>	57
11.1.4	<i>Calcolo del taglio sollecitante di progetto</i>	60
11.1.5	<i>Definizione della lunghezza della zona critica</i>	61

11.1.6	Disposizioni riguardanti le armature trasversali	62
11.1.7	Armatura a taglio in zona critica	62
11.1.8	Armatura a taglio nelle rimanenti zone della trave.....	62
11.1.9	Verifiche allo S.L.E.....	64
11.2	VERIFICA PILASTRI.....	66
11.2.1	Geometria e limiti dimensionali	66
11.2.2	Azioni di progetto e resistenze.....	66
11.2.3	Resistenza a compressione	66
11.2.4	Dettagli costruttivi per la duttilità locale	67
11.2.5	Verifica a presso-flessione	68
11.2.6	Calcolo del taglio di progetto.....	71
11.2.7	Verifica di resistenza a taglio in zona critica.....	71
11.2.8	Verifiche in capacità pilastri e gerarchia Trave-colonna	72
11.2.9	Verifica S.L.E. Pilastro.....	75
11.2.10	Armature pilastri	77
11.3	VERIFICA TRAVI DI FONDAZIONE	78
12	VERIFICA STATI LIMITE E DI ESERCIZIO ELEMENTI IN CARPENTERIA METALLICA	81
12.1.1	Verifica delle connessioni.....	88
13	GIUNTI SISMICI.....	93
14	VERIFICA SOLAI.....	94
15	VERIFICHE DELLE FONDAZIONI	104
15.1	GENERALITÀ	104
15.2	VERIFICHE GEOTECNICHE.....	106
16	VERIFICA DEGLI ELEMENTI NON STRUTTURALI	111
16.1	GENERALITÀ	111
16.1.1	Tamponatura esterna $s=40cm$	111
17	GIUDIZIO MOTIVATO ACCETTABILITÀ DEI RISULTATI	113

1 PREMESSA

Nella presente relazione sono riportate le verifiche strutturali relative al fabbricato viaggiatori "FV03" da realizzarsi in corrispondenza della fermata Borghetto S. Spirito nell'ambito del progetto definitivo di raddoppio della linea Genova-Ventimiglia tratta Finale Ligure-Andora in corrispondenza della progressiva chilometrica pk 77+250.

2 DESCRIZIONE DELL'OPERA

L'edificio è caratterizzato da una pianta rettangolare di ingombro strutturale massimo 17.15 x 6.60 m circa e si articola in un unico livello fuori terra con copertura piana. La fondazione sarà realizzata con un graticcio di travi di fondazione gettate sopra un magrone di pulizia di almeno 10 cm di spessore. Le travi di fondazione perimetrali avranno una sezione rettangolare 110x60 cm. Dalle travi di fondazione spiccheranno dei pilastri a sezione rettangolare 40x50 cm ovvero a sezione circolare Ø40 collegati perimetralmente da una trave di copertura a sezione rettangolare 65x30 cm a spessore di solaio ed internamente da travi pure in spessore di solaio 65x30 cm. Le travi perimetrali sosterranno il solaio di copertura tessuto in direzione parallela al lato corto dell'edificio; il solaio è realizzato in predalles $h = 5+20+5 = 30$ cm.

Per consentire il fissaggio di una tettoia in carpenteria metallica a sbalzo dalla facciata dell'edificio ad una quota intermedia, ed in corrispondenza di questi elementi metallici, è posizionata una trave in c.a. a sezione rettangolare 65x45 cm. Da quest trave sbalzano dei profili HEA280 principali fissati alla trave stessa mediante delle barre filettate inghisate chimicamente alla trave. Il profilo di questa tettoia è guarnito sul perimetro da profili UPN200 mentre internamente sono previsti rompitratte IPE240 per consentire l'appoggio dei pannelli in lamiera coibentata che verranno utilizzati per ricoprire l'estradosso della tettoia. Inferiormente la carpenteria verrà schermata con dei pannelli in lamiera stirata di alluminio tipo alucubond o similare.

Le pareti perimetrali esterne saranno realizzate con elementi in laterizio forato porizzato dello spessore di 40 cm che saranno intonacati sia internamente che esternamente con interposizione di rete plastica termosaldata avente funzione antiribaltamento per le murature. Le finiture esterne prevedono la realizzazione di un cappotto termico di isolamento.

2.1 Geometria

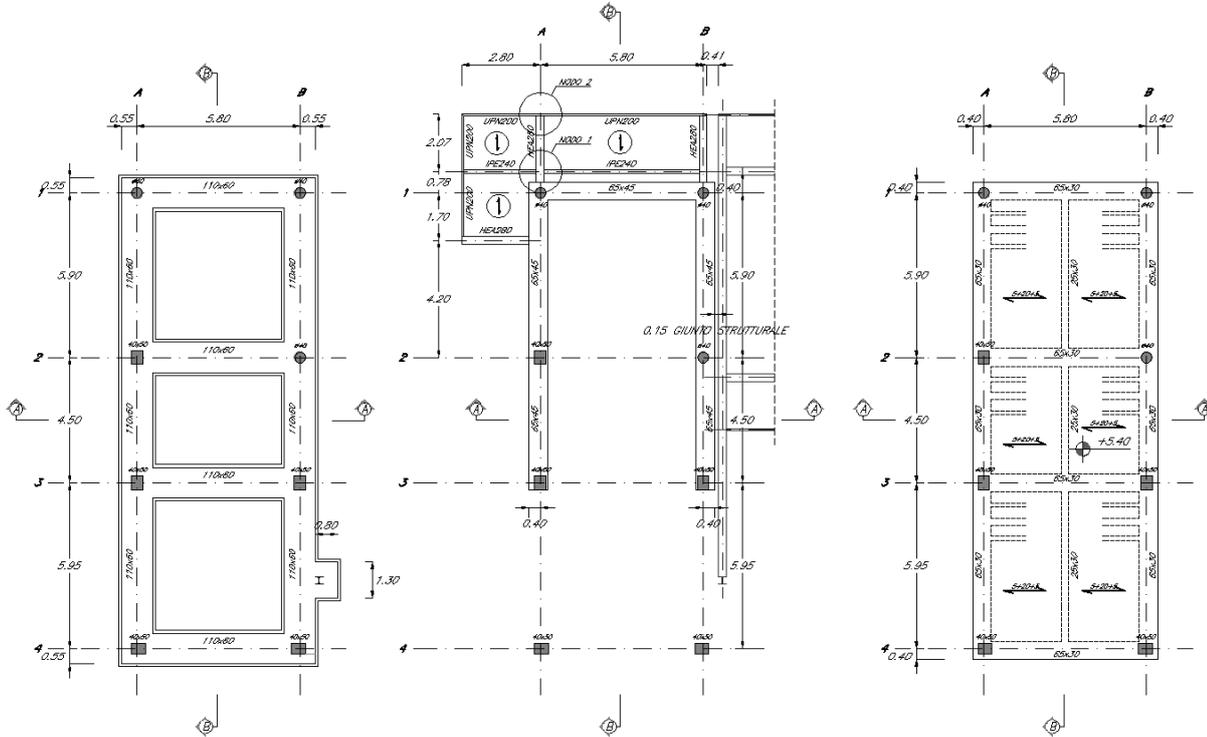


Figura 1 – carpenterie strutturali

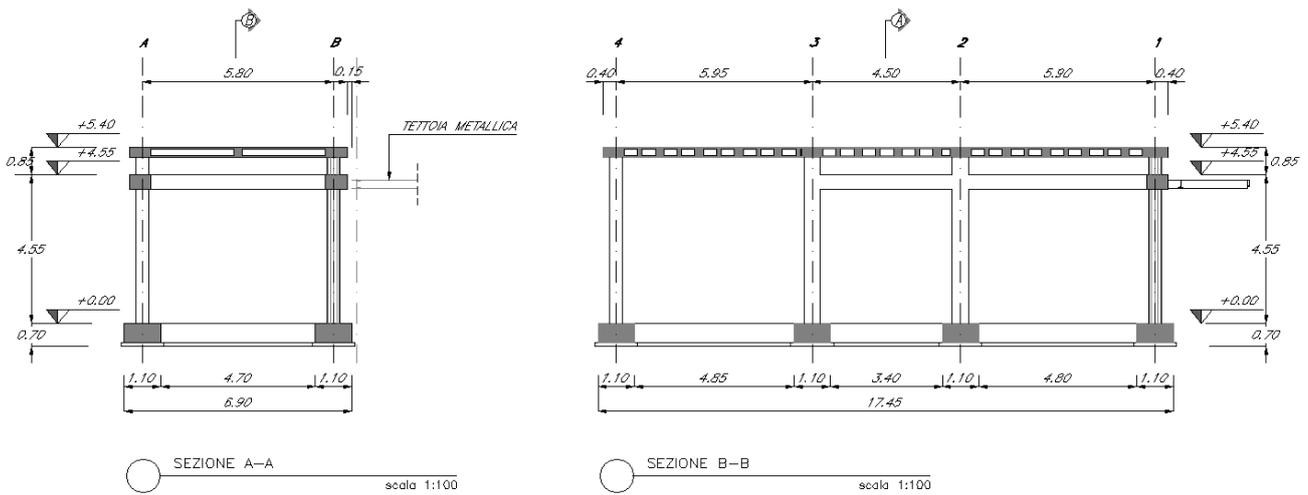


Figura 2 – sezioni

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</p>						
<p>PROGETTO DEFINITIVO Relazione di calcolo Fabbricato Viaggiatori</p>	<table border="1"> <tr> <td>COMMESSA IV01</td> <td>LOTTO 00</td> <td>CODIFICA D 26 CL</td> <td>DOCUMENTO FV0300 002</td> <td>REV. A</td> <td>FOGLIO 6 di 113</td> </tr> </table>	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO FV0300 002	REV. A	FOGLIO 6 di 113
COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO FV0300 002	REV. A	FOGLIO 6 di 113		

3 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

3.1 Normative di riferimento

- [1]. L. n. 1086 del 5/11/1971 “Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica”;
- [2]. L. n. 64 del 2/2/1974 “Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche”;
- [3]. Norme Tecniche per le Costruzioni - D.M. 17-01-18 (NTC-2018);
- [4]. Circolare n. 7 del 21 gennaio 2019 - Istruzioni per l’Applicazione Nuove Norme Tecniche Costruzioni di cui al Decreto Ministeriale 17 gennaio 2018;
- [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 modificato dal Regolamento di esecuzione (UE) N° 2019/776 della Commissione del 16 maggio 2019;
- [6]. Eurocodici EN 1991-2: 2003/AC:2010.
- [7]. RFI DTC SI PS MA IFS 001 E - Manuale di Progettazione delle Opere Civili;
- [8]. RFI DTC SI PS SP IFS 001 E – Capitolato generale tecnico di Appalto delle opere civili. Parte II – Sezione 6 - Opere in conglomerato cementizio e in acciaio;
- [9]. UNI EN 206-1:2006 Parte 1: Calcestruzzo-Specificazione, prestazione, produzione e conformità;
- [10]. UNI EN 1991-1-2 (2005) - Eurocodice 2 – Progettazione delle strutture in calcestruzzo – Parte 1-2: Regole generali
- [11]. UNI EN 1997-1 (2005) - Eurocodice 7 – Progettazione geotecnica – Parte 1: Regole generali
- [12]. UNI EN 1998-1 (2005) - Eurocodice 8 – Progettazione delle strutture per la resistenza sismica – Parte 1: Regole generali, azioni sismiche e regole per gli edifici
- [13]. UNI EN 1998-5 (2005) - Eurocodice 8 – Progettazione delle strutture per la resistenza sismica – Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici.
- [14]. D.M. 31.07.2012: Approvazione delle Appendici Nazionali recanti i parametri tecnici per l’applicazione degli Eurocodici.
- [15]. Manuale di Tecnologia del fissaggio HILTI Ed. 2008.

3.2 Elaborati progettuali

IV0100D26BZVF0300001A
IV0100D26BZVF0300002A
IV0100D26BZVF0300003A

4 MATERIALI

4.1 Elementi in c.a.

Per le strutture di fondazione ed elevazione, sono prescritti materiali di qualità certificata; di seguito sono riportati i valori di calcolo per i materiali.

Calcestruzzo per fondazione ($\gamma_m = 1,5$): **Classe C25/30**

PROPRIETA' MECCANICHE DEL CALCESTRUZZO	
$R_{ck} = 30$ N/mm ²	Resistenza caratteristica cubica a compressione del calcestruzzo a 28 giorni
$f_{ck} = 25$ N/mm ²	Resistenza caratteristica cilindrica del calcestruzzo <i>Anche $f_{ck} = 0.83 * R_{ck}$</i>
$f_{cd} = 14.17$ N/mm ²	Resistenza di progetto a compressione del calcestruzzo <i>$f_{cd} = \alpha_{cc} * f_{ck} / \gamma_c$</i>
$\alpha_{cc} = 0.85$	Coefficiente riduttivo per le resistenze di lunga durata
$\gamma_c = 1.50$	Coefficiente parziale di sicurezza relativo al calcestruzzo
$f_{cm} = 33$ N/mm ²	Resistenza media a trazione semplice (assiale) del calcestruzzo <i>$f_{cm} = f_{ck} + 8$ [N/mm²]</i>
$E_{cm} = 31476$ N/mm ²	Modulo elastico (di Young) da assumere in sede di progettazione per il cls <i>$E_c = 22000 * (f_{cm}/10)^{0.3}$ [N/mm²]</i>
$f_{ctm} = 2.56$ N/mm ²	Resistenza media a trazione semplice (assiale) del calcestruzzo <i>$f_{ctm} = 0.30 * f_{ck}^{2/3}$ [N/mm²] per classi $\leq C50/60$ $f_{ctm} = 2.12 + \ln[1 + (f_{cm}/10)]$ [N/mm²] per classi $> C50/60$</i>
$f_{ctk,0.05} = 1.80$ N/mm ²	Valore caratteristico della resistenza a trazione del cls corrispondente al frattile 5% <i>$f_{ctk,0.05} = 0.7 * f_{ctm}$</i>
$f_{ctd,0.05} = 1.20$ N/mm ²	Valore di progetto della resistenza a trazione del cls corrispondente al frattile 5% <i>$f_{ctd,0.05} = f_{ctk,0.05} / \gamma_c$</i>
$f_{bk,0.05} = 4.04$ N/mm ²	Resistenza tangenziale caratteristica di aderenza acciaio-calcestruzzo (resistenza corrispondente al frattile 5%) <i>$f_{bk} = 2,25 * \eta * f_{ctk,0.05}$ $\eta = 1$ per barre di diametro $\phi \leq 32mm$ $\eta = (132 - \phi) / 100$ per barre di diametro superiore</i>
$f_{bd,0.05} = 2.69$ N/mm ²	Resistenza tangenziale di progetto di aderenza acciaio-calcestruzzo (resistenza cls corrispondente al frattile 5%) <i>$f_{bd} = f_{bk} / \gamma_c$</i>
$f_{ctk,0.95} = 3.33$ N/mm ²	Valore caratteristico della resistenza a trazione del cls corrispondente al frattile 95% <i>$f_{ctk,0.95} = 1.3 * f_{ctm}$</i>
$f_{ctd,0.95} = 2.22$ N/mm ²	Valore di progetto della resistenza a trazione del cls corrispondente al frattile 95% <i>$f_{ctd,0.95} = f_{ctk,0.95} / \gamma_c$</i>
$f_{bk,0.95} = 7.50$ N/mm ²	Resistenza tangenziale caratteristica di aderenza acciaio-calcestruzzo (resistenza cls corrispondente al frattile 95%) <i>$f_{bk} = 2,25 * \eta * f_{ctk,0.95}$ $\eta = 1$ per barre di diametro $\phi \leq 32mm$ $\eta = (132 - \phi) / 100$ per barre di diametro superiore</i>
$f_{bd,0.95} = 5.00$ N/mm ²	Resistenza tangenziale di progetto di aderenza acciaio-calcestruzzo (resistenza cls corrispondente al frattile 95%) <i>$f_{bd} = f_{bk} / \gamma_c$</i>
$f_{ctm} = 3.08$ N/mm ²	Valor medio della resistenza a trazione per flessione <i>$f_{ctm} = 1.2 * f_{ctm}$</i>

Calcestruzzo elevazione ($\gamma_m = 1,5$): **Classe C30/37**

PROPRIETA' MECCANICHE DEL CALCESTRUZZO	
$R_{ck} = 37$ N/mm ²	Resistenza caratteristica cubica a compressione del calcestruzzo a 28 giorni
$f_{ck} = 30$ N/mm ²	Resistenza caratteristica cilindrica del calcestruzzo <i>Anche $f_{ck} = 0.83 * R_{ck}$</i>
$f_{cd} = 17.00$ N/mm ²	Resistenza di progetto a compressione del calcestruzzo <i>$f_{cd} = \alpha_{cc} * f_{ck} / \gamma_c$</i>
$\alpha_{cc} = 0.85$	Coefficiente riduttivo per le resistenze di lunga durata
$\gamma_c = 1.50$	Coefficiente parziale di sicurezza relativo al calcestruzzo
$f_{cm} = 38$ N/mm ²	Resistenza media a trazione semplice (assiale) del calcestruzzo <i>$f_{cm} = f_{ck} + 8$ [N/mm²]</i>
$E_{cm} = 32837$ N/mm ²	Modulo elastico (di Young) da assumere in sede di progettazione per il cls <i>$E_c = 22000 * (f_{cm}/10)^{0.3}$ [N/mm²]</i>
$f_{ctm} = 2.90$ N/mm ²	Resistenza media a trazione semplice (assiale) del calcestruzzo <i>$f_{ctm} = 0.30 * f_{ck}^{2/3}$ [N/mm²] per classi $\leq C50/60$ $f_{ctm} = 2.12 + \ln[1 + (f_{cm}/10)]$ [N/mm²] per classi $> C50/60$</i>
$f_{ctk,0.05} = 2.03$ N/mm ²	Valore caratteristico della resistenza a trazione del cls corrispondente al frattile 5% <i>$f_{ctk,0.05} = 0.7 * f_{ctm}$</i>
$f_{ctd,0.05} = 1.35$ N/mm ²	Valore di progetto della resistenza a trazione del cls corrispondente al frattile 5% <i>$f_{ctd,0.05} = f_{ctk,0.05} / \gamma_c$</i>
$f_{bk,0.05} = 4.56$ N/mm ²	Resistenza tangenziale caratteristica di aderenza acciaio-calcestruzzo (resistenza corrispondente al frattile 5%) <i>$f_{bk} = 2,25 * \eta * f_{ctk,0.05}$ $\eta = 1$ per barre di diametro $\phi \leq 32mm$ $\eta = (132 - \phi) / 100$ per barre di diametro superiore</i>
$f_{bd,0.05} = 3.04$ N/mm ²	Resistenza tangenziale di progetto di aderenza acciaio-calcestruzzo (resistenza cls corrispondente al frattile 5%) <i>$f_{bd} = f_{bk} / \gamma_c$</i>
$f_{ctk,0.95} = 3.77$ N/mm ²	Valore caratteristico della resistenza a trazione del cls corrispondente al frattile 95% <i>$f_{ctk,0.95} = 1.3 * f_{ctm}$</i>
$f_{ctd,0.95} = 2.51$ N/mm ²	Valore di progetto della resistenza a trazione del cls corrispondente al frattile 95% <i>$f_{ctd,0.95} = f_{ctk,0.95} / \gamma_c$</i>
$f_{bk,0.95} = 8.47$ N/mm ²	Resistenza tangenziale caratteristica di aderenza acciaio-calcestruzzo (resistenza cls corrispondente al frattile 95%) <i>$f_{bk} = 2,25 * \eta * f_{ctk,0.95}$ $\eta = 1$ per barre di diametro $\phi \leq 32mm$ $\eta = (132 - \phi) / 100$ per barre di diametro superiore</i>
$f_{bd,0.95} = 5.65$ N/mm ²	Resistenza tangenziale di progetto di aderenza acciaio-calcestruzzo (resistenza cls corrispondente al frattile 95%) <i>$f_{bd} = f_{bk} / \gamma_c$</i>
$f_{ctm} = 3.48$ N/mm ²	Valor medio della resistenza a trazione per flessione <i>$f_{ctm} = 1.2 * f_{ctm}$</i>

- Acciaio ordinario per elementi in c.a. ($\gamma_m = 1,15$): **B450C**

PROPRIETA' MECCANICHE DELL'ACCIAIO	
$f_{y\text{nom}} = 450 \text{ N/mm}^2$	Valore nominale della tensione di snervamento (frattile 5%)
$f_{t\text{nom}} = 540 \text{ N/mm}^2$	Valore nominale della tensione di rottura (frattile 5%)
$f_{yk} \geq f_{y\text{nom}}$	Tensione caratteristica di snervamento (frattile 5%)
$f_{tk} \geq f_{t\text{nom}}$	Tensione caratteristica di rottura (frattile 5%)
$f_{yd} = 3913 \text{ daN/cm}^2$	Resistenza di calcolo dell'acciaio $f_{yd} = f_{yk}/\gamma_s$
$\gamma_s = 1,50$	Coefficiente parziale di sicurezza
$E_s = 2000000 \text{ daN/cm}^2$	Modulo elastico (di Young) dell'acciaio
$1,15 \leq (f_t/f_y)_k \leq 1,35$	Rapporti di duttilità (frattile 10%)
$(A_{gt})_k \geq 7,5\%$	Allungamento (frattile 10%)

4.2 Elementi in carpenteria metallica

Acciaio per carpenteria:

Materiale:	S275J0 per ambienti esterni
Tensione di rottura a trazione:	$f_t = 430 \text{ MPa}$
Tensione di snervamento:	$f_y = 275 \text{ MPa}$

Collegamenti bullonati:

Classe vite:	8.8
Tensione di rottura:	$f_{u,b} = 800 \text{ MPa}$
Tensione di snervamento:	$f_{y,b} = 640 \text{ MPa}$

modulo elastico	$E = 210.000 \text{ N/mm}^2$
modulo di elasticità trasversale	$G = E / [2 (1 + \nu)] \text{ N/mm}^2$
coefficiente di Poisson	$\nu = 0,3$
coefficiente di espansione termica lineare (per temperature fino a 100 °C)	$\alpha = 12 \times 10^{-6} \text{ per } ^\circ\text{C}^{-1}$
Densità	$\rho = 7850 \text{ kg/m}^3$

Le rispettive resistenze di calcolo saranno valutate di volta in volta a seconda della verifica trattata.

COEFFICIENTI DI SICUREZZA PER STRUTTURE IN ACCIAIO (NTC 18)

Coefficiente di sicurezza parziale per i materiali:

resistenza delle sezioni di classe 1-2-3-4	$\gamma_{M0} = 1.05$
resistenza all'instabilità delle membrature	$\gamma_{M1} = 1.05$
resistenza, rispetto alla frattura, delle sezioni tese (indebolite dai fori)	$\gamma_{M2} = 1.25$

Coefficiente di sicurezza parziale per i collegamenti:

resistenza bulloni	$\gamma_{M2} = 1.25$
resistenza saldature a cordone d'angolo	$\gamma_{M2} = 1.25$
resistenza dei piatti a contatto	$\gamma_{M2} = 1.25$

4.3 Durabilità strutturale elementi in c.a.

4.3.1 Classe di esposizione

La durabilità di un'opera dipende dalle condizioni ambientali e dalle azioni di tipo chimico-fisiche che possono interessare gli elementi strutturali nell'arco della vita utile della struttura. Tali azioni, non prese in conto nell'analisi strutturale, richiedono un'opportuna scelta del materiale strutturale ed adeguate disposizioni costruttive.

Il requisito di durabilità si ritiene soddisfatto quando la struttura, per il periodo di vita previsto, è in grado di assolvere le sue funzioni senza limitazioni d'uso essendo soggetta solo a manutenzione ordinaria.

Per ottenere strutture durabili la EN 206-1:2001 (indicata esplicitamente dalle NTC18) richiede che siano soddisfatti i seguenti criteri per i componenti realizzati in c.a.:

- classificazione degli elementi strutturali in idonee classi di esposizione;
- impiego di calcestruzzo di adeguata composizione;
- protezione dell'armatura metallica

Le condizioni ambientali prevalenti degli elementi strutturali e le tipologie di calcestruzzi sono riportate nelle seguenti tabelle:

- Calcestruzzo fondazione

CLASSI DI ESPOSIZIONE (UNI-EN 206-1:2006)						
Ambiente	classe di esposizione	Min Classe di Resistenza	Max rapporto a/c	Min contenuto di aria [%]	Dosaggio minimo cemento [kg/m ³]	Condizioni ambientali
Assenza di rischio di corrosione o attacco	-	-	-	-	-	-
Corrosione indotta da carbonatazione	XC2	C25/30	0.6	-	280	Ordinarie
Corrosione indotta da cloruri esclusi quelli provenienti dall'acqua di mare	-	-	-	-	-	-
Corrosione indotta da cloruri presenti nell'acqua di mare	-	-	-	-	-	-
Attacco dei cicli di gelo/disgelo con o senza disgelanti	-	-	-	-	-	-
Attacco chimico	-	-	-	-	-	-

- Calcestruzzo elevazione

CLASSI DI ESPOSIZIONE (UNI-EN 206-1:2006)						
Ambiente	classe di esposizione	Min Classe di Resistenza	Max rapporto a/c	Min contenuto di aria [%]	Dosaggio minimo cemento [kg/m ³]	Condizioni ambientali
Assenza di rischio di corrosione o attacco	-	-	-	-	-	-
Corrosione indotta da carbonatazione	XC3	C30/37	0.55	-	320	Ordinarie
Corrosione indotta da cloruri esclusi quelli provenienti dall'acqua di mare	-	-	-	-	-	-
Corrosione indotta da cloruri presenti nell'acqua di mare	-	-	-	-	-	-
Attacco dei cicli di gelo/disgelo con o senza disgelanti	-	-	-	-	-	-
Attacco chimico	-	-	-	-	-	-

4.3.2 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 quanto indicato nella tabella C4.1.IV della Circolare 2019, riportata di seguito, nella quale sono distinte le tre condizioni ambientali di Tabella 4.1.III delle NTC.

I valori della Tabella C4.1.IV si riferiscono a costruzioni con vita nominale di 50 anni (Tipo 2 secondo la Tabella 2.4.I delle NTC). Per costruzioni con vita nominale di 100 anni (Tipo 3 secondo la citata Tabella 2.4.I) i valori della Tabella C4.1.IV vanno aumentati di 10 mm

			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	
Cmin	Co	ambiente	C \geq Co	Cmin \leq C<Co	C \geq Co	Cmin \leq C<Co	C \geq Co	Cmin \leq C<Co	C \geq Co	Cmin \leq C<Co
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

Ai valori riportati nella tabella vanno aggiunte le tolleranze di posa, pari a 10 mm.

Si riportano di seguito i copriferri adottati, determinati in funzione della classe del cls e delle condizioni ambientali.

	ambiente	Copriferro minimo	Tolleranza di posa	Vita Nominale	Copriferro nominale
Travi	Ordinario	25	10	10	45
Pilastrati	Ordinario	25	10	10	45
Fondazioni	Ordinario	25	10	10	45

4.3.2.1 Ampiezza massima delle fessure

Condizioni di aggressività per i vari tipi di opere e limiti di apertura delle fessure

Secondo le prescrizioni delle NTC 2018, Tab. 4.1.III.

CONDIZIONI AMBIENTALI	CLASSE DI ESPOSIZIONE
Ordinarie	XC0, XC1, XC2, XC3, XF1
Aggressive	XC4, XD1, XS1, XA1, XA2, XF2, XF3
Molto aggressive	XD2, XD3, XS2, XS3, XA3, XF4

Condizioni di aggressività per opere di fondazione ed in elevazione

Per la classe XC2 delle fondazioni ricadiamo in **condizioni ordinarie**.

Per la classe XC3 delle elevazioni dei pilastri e travi ricadiamo in **condizioni ordinarie**.

In relazione al MdP “RFI DTC SI PS MA IFS 001 E” §2.5.1.8.3.2.4 avendo armature poco sensibili si ha:

Per le fondazioni:

Limite di apertura delle fessure per Combinazione di azioni rara $\delta \leq w_1 = 0.2 \text{ mm}$

Per le elevazioni (pilastri e le travi):

Limite di apertura delle fessure per Combinazione di azioni rara $\delta \leq w_2 = 0.3 \text{ mm}$

4.3.2.2 Valori limite delle tensioni

Tensioni di compressione del calcestruzzo

Devono essere rispettati i seguenti limiti per le tensioni di compressione nel calcestruzzo:

- Per combinazione di carico caratteristica (rara): 0,55 fck;
- Per combinazioni di carico quasi permanente: 0,40 fck ;

Tensioni di trazione nell'acciaio

Per le armature ordinarie, la massima tensione di trazione sotto la combinazione di carico caratteristica (rara) non deve superare 0,75 fyk.

4.4 Durabilità elementi in carpenteria metallica

La durabilità di una struttura in carpenteria metallica, deve assicurare il mantenimento nel tempo della geometria e delle caratteristiche dei materiali della struttura affinché questa conservi inalterata la sua funzionalità, aspetto estetico e resistenza.

Al fine di garantire tale persistenza, date le caratteristiche di esposizione della struttura (struttura posta all'esterno) e l'oggettiva difficoltà di manutenzione stante la posizione in quota, **i profilati metallici dovranno essere zincati a caldo secondo le procedure di cui alla UNI EN ISO 1461 e UNI EN ISO 1179.**

La struttura sarà pertanto del tipo “sicuramente protetta dalla corrosione”.

Le unioni in cantiere potranno essere esclusivamente del tipo bullonato. Il direttore dei lavori potrà eventualmente autorizzare saldature in opera purchè siano presi tutti gli accorgimenti per garantire la riuscita dell'intervento e la sua protezione dalla corrosione.

5 INQUADRAMENTO GEOTECNICO

La stratigrafia dei terreni con i quali la struttura interagisce è stata determinata in base al profilo geotecnico di Pietra Ligure (documento L371 00 D26 F5 GE0005 003A) e alla relazione geotecnica della tratta Finale Ligure – Andora, relativa alle tratte all'aperto (documento L371 00 D26 RB GE0005 001A).

L'area di Borghetto S. Spirito è caratterizzata dalla presenza delle valli del torrente Varatello e del rio del Castellaro, ove i sondaggi geognostici non raggiungono il substrato litoide. Esso è stato individuato nella porzione occidentale della galleria artificiale Pineland: si tratta della porzione alterata ed allentata delle Quarziti di Ponte Nava che si presentano in foro di sondaggio spesso completamente destrutturate come sabbia ghiaioso-limosa.

Per la stratigrafia si fa riferimento al sondaggio BH18 Imprefond 2001 (p.c. 14.80 m)

UNITÀ 1

Terreno vegetale e materiale di riporto eterogeneo composto generalmente da sabbia e ghiaia da debolmente limosa a limosa, di colore variabile da marrone rossastro a grigio verdastro. Si rinvencono saltuariamente frammenti di laterizi, materiale organico e plastico, clasti litoidi maggiori di 10cm. Lo spessore di questa unità è pari a circa 0.50 m dal p.c.

UNITÀ 2

Ghiaia eterometrica sabbiosa localmente limosa, sabbia e ghiaia in matrice limosa (presenza anche ciottoli $\phi_{max}=7\div 8cm$), di colore marrone da mediamente addensata ad addensata, costituita da clasti poligenici angolari. Presenza di trovanti litoidi poligenici generalmente silicatici di $\phi\approx 5\div 10cm$.

Sabbia da media a grossolana, sabbia limosa debolmente ghiaiosa e saltuariamente limi sabbioso-ghiaiosi, di colore marrone giallastro talvolta grigio, da debolmente a molto addensata.

Lo spessore di questo strato si estende per circa 9.50m.

UNITÀ 3

Limi da debolmente sabbiosi a con sabbia, localmente ghiaioso-sabbiosi, di colore giallastro, da mediamente consistente a consistente.

UNITÀ 4

Limo argilloso, argilla e limo, limo argilloso da sabbioso a con sabbia, di colore ocre giallastro o grigio, da consistente ad estremamente consistente.

SUBSTRATO LITOIDE

DOLOMIE DI SAN PIETRO DEI MONTI (SPM): Dolomie calcaree e calcari dolomitici (Ladinico - Anisico).

QUARZITI DI PONTE DI NAVA (PDN alt.): alterate ed allentate (in carota di sondaggio si presentano spesso completamente destrutturate).

QUARZITI DI PONTE DI NAVA (PDN): quarziti biancastre e verdoline, in strati e banchi, a volte scistose e cloritiche, con intercalazioni di peliti verso la sommità (Scitico).

- Parametri geotecnici medi operativi unita' terre

	γ [kN/m ³]	c_u [kPa]	c' [kPa]	ϕ' [°]	E' [MPa]	ν	OCR
Unità 1	19.5	-	0	23÷28	10÷30	0.3	-
Unità 2	20.5	-	0÷10	28÷35	30÷50	0.3	-

Unità 3	20.0	50÷200	2÷20	25÷28	8÷20	0.3 (*)	3÷5
Unità 4	19.5	50÷150	5÷10	23÷26	10÷15	0.3 (*)	2÷4

La falda è considerata a -7.00m dal p.c.

Poiché la quota di imposta delle fondazioni si attesterà almeno a quota +14.50 m s.l.m. le fondazioni risiederanno in pratica entro l'unità 2.

6 ANALISI DEI CARICHI

Per le analisi dei carichi si è fatto riferimento al D.M. 17.01.2018.

6.1 Pesi propri

Il peso proprio delle strutture di elevazione in c.a. è imputato alla struttura direttamente dal programma di calcolo utilizzato assumendo un peso specifico per il cemento armato pari a 25.00 kN/m³.

6.2 Carichi permanenti portati

I carichi permanenti e variabili applicati alla struttura sono quelli dovuti a:

Solaio copertura (cat. H) – carico tipo 1

- Peso proprio solaio	3.80 kN/mq
- massetto pendenze	1,10 kN/mq
- impermeabilizzazione	0,10 kN/mq
- intonaco inferiore	0,20 kN/mq
TOTALE PESO PROPRIO	3.80 kN/mq
TOTALE PERMANENTI	1,50 kN/mq

Tettoia metallica (cat. H) – carico tipo 2

- Peso proprio orditure secondarie	0.10 kN/mq
- Peso proprio pannello superiore	0,20 kN/mq
- Peso proprio pannello inferiore	0,10 kN/mq
TOTALE PESO PROPRIO	0,10 kN/mq
TOTALE PERMANENTI	0,30 kN/mq

6.2.1 Tamponamenti esterni

La tamponatura esterna verrà realizzata in blocchi in laterizio forato porizzato tipo Poroton P800 o similare di spessore 40 cm intonacato su entrambi i paramenti interno ed esterno.

Il peso complessivo della parete è pari a $0.40 \times 8.60 = 3,44$ kN/mq a cui vanno aggiunti gli strati di intonaco interno ed esterno di peso pari a 0.30 kN/mq per un totale di 3,74/mq. Si applicherà un carico di 4,00 kN/mq.

Tale carico viene dal programma di calcolo moltiplicato per l'altezza del pannello di tamponatura per ottenere un carico uniformemente ripartito sulla lunghezza della tamponatura.

I blocchi portanti si assumono avere le seguenti caratteristiche meccaniche, utili per le verifiche degli elementi secondari:

CARATTERISTICHE DEI BLOCCHI	
Range di spessori in produzione	20 ÷ 45 (cm)
Classificazione del blocco	semipieno
Peso specifico apparente del blocco	~ 800 ÷ 860 (kg/m ³)
Percentuale di foratura, ϕ	≤ 45%
Resistenza caratteristica in direzione dei carichi verticali, f_{bk}	> 8,0 (N/mm ²)
Res. caract. in dir. ortogonale ai carichi verticali e nel piano del muro, $f_{bk} > 1,5$	(N/mm ²)

MALTE PER MURATURA

E' previsto l'impiego di malta a prestazione garantita del tipo M10:

Tab. 11.10.II - Classi di malte a prestazione garantita

Classe	M 2,5	M 5	M 10	M 15	M 20	M d
Resistenza a compressione N/mm ²	2,5	5	10	15	20	d

d è una resistenza a compressione maggiore di 25 N/mm² dichiarata dal fabbricante

PARAMETRI MECCANICI CARATTERISTICI DELLA MURATURA

In sede di progetto il valore di resistenza caratteristica a compressione della muratura f_k può essere dedotto dalla resistenza a compressione degli elementi e dalla classe di appartenenza della malta tramite la Tabella 11.10.VI delle NTC 2018.

Tab. 11.10.VI - Valori di f_k per murature in elementi artificiali pieni e semipieni (valori in N/mm²)

Resistenza caratteristica a compressione f_{bk} dell'elemento N/mm ²	Tipo di malta			
	M15	M10	M5	M2,5
2,0	1,2	1,2	1,2	1,2
3,0	2,2	2,2	2,2	2,0
5,0	3,5	3,4	3,3	3,0
7,5	5,0	4,5	4,1	3,5
10,0	6,2	5,3	4,7	4,1
15,0	8,2	6,7	6,0	5,1
20,0	9,7	8,0	7,0	6,1
30,0	12,0	10,0	8,6	7,2
40,0	14,3	12,0	10,4	-

$$f_k = 4.60 \text{ Mpa}$$

Per le finalità di questo paragrafo, per le murature formate da elementi artificiali pieni o semipieni, il valore della resistenza caratteristica a taglio f_{vk0} è dedotto dalla resistenza a compressione degli elementi tramite la Tabella 11.10.VIII delle NTC 2018

Tab. 11.10.VIII - Resistenza caratteristica a taglio in assenza di tensioni normali f_{vk0} (valori in N/mm²)

Elementi per muratura	f_{vk0} (N/mm ²)		
	Malta ordinaria di classe di resistenza data	Malta per strati sottili (giunto orizzontale $\geq 0,5 \text{ mm}$ e $\leq 3 \text{ mm}$)	Malta alleggerita
Laterizio	M10 - M20	0,30	0,30*
	M2,5 - M9	0,20	
	M1 - M2	0,10	
Silicato di calcio	M10 - M20	0,20	0,20**
	M2,5 - M9	0,15	
	M1 - M2	0,10	
Calcestruzzo vibrocompresso Calcestruzzo areato autoclavato Pietra artificiale e pietra naturale a massello	M10 - M20	0,20	0,20**
	M2,5 - M9	0,15	
	M1 - M2	0,10	

* valore valido per malte di classe M10 o superiore e resistenza dei blocchi $f_{bi} \geq 5.0 \text{ N/mm}^2$

** valore valido per malte di classe M5 o superiore e resistenza dei blocchi $f_{bi} \geq 3.0 \text{ N/mm}^2$

$$f_{vk0} = 0.30 \text{ Mpa}$$

Analogamente i moduli secanti di elasticità a flessione taglio sono definiti dalla Normativa.
 modulo di elasticità normale secante $E = 1000 f_k = 4600 \text{ Mpa}$
 modulo di elasticità tangenziale secante $G = 0.4 E = 1840 \text{ MPa}$

RESISTENZE DI PROGETTO DELLA MURATURA

La resistenza di progetto a compressione utilizzata per le verifiche dei tamponamenti vale:

$$f_d = f_k / \gamma_M$$

dove

f_k è la resistenza caratteristica a compressione della muratura.

Nella fattispecie si ipotizza una classe di esecuzione 2 e si assunto una muratura con elementi resistenti di categoria I per cui:

$$\gamma_M = 2.5$$

Tab. 4.5.II. Valori del coefficiente γ_M in funzione della classe di esecuzione e della categoria degli elementi resistenti

Materiale	Classe di esecuzione	
	1	2
Muratura con elementi resistenti di categoria I, malta a prestazione garantita	2,0	2,5
Muratura con elementi resistenti di categoria I, malta a composizione prescritta	2,2	2,7
Muratura con elementi resistenti di categoria II, ogni tipo di malta	2,5	3,0

Per cui: $f_d = 4.60/2.5 = 1.84$ MPa

6.3 Azioni variabili

6.3.1 Azioni variabili verticali da destinazione d'uso

I carichi variabili comprendono i carichi legati alla destinazione d'uso dell'opera; i modelli di tali azioni possono essere costituiti da:

- carichi verticali uniformemente distribuiti q_k [kN/m²],
- carichi verticali concentrati Q_k [kN].
- carichi orizzontali lineari H_k [kN/m]

I valori nominali e/o caratteristici q_k , Q_k ed H_k sono riportati nella Tab. 3.1.II della [3]. Tali valori sono comprensivi degli effetti dinamici ordinari, purché non vi sia rischio di risonanza delle strutture.

I carichi verticali concentrati Q_k formano oggetto di verifiche locali distinte e non vanno sovrapposti ai corrispondenti carichi verticali ripartiti; essi devono essere applicati su impronte di carico appropriate all'utilizzo ed alla forma dell'orizzontamento.

Dal paragrafo 3.1.4 del D.M. '18, nel caso di specie si ha una sola tipologia di carico di esercizio:

- Solai di copertura

Solai interni e copertura

Cat.	Ambienti	q_k [KN/m ²]	Q_k [KN]	H_k [KN/m]
H	Cat. H Coperture accessibili per sola manutenzione e riparazione	0.50	1.20	1.00

6.3.2 Azioni variabili: vento

Il vento, la cui direzione si considera generalmente orizzontale, esercita sulle costruzioni azioni che variano nel tempo e nello spazio provocando, in generale, effetti dinamici.

Per le costruzioni usuali tali azioni sono convenzionalmente ricondotte alle azioni statiche equivalenti definite al § 3.3.3 delle NTC18.

VELOCITÀ BASE DI RIFERIMENTO

La velocità base di riferimento v_b è il valore medio su 10 minuti, a 10 m di altezza sul suolo su un terreno pianeggiante e omogeneo di categoria di esposizione II (vedi Tab. 3.3.II), riferito ad un periodo di ritorno $T_R = 50$ anni.

In mancanza di specifiche ed adeguate indagini statistiche, v_b è data dall'espressione:

$$v_b = v_{b,0} \cdot c_r$$

$v_{b,0}$ è la velocità base di riferimento al livello del mare, assegnata nella Tab. 3.3.I delle NTC18 in funzione della zona in cui sorge la costruzione;

c_r è il coefficiente di altitudine fornito dalla relazione:

$$c_a = 1 \quad \text{per } a_s \leq a_0$$

$$c_a = 1 + k_a \left(\frac{a_s}{a_0 - 1} \right) \quad \text{per } a_0 \leq a_s \leq 1500 \text{ m}$$

dove:

a_0, k_s sono parametri forniti nella Tab. 3.3.I in funzione della zona in cui sorge la costruzione (Fig. 3.3.1);

a_s è l'altitudine sul livello del mare del sito ove sorge la costruzione.

Tab. 3.3.I - Valori dei parametri $v_{b,0}, a_0, k_s$

Zona	Descrizione	$v_{b,0}$ [m/s]	a_0 [m]	k_s
1	Valle d'Aosta, Piemonte, Lombardia, Trentino Alto Adige, Veneto, Friuli Venezia Giulia (con l'eccezione della provincia di Trieste)	25	1000	0,40
2	Emilia Romagna	25	750	0,45
3	Toscana, Marche, Umbria, Lazio, Abruzzo, Molise, Puglia, Campania, Basilicata, Calabria (esclusa la provincia di Reggio Calabria)	27	500	0,37
4	Sicilia e provincia di Reggio Calabria	28	500	0,36
5	Sardegna (zona a oriente della retta congiungente Capo Teulada con l'Isola di Maddalena)	28	750	0,40
6	Sardegna (zona a occidente della retta congiungente Capo Teulada con l'Isola di Maddalena)	28	500	0,36
7	Liguria	28	1000	0,54
8	Provincia di Trieste	30	1500	0,50
9	Isole (con l'eccezione di Sicilia e Sardegna) e mare aperto	31	500	0,32

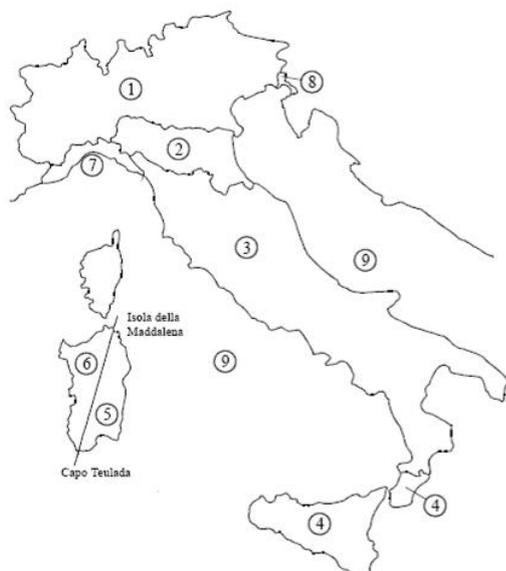


Figura 3.3.1 – Mappa delle zone in cui è suddiviso il territorio italiano

VELOCITÀ DI RIFERIMENTO

La velocità di riferimento v_r è il valore medio su 10 minuti, a 10 m di altezza dal suolo su un terreno pianeggiante e omogeneo di categoria di esposizione II (vedi Tab. 3.3.II), riferito al periodo di ritorno di progetto T_R . Tale velocità è definita dalla relazione:

$$v_b = v_{b,0} \cdot c_r$$

dove

v_b è la velocità base di riferimento, di cui al § 3.3.1 delle NTC18;

c_r è il coefficiente di ritorno, funzione del periodo di ritorno di progetto T_R .

In mancanza di specifiche e adeguate indagini statistiche, il coefficiente di ritorno è fornito dalla relazione:

$$c_r = 0.75 \sqrt{1 - 0.2 \ln \left[-\ln \left(1 - \frac{1}{T_R} \right) \right]}$$

dove T_R è il periodo di ritorno espresso in anni.

Si assumerà $T_R = 75$ anni, cui corrisponde $c_r = 1.04$.

AZIONI STATICHE EQUIVALENTI

Le azioni del vento sono costituite da pressioni e depressioni agenti normalmente alle superfici, sia esterne che interne, degli elementi che compongono la costruzione.

PRESSIONE DEL VENTO

La pressione del vento è data dall'espressione:

$$p = q_r c_e c_p c_d$$

dove

q_r è la pressione cinetica di riferimento;

c_e è il coefficiente di esposizione;

c_p è il coefficiente di pressione;

c_d è il coefficiente dinamico.

PRESSIONE CINETICA DI RIFERIMENTO

La pressione cinetica di riferimento q_r è data dall'espressione:

$$q_r = \frac{1}{2} \rho \cdot v_r^2$$

dove

v_r è la velocità di riferimento del vento;

ρ è la densità dell'aria assunta convenzionalmente costante e pari a 1,25 kg/m³.

Esprimendo ρ in kg/m³ e v_r in m/s, q_r risulta espresso in N/m².

COEFFICIENTE DI ESPOSIZIONE

Il coefficiente di esposizione c_e dipende dall'altezza z sul suolo del punto considerato, dalla topografia del terreno e dalla categoria di esposizione del sito ove sorge la costruzione. In assenza di analisi specifiche che tengano in conto la direzione di provenienza del vento e l'effettiva scabrezza e topografia del terreno che circonda la costruzione, per altezze sul suolo non maggiori di $z = 200$ m, esso è dato dalla formula:

$$c_e(z) = k_r^2 \ln\left(\frac{z}{z_0}\right) \left[7 + \ln\left(\frac{z}{z_0}\right) \right] \quad \text{per } z > z_{\min}$$

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

dove

k_r , z_0 , z_{\min} sono assegnati in Tab. 3.3.II in funzione della categoria di esposizione del sito ove sorge la costruzione;

c_t è il coefficiente di topografia.

Tab. 3.3.II - Parametri per la definizione del coefficiente di esposizione

Categoria di esposizione del sito	K_r	z_0 [m]	z_{\min} [m]
I	0,17	0,01	2
II	0,19	0,05	4
III	0,20	0,10	5
IV	0,22	0,30	8
V	0,23	0,70	12

La categoria di esposizione è assegnata in funzione della posizione geografica del sito ove sorge la costruzione e della classe di rugosità del terreno definita in Tab. 3.3.III.

Tab. 3.3.III - Classi di rugosità del terreno

Classe di rugosità del terreno	Descrizione
A	Aree urbane in cui almeno il 15% della superficie sia coperto da edifici la cui altezza media superi i 15 m
B	Aree urbane (non di classe A), suburbane, industriali e boschive
C	Aree con ostacoli diffusi (alberi, case, muri, recinzioni,...); aree con rugosità non riconducibile alle classi A, B, D
D	a) Mare e relativa fascia costiera (entro 2 km dalla costa); b) Lago (con larghezza massima pari ad almeno 1 km) e relativa fascia costiera (entro 1 km dalla costa) c) Aree prive di ostacoli o con al più rari ostacoli isolati (aperta campagna, aeroporti, aree agricole, pascoli, zone paludose o sabbiose, superfici innevate o ghiacciate,)

L'assegnazione della classe di rugosità non dipende dalla conformazione orografica e topografica del terreno. Si può assumere che il sito appartenga alla Classe A o B, purché la costruzione si trovi nell'area relativa per non meno di 1 km e comunque per non meno di 20 volte l'altezza della costruzione, per tutti i settori di provenienza del vento ampi almeno 30°. Si deve assumere che il sito appartenga alla Classe D, qualora la costruzione sorga nelle aree indicate con le lettere a) o b), oppure entro un raggio di 1 km da essa vi sia un settore ampio 30°, dove il 90% del terreno sia del tipo indicato con la lettera c). Laddove sussistano dubbi sulla scelta della classe di rugosità, si deve assegnare la classe più sfavorevole (l'azione del vento è in genere minima in Classe A e massima in Classe D).

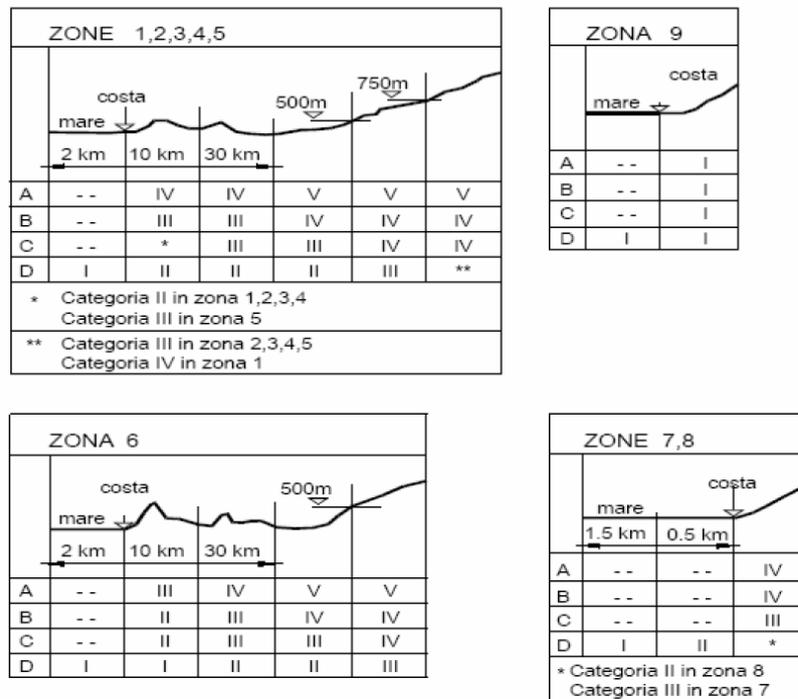


Fig. 3.3.2 - Definizione delle categorie di esposizione

COEFFICIENTI AERODINAMICI

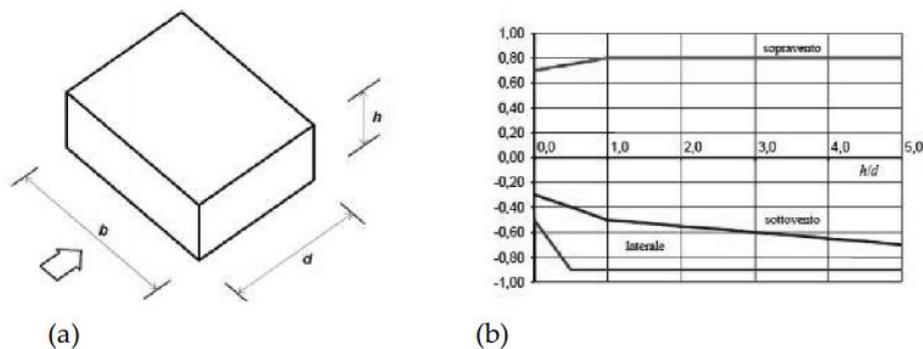
Il coefficiente di pressione c_p dipende dalla tipologia e dalla geometria della costruzione e dal suo orientamento rispetto alla direzione del vento.

Il coefficiente d'attrito c_f dipende dalla scabrezza della superficie sulla quale il vento esercita l'azione tangente.

EDIFICI A PIANTA RETTANGOLARE CON COPERTURE PIANE, A FALDE, INCLINATE E CURVILINEE

Per la valutazione della pressione esterna si assumeranno gli schemi di seguito riportati per edifici a pianta rettangolare con copertura inclinata come l'edificio del caso di specie.

Pareti verticali i coefficienti globali c_{pe} da assumere sulle pareti di un edificio a pianta rettangolare sono riportati in Figura C3.3.2 e in Tabella C3.3.I delle Circolari delle NTC2018



a) Parametri caratteristici di edifici a pianta rettangolare,

b) Edifici a pianta rettangolare: c_{pe} per facce sopravvento, sottovento e laterali

Figura C3.3.2

Tabella C3.3.I: Edifici a pianta rettangolare: c_{pe} per facce sopravvento, sottovento e laterali

Faccia sopravvento	$C_U = 2,0$	$C_U = 1,5$
$h/d \leq 1: c_{pe} = 0,7 + 0,1 \cdot h/d$	$h/d \leq 0,5: c_{pe} = -0,5 - 0,8 \cdot h/d$	$h/d \leq 1: c_{pe} = -0,3 - 0,2 \cdot h/d$
$h/d > 1: c_{pe} = 0,8$	$h/d > 0,5: c_{pe} = -0,9$	$1 < h/d \leq 5: c_{pe} = -0,5 - 0,05 \cdot (h/d - 1)$

COEFFICIENTE DINAMICO

Il coefficiente dinamico tiene conto degli effetti riduttivi associati alla non contemporaneità delle massime pressioni locali e degli effetti amplificativi dovuti alla risposta dinamica della struttura.

Esso può essere assunto cautelativamente pari ad 1 nelle costruzioni di tipologia ricorrente, quali gli edifici di forma regolare non eccedenti 80 m di altezza ed i capannoni industriali.

In base a quanto detto qui sopra **nel caso di specie** si ha:

$$v_{b,0} = 28 \text{ m/s} \quad \text{per } a_s = 15 \text{ m} < a_0 = 1000 \text{ m}$$

$$c_a = 1.00$$

$$c_r = 1.04$$

$$v_r = v_b \cdot c_r = 29.12 \text{ m/s}$$

$$q_b = 526.7 \text{ N/m}^2$$

c_e coefficiente di esposizione, funzione dell'altezza z del fabbricato, della rugosità e topografia del terreno e dell'esposizione del sito mediante la relazione

$$c_e(z) = k_r^2 \ln\left(\frac{z}{z_0}\right) \left[7 + \ln\left(\frac{z}{z_0}\right) \right] \quad \text{per } z > z_{\min}$$

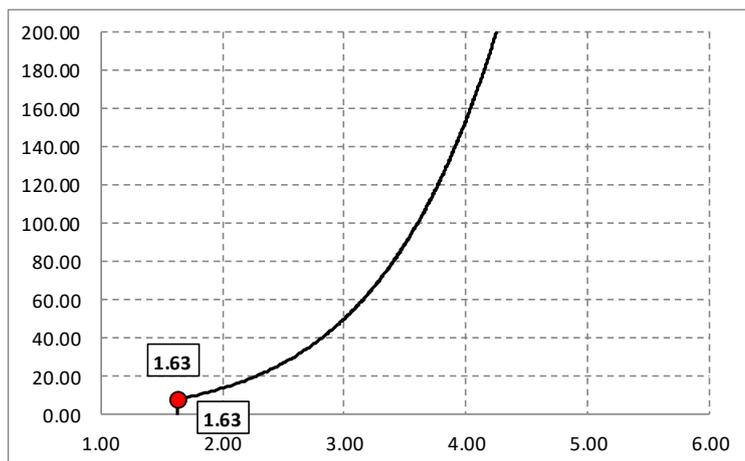
$$c_e(z) = c_e(z_{\min}) \quad \text{per } z \leq z_{\min}$$

essendo c_t il coefficiente di topografia posto pari ad 1.

Per l'edificio in oggetto si ha:

Zona di Vento: I
 Classe di rugosità B
 Categoria di esposizione IV
 $k_r = 0.22$ $z_0 = 0.30 \text{ m}$ $z_{\min} = 8 \text{ m}$

L'altezza massima dal suolo dell'edificio è pari a circa $z = 5.40 < z_{\min}$ per cui il coefficiente di esposizione c_e assume il valore costante pari a $c_e = 1.63$.

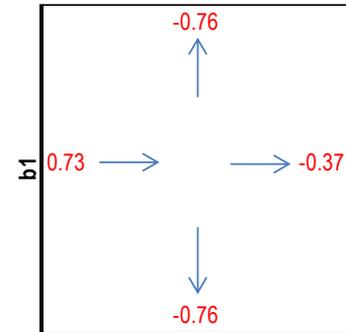


Tenendo conto della geometria in pianta dell'edificio per il coefficiente aerodinamico globale si ha:

Configurazione rettangolare 1
Vento in direzione x

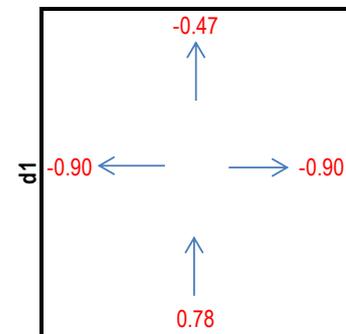
Dimensione della faccia perpendicolare al vento	b_1	=	6.60	m
Dimensione della faccia parallela al vento	d_1	=	17.15	m
Altezza del volume 1	h_1	=	5.58	m
Rapporto h_1/d_1	h_1/d_1	=	0.33	-

Coefficiente di pressione per la faccia sopravvento	$C_{pe,x,1}$	=	0.73	-
Coefficiente di pressione per le facce laterali	$C_{pe,y,1}$	=	-0.76	-
Coefficiente di pressione per la faccia sottovento	$C'_{pe,x,1}$	=	-0.37	-


Vento in direzione y

Dimensione della faccia perpendicolare al vento	b_1	=	17.15	m
Dimensione della faccia parallela al vento	d_1	=	6.60	m
Altezza del volume 1	h_1	=	5.58	m
Rapporto h_1/d_1	h_1/d_1	=	0.85	-

Coefficiente di pressione per la faccia sopravvento	$C_{pe,y,1}$	=	0.78	-
Coefficiente di pressione per le facce laterali	$C_{pe,x,1}$	=	-0.90	-
Coefficiente di pressione per la faccia sottovento	$C'_{pe,y,1}$	=	-0.47	-



Sviluppando la superficie perimetrale complessiva del piano terra ed applicando l'azione del vento nelle due direzioni orizzontali principali in pianta X e Y (assunte pari alle dimensioni di ingresso del sisma) si ha:

$$\text{Vento X} = [6.60 \times 5.40 \times 1.63 \times 526.7 \times (0.73+0.37)]/1000 = 33.6 \text{ kN}$$

$$\text{Vento Y} = [17.15 \times 5.40 \times 1.63 \times 526.7 \times (0.78+0.47)]/1000 = 99.38 \text{ kN}$$

I valori di forza orizzontale calcolati sopra risultano di molto inferiori ai valori di tagliante sismico alla base dell'edificio determinati dal programma di calcolo:

VARIAZIONI MASSE E RIGIDENZE DI PIANO															
				DIREZIONE X						DIREZIONE Y					
Piano N.ro	Quota (m)	Peso (t)	Variaz. (%)	Tagliante Comb.(t)	Tagliante modale(t)	Spost. (mm)	Klat. (t/m)	Variaz (%)	Teta	Tagliante Comb.(t)	Tagliante modale(t)	Spost. (mm)	Klat. (t/m)	Variaz (%)	Teta
1	5.58	105.21	0.0	27.65	27.47	9.06	3032	0.0	0.014	28.79	28.78	5.37	5359	0.0	0.009

Tagliante X = 276.5 kN

Tagliante Y = 287.9 kN

Ne consegue che l'azione del vento può essere omessa nel modello di calcolo globale ed utilizzata per la verifica dei soli elementi non strutturali (facciate).

6.3.3 Azioni variabili: neve

Le azioni della neve sono definite al capitolo 3.4 delle NTC2018. Il carico provocato dalla neve sulle coperture è definito dall'espressione seguente:

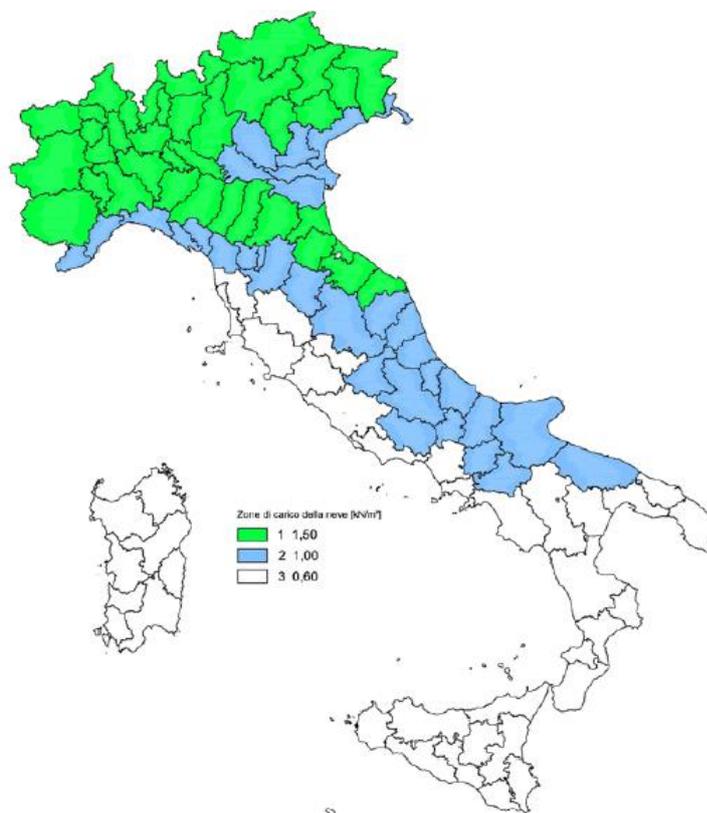
Carico da neve sulla copertura = $q_s = \mu_i C_e C_t q_{sk}$

dove:

- μ_i - Coefficiente di forma della copertura;
- C_e - Coefficiente di esposizione;
- C_t - Coefficiente termico;
- q_{sk} - Valore di riferimento del carico neve al suolo.

L'altitudine di riferimento a_s è la quota del suolo sul livello del mare nel sito di realizzazione dell'edificio. Il carico neve al suolo viene valutato, per provincia e per altitudini minori di 1500 m, in base alle espressioni nel seguito riportate, cui corrispondono valori associati ad un periodo di ritorno pari a 50 anni.

Nel caso in esame fa' riferimento ad un sito in Zona II a 30 m s.l.m.



Valore caratteristico di riferimento del carico neve al suolo per un periodo di riferimento di 75 anni:

$$q_{sk}(75) = 1,075 \text{ kN/m}^2$$

In relazione alla vita utile dell'edificio

Il valore sopra è suscettibile di correzioni secondo i coefficienti descritti nel seguito.

Coefficiente di esposizione

Il coefficiente di esposizione C_e può essere utilizzato per modificare il valore del carico neve in copertura in funzione delle caratteristiche specifiche dell'area in cui sorge l'opera. Valori del coefficiente di esposizione per diverse classi di topografia sono forniti in tabella 3.4.I. NTC2018.

Tabella 3.4.I – Valori di C_E per diverse classi di topografia

Topografia	Descrizione	C_E
Battuta dai venti	Aree pianeggianti non ostruite esposte su tutti i lati, senza costruzioni o alberi più alti.	0,9
Normale	Aree in cui non è presente una significativa rimozione di neve sulla costruzione prodotta dal vento, a causa del terreno, altre costruzioni o alberi.	1,0
Riparata	Aree in cui la costruzione considerata è sensibilmente più bassa del circostante terreno o circondata da costruzioni o alberi più alti	1,1

Per il caso in esame, si assume $C_E = 1.0$.

Coefficiente termico

Il coefficiente termico C_t può essere utilizzato per tener conto della riduzione del carico neve a causa dello scioglimento della stessa, causata dalla perdita di calore della costruzione. Tale coefficiente tiene conto delle proprietà di isolamento termico del materiale utilizzato in copertura. In assenza di uno specifico e documentato studio, deve essere utilizzato $C_t = 1.0$ (3.4.4 - NTC2018).

Coefficiente di forma per le coperture

I valori del coefficiente di forma μ , riportati in Tab. 3.4.I si riferiscono alle coperture ad una o due falde al variare dell'angolo α .

Tabella C3.4.I - Coefficienti di forma per il carico neve

Angolo di inclinazione della falda α	$0^\circ \leq \alpha \leq 30^\circ$	$30^\circ < \alpha < 60^\circ$	$\alpha \geq 60^\circ$
μ_1	0,8	$0,8(60 - \alpha)/30$	0,0
μ_2	$0,8 + 0,8 \alpha/30$	1,6	--

Nel caso di specie avendo una copertura piana ($0^\circ \leq \alpha \leq 30^\circ$) risulta: $\mu_1 = 0.8$

Carico da neve

Il carico neve sulla copertura assume pertanto il seguente valore:

$$q_s = \mu_i C_e C_t q_{sk} = 0.8 \cdot 1.00 \cdot 1.000 \cdot 1.075 = \underline{\underline{0.86 \text{ kN/m}^2}}$$

6.3.4 Azioni variabili: temperatura

Poiché l'azione della temperatura non costituisce azione fondamentale ai fini della sicurezza e dell'efficienza strutturale, la norma consente di tener conto della sola componente ΔT_u .

Essendo la struttura del tipo in c.a. protetta si assume una variazione uniforme di temperatura sul manufatto pari a $\Delta T = \pm 10^\circ$.

6.3.5 Azione sismica

6.3.5.1 Vita nominale e classe d'uso

La vita nominale delle strutture oggetto della presente nota di calcolo, intesa come il numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta a manutenzione ordinaria, deve poter essere usata per lo scopo al quale è destinata, è assunto pari a:

$$V_N = 75$$

La classe d'uso della costruzione è invece assunta pari a:

Classe III: Costruzioni suscettibili di affollamento.

6.3.5.2 Individuazione della zona sismica

Il sito dove sorgerà la costruzione si trova alle coordinate 44°.1194496 N – 8°.2315438 E

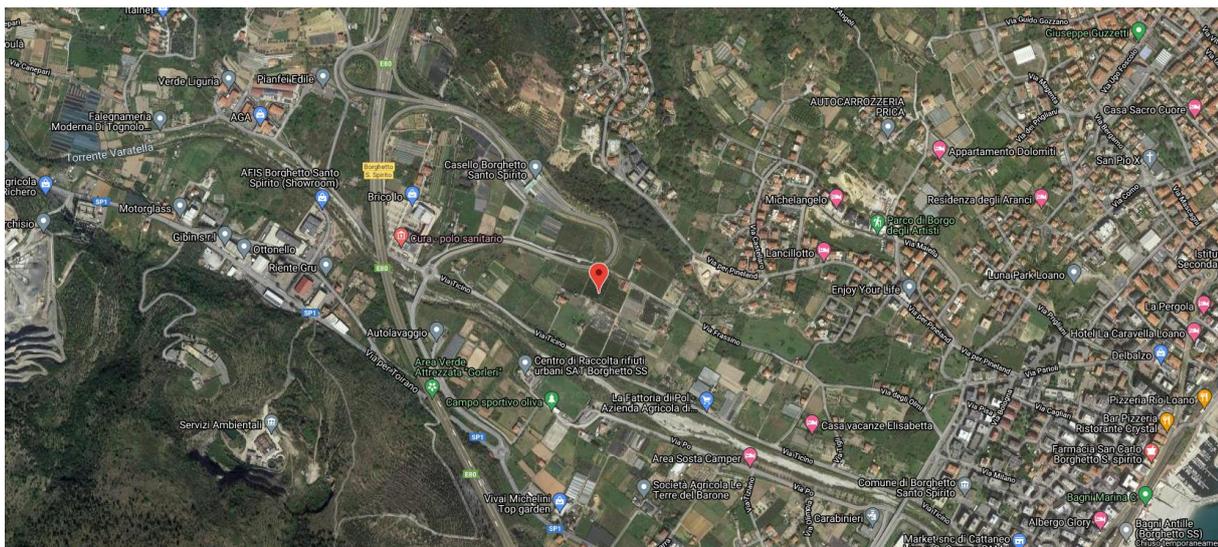


Figura 3

6.3.5.3 Classificazione della tipologia di suolo

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto la Normativa tecnica definisce diverse categorie di profilo stratigrafico di suolo di fondazione. Le indagini conoscitive sul terreno, definiscono l'appartenenza del suolo alla **categoria di tipo C** (depositi di sabbie e ghiaie mediamente addensate o di argilla di media consistenza con spessori di diverse decine di metri). Data l'orografia dell'area vasta è possibile assumere un coefficiente di condizione **topografia T1**: Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media: $i \leq 15^\circ$

6.3.5.4 Spettri di risposta elastici

Lo spettro di risposta elastico $S_e(T)$ è caratterizzato dalle seguenti espressioni:

$$0 \leq T \leq T_B \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_0} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T \leq T_C \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0$$

$$T_C \leq T \leq T_D \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left(\frac{T_C T_D}{T^2} \right)$$

Con

S coefficiente che tiene conto della categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche mediante la relazione:

$$S = S_S \cdot S_T$$

essendo S_S il coefficiente di amplificazione stratigrafica di cui alla tabella seguente ed S_T il coefficiente di amplificazione topografia;

Categoria di sottosuolo	S_S	C_C
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,50$	$1,05 \cdot (T^*_C)^{-0,33}$

Categoria topografica	Ubicazione dell'opera	S_T
T_1	-	1,0

η fattore che altera lo spettro elastico per coefficienti di smorzamento viscosi convenzionali ξ diversi dal 5%, mediante la relazione

$$\eta = \sqrt{10 / (5 + \xi)} \geq 0,55$$

nella fattispecie $\xi = 5\%$.

F_0 è il fattore che quantifica l'amplificazione spettrale massima, su sito di riferimento rigido orizzontale, ed ha valore minimo pari a 2,2

T_C è il periodo corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante dello spettro, dato da

$$T_C = C_C T^*_C$$

dove T^*_C è funzione del sito dove sorgerà l'opera e C_C è determinato dalla tabella precedente

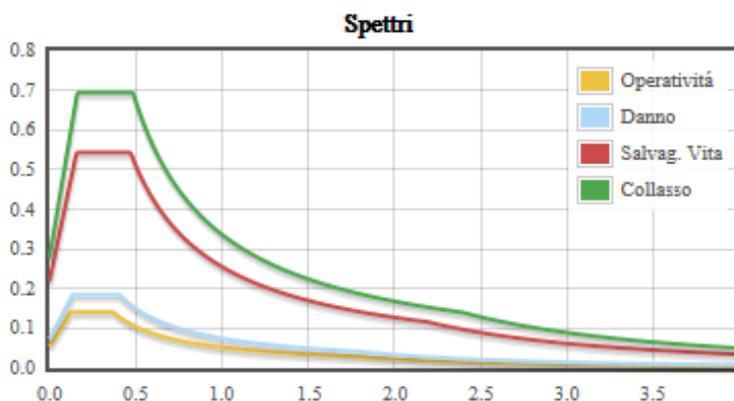
T_B è il periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro ad accelerazione costante:

$$T_B = T_C / 3$$

T_D è il periodo corrispondente all'inizio del tratto a spostamento costante dello spettro:

$$T_D = 4,0 \frac{a_g}{g} + 1,6$$

Note le coordinate geografiche del sito ed assunta la condizione topografica, i diagrammi degli spettri elastici per il sito risultano i seguenti.



Parametri di Pericolosità Sismica

<i>Stato Limite</i>	T_r	$a_g=A_g/g$	F_o	T^*_c
<i>Operatività (SLO)</i>	68	0.037	2.545	0.212
<i>Danno (SLD)</i>	113	0.049	2.523	0.242
<i>Salvag. Vita (SLV)</i>	1068	0.148	2.48	0.302
<i>Collasso (SLC)</i>	2193	0.198	2.498	0.316

6.3.5.5 Classe di duttilità e coefficiente di comportamento

Le strutture vengono verificate mediante una analisi dinamica classica con spettro di risposta scalato per il fattore di struttura q . Le strutture vengono progettate come **STRUTTURE DISSIPATIVE**.

Il coefficiente di comportamento o fattore di struttura “ q ” viene valutato per ogni direzione di ingresso del sisma mediante la seguente formula:

$$q = q_0 k_R$$

Dove

q_0 è il valore base del coefficiente di comportamento legato alla classe di duttilità, alla tipologia strutturale ed alla regolarità.

L’edificio può dirsi **regolare in pianta** e **regolare in altezza**.

Viene eseguita la verifica prevista al par. 7.4.3.1 delle NTC2018 per edifici composti da telai e/o pareti per cui deve essere:

$$r_s/I_s > 1,00 \quad \text{ad ogni livello}$$

essendo:

r_s^2 il rapporto tra la rigidezza torsionale e flessionale di piano
 $I_s = (L^2 + B^2)/12$ (L e B dimensioni in pianta del piano)

il programma di calcolo esegue tale verifica in automatico:

BARICENTRI MASSE E RIGIDEZZE														
IDENTIFICATORE		BARICENTRI MASSE E RIGIDEZZE							RIGIDEZZE FLESSIONALI E TORSIONALI					
PIANO N.ro	QUOTA (m)	PESO (t)	XG (m)	YG (m)	XR (m)	YR (m)	DX (m)	DY (m)	Lpianta (m)	Bpianta (m)	Rig.FleX (t/m)	Rig.FleY (t/m)	RigTors. (t ² /m)	(r/l ^s) ²
1	5.58	105.21	2.83	9.02	2.82	8.10	-0.01	-0.92	16.35	5.70	3032	5359	186256	0.92

Essendo

- PIANO** : Numero del piano sismico
QUOTA : Altezza del piano dallo spiccato di fondazione
PESO : Peso sismico di piano (peso proprio, carichi permanenti e aliquota dei sovraccarichi variabili)
XG : Ascissa del baricentro delle masse rispetto all'origine del sistema di riferimento globale
YG : Ordinata del baricentro delle masse rispetto all'origine del sistema di riferimento globale
XR : Ascissa del baricentro delle rigidezze rispetto all'origine del sistema di riferimento globale
YR : Ordinata del baricentro delle rigidezze rispetto all'origine del sistema di riferimento globale
DX : Scostamento in ascissa del baricentro delle rigidezze rispetto a quello delle masse ($XR - XG$)
DY : Scostamento in ordinata del baricentro delle rigidezze rispetto a quello delle masse ($YR - YG$)
Lpianta : Dimensione in pianta del piano nella direzione ortogonale al primo sisma
Bpianta : Dimensione in pianta del piano nella direzione ortogonale al secondo sisma
RigFleX : Rigidezza flessionale di piano nella direzione primo sisma. E' calcolata come rapporto fra la forza unitaria applicata sul baricentro delle masse del piano in direzione del primo sisma e la differenza di spostamento, sempre nella direzione del sisma, fra il piano in questione e quello sottostante.
RigFleY : Rigidezza flessionale di piano nella direzione secondo sisma
RigTors : Rigidezza torsionale di piano
r/l^s : Rapporto di piano per determinare se una struttura è deformabile torsionalmente (vedi DM 2008/2018 7.4.3.1)

Dalla verifica l'edificio **RISULTA DEFORMABILE TORSIONALMENTE.**

Per **strutture deformabili torsionalmente** in classe "CD B":

$$q_0 = 2.0$$

Si assume quindi

$$q = 2.00$$

in entrambe le direzioni.

6.3.6 Spettro di progetto per lo SLU

Lo spettro di progetto $S_d(T)$ da utilizzare è lo spettro elastico di cui al par. 6.3.5.4 con le ordinate ridotte sostituendo nelle formule η con η/q dove q è il fattore di struttura definito nel paragrafo precedente:

$$0 \leq T \leq T_B \quad S_d(T) = a_g \cdot S \cdot \frac{1}{q} \cdot F_0 \left[\frac{T}{T_B} + \frac{q}{F_0} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T \leq T_C \quad S_d(T) = a_g \cdot S \cdot \frac{1}{q} \cdot F_0$$

$$T_C \leq T \leq T_D \quad S_d(T) = a_g \cdot S \cdot \frac{1}{q} \cdot F_0 \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right); \quad S_d(T) \geq \beta \cdot a_g$$

$$T_D \leq T \quad S_d(T) = a_g \cdot S \cdot \frac{1}{q} \cdot F_0 \cdot \left(\frac{T_C T_D}{T^2} \right); \quad S_d(T) \geq \beta \cdot a_g$$

dove

q è il coefficiente di comportamento $q = 2.00$ in direzione X e in direzione Y.

β è il valore limite inferiore del coefficiente per lo spettro orizzontale di progetto $\beta = 0,2$

Il diagramma dello spettro di progetto risultante è riportato nella figura seguente:

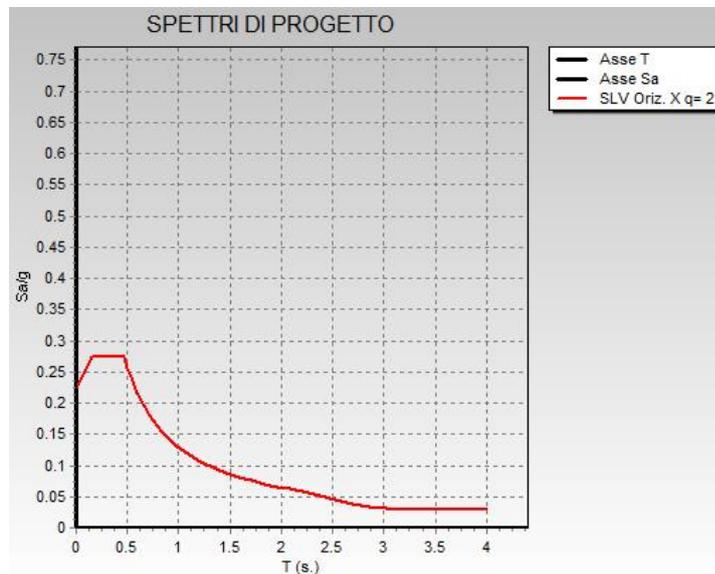


Figura 4: spettro SLV

6.3.7 Spettro di progetto per lo Stato limite di Danno

Essendo la struttura in classe d'uso III lo stato limite di danno si verifica in resistenza determinando le sollecitazioni sotto l'azione di un terremoto con periodo di ritorno più basso rispetto a quello distruttivo.

Il diagramma dello spettro di progetto orizzontale e verticale risultante è riportato nella figura seguente:

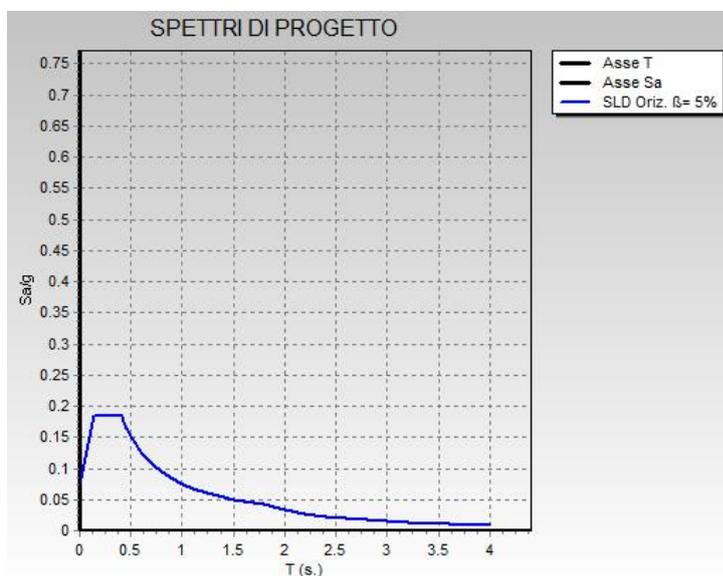


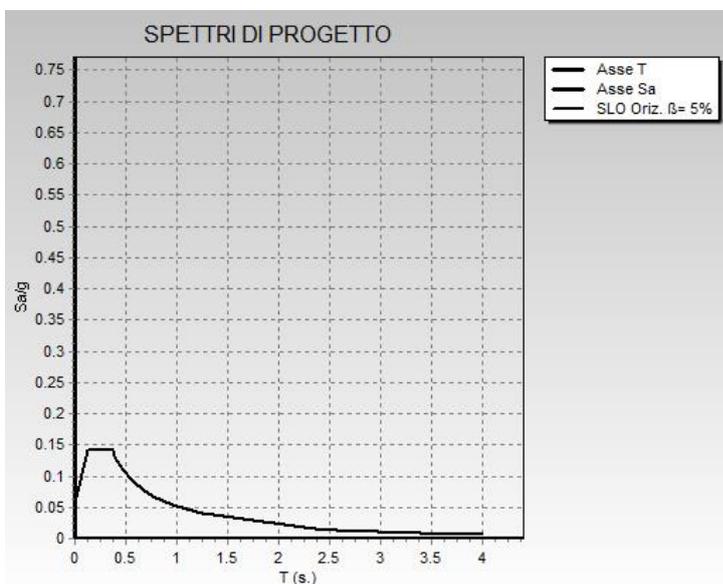
Figura 5: spettro SLD

6.3.8 Spettro di progetto per lo Stato limite di Operatività

Poiché la struttura è di classe d'uso III è necessario eseguire verifiche allo SLO.

Lo stato limite di operatività si verifica imponendo che lo spostamento strutturale di interpiano sia contenuto entro limiti prestabiliti sotto l'azione di un terremoto con periodo di ritorno più basso rispetto a quello distruttivo in modo da non subire danni o interruzioni di servizio. Data la natura dei tamponamenti si assume che tale spostamento di interpiano debba essere inferiore allo 0,33% calcolato facendo riferimento allo spettro di risposta allo SLD (variando quindi i parametri a_g , T_r , F_0 , T^*C).

Il diagramma dello spettro di progetto risultante è riportato nella figura seguente:



 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA					
	PROGETTO DEFINITIVO Relazione di calcolo Fabbricato Viaggiatori	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO FV0300 002	REV. A

Figura 6: spettro SLO

7 COMBINAZIONI DI CALCOLO

Il progetto e la verifica di tutti gli elementi strutturali verrà eseguito mediante il Metodo Semiprobabilistico agli Stati Limite. Per quanto concerne le verifiche agli stati limite ultimi (SLU), le condizioni elementari di carico vengono tra loro combinate in modo da determinare le sollecitazioni più sfavorevoli.

Le combinazioni di carico che verranno considerate nel calcolo delle sollecitazioni rispettano le prescrizioni fornite dalle NTC 2018,

Ai fini delle verifiche degli stati limite si definiscono le seguenti combinazioni delle azioni (2.5.3 – NTC2018).

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Dove:

- Azioni Permanenti (G);
- Azioni Variabili (Q);
- Azioni di Precompressione (P);
- Azioni Eccezionali (A);
- Azioni Sismiche (E);

I valori dei coefficienti che tengono conto della non contemporaneità dei massimi valori delle azioni sono dati dalla Tab. 2.5.I:

Categoria/Azione variabile	ψ_{0i}	ψ_{1i}	ψ_{2i}
Categoria A Ambienti ad uso residenziale	0,7	0,5	0,3
Categoria B Uffici	0,7	0,5	0,3
Categoria C Ambienti suscettibili di affollamento	0,7	0,7	0,6
Categoria D Ambienti ad uso commerciale	0,7	0,7	0,6
Categoria E Biblioteche, archivi, magazzini e ambienti ad uso industriale	1,0	0,9	0,8
Categoria F Rimesse e parcheggi (per autoveicoli di peso ≤ 30 kN)	0,7	0,7	0,6
Categoria G Rimesse e parcheggi (per autoveicoli di peso > 30 kN)	0,7	0,5	0,3
Categoria H Coperture	0,0	0,0	0,0
Vento	0,6	0,2	0,0
Neve (a quota ≤ 1000 m s.l.m.)	0,5	0,2	0,0
Neve (a quota > 1000 m s.l.m.)	0,7	0,5	0,2
Variazioni termiche	0,6	0,5	0,0

I valori dei coefficienti parziali di sicurezza γ_{Gi} e γ_{Qi} sono dati in § 2.6.1, Tab. 2.6.I:

		Coefficiente γ_F	EQU	A1 STR	A2 GEO
Carichi permanenti	favorevoli	γ_{G1}	0,9	1,0	1,0
	sfavorevoli		1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti non strutturali ⁽¹⁾	favorevoli	γ_{G2}	0,0	0,0	0,0
	sfavorevoli		1,5	1,5	1,3
Carichi variabili	favorevoli	γ_{Qi}	0,0	0,0	0,0
	sfavorevoli		1,5	1,5	1,3

⁽¹⁾Nel caso in cui i carichi permanenti non strutturali (ad es. carichi permanenti portati) siano compiutamente definiti si potranno adottare per essi gli stessi coefficienti validi per le azioni permanenti.

7.1 Combinazioni geotecniche

Relativamente alle combinazioni per le verifiche geotecniche si fa riferimento al punto 6.2.3.1.1 delle NTC 2018 che riportano la seguente tabella:

Tab. 6.2.I – Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni

	Effetto	Coefficiente Parziale γ_F (o γ_E)	EQU	(A1)	(A2)
Carichi permanenti G_1	Favorevole	γ_{G1}	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevole		1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti G_2 ⁽¹⁾	Favorevole	γ_{G2}	0,8	0,8	0,8
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3
Azioni variabili Q	Favorevole	γ_{Qi}	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3

⁽¹⁾ Per i carichi permanenti G_2 si applica quanto indicato alla Tabella 2.6.I. Per la spinta delle terre si fa riferimento ai coefficienti γ_{G1}

Tab. 6.2.II – Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Parametro	Grandezza alla quale applicare il coefficiente parziale	Coefficiente parziale γ_M	(M1)	(M2)
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan \varphi'_k$	$\gamma_{\varphi'}$	1,0	1,25
Coesione efficace	c'_k	$\gamma_{c'}$	1,0	1,25
Resistenza non drenata	c_{uk}	γ_{cu}	1,0	1,4
Peso dell'unità di volume	γ_V	γ_V	1,0	1,0

Per le opere di fondazione superficiali devono essere effettuate le verifiche almeno nei confronti dei seguenti stati limite:

SLU di tipo geotecnico (GEO)

- collasso per carico limite dell'insieme fondazione-terreno

PROGETTO DEFINITIVO
Relazione di calcolo Fabbricato Viaggiatori

COMMESSA IV01 LOTTO 00 CODIFICA D 26 CL DOCUMENTO FV0300 002 REV. A FOGLIO 35 di 113

- collasso per scorrimento sul piano di posa
- stabilità globale

SLU di tipo strutturale (STR)

- Raggiungimento della resistenza ultima negli elementi strutturali

Le verifiche geotecniche devono essere eseguite seguendo uno dei 2 approcci elencati nel seguito, utilizzando i coefficienti parziali riportati nella tabella sotto:

Approccio 1:

- Combinazione 1 (A1+M1+R1)
- Combinazione 2 (A2+M2+R2)

Approccio 2:

- Combinazione 1 (A1+M1+R3)

La verifica di stabilità globale deve essere effettuata, analogamente a quanto previsto nel § 6.8, secondo la Combinazione 2 (A2+M2+R2) dell'Approccio 1, tenendo conto dei coefficienti parziali riportati nelle Tabelle 6.2.I e 6.2.II per le azioni e i parametri geotecnici e nella Tab. 6.8.I per le resistenze globali.

Le rimanenti verifiche devono essere effettuate applicando la combinazione (A1+M1+R3) di coefficienti parziali prevista dall'Approccio 2, tenendo conto dei valori dei coefficienti parziali riportati nelle Tabelle 6.2.I, 6.2.II e 6.4.I.

 Nelle verifiche nei confronti di SLU di tipo strutturale (STR), il coefficiente γ_R non deve essere portato in conto.

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

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

Vengono riportate nel seguito le tabelle che mostrano tutte le combinazioni di carico per i vari stati limite considerati, con le quali è stata eseguita l'analisi delle sollecitazioni.

7.2 Elenco combinazioni di carico

Il sottoscritto progettista ha verificato che le combinazioni prese in considerazione per il calcolo sono sufficienti a garantire il soddisfacimento delle prestazioni per gli stati limite ultimi.

Le combinazioni considerate ai fini del progetto tengono infatti in conto le azioni derivanti dai pesi propri, dai carichi permanenti, dalle azioni variabili e dalle azioni sismiche combinate utilizzando i coefficienti parziali previsti dal DM2018 per le prestazioni di SLU.

COMBINAZIONI CARICHI A1 - S.L.V. / S.L.D.															
DESCRIZIONI	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Peso Strutturale	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Perm.Non Strutturale	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Var.Neve h<=1000	0.75	1.50	0.75	1.50	0.75	0.75	1.50	0.75	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Var.Coperture	1.50	0.00	1.50	0.00	0.00	1.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Corr. Tors. dir. 0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	-1.00	1.00	-1.00	1.00	-1.00	1.00
Corr. Tors. dir. 90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.30	0.30	-0.30	-0.30	-0.30	-0.30	0.30
Carico termico	0.00	0.00	0.90	0.90	1.50	-0.90	-0.90	-1.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Sisma direz. grd 0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Sisma direz. grd 90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.30	0.30	0.30	0.30	-0.30	-0.30	-0.30

COMBINAZIONI CARICHI A1 - S.L.V. / S.L.D.															
DESCRIZIONI	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30

PROGETTO DEFINITIVO
Relazione di calcolo Fabbricato Viaggiatori

COMMESSA IV01 LOTTO 00 CODIFICA D 26 CL DOCUMENTO FV0300 002 REV. A FOGLIO 36 di 113

COMBINAZIONI CARICHI A1 - S.L.V. / S.L.D.															
DESCRIZIONI	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Peso Strutturale	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Perm.Non Strutturale	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Var.Neve h<=1000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Var.Coperture	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Corr. Tors. dir. 0	-1.00	-1.00	1.00	-1.00	1.00	-1.00	1.00	-1.00	1.00	0.30	-0.30	0.30	-0.30	0.30	-0.30
Corr. Tors. dir. 90	0.30	0.30	0.30	-0.30	-0.30	-0.30	-0.30	0.30	0.30	1.00	1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00
Carico termico	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Sisma direz. grd 0	1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
Sisma direz. grd 90	-0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	-0.30	-0.30	-0.30	-0.30	1.00	1.00	1.00	1.00	-1.00	-1.00

COMBINAZIONI CARICHI A1 - S.L.V. / S.L.D.											
DESCRIZIONI	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	
Peso Strutturale	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
Perm.Non Strutturale	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
Var.Neve h<=1000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Var.Coperture	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Corr. Tors. dir. 0	0.30	-0.30	-0.30	0.30	-0.30	0.30	-0.30	0.30	-0.30	0.30	
Corr. Tors. dir. 90	1.00	1.00	1.00	1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	1.00	
Carico termico	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Sisma direz. grd 0	0.30	0.30	-0.30	-0.30	-0.30	-0.30	-0.30	-0.30	-0.30	-0.30	
Sisma direz. grd 90	-1.00	-1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	

COMBINAZIONI RARE - S.L.E.									
DESCRIZIONI	1	2	3	4	5	6	7	8	
Peso Strutturale	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
Perm.Non Strutturale	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
Var.Neve h<=1000	0.50	1.00	0.50	1.00	0.50	0.50	1.00	0.50	
Var.Coperture	1.00	0.00	1.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	
Corr. Tors. dir. 0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Corr. Tors. dir. 90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Carico termico	0.00	0.00	0.60	0.60	1.00	-0.60	-0.60	-1.00	
Sisma direz. grd 0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Sisma direz. grd 90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	

COMBINAZIONI FREQUENTI - S.L.E.				
DESCRIZIONI	1	2	3	4
Peso Strutturale	1.00	1.00	1.00	1.00
Perm.Non Strutturale	1.00	1.00	1.00	1.00
Var.Neve h<=1000	0.00	0.20	0.00	0.00
Var.Coperture	0.00	0.00	0.00	0.00
Corr. Tors. dir. 0	0.00	0.00	0.00	0.00
Corr. Tors. dir. 90	0.00	0.00	0.00	0.00
Carico termico	0.00	0.00	0.50	-0.50
Sisma direz. grd 0	0.00	0.00	0.00	0.00
Sisma direz. grd 90	0.00	0.00	0.00	0.00

COMBINAZIONI PERMANENTI - S.L.E.	
DESCRIZIONI	1
Peso Strutturale	1.00
Perm.Non Strutturale	1.00
Var.Neve h<=1000	0.00
Var.Coperture	0.00
Corr. Tors. dir. 0	0.00
Corr. Tors. dir. 90	0.00
Carico termico	0.00
Sisma direz. grd 0	0.00
Sisma direz. grd 90	0.00

8 MODELLO DI CALCOLO ED ANALISI STRUTTURALE

L'analisi strutturale è condotta mediante il programma agli elementi finiti CDS Win 2021. I pilastri, le travi in elevazione sono modellate mediante elementi beam, che uniscono due nodi aventi ciascuno 6 gradi di libertà. Per maggiore precisione di calcolo, viene tenuta in conto anche la deformabilità a taglio e quella assiale di questi elementi. Queste aste inoltre non sono considerate flessibili da nodo a nodo ma hanno sulla parte iniziale e finale due tratti infinitamente rigidi formati dalla parte di trave inglobata nello spessore del pilastro; questi tratti rigidi forniscono al nodo una dimensione reale.

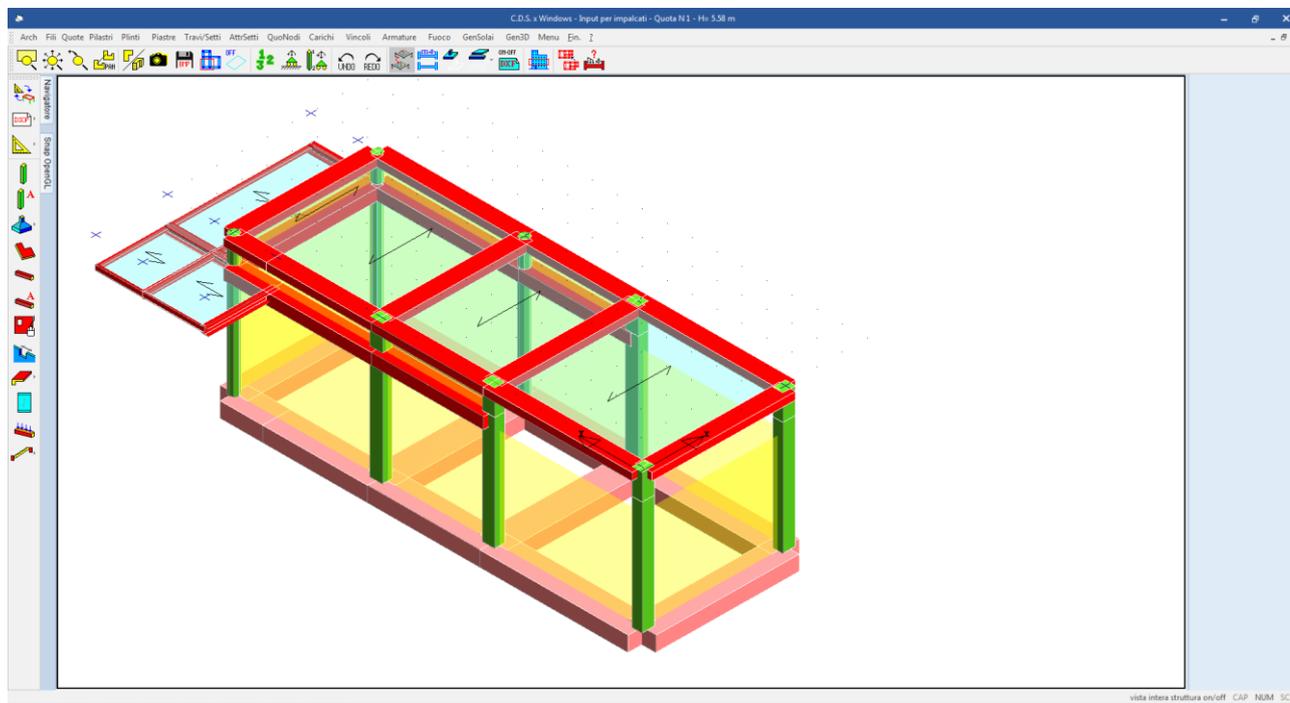


Figura 7: modello strutturale

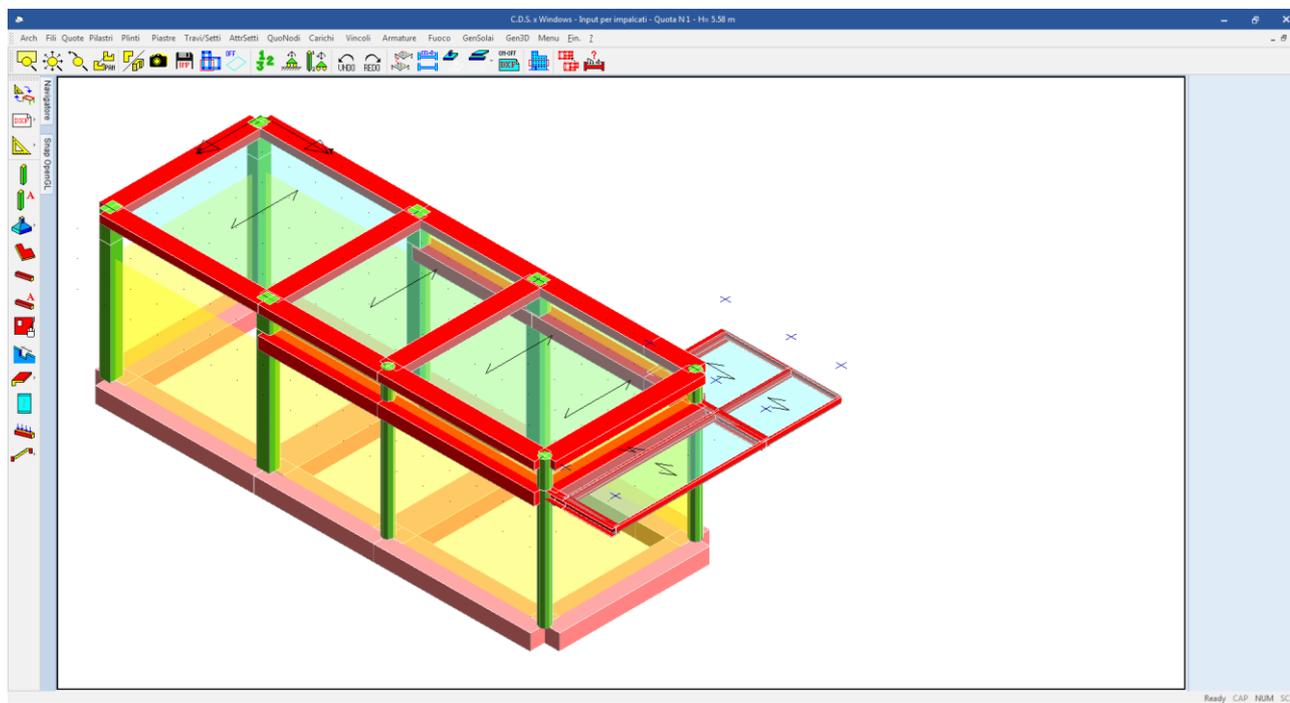


Figura 8: modello strutturale

L'interazione tra terreno di fondazione e struttura è modellata mediante delle travi su suolo elastico (travi alla Winkler). La costante di sottofondo K adottata nel calcolo, è supposta costante con la profondità, e valutata secondo la relazione di Bowles:

$$K_s = E / [B \times (1 - \mu^2)]$$

Con:

$$E = 40000 \text{ KN/m}^2$$

modulo terreno

$$B = 1.3 \text{ m}$$

larghezza trave (1.10)+magrone(0,2)

$$\mu = 0,3$$

Coefficiente di Poisson del suolo

Si ha:

$$K_s = E / [B \times (1 - \mu^2)] = 40000 / [1,3 \times (1 - 0,3^2)] = 33812 \text{ KN/m}^3$$

La torsione indotta negli elementi strutturali dalla configurazione spaziale del modello di calcolo viene tenuta in conto solo quando il momento torcente indotto dai carichi supera il 10% del momento torcente ultimo della sezione, attribuendo all'elemento strutturale una rigidezza a torsione pari al 10% rispetto alla rigidezza complessiva dell'elemento pensato tutto reagente. In questo modo si tiene in considerazione la limitata rigidezza che assume un'asta in c.a. fessurata perché sottoposta a torsione e si affida la resistenza della struttura ad un meccanismo di tipo flessionale rispetto al quale il comportamento del c.a. risulta decisamente più affidabile.

Per le aste in c.a. è stata considerata una percentuale ridotta di rigidezza flessionale delle aste. Ciò permette di tenere in conto del fatto che, a causa della fessurazione del calcestruzzo, la rigidezza flessionale delle aste, ai fini della risoluzione in fase elastica della struttura tridimensionale, può essere ridotta. Il valore assegnato è il 70%.

L'analisi sismica dinamica è stata svolta con il metodo dell'analisi modale con masse concentrate nei nodi del modello strutturale; la ricerca dei modi e delle relative frequenze è stata perseguita con il metodo di Cholesky.

I modi di vibrare considerati sono in numero tale da assicurare l'eccitazione di più dell' 85% della massa totale della struttura.

I valori delle sollecitazioni sismiche sono combinati linearmente (in somma e in differenza) con quelle per carichi statici per ottenere le sollecitazioni per sisma nelle due direzioni di calcolo.

Le caratteristiche di sollecitazione massime su ogni elemento si ottengono inviluppando tutte le condizioni di carico prese in considerazione.

8.1.1 Origine e caratteristiche dei codici di calcolo

Per l'analisi delle strutture è stato utilizzato il software **CDSWIN** © versione **2021** della **STS Software Tecnico Scientifico**, numero di licenza **32896**, distribuito da **Kipendoff Engineering** via Pietro Sommariva, 50 - 00195 Roma.

La documentazione fornita dal produttore e dal distributore del software circa l'affidabilità, la validazione ed i casi di prova interamente risolti e commentati con files di input che consentano la riproduzione dell'elaborazione sono disponibili al sito www.stsweb.it.

Come previsto al punto 10.2 delle norme tecniche di cui al D.M. 17.01.2018 l'affidabilità del codice utilizzato è stata verificata sia effettuando il raffronto tra casi prova di cui si conoscono i risultati esatti sia esaminando le indicazioni, la documentazione ed i test forniti dal produttore stesso.

La S.T.S. s.r.l. a riprova dell'affidabilità dei risultati ottenuti fornisce direttamente on-line i test sui casi prova (<http://www.stsweb.it/STSWeb/ITA/homepage.htm>)

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</p>					
<p>PROGETTO DEFINITIVO Relazione di calcolo Fabbricato Viaggiatori</p>	<p>COMMESSA IV01</p>	<p>LOTTO 00</p>	<p>CODIFICA D 26 CL</p>	<p>DOCUMENTO FV0300 002</p>	<p>REV. A</p>	<p>FOGLIO 39 di 113</p>

Il software è inoltre dotato di filtri e controlli di autodiagnostica che agiscono a vari livelli sia della definizione del modello che del calcolo vero e proprio.

I controlli vengono visualizzati, sotto forma di tabulati, di videate a colori o finestre di messaggi.

In particolare il software è dotato dei seguenti filtri e controlli:

- Filtri per la congruenza geometrica del modello di calcolo generato
- Controlli a priori sulla presenza di elementi non connessi, interferenze, mesh non congruenti o non adeguate.
- Filtri sulla precisione numerica ottenuta, controlli su eventuali mal condizionamenti delle matrici, verifica dell'indice di condizionamento.
- Controlli sulla verifiche sezionali e sui limiti dimensionali per i vari elementi strutturali in funzione della normativa utilizzata.
- Controlli e verifiche sugli esecutivi prodotti.

8.1.2 Affidabilità del codice di calcolo

Per quanto riguarda il software utilizzato per l'analisi strutturale, un attento esame preliminare della documentazione a corredo del software **CDSWin** ha consentito di valutarne l'affidabilità e soprattutto l'idoneità al caso specifico. La documentazione, fornita dal produttore e distributore del 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, corredati dei file di input necessari a riprodurre l'elaborazione.

8.2 Criteri di modellazione delle masse strutturali

Nella fase di analisi dinamica le masse strutturali sono state considerate ripartite lungo gli elementi.

Nella valutazione delle masse si è tenuta in conto della presenza di carichi variabili. La normativa consente di considerare solamente una aliquota dei carichi variabili massimi per tener conto della scarsa probabilità che si verificano contemporaneamente l'evento sismico e i massimi valori dei carichi variabili su tutta la struttura. Tali aliquote sono differenti in relazione alla destinazione d'uso dei singoli ambienti all'interno della struttura. Gli effetti inerziali dell'azione sismica di progetto sono valutati tenendo conto delle masse associate ai carichi gravitazionali che compaiono nella seguente combinazione di azioni:

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

dove

ψ_{2j} E' il coefficiente di combinazione dell'azione variabile Q_{kj} che tiene conto della probabilità che tutti i carichi Q_{kj} non agiscano contemporaneamente sull'intera struttura in occasione del sisma, i valori assunti da tale coefficiente in relazione alle categorie di carico sono riportate nella tabella 2.5.I della [3] in funzione dell'analisi dei carichi di cui ai paragrafi che precedono

Tab. 2.5.I – Valori dei coefficienti di combinazione

Categoria/Azione variabile	Ψ_{0j}	Ψ_{1j}	Ψ_{2j}
Categoria A - Ambienti ad uso residenziale	0,7	0,5	0,3
Categoria B - Uffici	0,7	0,5	0,3
Categoria C - Ambienti suscettibili di affollamento	0,7	0,7	0,6
Categoria D - Ambienti ad uso commerciale	0,7	0,7	0,6
Categoria E – Aree per immagazzinamento, uso commerciale e uso industriale Biblioteche, archivi, magazzini e ambienti ad uso industriale	1,0	0,9	0,8
Categoria F - Rimesse , parcheggi ed aree per il traffico di veicoli (per autoveicoli di peso ≤ 30 kN)	0,7	0,7	0,6
Categoria G – Rimesse, parcheggi ed aree per il traffico di veicoli (per autoveicoli di peso > 30 kN)	0,7	0,5	0,3
Categoria H - Coperture accessibili per sola manutenzione	0,0	0,0	0,0
Categoria I – Coperture praticabili	da valutarsi caso per caso		
Categoria K – Coperture per usi speciali (impianti, eliporti, ...)			
Vento	0,6	0,2	0,0
Neve (a quota ≤ 1000 m s.l.m.)	0,5	0,2	0,0
Neve (a quota > 1000 m s.l.m.)	0,7	0,5	0,2
Variazioni termiche	0,6	0,5	0,0

8.3 Calcolo delle azioni interne e degli spostamenti

8.3.1 Analisi dinamica modale con spettro di risposta di progetto

L'analisi dinamica modale associata allo spettro di risposta di progetto, che costituisce il metodo normale per la definizione delle sollecitazioni di progetto e degli spostamenti, viene applicata al modello tridimensionale della struttura. In questo tipo di analisi viene tenuta in conto la risposta di tutti i modi di vibrare della struttura che contribuiscano in modo significativo alla risposta globale, soddisfacendo una delle seguenti condizioni:

- la somma delle masse modali effettive per i modi considerati rappresenta almeno il 85% della massa totale della struttura;
- sono presi in considerazione tutti i modi caratterizzati da una massa modale effettiva maggiore del 5% della massa totale.

Avendo utilizzato un modello spaziale, le condizioni risultano verificate per ogni direzione principale.

8.3.2 Combinazione delle riposte modali

Ottenuta la massima risposta dei modi di vibrare occorre combinare i massimi modali poiché tali massimi non si verificano nello stesso istante.

La tecnica adottata è quella della "combinazione quadratica completa" (CQC):

$$E = \left(\sum_i \sum_j \rho_{i,j} E_i E_j \right)^{\frac{1}{2}}$$

Dove:

E è il valore totale della componente di risposta sismica che si sta considerando;

E_i è il valore della medesima componente dovuta al modo i ;
 E_j è il valore della medesima componente dovuta al modo y ;
 $\rho_{i,j}$ è il coefficiente di correlazione tra il modo i e il modo j .

$$\rho_{i,j} = \frac{8\xi^2 \cdot (1 + \beta_{i,j}) \cdot \beta_{i,j}^{3/2}}{(1 - \beta_{i,j}^2) + 4\xi^2 \cdot \beta_{i,j} \cdot (1 - \beta_{i,j}^2)}$$

Con:

ξ coefficiente di smorzamento equivalente;
 $\beta_{i,j} = \omega_i/\omega_j$ rapporto fra le frequenze di ciascuna coppia di modi i e j .

8.3.3 Combinazione degli effetti delle componenti dell'azione sismica

La risposta alle diverse componenti dell'azione sismica ed alla variabilità spaziale del moto della struttura, viene calcolata separatamente per ciascuna delle due direzioni principali in pianta. Gli effetti sulla struttura di tali azioni sono stati valutati mediante le seguenti combinazioni:

$$E_{Edx} + 0,30E_{Edy}$$

$$0,30E_{Edx} + E_{Edy}$$

Dove:

“+” significa "deve essere combinato con";

E_{Edx} rappresenta gli effetti dell'azione dovuti all'applicazione dell'azione sismica lungo l'asse orizzontale x della struttura;

E_{Edy} rappresenta gli effetti dell'azione dovuti all'applicazione della medesima azione sismica lungo l'asse orizzontale ortogonale y della struttura.

9 PRESENTAZIONE DEI RISULTATI

9.1 Risultati dell'analisi modale

L'analisi modale viene effettuata automaticamente dal programma di calcolo che fornisce i valori dei periodi propri T_i e le deformate modali. Nella tabella seguente sono riportati i valori dei periodi propri per i vari tipi di spettri di progetto per i primi modi di vibrare.

PULSAZIONI E MODI DI VIBRAZIONE													
Modo N.ro	Pulsazione (rad/sec)	Periodo (sec)	Smorz Mod(%)	Sd/g SLO	Sd/g SLD	Sd/g SLV X	Sd/g SLV Y	Sd/g SLC X	Sd/g SLC Y	Piano N.ro	X (m)	Y (m)	Rot (rad)
1	16.536	0.37997	5.0	0.137	0.185	0.274	0.274			1	0.064593	0.008981	-0.03398
2	21.832	0.28779	5.0	0.141	0.185	0.274	0.274			1	0.160765	-0.042590	0.015514
3	22.355	0.28107	5.0	0.141	0.185	0.274	0.274			1	-0.001744	0.098136	-0.00231

Si riportano di seguito le tabelle per la determinazione delle masse eccitate per le varie direzioni di ingresso del sisma ed i vari stati limite analizzati. La spiegazione delle sigle usate nelle tabelle è la seguente.

Massa eccitata : *Sommatoria delle masse efficaci, estesa a tutti i modi considerati ed espressa come forza peso*

- Massa totale** : Massa sismica di tutti i piani espressa come forza peso
- Rapporto** : Rapporto tra Massa eccitata e Massa totale. Deve essere secondo la norma non inferiore a 0,85
- Modo** : Numero del modo di vibrazione
- Fattore Modale** : Coefficiente di partecipazione modale
- Fmod/Fmax** : Influenza percentuale del modo attuale rispetto a quello di massimo effetto
- Massa Mod. Eff.** : Massa modale efficace
- Mmod/Mmax** : Percentuale di massa eccitata per il singolo modo
- Piano** : Numero del piano sismico
- FX** : Forza di piano agente con direzione parallela alla direzione X del sistema di riferimento globale e applicata nell'origine delle coordinate
- FY** : Forza di piano agente con direzione parallela alla direzione Y del sistema di riferimento globale e applicata nell'origine delle coordinate
- Mt** : Momento torcente di piano rispetto all'asse Z del sistema di riferimento globale
- Mom.Ecc. 5%** : Momento torcente di piano rispetto all'asse Z del sistema di riferimento globale relativo ad una eccentricità accidentale pari al 5% della dimensione massima del piano in direzione ortogonale alla direzione del sisma. Se in questa colonna non è stampato nulla l'effetto torsionale accidentale è tenuto in conto incrementando le sollecitazioni di verifica con il fattore delta (vedi punto 4.5.2)

FATTORI E FORZE DI PIANO MODALI S.L.O.

SISMA DIREZIONE : 0°									
Massa eccitata (t): 105.2			Massa totale (t): 105.2			Rapporto:1			
Modo N.ro	Fattore Modale	Fmod/Fmax (%)	Massa Mod Eff. (t)	Mmod/Mtot %	Piano N.ro	FX (t)	FY (t)	Mt (t*m)	Mom.Ecc. 5% (t*m)
1	10.019	100.00	100.39	95.43	1	13.73	-0.09	-31.10	11.76
2	2.195	21.91	4.82	4.58	1	0.68	0.04	18.40	
3	0.036	0.36	0.00	0.00	1	0.00	0.05	0.00	

FATTORI E FORZE DI PIANO MODALI S.L.D.

SISMA DIREZIONE : 0°									
Massa eccitata (t): 105.2			Massa totale (t): 105.2			Rapporto:1			
Modo N.ro	Fattore Modale	Fmod/Fmax (%)	Massa Mod Eff. (t)	Mmod/Mtot %	Piano N.ro	FX (t)	FY (t)	Mt (t*m)	Mom.Ecc. 5% (t*m)
1	10.019	100.00	100.39	95.43	1	18.59	-0.12	-42.14	15.93
2	2.195	21.91	4.82	4.58	1	0.89	0.06	24.18	
3	0.036	0.36	0.00	0.00	1	0.00	0.07	-0.01	

FATTORI E FORZE DI PIANO MODALI S.L.V.

SISMA DIREZIONE : 0°									
Massa eccitata (t): 105.2			Massa totale (t): 105.2			Rapporto:1			
Modo N.ro	Fattore Modale	Fmod/Fmax (%)	Massa Mod Eff. (t)	Mmod/Mtot %	Piano N.ro	FX (t)	FY (t)	Mt (t*m)	Mom.Ecc. 5% (t*m)
1	10.019	100.00	100.39	95.43	1	27.47	-0.18	-62.25	23.53
2	2.195	21.91	4.82	4.58	1	1.32	0.08	35.72	

FATTORI E FORZE DI PIANO MODALI S.L.V.

SISMA DIREZIONE : 0°									
Massa eccitata (t): 105.2				Massa totale (t): 105.2			Rapporto:1		
Modo N.ro	Fattore Modale	Fmod/Fmax (%)	Massa Mod Eff. (t)	Mmod/Mtot %	Piano N.ro	FX (t)	FY (t)	Mt (t*m)	Mom.Ecc. 5% (t*m)
3	0.036	0.36	0.00	0.00	1	0.00	0.10	-0.01	

FATTORI E FORZE DI PIANO MODALI S.L.O.

SISMA DIREZIONE : 90°									
Massa eccitata (t): 105.2				Massa totale (t): 105.2			Rapporto:1		
Modo N.ro	Fattore Modale	Fmod/Fmax (%)	Massa Mod Eff. (t)	Mmod/Mtot %	Piano N.ro	FX (t)	FY (t)	Mt (t*m)	Mom.Ecc. 5% (t*m)
1	0.067	0.65	0.00	0.00	1	-0.09	0.00	0.21	4.10
2	0.138	1.35	0.02	0.02	1	0.04	0.00	1.16	
3	10.256	100.00	105.19	99.99	1	0.05	14.82	-1.22	

FATTORI E FORZE DI PIANO MODALI S.L.D.

SISMA DIREZIONE : 90°									
Massa eccitata (t): 105.2				Massa totale (t): 105.2			Rapporto:1		
Modo N.ro	Fattore Modale	Fmod/Fmax (%)	Massa Mod Eff. (t)	Mmod/Mtot %	Piano N.ro	FX (t)	FY (t)	Mt (t*m)	Mom.Ecc. 5% (t*m)
1	0.067	0.65	0.00	0.00	1	-0.12	0.00	0.28	5.55
2	0.138	1.35	0.02	0.02	1	0.06	0.00	1.52	
3	10.256	100.00	105.19	99.99	1	0.07	19.48	-1.60	

FATTORI E FORZE DI PIANO MODALI S.L.V.

SISMA DIREZIONE : 90°									
Massa eccitata (t): 105.2				Massa totale (t): 105.2			Rapporto:1		
Modo N.ro	Fattore Modale	Fmod/Fmax (%)	Massa Mod Eff. (t)	Mmod/Mtot %	Piano N.ro	FX (t)	FY (t)	Mt (t*m)	Mom.Ecc. 5% (t*m)
1	0.067	0.65	0.00	0.00	1	-0.18	0.00	0.41	8.21
2	0.138	1.35	0.02	0.02	1	0.08	0.01	2.25	
3	10.256	100.00	105.19	99.99	1	0.10	28.78	-2.37	

Nelle figure seguenti sono illustrate le forme modali dei primi 3 modi di vibrare.

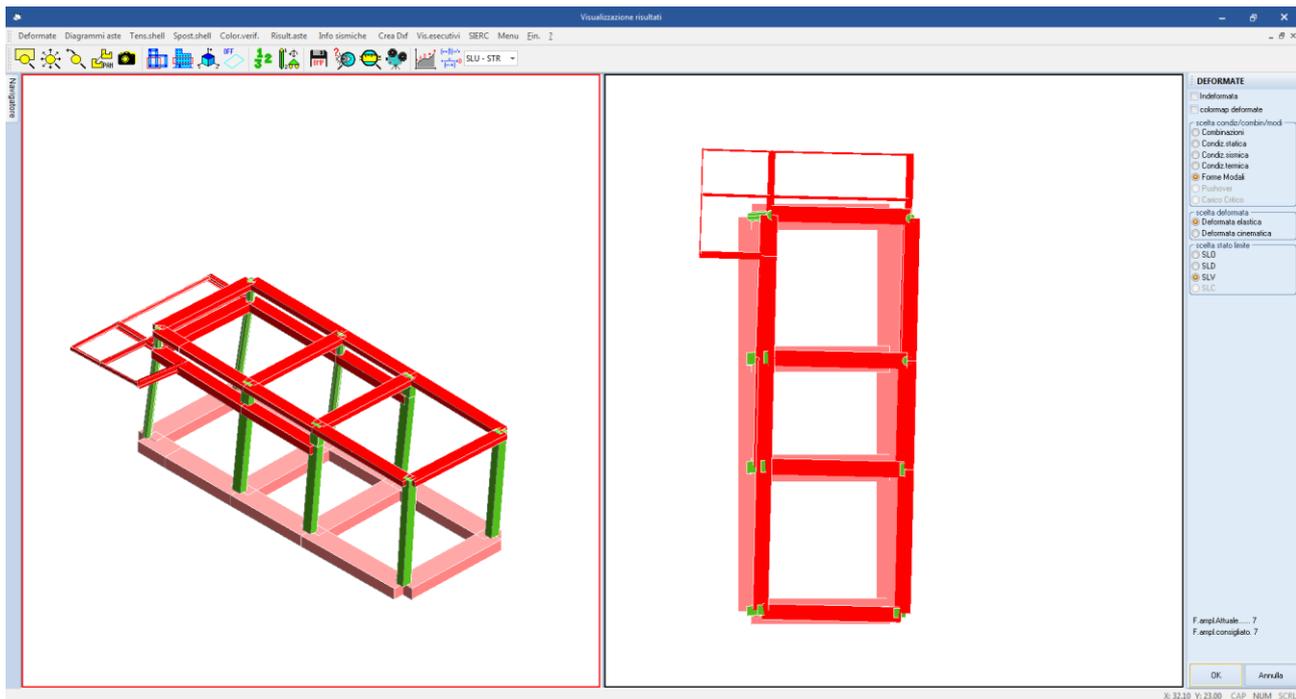


Figura 9: primo modo di vibrare

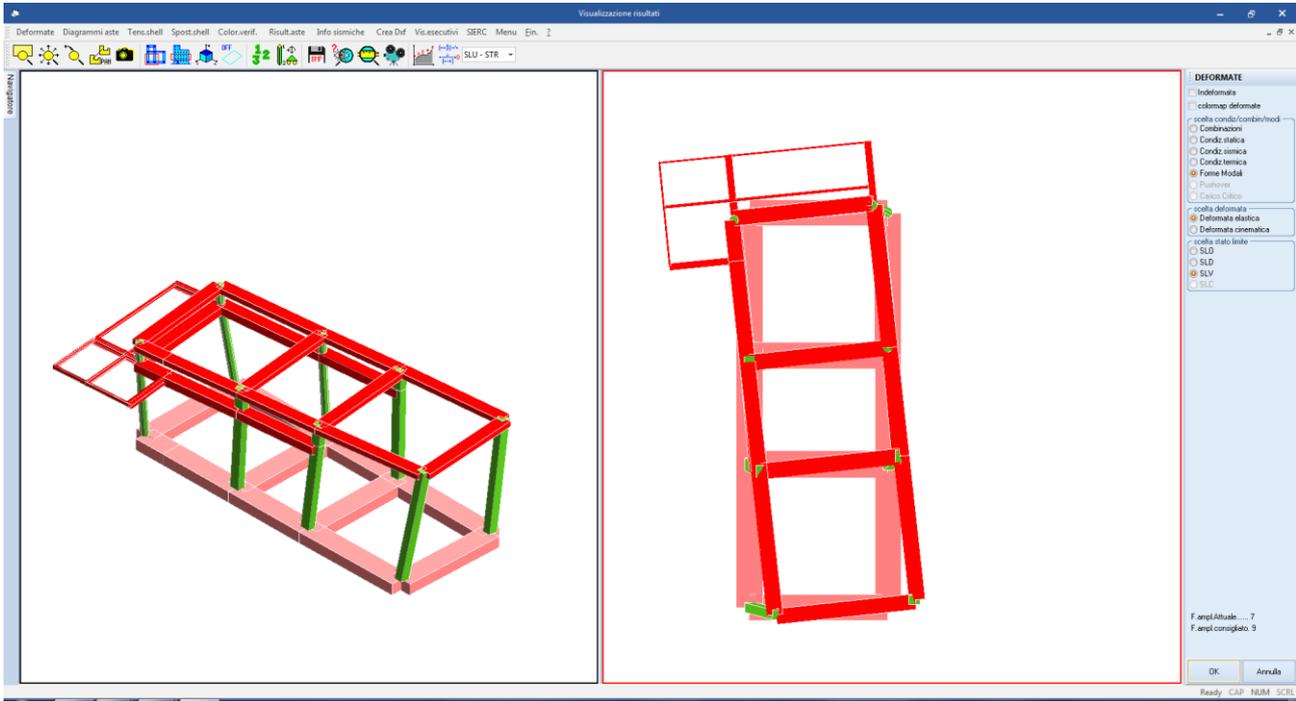


Figura 10: secondo modo di vibrare

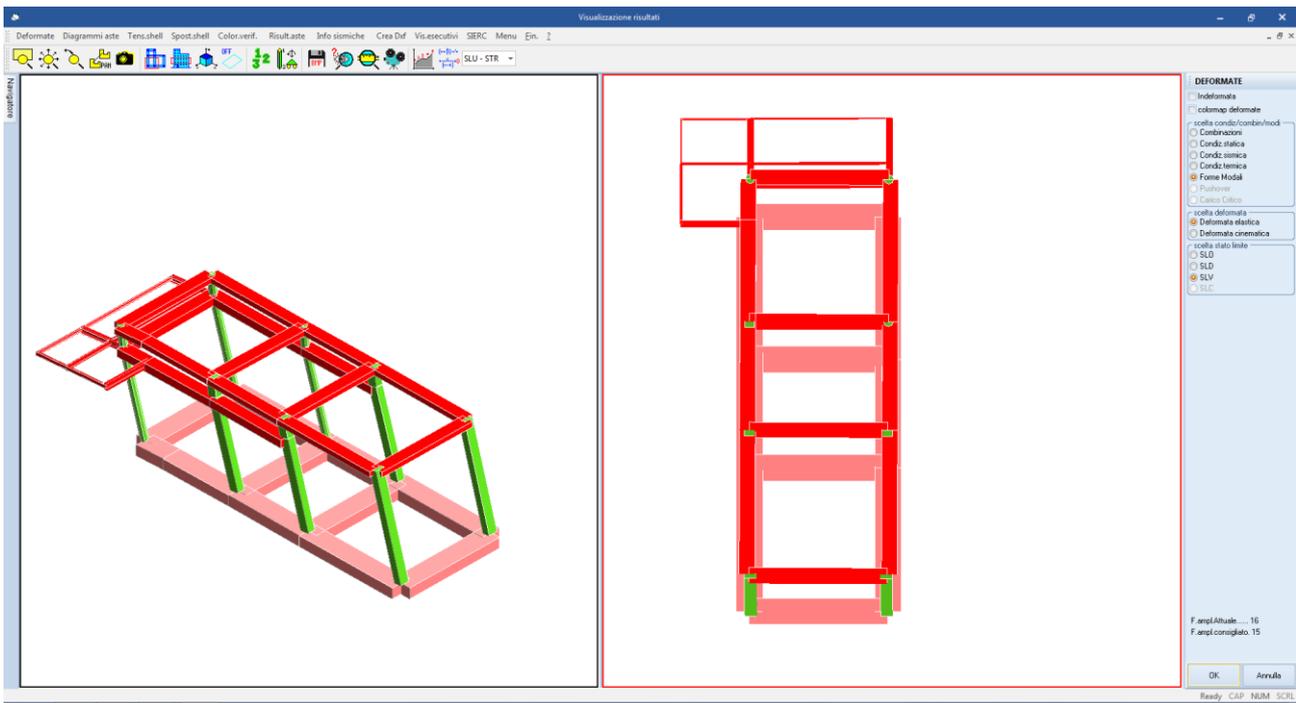


Figura 11: terzo modo di vibrare

Nelle figure seguenti sono individuate le frequenze dei modi di vibrare rispetto agli spettri di progetto.

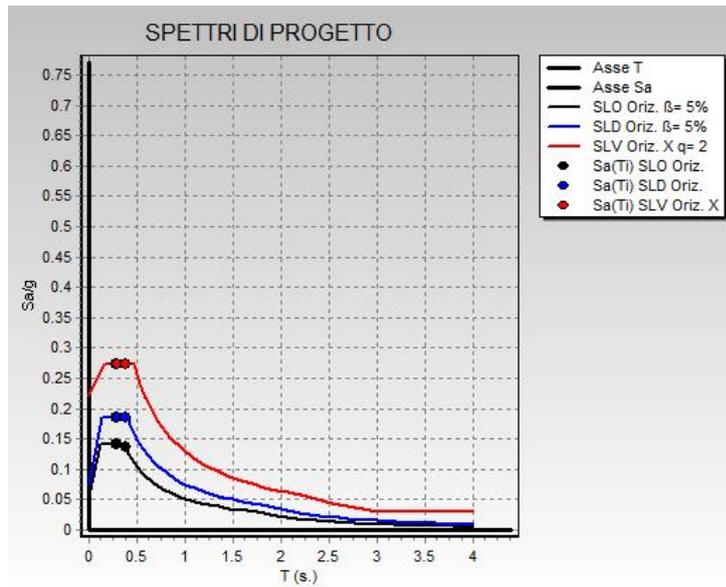


Figura 12: frequenze proprie della struttura sugli spettri di progetto SLV, SLD, SLO

Il periodo proprio della struttura risulta essere $T_1 = 0.38$ sec.

9.2 Presentazione dei risultati

Nelle figure che seguono sono riportati gli involucri delle caratteristiche di sollecitazione, nonché gli schemi di applicazione di alcuni dei carichi.

Le convenzioni sui segni sono quelle riportate nella parte iniziale del tabulato di calcolo allegato alla presente e comunque quelli tipici della Scienza delle Costruzioni. Le unità di misura sono ugualmente riportate nella parte iniziale del tabulato di calcolo.

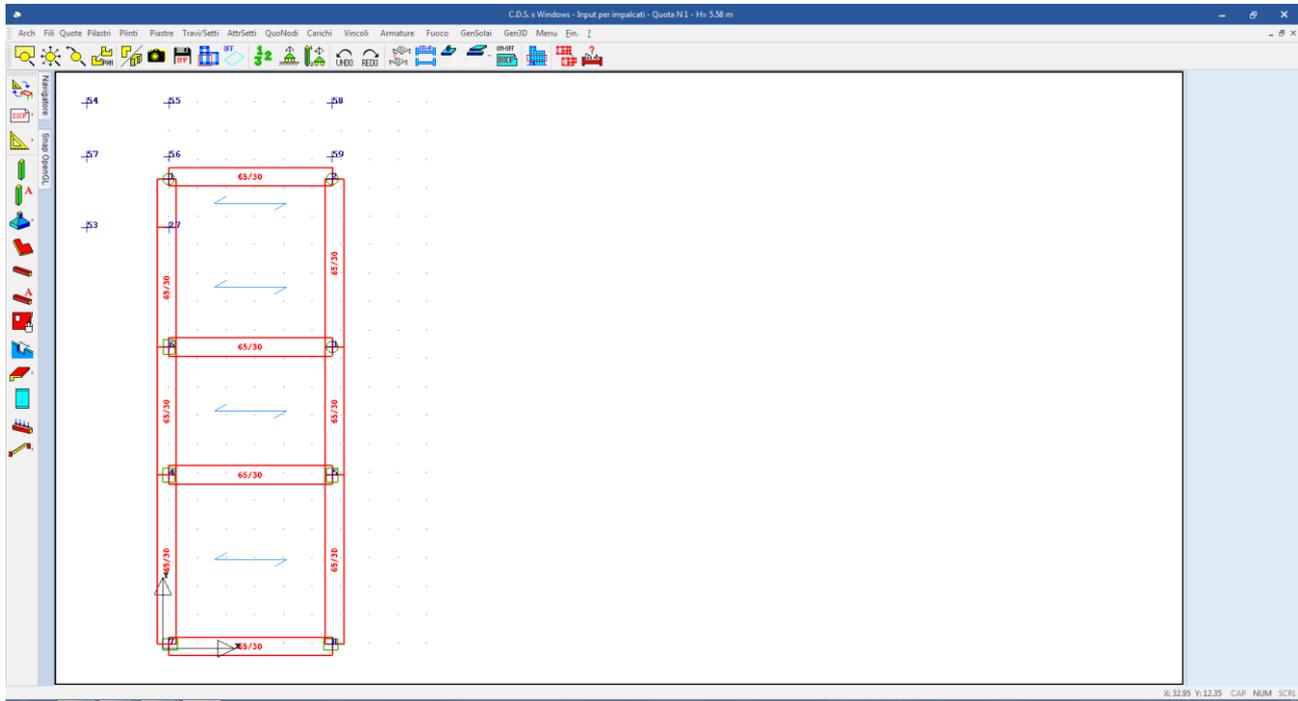


Figura 13: numerazione fili strutturali

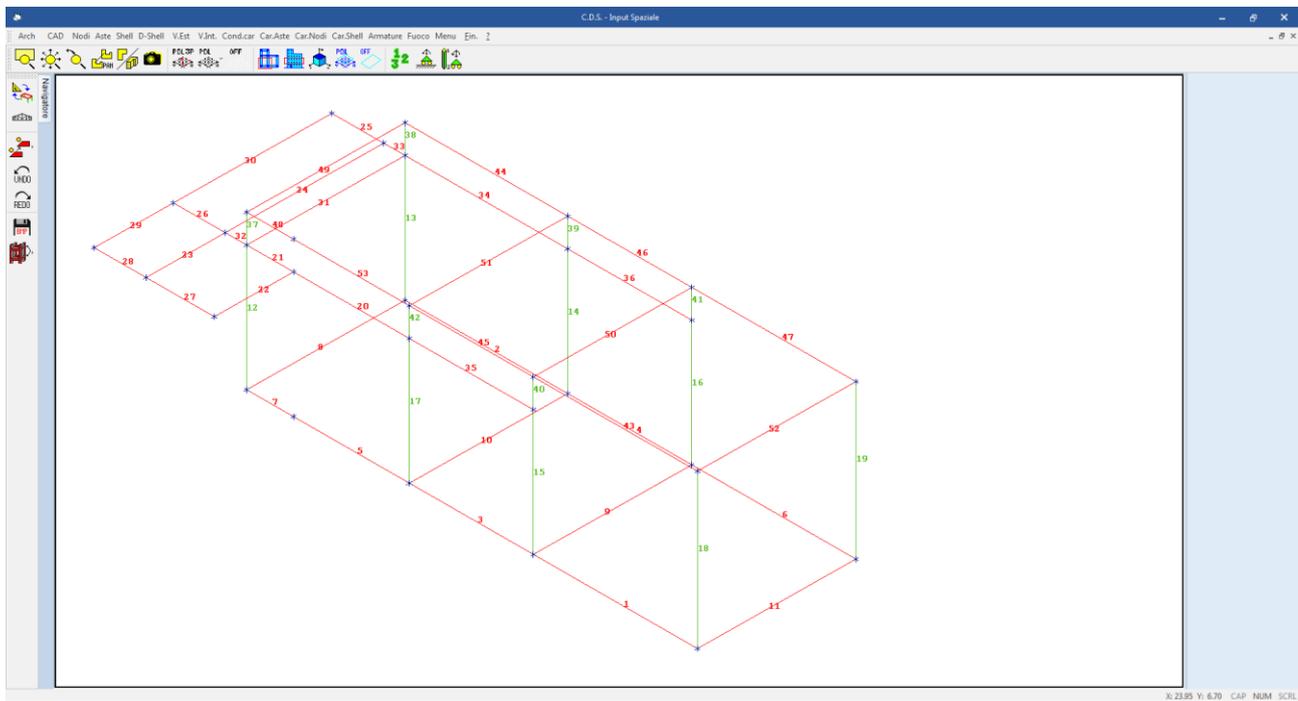


Figura 14: numerazione aste del modello

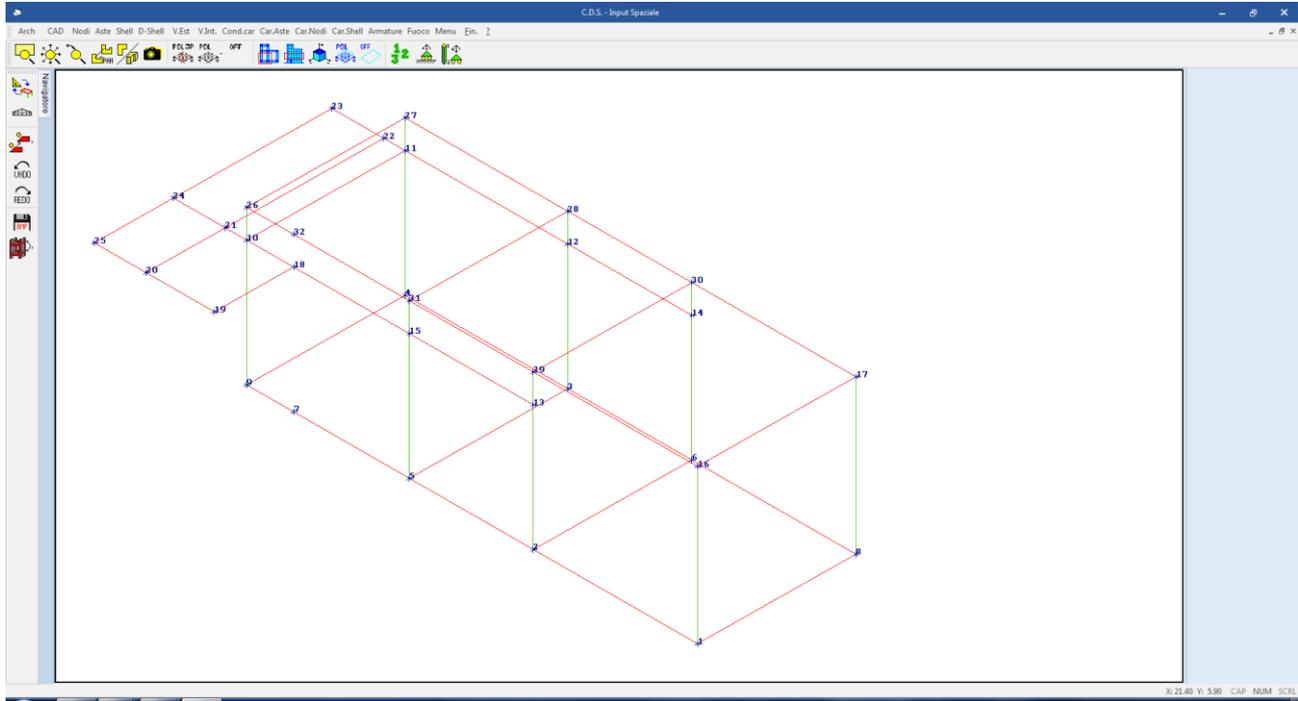


Figura 15: numerazione nodi del modello

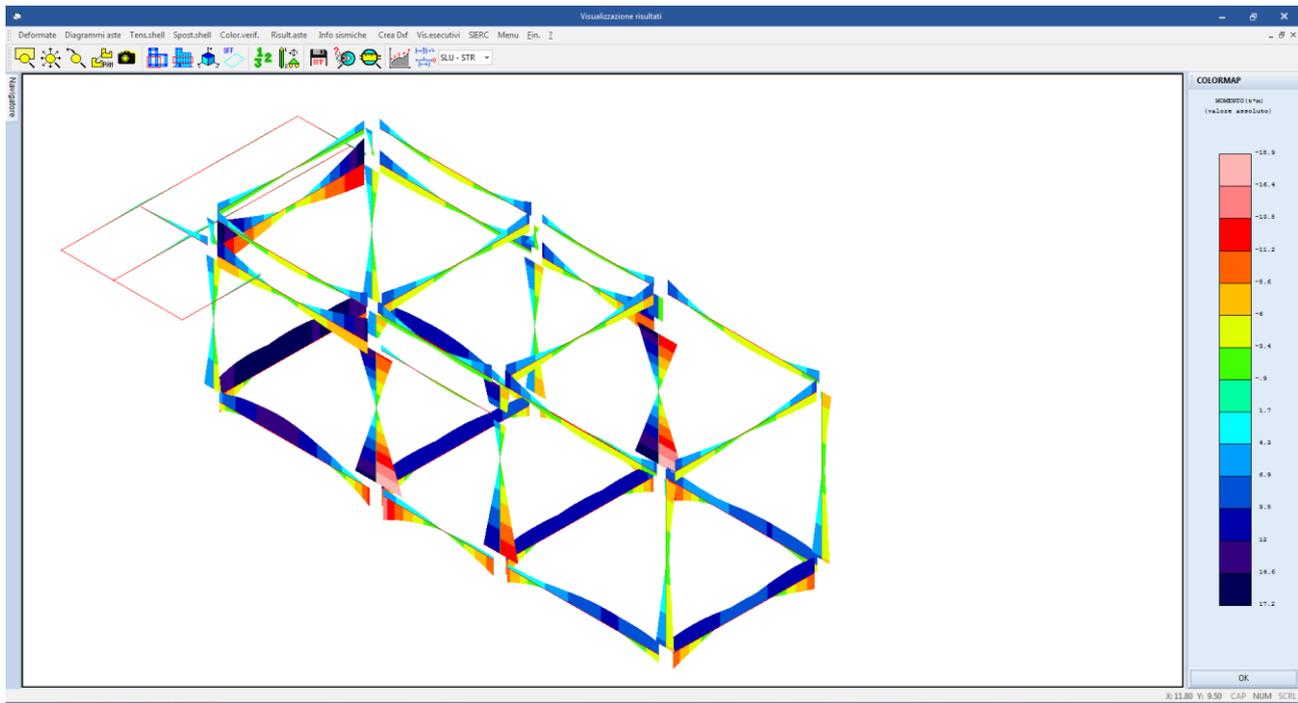


Figura 16: involuppo dei momenti flettenti M_x

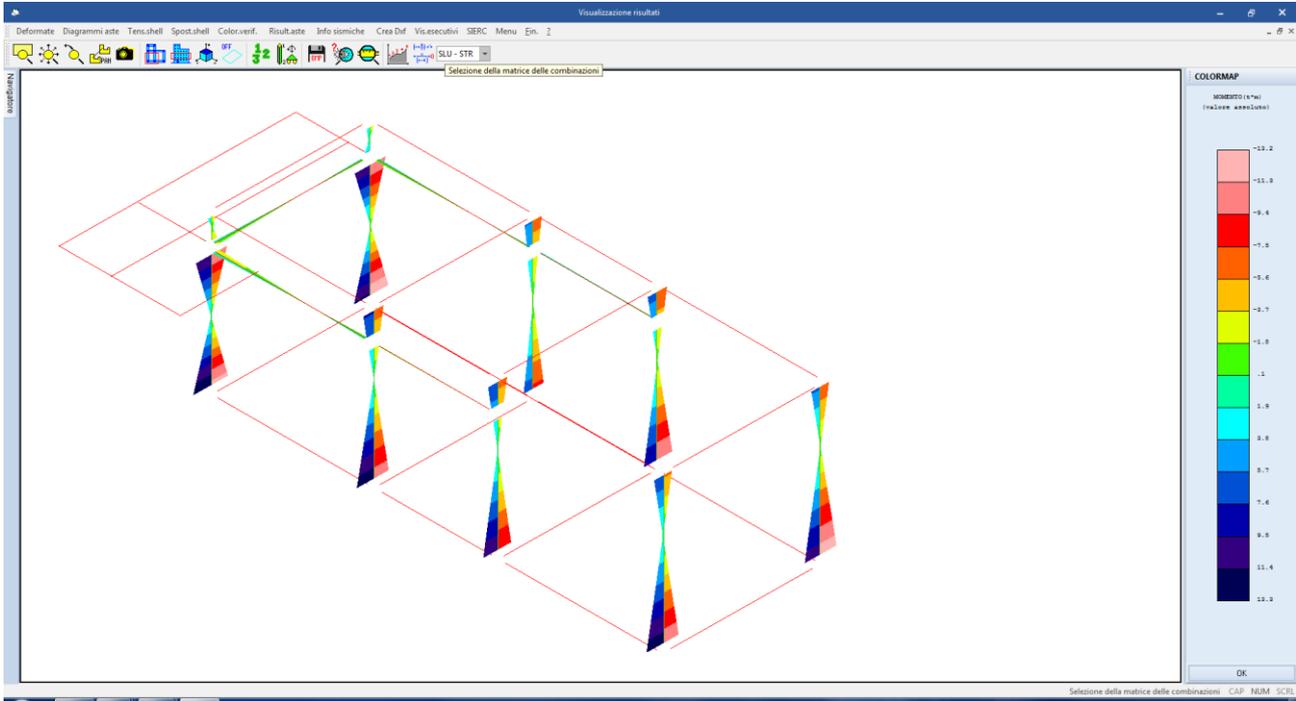


Figura 17: involuppo dei momenti flettenti M_y

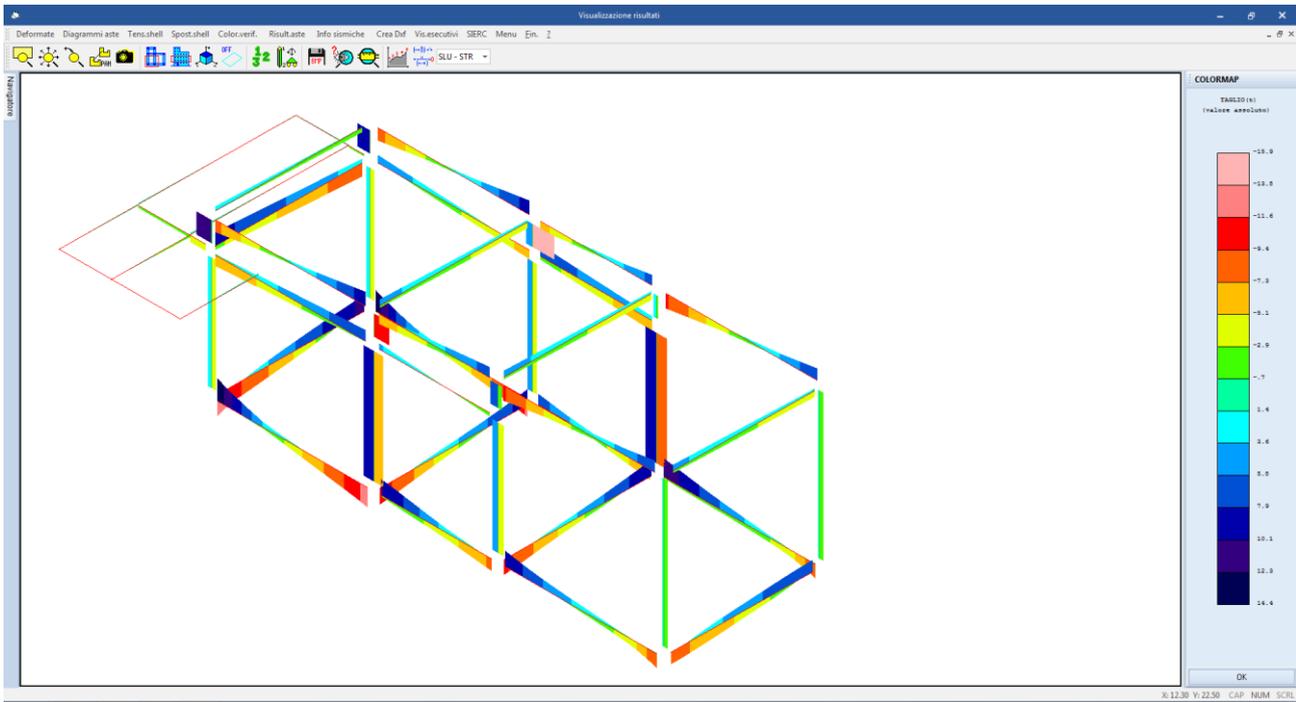


Figura 18: involuppo taglio V_y

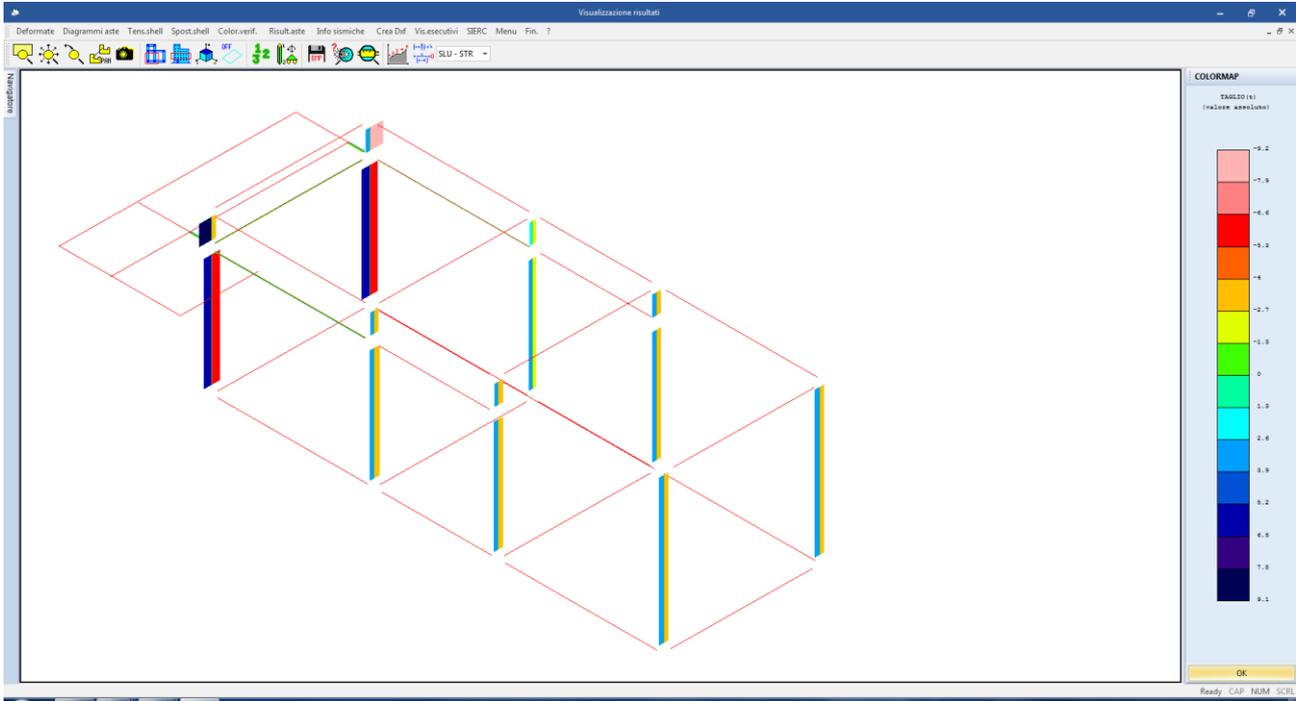


Figura 19: involuppo taglio V_x

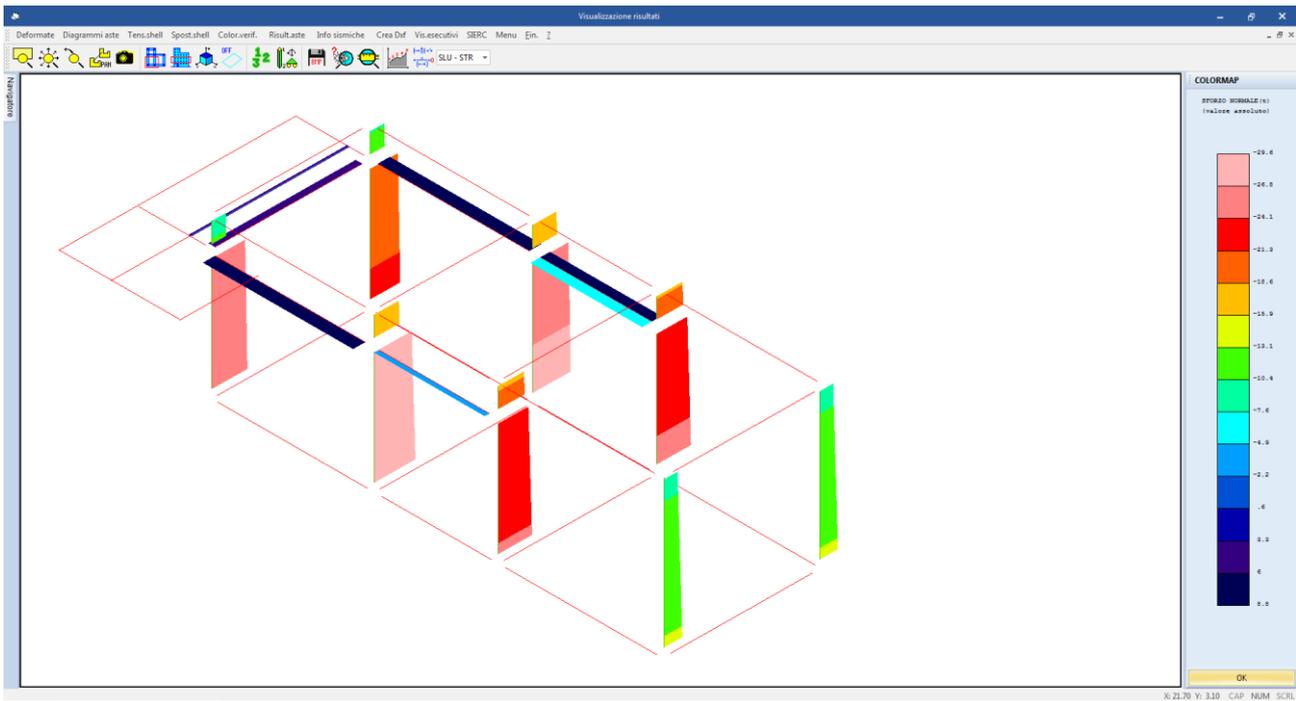


Figura 20: involuppo sforzo normale

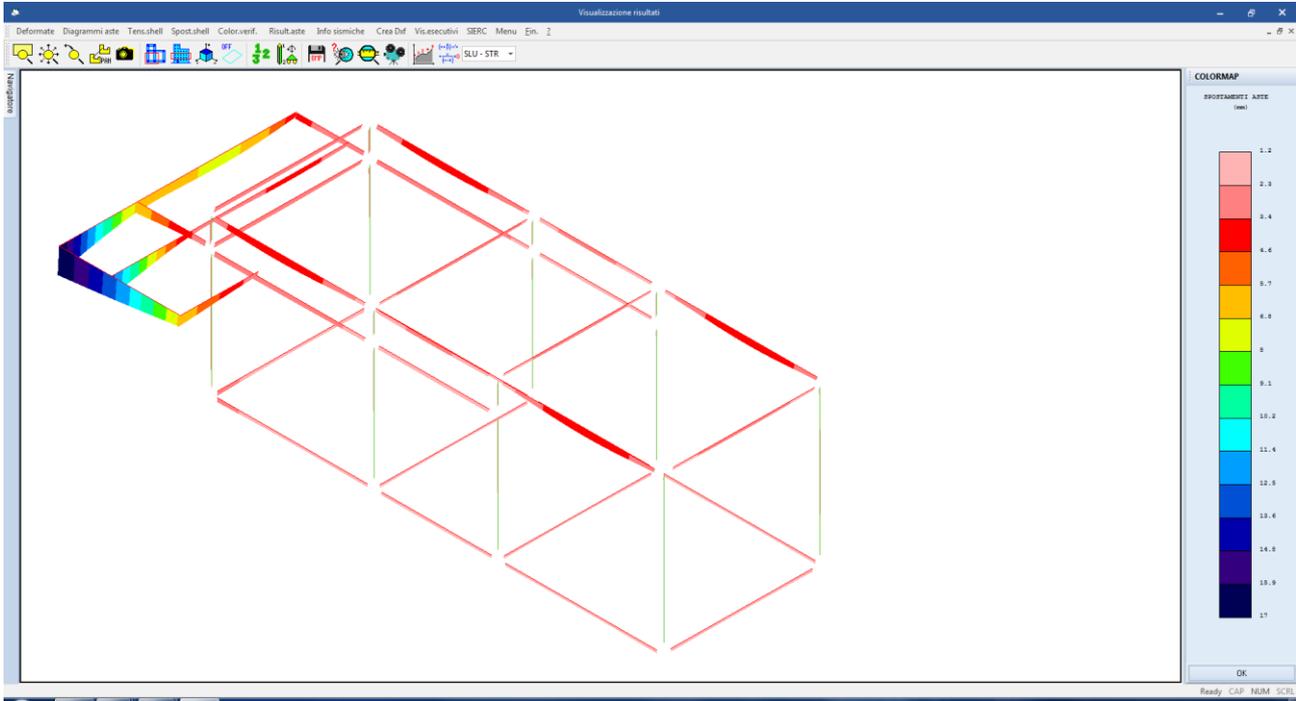


Figura 21: colormap deformata combinazione SLV n.1

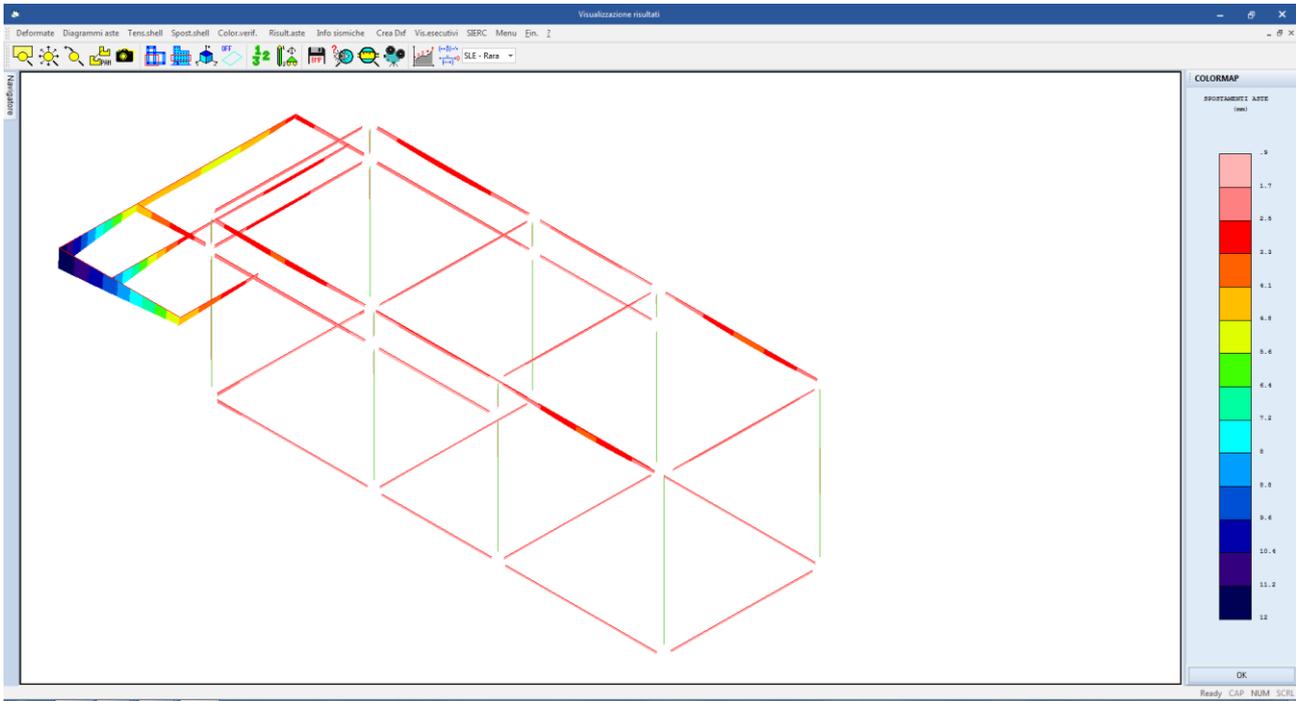


Figura 22: colormap deformata combinazione SLE rara n.1

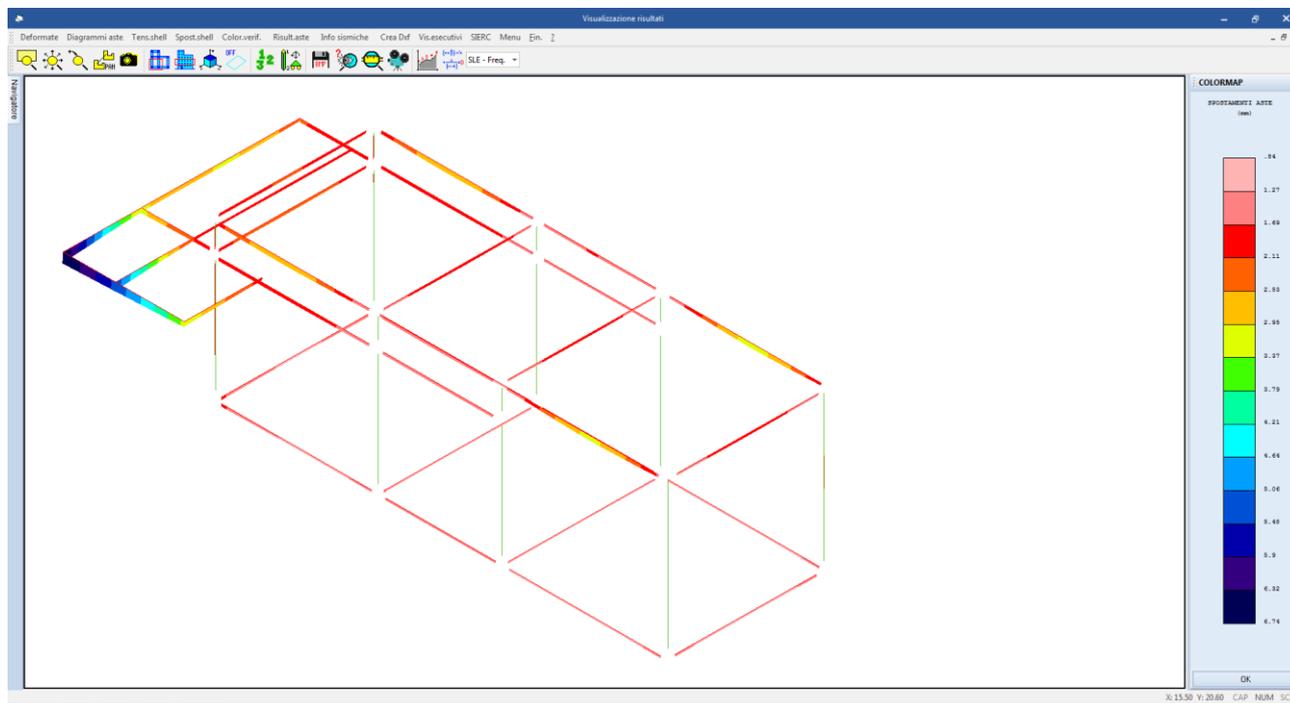


Figura 23: colormap deformata combinazione SLE frequente n.1

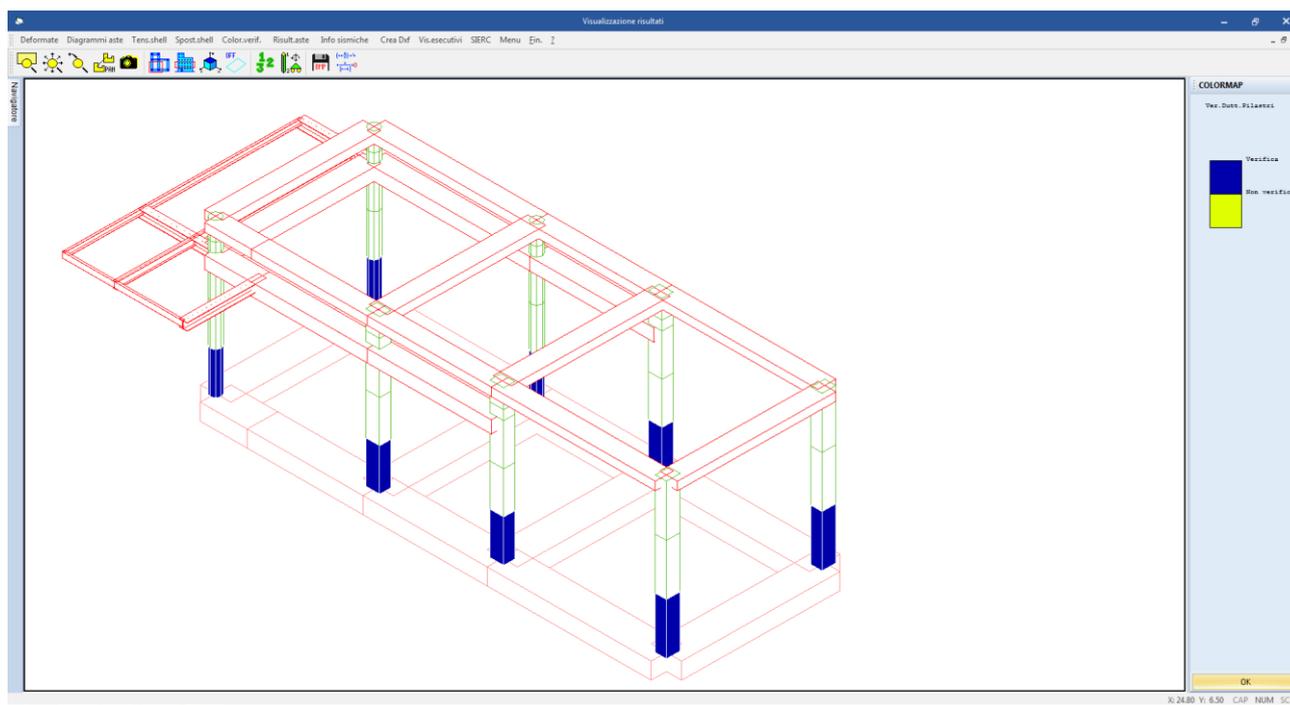


Figura 24: colormap verifica duttilità spiccato pilastri

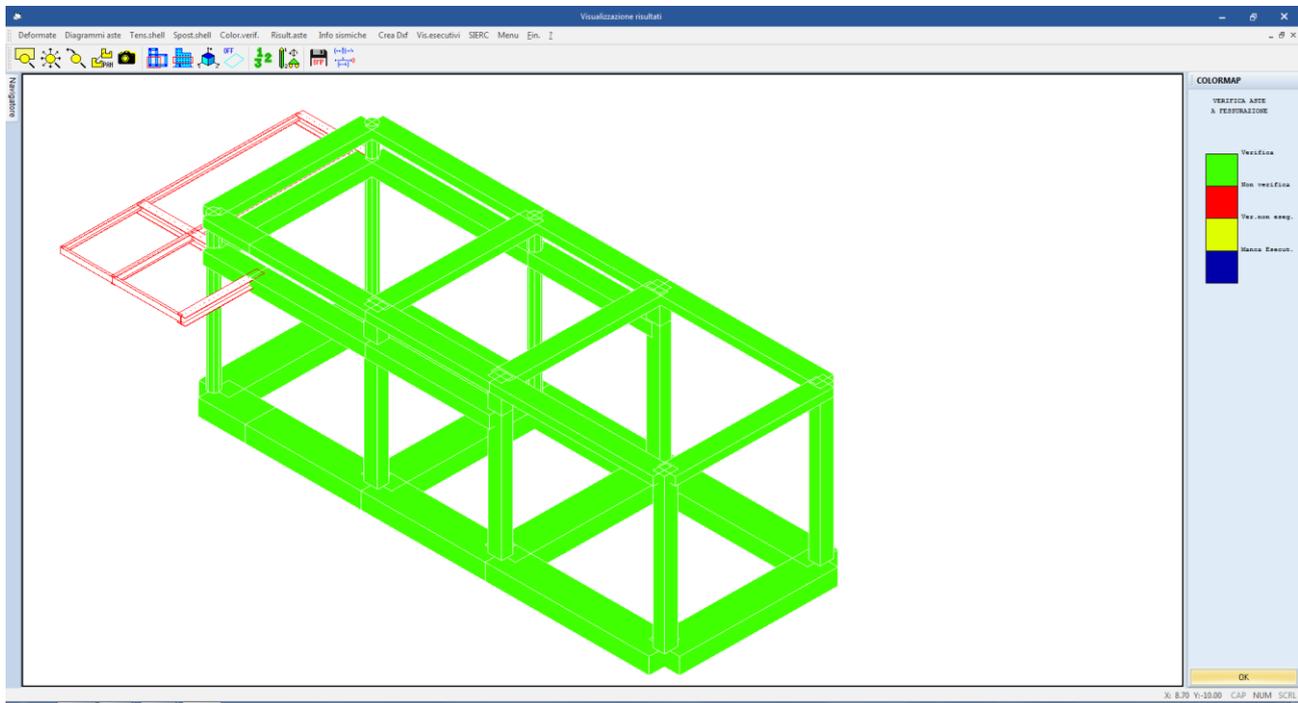


Figura 25: colormap verifica stato limite di fessurazione

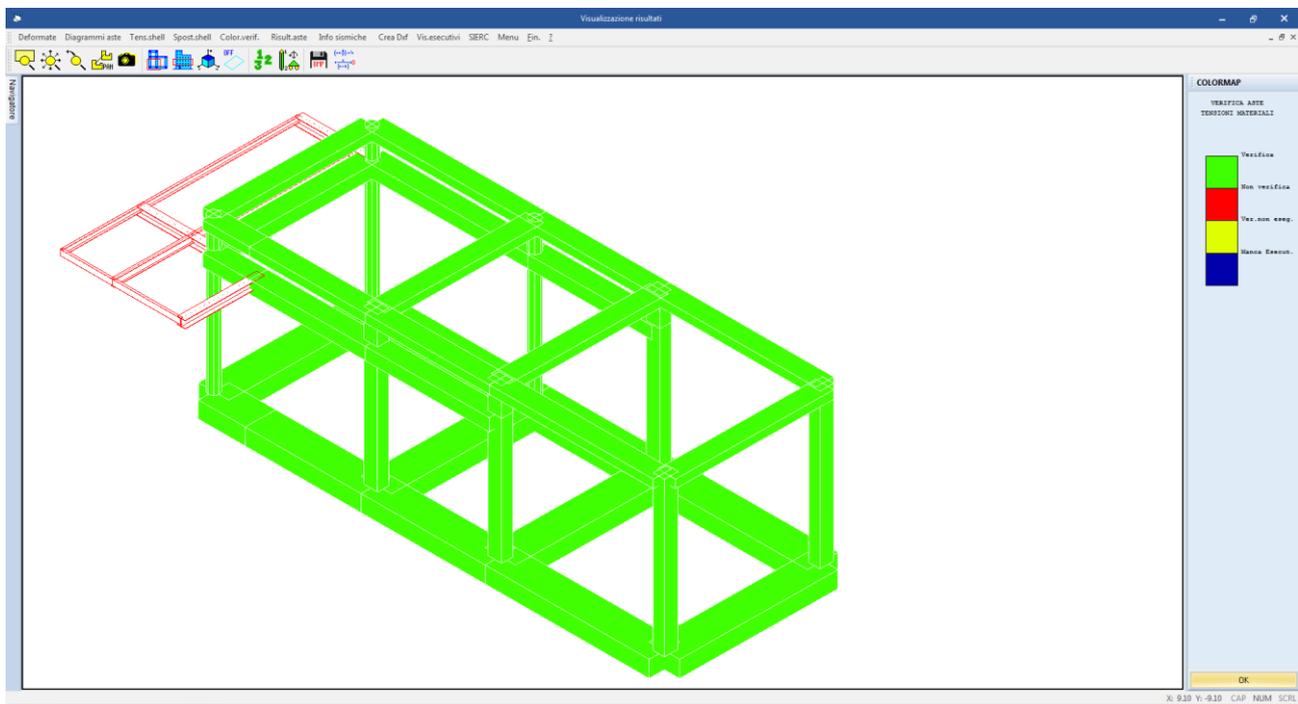


Figura 26: colormap verifica stato limite di tensione c.a.

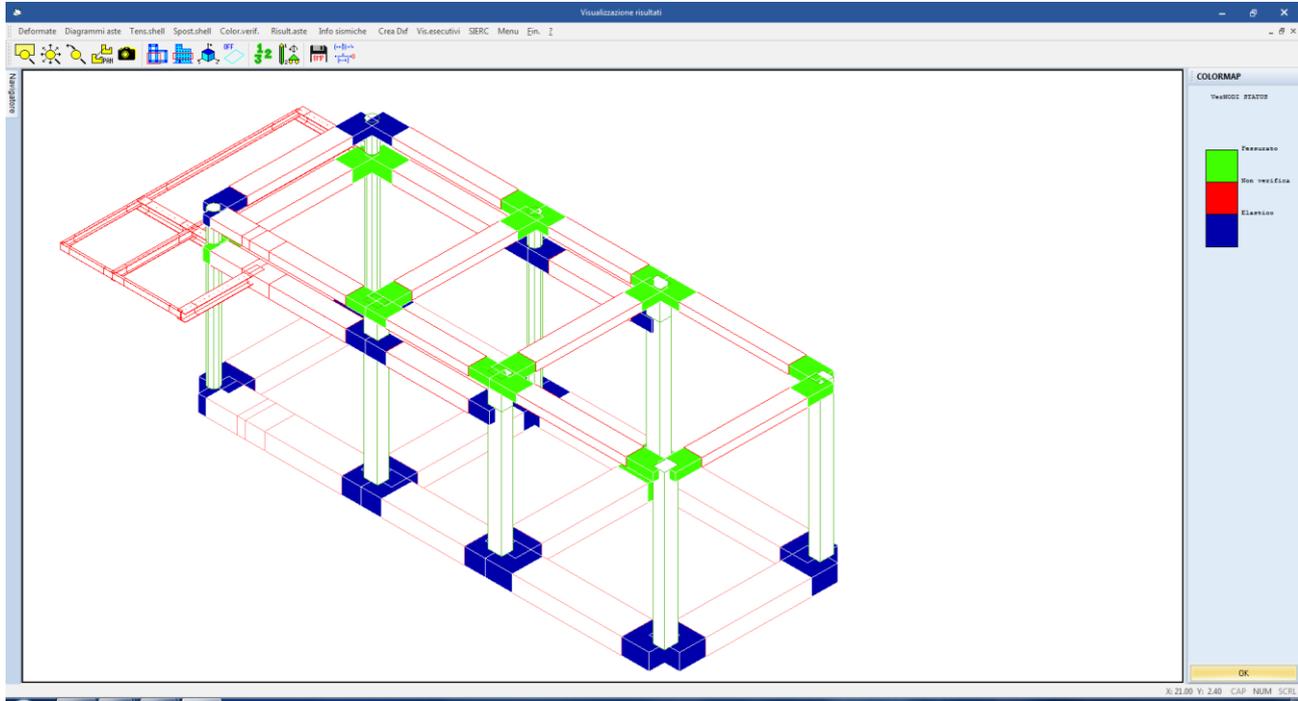


Figura 27 – verifica nodi in c.a.

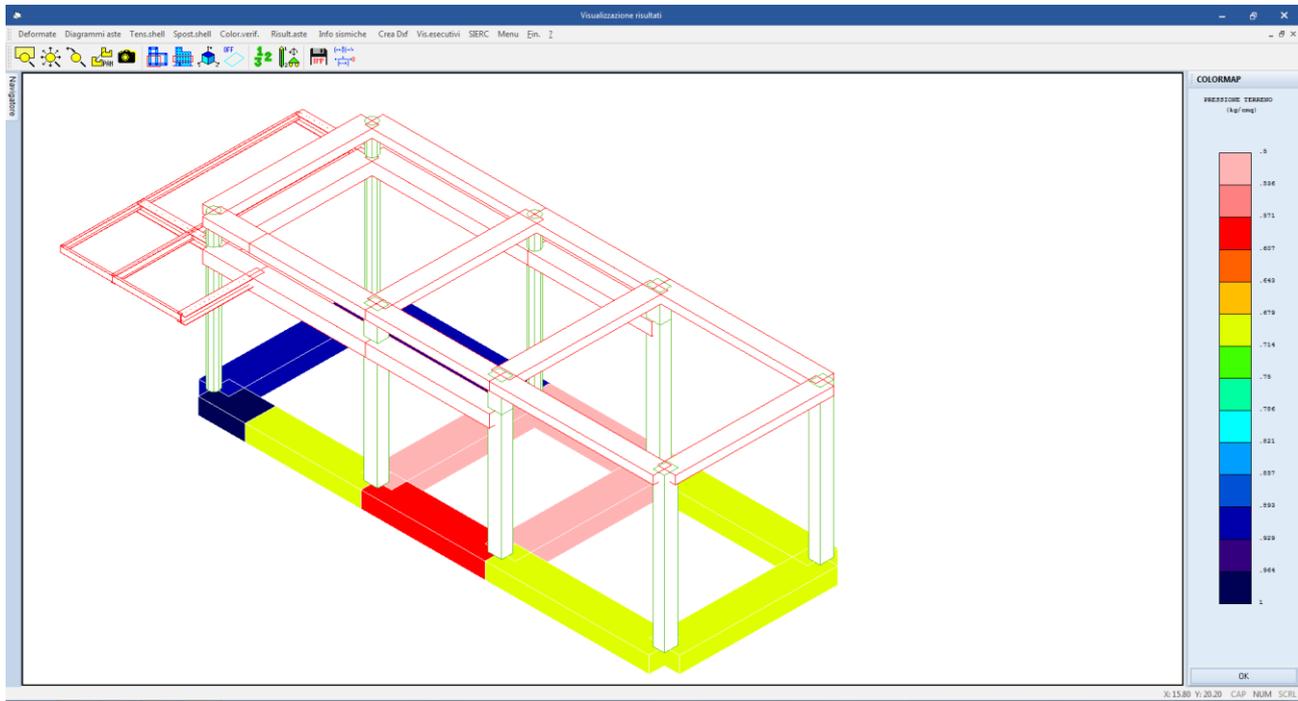


Figura 28: colormap pressione al suolo combinazione GEO n.1

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</p>						
<p>PROGETTO DEFINITIVO Relazione di calcolo Fabbricato Viaggiatori</p>	<table border="0"> <tr> <td>COMMESSA IV01</td> <td>LOTTO 00</td> <td>CODIFICA D 26 CL</td> <td>DOCUMENTO FV0300 002</td> <td>REV. A</td> <td>FOGLIO 54 di 113</td> </tr> </table>	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO FV0300 002	REV. A	FOGLIO 54 di 113
COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO FV0300 002	REV. A	FOGLIO 54 di 113		

10 VERIFICHE ALLO STATO LIMITE DI OPERATIVITA'

Per quanto riguarda il requisito di limitazione dell'operatività, la struttura deve essere progettata e costruita per sopportare un'azione sismica che abbia una probabilità di occorrenza più elevata di quella dell'azione sismica di progetto senza che si verifichi un danneggiamento con conseguenti limitazioni nell'utilizzo i cui costi sarebbero eccessivamente alti se rapportati con il costo della struttura in sé.

L'azione sismica da tenere in conto per il "requisito di mantenimento delle funzionalità operative" ha una probabilità di superamento del 81% nel tempo di ritorno T_r di 120 (grandezza funzione della vita utile della struttura e della classe di utilizzo).

Il "requisito relativo al mantenimento delle funzionalità operative" può considerarsi soddisfatto se gli spostamenti relativi tra i piani sono limitati secondo quanto stabilito al p.to 7.3.7.2 della [3].

10.1 Analisi e calcolo degli spostamenti

Gli spostamenti sono valutati utilizzando l'analisi dinamica modale con spettro di progetto applicata al modello tridimensionale dell'edificio.

I calcoli sono stati effettuati con lo stesso procedimento seguito per lo stato limite ultimo per quanto riguarda le combinazioni dei modi, l'eccentricità accidentale, le combinazioni delle azioni orizzontali e la combinazione dell'azione sismica con le altre azioni.

Nel caso in esame, per edifici con tamponamenti collegati rigidamente alla struttura e che interferiscono con la deformabilità della stessa con comportamento fragile, si deve verificare che:

Verifica allo SLO $qd_r < 0,0033h$

dove:

d_r è lo spostamento relativo di interpiano calcolato sulla base delle indicazioni dei par. 7.3.3 e 7.3.4 della [3].

h è l'altezza di interpiano per i vari livelli.

In base alla geometria dell'edificio si possono calcolare gli spostamenti di interpiano massimi stabiliti dalla normativa.

In figura seguente sono riportate le verifiche di spostamento secondo le due direzioni principali in pianta. Risulta verificato che gli spostamenti di interpiano sono inferiori ai limiti previsti dalla normativa.

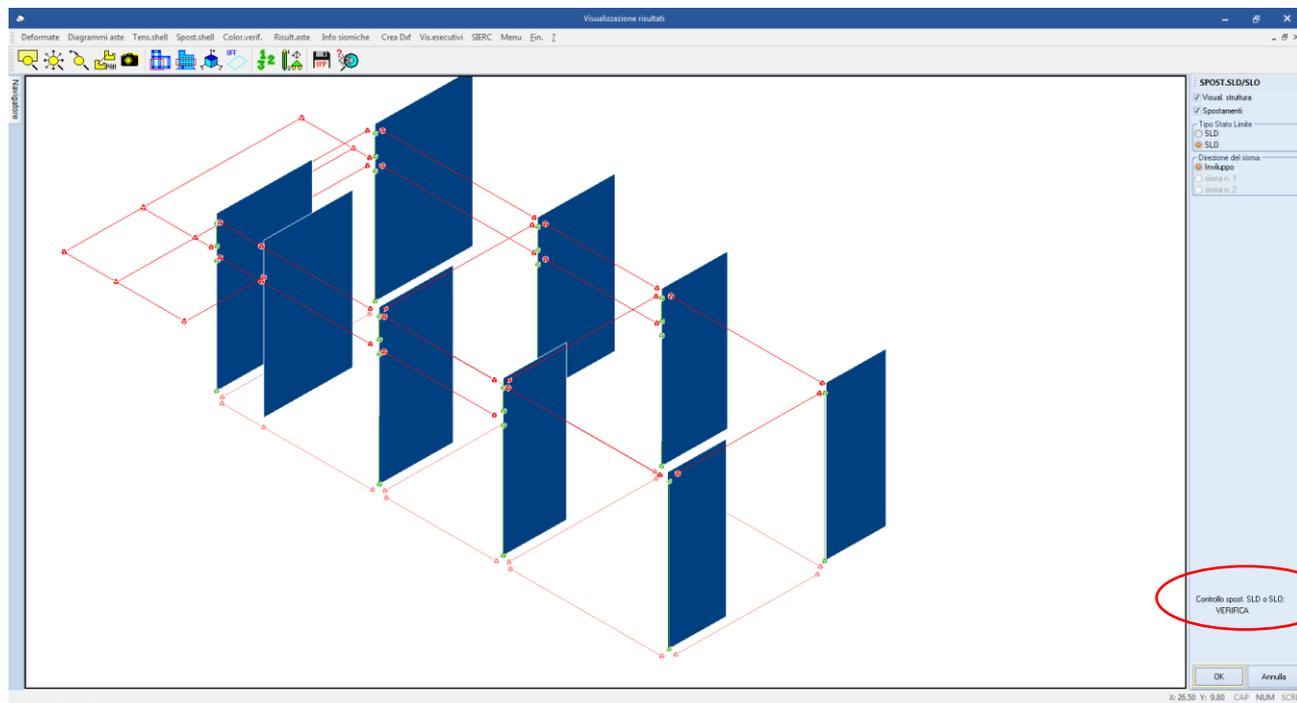


Figura 29: grafico spostamento SLO

SPOSTAMENTI SISMICI RELATIVI														
IDENTIFICATIVO					INVILUPPO S.L.D.				INVILUPPO S.L.O.				Stringa di Controllo Verifica	
Filo N.ro	Quota inf. (m)	Quota sup. (m)	Nodo inf. N.ro	Nodo sup. N.ro	Sis ma Nro	Com bin Nro	Spostam. Calcolo (mm)	Spostam. Limite (mm)	Sis ma Nro	Com bin Nro	Spostam. Calcolo (mm)	Spostam. Limite (mm)		
1	0.00	5.58	9	26	1	24	9.270	27.900	1	24	6.871	18.600	VERIFICATO	
2	0.00	5.58	4	27	1	18	9.390	27.900	1	18	7.006	18.600	VERIFICATO	
3	0.00	5.58	3	28	1	18	7.442	27.900	1	18	5.560	18.600	VERIFICATO	
4	0.00	5.58	2	29	1	9	6.162	27.900	1	9	4.563	18.600	VERIFICATO	
5	0.00	5.58	6	30	1	19	6.367	27.900	1	19	4.752	18.600	VERIFICATO	
6	0.00	5.58	5	31	1	24	7.216	27.900	1	24	5.333	18.600	VERIFICATO	
7	0.00	5.58	1	16	1	9	5.698	27.900	1	9	4.238	18.600	VERIFICATO	
8	0.00	5.58	8	17	1	19	5.837	27.900	1	19	4.349	18.600	VERIFICATO	
27	0.00	5.58	7	32	1	24	8.669	27.900	1	24	6.421	18.600	VERIFICATO	

11 VERIFICHE AGLI STATI LIMITE ULTIMI E DI ESERCIZIO ELEMENTI IN C.A.

11.1 Verifiche delle travi

Le verifiche di resistenza flessione in campata ed agli appoggi delle travi viene svolta in automatico dal programma di calcolo assieme alle verifiche sulle prescrizioni geometriche e sui dettagli costruttivi previsti al cap.7 delle NTC 2018.

11.1.1 Prescrizioni sulla geometria

Le prescrizioni geometriche previste dalla normativa (par. 7.4.6.1 delle NTC2018) risultano tutte verificate essendo:

- La larghezza delle travi sismiche risulta essere sempre maggiore di 200 mm (minimo 700 mm);
- Il rapporto b/h tra larghezza ed altezza delle travi risulta sempre ≥ 0.25 ;
- L'eccentricità massima della linea d'asse della trave rispetto a quella della colonna a cui è collegata risulta essere nulla e quindi sempre minore di $b_c/4$ dove b_c è la dimensione trasversale maggiore della colonna normale all'asse longitudinale della trave è assicurato così un trasferimento efficace delle azioni cicliche tra una trave sismica primaria e una colonna [p.to 7.4.6.1.3 della NTC2018].

11.1.2 Prescrizioni sui quantitativi di armatura ed i dettagli costruttivi

Il programma di calcolo verifica in automatico il rispetto dei quantitativi minimi di armatura ed i seguenti dettagli costruttivi:

- 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:

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

Vengono inoltre rispettati i limiti previsti per le travi in calcestruzzo in zona non sismica (punto 4.1.6.1.1 delle NTC2018):

- 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;

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</p>					
<p>PROGETTO DEFINITIVO Relazione di calcolo Fabbricato Viaggiatori</p>	<p>COMMESSA IV01</p>	<p>LOTTO 00</p>	<p>CODIFICA D 26 CL</p>	<p>DOCUMENTO FV0300 002</p>	<p>REV. A</p>	<p>FOGLIO 57 di 113</p>

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 $A_{st} = 1,5 b$ mm²/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;
- in ogni caso almeno il 50% dell'armatura necessaria per il taglio deve essere costituita da staffe.

11.1.3 Verifica travi a pressoflessione

Il calcolo dell'armatura delle travi è stato eseguito considerando i valori involuppo delle sollecitazioni ricavate dall'analisi strutturale e seguendo le prescrizioni della normativa. In ogni sezione, il momento resistente deve risultare, superiore o uguale al momento flettente sollecitante di calcolo. I momenti flettenti sollecitanti di calcolo da utilizzare per il dimensionamento e la verifica delle travi sono quelli ottenuti dall'analisi globale della struttura.

Il diagramma dei momenti flettenti sollecitanti è stato traslato di un valore pari a:

$$a_1 = \frac{z \cdot (\cot \theta - \cot \alpha)}{2}$$

dove:

z è il braccio della coppia interna, $z = 0,9 \cdot d$;

θ è l'angolo variabile tra il puntone compresso di calcestruzzo e l'asse della trave perpendicolare alla forza di taglio;

α è l'angolo di inclinazione delle armature trasversali rispetto all'asse della trave perpendicolare alla forza di taglio, $\alpha = 90^\circ$.

Si riporta appresso la spiegazione delle sigle usate nelle tabelle di verifica aste in calcestruzzo per gli stati limite ultimi.

Trattandosi di una struttura in calcestruzzo d'uso III la verifica di resistenza è condotta sia allo SLU che allo SLD.

Filo Iniz./Fin.	: Sulla prima riga numero del filo del nodo iniziale, sulla seconda quello del nodo finale
Cotg Θ	: Cotangente Angolo del puntone compresso
Quota	: Sulla prima riga quota del nodo iniziale, sulla seconda quota del nodo finale
SgmT	: Solo per le travi di fondazione: Pressione di contatto sul terreno in Kg/cm ² calcolata con i valori caratteristici delle azioni assumendo i coefficienti gamma pari ad uno.
AmpC	: Solo per le travi di elevazione: Coefficiente di amplificazione dei carichi statici per tenere in conto della verifica locale dell'asta a sisma verticale.
N/Nc	: Solo per i pilastri: Percentuale della resistenza massima a compressione della sezione di solo calcestruzzo.
Tratto	: Se una trave è suddivisa in più tratti sulla prima riga è riportato il numero del tratto, sulla terza il numero di suddivisioni della trave
Sez B/H	: Sulla prima riga numero della sezione nell'archivio, sulla seconda base della sezione,

PROGETTO DEFINITIVO
Relazione di calcolo Fabbricato Viaggiatori

COMMESSA IV01 LOTTO 00 CODIFICA D 26 CL DOCUMENTO FV0300 002 REV. A FOGLIO 58 di 113

- sulla terza altezza. Per sezioni a T è riportato l'ingombro massimo della sezione
- Concio** : Numero del concio
- Co Nr** : Numero della combinazione e in sequenza sollecitazioni ultime di calcolo che forniscono la massima deformazione nell'acciaio e nel calcestruzzo per la verifica a flessione
- GamRd** : Solo per le travi di fondazione: Coefficiente di sovreresistenza.
- M Exd** : Momento ultimo di calcolo asse vettore X (per le travi incrementato dalla traslazione del diagramma del momento flettente)
- M Eyd** : Momento ultimo di calcolo asse vettore Y
- N Ed** : Sforzo normale ultimo di calcolo
- x / d** : Rapporto fra la posizione dell'asse neutro e l'altezza utile della sezione moltiplicato per 100
- ef% ec% (*100)** : deformazioni massime nell'acciaio e nel calcestruzzo moltiplicate per 10.000. Valore limite per l'acciaio 100 (1%), valore limite nel calcestruzzo 35 (0,35%)
- Area** : Area del ferro in centimetri quadri; per le travi rispettivamente superiore ed inferiore, per i pilastri armature lungo la base e l'altezza della sezione
- Co Nr** : Numero della combinazione e in sequenza sollecitazioni ultime di calcolo che forniscono la minore sicurezza per le azioni taglianti e torcenti
- V Exd** : Taglio ultimo di calcolo in direzione X
- V Eyd** : Taglio ultimo di calcolo in direzione Y
- T sdu** : Momento torcente ultimo di calcolo
- V Rxd** : Taglio resistente ultimo delle staffe in direzione X
- V Ryd** : Taglio resistente ultimo delle staffe in direzione Y
- T Rd** : Momento torcente resistente ultimo delle staffe
- T Rld** : Momento torcente resistente ultimo dell'armatura longitudinale
- Coe Cls** : Coefficiente per il controllo di sicurezza del calcestruzzo alle azioni taglianti e torcenti moltiplicato per 100; la sezione è verificata se detto valore è minore o uguale a 100
- Coe Staf** : Coefficiente per il controllo di sicurezza delle staffe alle azioni taglianti e torcenti moltiplicato per 100; la sezione è verificata se detto valore è minore o uguale a 100
- Alon** : Armatura longitudinale a torsione (nelle travi rettangolari per le quali è stata effettuata la verifica a momento My in questo dato viene stampata anche l'armatura flessionale dei lati verticali)
- Staffe** : Passo staffe e lunghezza del tratto da armare
- Moltip Ultimo** : Solo per le stampe di riverifica:
 Moltiplicatore dei carichi che porta a collasso la sezione. Il percorso dei carichi seguito e' a sforzo normale costante. Le deformazioni riportate sono determinate dalle sollecitazioni di calcolo amplificate del moltiplicatore in parola.

STAMPA PROGETTO S.L.U. - AZIONI S.L.V. - ELEVAZIONE																											
Filo Iniz. Fin. Ctgù	Quota Iniz. Final AmpC	T r a t t	Sez Bas Alt	C o n c	VERIFICA A PRESSO-FLESSIONE											VERIFICA A TAGLIO E TORSIONE											
					Co mb	M Exd (t*m)	N Ed (t)	Moltip Ultimo	x/ d	sf% 100	ec% 100	Area cmq sup inf	Co mb	V Exd (t)	V Eyd (t)	T Sdu (t*m)	V Rxd (t)	V Ryd (t)	TRd (t*m)	TRld (t*m)	Coe Cls	Coe Sta	ALon cmq	Staffe Pas Lun Fi			
6	4.55	29	1	40	-14.9	2.4	1.13	16	100	19	12.1	10.1	40	-0.2	7.2	0.0	69.9	66.7	12.4	0.0	11	9	0.0	9	45	8	
27	4.55	65	3	40	-7.5	2.4	1.89	15	100	17	10.1	10.1	40	-0.2	6.6	0.0	25.9	34.2	8.5	0.0	10	19	0.0	20	305	8	
2.5	1.00	45	5	40	4.7	2.4	3.03	15	100	17	10.1	10.1	28	0.3	-4.7	0.0	69.9	66.7	12.4	0.0	8	6	0.0	9	45	8	
27	4.55	29	1	40	5.6	2.4	2.53	15	100	17	10.1	10.1	28	0.3	-5.6	0.0	69.9	66.7	12.4	0.0	9	7	0.0	9	45	8	
1	4.55	65	3	28	-10.2	8.8	1.26	14	100	16	10.1	10.1	28	0.3	-6.3	0.0	25.9	34.2	8.5	0.0	10	18	0.0	20	60	8	
2.5	1.00	45	5	28	-11.2	8.8	1.15	14	100	16	10.1	10.1	28	0.3	-6.8	0.0	69.9	66.7	12.4	0.0	11	9	0.0	9	45	8	
1	4.55	29	1	12	12.8	3.4	1.09	15	100	17	14.1	10.1	24	0.5	8.7	0.0	69.9	66.7	12.4	0.0	14	11	0.0	9	45	8	
2	4.55	65	3	24	7.2	2.7	1.94	15	100	17	10.1	10.1	24	0.5	8.2	0.0	25.9	34.2	8.5	0.0	13	24	0.0	20	440	8	
2.5	1.00	45	5	12	-16.4	3.4	1.18	17	100	21	14.1	12.1	12	-0.6	-8.5	0.0	69.9	66.7	12.4	0.0	14	11	0.0	9	45	8	
2	4.55	29	1	34	-8.7	6.0	1.54	14	100	16	10.1	10.1	34	-0.1	5.0	0.0	69.9	66.7	12.4	0.0	8	7	0.0	9	45	8	
3	4.55	65	3	30	4.5	5.5	2.99	14	100	16	10.1	10.1	30	0.0	-5.2	0.0	25.9	34.2	8.5	0.0	8	15	0.0	20	460	8	
2.5	1.00	45	5	30	-8.7	5.5	1.55	14	100	16	10.1	10.1	30	0.0	-5.7	0.0	69.9	66.7	12.4	0.0	9	7	0.0	9	45	8	
6	4.55	29	1	3	-3.5	-3.4	4.37	16	100	19	10.1	10.1	6	-0.1	3.7	0.0	70.4	67.1	12.4	0.0	6	5	0.0	9	45	8	
4	4.55	65	3	8	1.2	-2.1	12.06	15	100	18	10.1	10.1	6	-0.1	3.0	0.0	25.9	34.2	8.5	0.0	5	9	0.0	20	310	8	
2.5	1.00	45	5	9	-0.6	-1.6	24.75	15	100	18	10.1	10.1	5	-0.1	-2.3	0.0	70.4	67.1	12.4	0.0	4	3	0.0	9	45	8	

PROGETTO DEFINITIVO
Relazione di calcolo Fabbricato Viaggiatori

COMMESSA IV01 LOTTO 00 CODIFICA D 26 CL DOCUMENTO FV0300 002 REV. A FOGLIO 59 di 113

STAMPA PROGETTO S.L.U. - AZIONI S.L.V. - ELEVAZIONE

Filo Iniz. Fin. Ctg0	Quota Iniz. Final AmpC	T r a	Sez Bas Alt	C o n c	VERIFICA A PRESSO-FLESSIONE										VERIFICA A TAGLIO E TORSIONE											
					Co mb	M Exd (t*m)	N Ed (t)	Moltip Ultimo	x/ d	sf% 100	sc% 100	Area cmq sup inf	Co mb	V Exd (t)	V Eyd (t)	T Sdu (t*m)	V Rxd (t)	V Ryd (t)	TRd (t*m)	TRld (t*m)	Coe Cls	Coe Sta	ALon cmq	Staffe Pas Lun Fi		
3	4.55	29	1	34	-9.6	6.9	1.39	14	100	16	10.1	10.1	34	0.1	7.3	0.0	70.0	66.8	12.4	0.0	11	10	0.0	9	45	8
5	4.55	65	3	34	6.7	6.9	1.97	14	100	16	10.1	10.1	34	0.1	6.8	0.0	25.9	34.2	8.5	0.0	10	20	0.0	20	315	8
2.5	1.00	45	5	30	-12.3	-7.2	1.28	16	100	20	10.1	10.1	30	0.1	-6.6	0.0	70.0	66.8	12.4	0.0	10	9	0.0	9	45	8
7	5.58	28	1	40	-7.2	0.0	1.21	23	100	29	10.1	8.0	3	0.0	7.6	0.0	46.6	41.0	6.7	0.0	19	9	0.0	5	30	8
4	5.58	65	3	6	5.1	0.1	1.43	21	100	27	8.0	8.0	6	0.0	-8.6	0.0	27.3	22.1	4.8	0.0	21	39	0.0	19	490	8
2.5	1.00	30	5	28	-10.5	0.0	1.12	25	100	34	14.1	8.0	6	0.0	-9.6	0.0	46.6	41.0	6.7	0.0	23	11	0.0	5	30	8
3	5.58	28	1	3	-8.7	0.1	1.17	24	100	31	12.1	8.0	1	0.0	9.0	0.0	46.6	41.0	6.7	0.0	22	11	0.0	5	30	8
2	5.58	65	3	3	4.3	0.1	1.70	21	100	27	8.0	8.0	1	0.0	8.1	0.0	27.3	22.1	4.8	0.0	20	36	0.0	19	490	8
2.5	1.00	30	5	3	-6.2	0.1	1.17	21	100	27	8.0	8.0	3	0.0	-8.1	0.0	46.6	41.0	6.7	0.0	20	10	0.0	5	30	8
4	5.58	28	1	40	-8.5	0.0	1.20	24	100	31	12.1	8.0	40	0.0	6.6	0.0	46.6	41.0	6.7	0.0	16	8	0.0	5	30	8
6	5.58	65	3	28	2.7	0.0	2.69	21	100	27	8.0	8.0	40	0.0	5.9	0.0	27.3	22.1	4.8	0.0	15	27	0.0	19	340	8
2.5	1.00	30	5	28	-7.1	0.0	1.23	23	100	29	10.1	8.0	28	0.0	-6.3	0.0	46.6	41.0	6.7	0.0	15	7	0.0	5	30	8
5	5.58	28	1	30	-5.8	0.0	1.25	21	100	27	8.0	8.0	6	0.0	6.6	0.0	46.6	41.0	6.7	0.0	16	8	0.0	5	30	8
3	5.58	65	3	3	1.9	0.1	3.82	21	100	27	8.0	8.0	6	0.0	5.7	0.0	27.3	22.1	4.8	0.0	14	26	0.0	19	345	8
2.5	1.00	30	5	34	-5.0	0.0	1.45	21	100	27	8.0	8.0	3	0.0	-6.0	0.0	46.6	41.0	6.7	0.0	15	7	0.0	5	30	8
8	5.58	28	1	30	-6.8	0.0	1.29	23	100	29	10.1	8.0	3	0.0	7.6	0.0	46.6	41.0	6.7	0.0	19	9	0.0	5	30	8
5	5.58	65	3	6	5.1	0.1	1.42	21	100	27	8.0	8.0	6	0.0	-8.6	0.0	27.3	22.1	4.8	0.0	21	39	0.0	19	490	8
2.5	1.00	30	5	6	-9.5	0.1	1.08	24	100	31	12.1	8.0	6	0.0	-9.5	0.0	46.6	41.0	6.7	0.0	23	11	0.0	5	30	8
27	5.58	28	1	40	2.8	0.0	2.59	21	100	27	8.0	8.0	1	0.0	-4.1	0.0	46.6	41.0	6.7	0.0	10	5	0.0	5	30	8
1	5.58	65	3	28	-4.5	0.0	1.61	21	100	27	8.0	8.0	3	0.0	-6.8	0.0	27.3	22.1	4.8	0.0	17	31	0.0	19	90	8
2.5	1.00	30	5	28	-6.5	0.0	1.12	21	100	27	8.0	8.0	3	0.0	-7.9	0.0	46.6	41.0	6.7	0.0	19	9	0.0	5	30	8
1	5.58	28	1	24	-5.3	0.0	1.37	21	100	27	8.0	8.0	22	0.0	2.8	0.0	46.6	41.0	6.7	0.0	7	3	0.0	5	30	8
2	5.58	65	3	12	1.6	0.0	4.49	21	100	27	8.0	8.0	24	0.0	2.7	0.0	27.3	22.1	4.8	0.0	7	12	0.0	19	470	8
2.5	1.00	30	5	12	-5.3	0.0	1.38	21	100	27	8.0	8.0	12	0.0	-2.8	0.0	46.6	41.0	6.7	0.0	7	3	0.0	5	30	8
4	5.58	28	1	9	6.4	0.0	1.15	22	100	28	10.1	8.0	21	0.0	4.1	0.0	46.6	41.0	6.7	0.0	10	5	0.0	5	30	8
5	5.58	65	3	21	2.8	0.0	2.56	21	100	27	8.0	8.0	19	0.0	3.9	0.0	27.3	22.1	4.8	0.0	10	18	0.0	19	470	8
2.5	1.00	30	5	21	6.5	0.0	1.13	22	100	28	10.1	8.0	9	0.0	-4.0	0.0	46.6	41.0	6.7	0.0	10	5	0.0	5	30	8
6	5.58	28	1	14	6.5	0.0	1.13	22	100	28	12.1	8.0	18	0.0	4.0	0.0	46.6	41.0	6.7	0.0	10	5	0.0	5	30	8
3	5.58	65	3	14	3.2	0.0	2.25	21	100	27	8.0	8.0	18	0.0	3.8	0.0	27.3	22.1	4.8	0.0	9	17	0.0	19	470	8
2.5	1.00	30	5	14	-7.2	0.0	1.23	23	100	29	10.1	8.0	14	0.0	-3.9	0.0	46.6	41.0	6.7	0.0	9	5	0.0	5	30	8
7	5.58	28	1	19	-7.6	0.0	1.16	23	100	29	10.1	8.0	19	0.0	3.9	0.0	46.6	41.0	6.7	0.0	9	5	0.0	5	30	8
8	5.58	65	3	15	2.6	0.0	2.76	21	100	27	8.0	8.0	15	0.0	-3.7	0.0	27.3	22.1	4.8	0.0	9	17	0.0	19	450	8
2.5	1.00	30	5	15	-7.5	0.0	1.16	23	100	29	10.1	8.0	15	0.0	-3.9	0.0	46.6	41.0	6.7	0.0	9	5	0.0	5	30	8
6	5.58	28	1	6	-9.0	-0.1	1.14	24	100	31	12.1	8.0	1	0.0	9.0	0.0	46.6	41.0	6.7	0.0	22	11	0.0	5	30	8
27	5.58	65	3	3	4.1	0.1	1.79	21	100	27	8.0	8.0	6	0.0	8.0	0.0	27.3	22.1	4.8	0.0	19	36	0.0	19	335	8
2.5	1.00	30	5	3	3.2	0.1	2.25	21	100	27	8.0	8.0	1	0.0	-3.2	0.0	46.6	41.0	6.7	0.0	8	4	0.0	5	30	8

STAMPA PROGETTO S.L.U. - AZIONI S.L.D. - ELEVAZIONE

Filo Iniz. Fin. Ctg0	Quota Iniz. Final	T r a	Sez Bas Alt	C o n c	VERIFICA A PRESSO-FLESSIONE										VERIFICA A TAGLIO E TORSIONE											
					Co mb	M Exd (t*m)	N Ed (t)	Moltip Ultimo	x/ d	sf% 100	sc% 100	Area cmq sup inf	Co mb	V Exd (t)	V Eyd (t)	T Sdu (t*m)	V Rxd (t)	V Ryd (t)	TRd (t*m)	TRld (t*m)	Coe Cls	Coe Sta	ALon cmq	Staffe Pas Lun Fi		
6	4.55	29	1	40	-8.8	4.1	2.16	17	100	21	12.1	10.1	40	0.0	5.2	0.0	69.9	66.7	12.4	0.0	8	7	0.0	9	45	8
27	4.55	65	3	40	-3.6	4.1	4.36	15	100	18	10.1	10.1	40	0.0	4.6	0.0	25.9	34.2	8.5	0.0	7	13	0.0	20	305	8
2.5	1.00	45	5	40	2.8	4.1	5.74	15	100	18	10.1	10.1	28	0.2	-2.6	0.0	69.9	66.7	12.4	0.0	4	3	0.0	9	45	8
27	4.55	29	1	40	2.8	4.1	5.73	15	100	18	10.1	10.1	28	0.2	-3.6	0.0	69.9	66.7	12.4	0.0	6	5	0.0	9	45	8
1	4.55	65	3	28	-5.6	7.0	2.75	15	100	17	10.1	10.1	28	0.2	-4.2	0.0	25.9	34.2	8.5	0.0	7	12	0.0	20	60	8
2.5	1.00	45	5	28	-6.3	7.0	2.44	15	100	17	10.1	10.1	28	0.2	-4.8	0.0	69.9	66.7	12.4	0.0	7	6	0.0	9	45	8
1	4.55	29	1	24	-8.7	2.9	2.56	19	100	23	14.1	10.1	24	0.2	5.7	0.0	69.9	66.7	12.4	0.0	9	7	0.0	9	45	8
2	4.55	65	3	24	4.2	2.9	3.80	16	100	18	10.1	10.1	24	0.2	5.1	0.0	25.9	34.2	8.5	0.0	8	15	0.0	20	440	8
2.5	1.00	45	5	12	-8.3	3.2	2.66	19	100	23	14.1	12.1	10	-0.3	-5.5	0.0	69.9	66.7	12.4	0.0	9	7	0.0	9	45	8
2	4.55	29	1	34	-4.9	5.9	3.16	15	100	18	10.1	10.1	34	-0.1	3.8	0.0	69.9	66.7	12.4	0.0	6	5	0.0	9	45	8
3	4.55	65	3	30	2.8	5.6	5.52	15	100	18	10.1	10.1	30	0.0	-3.9	0.0	25.9	34.2	8.5	0.0	6	12	0.0	20	460	8
2.5	1.00	45	5	30	-5.9	5.6	2.64	15	100	18	10.1	10.1	29	0.0	-4.4	0.0	69.9	66.7	12.4	0.0	7	6	0.0	9	45	8
6	4.55	29	1	9	-2.4	-1.6	6.99	16	100	20	10.1	10.1	9	-0.1	2.7	0.0	70.4	67.1	12.4	0.0	4	4	0.0	9	45	8
4	4.55	65	3	9	0.9	-1.6	19.47	16	100	20	10.1	10.1	9	-0.1	2.2	0.0	25.9	34.2	8.5	0.0	3	6	0.0	20	310	8
2.5	1.00	45	5	9	-0.6	-1.6	28.15	16	100	20	10.1	10.1	9	-0.1	-1.8	0.0	70.4	67.1	12.4	0.0	3	2	0.0	9	45	8
3	4.55	29	1	34	-5.5	3.0	2.89	16	100	18	10.1	10.1	34	0.1	4.7	0.0	70.0	66.8	12.4	0.0	7	6	0.0	9	45	8
5	4.55	65	3	34	3.4	3.0	4.72	16	100	18	10.1	10.1	34	0.1	4.2	0.0	25.9	34.2	8.5	0.0	6	12	0.0	20	315	8
2.5	1.00	45	5	30	-6.1	-3.3	2.84	1																		

STAMPA PROGETTO S.L.U. - AZIONI S.L.D. - ELEVAZIONE

Filo Iniz. Fin. Ctqg	Quota Iniz. Final t	T r a	Sez Bas Alt	C o n c	VERIFICA A PRESSO-FLESSIONE										VERIFICA A TAGLIO E TORSIONE											
					Co mb	M Exd (t*m)	N Ed (t)	Moltip Ultimo	x/ d	sf% 100	sc% 100	Area cmq sup inf	Co mb	V Exd (t)	V Eyd (t)	T Sdu (t*m)	V Rxd (t)	V Ryd (t)	TRd (t*m)	TRld (t*m)	Coe CIs	Coe Sta	ALon cmq	Staffe Pas Lun Fi		
2.5			30 5 34		-5.0	0.0	1.65	22	100	28	8.0	8.0	33	0.0	-5.5	0.0	46.6	41.0	6.7	0.0	13	6	0.0	5	30	8
4	5.58		28 1 40		-5.5	0.0	2.10	25	100	33	12.1	8.0	40	0.0	5.2	0.0	46.6	41.0	6.7	0.0	13	6	0.0	5	30	8
6	5.58		65 3 28		1.6	0.0	5.05	22	100	28	8.0	8.0	40	0.0	4.6	0.0	27.3	22.1	4.8	0.0	11	21	0.0	19	340	8
2.5			30 5 28		-4.5	0.0	2.19	23	100	31	10.1	8.0	28	0.0	-4.9	0.0	46.6	41.0	6.7	0.0	12	6	0.0	5	30	8
5	5.58		28 1 30		-4.4	0.0	1.84	22	100	28	8.0	8.0	29	0.0	4.8	0.0	46.6	41.0	6.7	0.0	12	6	0.0	5	30	8
3	5.58		65 3 30		1.4	0.0	5.88	22	100	28	8.0	8.0	29	0.0	4.2	0.0	27.3	22.1	4.8	0.0	10	19	0.0	19	345	8
2.5			30 5 34		-3.6	0.0	2.29	22	100	28	8.0	8.0	33	0.0	-4.3	0.0	46.6	41.0	6.7	0.0	11	5	0.0	5	30	8
8	5.58		28 1 30		-4.5	0.0	2.19	23	100	31	10.1	8.0	29	0.0	5.4	0.0	46.6	41.0	6.7	0.0	13	6	0.0	5	30	8
5	5.58		65 3 34		3.7	0.0	2.20	22	100	28	8.0	8.0	34	0.0	-6.0	0.0	27.3	22.1	4.8	0.0	15	27	0.0	19	490	8
2.5			30 5 34		-7.4	0.0	1.57	25	100	33	12.1	8.0	33	0.0	-6.6	0.0	46.6	41.0	6.7	0.0	16	8	0.0	5	30	8
27	5.58		28 1 40		2.1	0.0	3.87	22	100	28	8.0	8.0	27	0.0	-3.1	0.0	46.6	41.0	6.7	0.0	8	4	0.0	5	30	8
1	5.58		65 3 28		-3.2	0.0	2.55	22	100	28	8.0	8.0	27	0.0	-4.7	0.0	27.3	22.1	4.8	0.0	12	21	0.0	19	90	8
2.5			30 5 28		-5.0	0.0	1.64	22	100	28	8.0	8.0	26	0.0	-5.4	0.0	46.6	41.0	6.7	0.0	13	6	0.0	5	30	8
1	5.58		28 1 24		-3.0	0.0	2.69	22	100	28	8.0	8.0	18	0.0	2.0	0.0	46.6	41.0	6.7	0.0	5	2	0.0	5	30	8
2	5.58		65 3 24		1.0	0.0	8.56	22	100	28	8.0	8.0	12	0.0	-1.8	0.0	27.3	22.1	4.8	0.0	4	8	0.0	19	470	8
2.5			30 5 12		-3.0	0.0	2.72	22	100	28	8.0	8.0	10	0.0	-2.0	0.0	46.6	41.0	6.7	0.0	5	2	0.0	5	30	8
4	5.58		28 1 21		-4.2	0.0	2.33	23	100	31	10.1	8.0	19	0.0	2.5	0.0	46.6	41.0	6.7	0.0	6	3	0.0	5	30	8
5	5.58		65 3 30		1.7	0.0	4.91	22	100	28	8.0	8.0	19	0.0	2.4	0.0	27.3	22.1	4.8	0.0	6	11	0.0	19	470	8
2.5			30 5 9		-4.1	0.0	2.40	23	100	31	10.1	8.0	9	0.0	-2.5	0.0	46.6	41.0	6.7	0.0	6	3	0.0	5	30	8
6	5.58		28 1 18		-4.4	0.0	2.60	25	100	33	12.1	8.0	18	0.0	2.5	0.0	46.6	41.0	6.7	0.0	6	3	0.0	5	30	8
3	5.58		65 3 14		1.8	0.0	4.54	22	100	28	8.0	8.0	18	0.0	2.4	0.0	27.3	22.1	4.8	0.0	6	11	0.0	19	470	8
2.5			30 5 14		-3.7	0.0	2.70	23	100	31	10.1	8.0	14	0.0	-2.4	0.0	46.6	41.0	6.7	0.0	6	3	0.0	5	30	8
7	5.58		28 1 19		-3.9	0.0	2.55	23	100	31	10.1	8.0	19	0.0	2.4	0.0	46.6	41.0	6.7	0.0	6	3	0.0	5	30	8
8	5.58		65 3 15		1.5	0.0	5.35	22	100	28	8.0	8.0	15	0.0	-2.3	0.0	27.3	22.1	4.8	0.0	6	10	0.0	19	450	8
2.5			30 5 15		-3.9	0.0	2.56	23	100	31	10.1	8.0	15	0.0	-2.4	0.0	46.6	41.0	6.7	0.0	6	3	0.0	5	30	8
6	5.58		28 1 40		-6.8	0.0	1.71	25	100	33	12.1	8.0	39	0.0	6.1	0.0	46.6	41.0	6.7	0.0	15	7	0.0	5	30	8
27	5.58		65 3 12		2.6	0.0	3.18	22	100	28	8.0	8.0	39	0.0	5.4	0.0	27.3	22.1	4.8	0.0	13	25	0.0	19	335	8
2.5			30 5 40		2.5	0.0	3.33	22	100	28	8.0	8.0	28	0.0	-2.5	0.0	46.6	41.0	6.7	0.0	6	3	0.0	5	30	8

11.1.4 Calcolo del taglio sollecitante di progetto

Per le strutture di classe di duttilità CDB, al fine di escludere la formazione di meccanismi di rottura fragili dovuti al taglio, l'azione di taglio di progetto nelle travi sismiche primarie deve essere determinata in accordo con il criterio della capacità, sulla base dell'equilibrio della trave sotto: a) il carico trasversale agente su di essa nella situazione sismica di progetto e b) i momenti relativi alle sezioni di estremità $M_{i,d}$ (con $i=1,2$ che denotano le sezioni di estremità della trave), corrispondenti alla formazione della cerniera plastica per le direzioni positive e negative dell'azione sismica. Si deve considerare la formazione delle cerniere plastiche alle estremità delle travi o, nel caso si formino prima, negli elementi verticali convergenti nei nodi a cui l'estremità della trave è collegata. In corrispondenza della sezione terminale i si devono calcolare due valori per la forza di taglio agente, cioè il massimo $V_{Ed,max,i}$; ed il minimo $V_{Ed,min,i}$, corrispondenti ai momenti $M_{i,d}$ di estremità massimo positivo e massimo negativo che possono svilupparsi alle estremità 1 e 2 della trave presa a riferimento.

I valori minimo e massimo dell'azione di taglio di progetto vengono calcolati secondo il criterio della capacità con la seguente espressione, (Figura 30):

$$V_{Ed,i} = \frac{(G_k + \psi_{ik} \cdot Q_k) \times l_{cl}}{2} + \frac{M_{i,d} + M_{j,d}}{l_{cl}}$$

dove:

G_k è il carico gravitazionale,

ψ_{ik} è il coefficiente di amplificazione del carico variabile,

Q_k è il carico accidentale,

l_{cl} è la lunghezza netta della trave,
 $M_{i,d}$ e $M_{j,d}$ sono i momenti resistenti amplificati ai due estremi della trave.
 I momenti di estremità $M_{i,d}$ possono essere determinati come segue:

$$M_{i,d} = \gamma_{Rd} M_{Rb,i} \min \left(1, \frac{\sum M_{Rc}}{\sum M_{Rb}} \right)$$

Dove:

γ_{Rd} è il coefficiente che tiene conto della possibile sovra resistenza dovuta all'incrudimento dell'acciaio, che nel caso di travi di classe "CDB" può essere preso uguale a 1,1;

$M_{Rb,i}$ è il valore di progetto del momento resistente della trave all'estremità i nel senso del momento flettente sismico sotto il senso considerato dell'azione sismica;

$\sum M_{Rc}$ e $\sum M_{Rb}$ sono rispettivamente la somma, dei valori di progetto dei momenti resistenti delle colonne e la somma dei valori di progetto dei momenti resistenti delle travi che convergono nel nodo. Il valore di $\sum M_{Rc}$ deve corrispondere all'azione assiale della colonna, nella situazione sismica di progetto per il senso considerato dell'azione sismica.

I momenti resistenti di estremità sono stati calcolati sulla base delle armature effettivamente disposte e considerando due valori dell'azione di taglio, massimo e minimo, assumendo rispettivamente la presenza e l'assenza dei carichi variabili e i momenti di estremità con i due possibili segni, da assumere in ogni caso concordi.

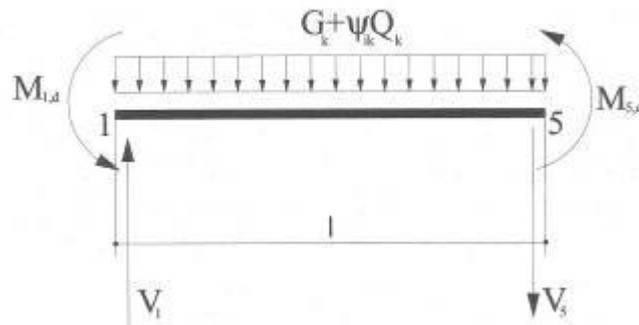


Figura 30: calcolo delle forze di taglio sulle travi secondo il criterio della capacità

11.1.5 Definizione della lunghezza della zona critica

Si definisce zona critica, per una struttura di classe di duttilità bassa (CDB), la zona, di una trave sismica primaria che si estende fino ad una distanza $l_{cr} = 1.0 h_w$ (altezza della trave) dalla sezione trasversale di estremità in cui la trave è collegata ad un nodo trave-colonna e che si estende di l_{cr} da entrambi i lati di qualsiasi altra sezione trasversale in cui possano verificarsi plasticizzazioni sotto la situazione sismica di progetto:

$$l_{cr} = 1,0 \times h_w \quad [\text{p.to 7.4.6.1.1 delle NTC2018} \text{Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.}]$$

11.1.6 Disposizioni riguardanti le armature trasversali

All'interno delle regioni critiche di travi sismiche primarie devono essere disposte staffe che soddisfino le seguenti condizioni, [p.to 7.4.6.2.1 della NTC2018]:

- il diametro d_{bw} delle staffe non deve essere inferiore a 6 mm. In sede di progetto si sono adottate staffe di diametro $d_{bw} = 8$ mm.
- Il passo s delle staffe non deve superare il minimo tra i seguenti valori:

$$s = \min \left\{ \frac{d}{4}; 225; 8 \cdot d_{bL}; 24 \cdot \phi_{staffe} \right\}$$

dove:

b, h sono le dimensioni della sezione trasversale della trave

d_{bL} è il diametro minimo delle barre longitudinali.

La prima staffa, non sarà posizionata a più di 50 mm dalla sezione di estremità della trave.

11.1.7 Armatura a taglio in zona critica

Il calcolo e la verifica della resistenza a taglio devono essere eseguiti in accordo con le NTC2018. Nelle zone critiche di travi sismiche primarie, l'inclinazione θ del puntone nel modello a traliccio è variabile tra $1 < \cot\theta < 2.5$.

$$V_{Rd,s} = 0.9 \cdot d \cdot \frac{A_{sw}}{s} \cdot f_{ywd} \cdot (\cot\alpha + \cot\theta) \cdot \sin\alpha \quad [\text{NTC2018-}\S 4.1.2.1.3.2]$$

$$V_{Rcd} = 0.9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_c \cdot f'_{cd} \cdot \frac{\cot\alpha + \cot\theta}{1 + \cot^2\theta}$$

$$V_{Rd} = \min(V_{Rd,s}; V_{Rdc})$$

dove

A_{sw} è l'area dell'armatura a taglio nella spaziatura s ;

s è la spaziatura tra le staffe;

d è l'altezza utile della sezione;

α angolo di inclinazione dell'armatura trasversale rispetto all'asse della trave (90°)

θ è l'angolo variabile tra il puntone compresso di calcestruzzo e l'asse della trave perpendicolare alla forza di taglio.

11.1.8 Armatura a taglio nelle rimanenti zone della trave

Considerando l'espressione per il calcolo della resistenza dell'elemento con armatura a taglio, ponendo $V_{Rd,s}$ pari al taglio sollecitante in corrispondenza della fine della zona critica, è possibile trovare il passo massimo delle staffe in zona non critica.

$$s = \frac{A_{sw}}{V_{Sd}} \cdot z \cdot f_{ywd} \cdot \cot\theta$$

PROGETTO DEFINITIVO
Relazione di calcolo Fabbricato Viaggiatori

COMMESSA IV01 LOTTO 00 CODIFICA D 26 CL DOCUMENTO FV0300 002 REV. A FOGLIO 63 di 113

dove:

 A_{sw} è l'area dell'armatura a taglio nella spaziatura s ;

 V_{sd} è il massimo taglio sollecitante in corrispondenza della sezione alla fine della zona critica;

Si riporta appresso la spiegazione delle sigle usate nel tabulato di VERIFICHE DI DUTTILITA' ASTE IN C.A. - TRAVI ELEVAZIONE.

- Filo Iniziale** : Numero del filo iniziale
Filo Finale : Numero del filo finale
Quota Iniziale : Altezza del nodo iniziale
Quota Finale : Altezza del nodo finale
Tratto : Numero della suddivisione dell'elemento. Se l'elemento è unico, ovvero non suddiviso in più tratti, la colonna è bianca
Sez. : Numero della sezione in archivio
Bas : Base della sezione
Alt : Altezza della sezione
gRd : Coefficiente di amplificazione dei momenti resistenti per il calcolo del taglio di progetto
Passo : Passo staffe
Lun : Lunghezza del tratto da staffare
- Travi**
G : carichi permanenti distribuiti
g+s*q : carichi permanenti più aliquota sismica dei carichi variabili distribuiti
Concio : i = iniziale; c = campata; f = finale
MRu+, MRu- : Momenti resistenti positivi e negativi
x/d : posizione adimensionalizzata dell'asse neutro
Vmax, Vmin : Valore massimo e minimo del taglio di progetto
VRcd : Taglio resistente del calcestruzzo
VRsd : Taglio resistente dell'acciaio
SovrRes : Taglio di sovra resistenza calcolato in base ai momenti resistenti della trave
con q=1 : Taglio calcolato utilizzando lo spettro elastico ovvero con q=1
Limite : Segnala quale taglio e' stato utilizzato come limite massimo per la verifica:
 Svr -> La verifica e' effettuata sempre con il taglio di sovra resistenza
 $Q=1$ -> Se il taglio di sovra resistenza supera il taglio con lo spettro elastico (q=1) la verifica e' effettuata con il taglio calcolato con lo spettro elastico

VERIFICHE IN CAPACITA' ASTE IN C.A. - TRAVI ELEVAZIONE																		
Filo Iniz. N.ro	Quota Iniz. Final (m)	Tratto Nr	Sez Bas Alt cm	CARICHI			MOMENTI RESISTENTI				TAGLIO PROGETTO		VERIFICA A TAGLIO			VALORI DEL TAGLIO		
				g (t/m)	g+s*q (t/m)	Co nc	Mru+ (t*m)	x/d	Mru- (t*m)	x/d	Vmax (t)	Vmin (t)	VRcd (t)	VRsd (t)	Staffe Pas Lu	SovrRes (t)	con q=1 (t)	Lim ite
6	4.55	29	1.22	1.22	i	14.55	0.15	-17.27	0.17	9.94	-2.35	66.70	76.11	9	45	9.94	10.00	q
27	4.55	65			c					0.00	0.00	66.70	34.25	20	305	0.00	0.00	=
	gRd= 1.1	45			f	14.54	0.15	-14.54	0.15	0.00	0.00	66.70	76.11	9	45	0.00	0.00	1
27	4.55	29	1.22	1.22	i	14.54	0.15	-14.54	0.15	0.00	0.00	66.70	76.11	9	45	0.00	0.00	q
1	4.55	65			c					0.00	0.00	66.70	34.25	20	60	0.00	0.00	=
	gRd= 1.1	45			f	14.54	0.15	-14.54	0.15	3.30	-8.99	66.70	76.11	9	45	8.99	9.60	1
1	4.55	29	1.16	1.16	i	14.55	0.15	-19.96	0.18	10.81	-4.08	66.70	76.11	9	45	10.81	13.15	q
2	4.55	65			c					10.28	-9.72	66.70	34.25	20	440	10.28	12.63	=

PROGETTO DEFINITIVO
Relazione di calcolo Fabbricato Viaggiatori

COMMESSA IV01 LOTTO 00 CODIFICA D 26 CL DOCUMENTO FV0300 002 REV. A FOGLIO 64 di 113

VERIFICHE IN CAPACITA' ASTE IN C.A. - TRAVI ELEVAZIONE																			
Filo Iniz. N.ro	Quota Iniz. Final (m)	Tr at to Nr	Sez Bas Alt cm	CARICHI			MOMENTI RESISTENTI				TAGLIO PROGETTO		VERIFICA A TAGLIO				VALORI DEL TAGLIO		
				g (t/m)	g+s*q (t/m)	Co nc	Mru+ (t*m)	x/d	Mru- (t*m)	x/d	Vmax (t)	Vmin (t)	VRcd (t)	VRsd (t)	Staffe Pas Lu	SovrRes (t)	con q=1 (t)	Lim ite	
	gRd= 1.1		45			f	17.25	0.16	-19.95	0.18	4.64	-10.24	66.70	76.11	9	45	10.24	13.15	1
2	4.55	29	1.14	1.14	i	14.54	0.15	-14.54	0.15	6.84	-0.55	66.70	76.11	9	45	8.96	6.84	q	
3	4.55	65			c					6.33	-6.33	66.70	34.25	20	460	8.45	6.33	=	
	gRd= 1.1		45			f	14.54	0.15	-14.54	0.15	0.55	-6.84	66.70	76.11	9	45	8.96	6.84	1
3	4.55	29	1.14	1.14	i	14.54	0.15	-14.54	0.15	10.22	-5.59	66.70	76.11	9	45	10.22	10.80	q	
5	4.55	65			c					9.70	-9.70	66.70	34.25	20	315	9.70	10.28	=	
	gRd= 1.1		45			f	14.54	0.15	-14.54	0.15	5.59	-10.22	66.70	76.11	9	45	10.22	10.80	1
7	5.58	28	1.96	1.96	i	7.30	0.22	-8.77	0.23	8.37	2.43	40.98	84.17	5	30	8.62	8.37	q	
4	5.58	65			c					7.78	-7.78	40.98	22.15	19	490	8.61	7.78	=	
	gRd= 1.1		30			f	7.34	0.22	-11.70	0.25	-2.43	-8.37	40.98	84.17	5	30	9.20	8.37	1
3	5.58	28	1.96	1.96	i	7.32	0.22	-10.24	0.24	6.81	3.99	40.98	84.17	5	30	8.90	6.81	q	
2	5.58	65			c					6.22	-6.22	40.98	22.15	19	490	8.31	6.22	=	
	gRd= 1.1		30			f	7.28	0.21	-7.28	0.21	-3.99	-6.81	40.98	84.17	5	30	8.32	6.81	1
4	5.58	28	1.96	1.96	i	7.32	0.22	-10.24	0.24	8.57	-0.50	40.98	84.17	5	30	8.75	8.57	q	
6	5.58	65			c					7.98	-7.76	40.98	22.15	19	340	8.16	7.98	=	
	gRd= 1.1		30			f	7.30	0.22	-8.77	0.23	0.72	-8.35	40.98	84.17	5	30	8.35	8.57	1
5	5.58	28	1.96	1.96	i	7.28	0.21	-7.28	0.21	6.35	1.59	40.98	84.17	5	30	7.93	6.35	q	
3	5.58	65			c					5.76	-5.76	40.98	22.15	19	345	7.34	5.76	=	
	gRd= 1.1		30			f	7.28	0.21	-7.28	0.21	-1.59	-6.35	40.98	84.17	5	30	7.93	6.35	1
8	5.58	28	1.96	1.96	i	7.30	0.22	-8.77	0.23	7.79	3.01	40.98	84.17	5	30	8.62	7.79	q	
5	5.58	65			c					7.20	-7.20	40.98	22.15	19	490	8.32	7.20	=	
	gRd= 1.1		30			f	7.32	0.22	-10.24	0.24	-3.01	-7.79	40.98	84.17	5	30	8.91	7.79	1
27	5.58	28	1.96	1.96	i	7.28	0.21	-7.28	0.21	0.00	0.00	40.98	84.17	5	30	0.00	0.00	q	
1	5.58	65			c					0.00	0.00	40.98	22.15	19	90	0.00	0.00	=	
	gRd= 1.1		30			f	7.28	0.21	-7.28	0.21	-3.32	-6.70	40.98	84.17	5	30	7.96	6.70	1
1	5.58	28	0.49	0.49	i	7.28	0.21	-7.28	0.21	4.10	-1.52	40.98	84.17	5	30	4.31	4.10	q	
2	5.58	65			c					3.95	-3.95	40.98	22.15	19	470	4.17	3.95	=	
	gRd= 1.1		30			f	7.28	0.21	-7.28	0.21	1.52	-4.10	40.98	84.17	5	30	4.31	4.10	1
4	5.58	28	0.49	0.49	i	7.30	0.22	-8.77	0.23	4.63	-2.04	40.98	84.17	5	30	4.63	6.58	q	
5	5.58	65			c					4.48	-4.48	40.98	22.15	19	470	4.48	6.43	=	
	gRd= 1.1		30			f	7.30	0.22	-8.77	0.23	2.04	-4.63	40.98	84.17	5	30	4.63	6.58	1
6	5.58	28	0.49	0.49	i	7.32	0.22	-10.24	0.24	4.93	-2.05	40.98	84.17	5	30	4.93	6.36	q	
3	5.58	65			c					4.79	-4.49	40.98	22.15	19	470	4.79	6.21	=	
	gRd= 1.1		30			f	7.30	0.22	-8.77	0.23	2.35	-4.63	40.98	84.17	5	30	4.63	6.36	1
7	5.58	28	0.49	0.49	i	7.30	0.22	-8.77	0.23	4.71	-2.22	40.98	84.17	5	30	4.71	5.69	q	
8	5.58	65			c					4.56	-4.56	40.98	22.15	19	450	4.56	5.54	=	
	gRd= 1.1		30			f	7.30	0.22	-8.77	0.23	2.22	-4.71	40.98	84.17	5	30	4.71	5.69	1
6	5.58	28	1.96	1.96	i	7.32	0.22	-10.24	0.24	7.38	4.00	40.98	84.17	5	30	9.22	7.38	q	
27	5.58	65			c					0.00	0.00	40.98	22.15	19	335	0.00	0.00	=	
	gRd= 1.1		30			f	7.28	0.21	-7.28	0.21	0.00	0.00	40.98	84.17	5	30	0.00	0.00	1

11.1.9 Verifiche allo S.L.E.

Definiti i quantitativi di armatura il programma esegue le verifiche SLE alle tensioni ed a fessurazioni in ragione dei limiti imposti al par. 4.3.2.

Si riporta appresso la spiegazione delle sigle usate nelle tabelle di verifica aste in cls per gli stati limiti di esercizio.

Filo

: Sulla prima riga numero del filo del nodo iniziale, sulla seconda quello del nodo finale

PROGETTO DEFINITIVO
Relazione di calcolo Fabbricato Viaggiatori

COMMESSA IV01 LOTTO 00 CODIFICA D 26 CL DOCUMENTO FV0300 002 REV. A FOGLIO 65 di 113

- Quota** : Sulla prima riga quota del nodo iniziale, sulla seconda quota del nodo finale
- Tratto** : Se una trave è suddivisa in più tratti sulla prima riga è riportato il numero del tratto, sulla terza il numero di suddivisioni della trave
- Com Cari** : Indicatore della matrice di combinazione; la prima riga individua la matrice delle combinazioni rare, la seconda la matrice delle combinazioni frequenti, la terza quella permanenti. Questo indicatore vale sia per la verifica a fessurazione che per il calcolo delle frecce
- Fessu** : Fessura limite e fessura di calcolo espressa in mm; se la trave non risulta fessurata l'ampiezza di calcolo sarà nulla
- Dist mm** : Distanza fra le fessure
- Concio** : Numero del concio in cui si è avuta la massima fessura
- Combin** : Numero della combinazione ed in sequenza sollecitazioni per cui si è avuta la massima fessura
- Mf X** : Momento flettente asse vettore X
- Mf Y** : Momento flettente asse vettore Y
- N** : Sforzo normale
- Frecce** : Freccia limite e freccia massima di calcolo
- Combin** : Numero della combinazione che ha prodotto la freccia massima
- Com Cari** : Indicatore della matrice di combinazione; la prima riga individua la matrice delle combinazioni rare per la verifica della tensione sul calcestruzzo, la seconda la matrice delle combinazioni rare per la verifica della tensione sull'acciaio, la terza la matrice delle combinazioni permanenti per la verifica della tensione sul calcestruzzo
- σ_{lim}** : Valore della tensione limite in Kg/cmq
- σ_{cal}** : Valore della tensione di calcolo in Kg/cmq
- Concio** : Numero del concio in cui si è avuta la massima tensione
- Combin** : Numero della combinazione ed in sequenza sollecitazioni per cui si è avuta la massima tensione
- Mf X** : Momento flettente asse vettore X
- Mf Y** : Momento flettente asse vettore Y
- N** : Sforzo normale

STAMPA VERIFICHE S.L.E. ELEVAZIONE																						
FESSURAZIONE												FRECCHE			TENSIONI							
Filo	Quota	Tratto	Combi	Fessu.	mm	dist	Con	Com	Mf X	Mf Y	N	Frecce	mm	Com	Combinaz	σ	σ	Co	Comb	Mf X	Mf Y	N
In fi	In Fi		Caric	lim	cal	mm	cio	bin	(t*m)	(t*m)	(t)	limite	calc	bin	Carico	Kg/cmq	Kg/cmq	nc		(t*m)	(t*m)	(t)
6	4.55		Rara	0.3	0.000	0	1	8	-3.9	0.1	5.8				Rara cls	165.0	35.1	1	8	-3.9	0.1	5.8
27	4.55		Freq												Rara fer	3375	1143	1	8	-3.9	0.1	5.8
			Perm												Perm cls	120.0	33.9	1	1	-3.7	0.1	5.6
27	4.55		Rara	0.3	0.000	0	5	3	-3.2	-0.5	5.5				Rara cls	165.0	30.8	5	3	-3.2	-0.5	5.5
1	4.55		Freq												Rara fer	3375	1167	5	3	-3.2	-0.5	5.5
			Perm												Perm cls	120.0	20.1	5	1	-2.2	-0.3	5.6
1	4.55		Rara	0.3	0.000	0	3	6	2.4	-0.1	2.8				Rara cls	165.0	23.9	3	6	2.4	-0.1	2.8
2	4.55		Freq												Rara fer	3375	821	3	3	2.3	0.0	3.4
			Perm												Perm cls	120.0	22.3	3	1	2.3	-0.1	3.1
2	4.55		Rara	0.3	0.000	0	5	8	-3.6	0.0	6.3				Rara cls	165.0	34.5	5	8	-3.6	0.0	6.3
3	4.55		Freq												Rara fer	3375	1318	5	8	-3.6	0.0	6.3
			Perm												Perm cls	120.0	34.2	5	1	-3.5	0.0	5.8
6	4.55		Rara	0.3	0.000	0	1	3	-2.6	-0.4	-2.4				Rara cls	165.0	25.9	1	3	-2.6	-0.4	-2.4
4	4.55		Freq												Rara fer	3375	616	1	6	-2.6	-0.4	-2.0
			Perm												Perm cls	120.0	24.0	1	1	-2.4	-0.4	-1.6
3	4.55		Rara	0.3	0.000	0	1	3	-2.2	0.4	-0.4				Rara cls	165.0	22.4	1	6	-2.2	0.3	-0.1
5	4.55		Freq												Rara fer	3375	619	1	8	-2.2	0.4	0.1
			Perm												Perm cls	120.0	22.3	1	1	-2.2	0.4	-0.2
7	5.58		Rara	0.3	0.214	276	5	6	-7.0	0.0	0.0				Rara cls	165.0	127.6	5	6	-7.0	0.0	0.0
4	5.58		Freq												Rara fer	3375	2349	5	6	-7.0	0.0	0.0

STAMPA VERIFICHE S.L.E. ELEVAZIONE																				
		FESSURAZIONE									FRECCHE		TENSIONI							
Filo	Quota	Tra	Combi	Fessu.	dist	Con	Com	Mf X	Mf Y	N	Frecce	Com	Combinaz	σ lim.	σ cal.	Co	Comb	Mf X	Mf Y	N
In fi	In Fi	tto	Caric	mm	mm	cio	bin	(t°m)	(t°m)	(t)	mm	bin	Carico	Kg/cmq	Kg/cmq	nc		(t°m)	(t°m)	(t)
			Perm	lim	cal						limite		cls							
														120.0	110.8	5	1	-6.0	0.0	0.0
3	5.58		Rara	0.3	0.264	358	5	3	-4.5	0.0	0.1		Rara cls	165.0	123.5	1	6	-6.4	0.0	-0.1
2	5.58		Freq										Rara fer	3375	2583	5	3	-4.5	0.0	0.1
			Perm										Perm cls	120.0	108.8	1	1	-5.6	0.0	0.0
4	5.58		Rara	0.3	0.000	0	1	6	-3.4	0.0	-0.1		Rara cls	165.0	68.9	1	6	-3.4	0.0	-0.1
6	5.58		Freq										Rara fer	3375	1325	5	3	-2.9	0.0	0.1
			Perm										Perm cls	120.0	61.4	1	1	-3.0	0.0	0.0
5	5.58		Rara	0.3	0.000	0	1	6	-3.7	0.0	-0.1		Rara cls	165.0	88.5	1	6	-3.7	0.0	-0.1
3	5.58		Freq										Rara fer	3375	2116	1	6	-3.7	0.0	-0.1
			Perm										Perm cls	120.0	78.3	1	1	-3.3	0.0	0.0
8	5.58		Rara	0.3	0.258	294	5	6	-6.9	0.0	0.0		Rara cls	165.0	132.7	5	6	-6.9	0.0	0.0
5	5.58		Freq										Rara fer	3375	2683	5	6	-6.9	0.0	0.0
			Perm										Perm cls	120.0	115.5	5	1	-5.9	0.0	0.0
27	5.58		Rara	0.3	0.246	358	5	3	-4.2	0.0	0.1		Rara cls	165.0	99.4	5	3	-4.2	0.0	0.1
1	5.58		Freq										Rara fer	3375	2406	5	3	-4.2	0.0	0.1
			Perm										Perm cls	120.0	89.1	5	1	-3.8	0.0	0.0
1	5.58		Rara	0.3	0.000	0	1	8	-1.2	0.0	-0.1		Rara cls	165.0	29.0	1	8	-1.2	0.0	-0.1
2	5.58		Freq										Rara fer	3375	669	1	5	-1.2	0.0	0.1
			Perm										Perm cls	120.0	29.0	1	1	-1.2	0.0	0.0
4	5.58		Rara	0.3	0.000	0	1	3	-1.0	0.0	0.0		Rara cls	165.0	22.7	1	3	-1.0	0.0	0.0
5	5.58		Freq										Rara fer	3375	488	3	8	0.9	0.0	0.0
			Perm										Perm cls	120.0	20.9	1	1	-0.9	0.0	0.0
6	5.58		Rara	0.3	0.000	0	1	3	-1.2	0.0	0.0		Rara cls	165.0	23.7	1	3	-1.2	0.0	0.0
3	5.58		Freq										Rara fer	3375	474	3	8	0.8	0.0	0.0
			Perm										Perm cls	120.0	21.6	1	1	-1.0	0.0	0.0
7	5.58		Rara	0.3	0.000	0	1	3	-0.9	0.0	0.0		Rara cls	165.0	19.5	3	8	0.8	0.0	0.0
8	5.58		Freq										Rara fer	3375	447	3	8	0.8	0.0	0.0
			Perm										Perm cls	120.0	18.7	3	1	0.8	0.0	0.0
6	5.58		Rara	0.3	0.238	294	1	3	-6.6	0.0	0.1		Rara cls	165.0	126.4	1	6	-6.6	0.0	-0.1
27	5.58		Freq										Rara fer	3375	2540	1	3	-6.6	0.0	0.1
			Perm										Perm cls	120.0	109.5	1	1	-5.6	0.0	0.0

11.2 Verifica Pilastrri

11.2.1 Geometria e limiti dimensionali

I pilastrri presentano una sezione rettangolare con le caratteristiche geometriche riportate negli elaborati grafici. La dimensione minima della sezione trasversale di una colonna sismica primaria risulta sempre superiore al valore minimo 250 mm, [p.to 7.4.6.1.1 della NTC2018].

11.2.2 Azioni di progetto e resistenze

I valori di progetto dei momenti flettenti e delle forze assiali devono essere ottenuti dall'analisi della struttura per la situazione sismica di progetto, tenendo conto dei requisiti del criterio della capacit , [par. 7.4.4.2].

La resistenza a flessione e a taglio viene calcolata come specificato nella normativa al par. 7.4.4.2.1.

11.2.3 Resistenza a compressione

Nelle colonne sismiche primarie il valore dell'azione assiale normalizzata v_d deve soddisfare la seguente relazione:

$$v_d = \frac{N_{sd}}{A_c \cdot f_{cd}} \leq 0,65 \quad [\text{p.to 7.4.4.2.1}]$$

dove:

N_{sd} è il valore di progetto dell'azione assiale

A_c è l'area della sezione di calcestruzzo

11.2.4 *Dettagli costruttivi per la duttilità locale*

Il paragrafo 7.4.6.1.2 delle NTC2018 propongono delle prescrizioni sui dettagli costruttivi per la duttilità locale di colonne sismiche primarie.

11.2.4.1 Definizione della lunghezza della zona critica

Le zone entro una distanza pari a l_{cr} , da entrambe le sezioni di estremità di una colonna sismica primaria devono essere considerate come zone critiche, [EC8 - 5.5.3.2.2(3)P].

La lunghezza della zona critica l_{cr} (in metri) può essere calcolata con la seguente espressione:

$$l_{cr} = \max\{h_c; l_{cl} / 6; 0,45\} [\text{m}] \quad [\text{p.to 7.4.6.2.1 della NTC2018}]$$

dove:

h_c è la dimensione maggiore della sezione trasversale della colonna (in metri),

l_{cl} è l'altezza netta della colonna (in metri).

11.2.4.2 Disposizioni riguardanti le armature longitudinali

Il rapporto di armatura longitudinale totale ρ_l ; deve rispettare i seguenti limiti:

$$0,01 < \rho_l = \frac{A_s}{b_c h_c} < 0,04 \quad [\text{p.to 7.4.6.2.2 delle NTC2018}]$$

dove:

A_s è l'area totale di armatura longitudinale;

b_c è la dimensione minore della sezione trasversale della colonna;

h_c è la dimensione maggiore della sezione trasversale della colonna;

11.2.4.3 Disposizioni riguardanti le armature trasversali

Entro le regioni critiche di colonne sismiche primarie, devono essere predisposte staffe che rispondano ai seguenti requisiti:

- 1) Il diametro d_{bw} delle staffe non deve essere inferiore a 6 mm.
- 2) Il quantitativo minimo delle staffe deve essere non inferiore a: (CDB)

$$\frac{A_{st}}{s} \geq 0,08 \frac{f_{cd} b_{st}}{f_{yd}}$$

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</p>					
<p>PROGETTO DEFINITIVO Relazione di calcolo Fabbricato Viaggiatori</p>	<p>COMMESSA IV01</p>	<p>LOTTO 00</p>	<p>CODIFICA D 26 CL</p>	<p>DOCUMENTO FV0300 002</p>	<p>REV. A</p>	<p>FOGLIO 68 di 113</p>

dove A_{st} è l'area complessiva dei bracci delle staffe, b_{st} è la distanza tra i bracci più esterni ed s è il passo delle staffe.

3) Il passo s delle staffe non deve superare il minimo tra i seguenti valori:

$$s \leq \min\{b_0 / 2; 175; 8d_{bL}\} \quad [\text{EC8} - \text{\S} 5.5.3.2.2(12) \text{ b}]$$

dove:

b_0 è il lato minore della sezione trasversale del pilastro,

d_{bL} è il diametro delle barre longitudinali.

La distanza tra barre longitudinali consecutive contenute da staffe risulta non essere superiore a 200 mm, [DM 17/01/2018 p.to 7.4.6.2.2].

11.2.5 Verifica a presso-flessione

La verifica a presso-flessione deviata si effettua costruendo il dominio resistente, che è funzione dell'armatura disposta e cambia al variare dell'azione assiale, e verificando che le sollecitazioni siano interne al dominio.

Trattandosi di una struttura in calce d'uso III la verifica di resistenza è condotta sia allo SLU che allo SLD.

Si riporta appresso la spiegazione delle sigle usate nelle tabelle di verifica aste in calcestruzzo per gli stati limite ultimi.

Filo Iniz./Fin.	: Sulla prima riga numero del filo del nodo iniziale, sulla seconda quello del nodo finale
Cotg Θ	: Cotangente Angolo del puntone compresso
Quota	: Sulla prima riga quota del nodo iniziale, sulla seconda quota del nodo finale
SgmT	: Solo per le travi di fondazione: Pressione di contatto sul terreno in Kg/cm ² calcolata con i valori caratteristici delle azioni assumendo i coefficienti gamma pari ad uno.
AmpC	: Solo per le travi di elevazione: Coefficiente di amplificazione dei carichi statici per tenere in conto della verifica locale dell'asta a sisma verticale.
N/Nc	: Solo per i pilastri: Percentuale della resistenza massima a compressione della sezione di solo calcestruzzo.
Tratto	: Se una trave è suddivisa in più tratti sulla prima riga è riportato il numero del tratto, sulla terza il numero di suddivisioni della trave
Sez B/H	: Sulla prima riga numero della sezione nell'archivio, sulla seconda base della sezione, sulla terza altezza. Per sezioni a T è riportato l'ingombro massimo della sezione
Concio	: Numero del concio
Co Nr	: Numero della combinazione e in sequenza sollecitazioni ultime di calcolo che forniscono la massima deformazione nell'acciaio e nel calcestruzzo per la verifica a flessione
GamRd	: Solo per le travi di fondazione: Coefficiente di sovrarresistenza.
M Exd	: Momento ultimo di calcolo asse vettore X (per le travi incrementato dalla traslazione del diagramma del momento flettente)
M Eyd	: Momento ultimo di calcolo asse vettore Y
N Ed	: Sforzo normale ultimo di calcolo
x / d	: Rapporto fra la posizione dell'asse neutro e l'altezza utile della sezione moltiplicato per

PROGETTO DEFINITIVO
Relazione di calcolo Fabbricato Viaggiatori

COMMESSA IV01 LOTTO 00 CODIFICA D 26 CL DOCUMENTO FV0300 002 REV. A FOGLIO 69 di 113

- 100**
- ef% ec% (*100)** : deformazioni massime nell'acciaio e nel calcestruzzo moltiplicate per 10.000. Valore limite per l'acciaio 100 (1%), valore limite nel calcestruzzo 35 (0,35%)
- Area** : Area del ferro in centimetri quadri; per le travi rispettivamente superiore ed inferiore, per i pilastri armature lungo la base e l'altezza della sezione
- Co Nr** : Numero della combinazione e in sequenza sollecitazioni ultime di calcolo che forniscono la minore sicurezza per le azioni taglianti e torcenti
- V Exd** : Taglio ultimo di calcolo in direzione X
- V Eyd** : Taglio ultimo di calcolo in direzione Y
- T sdu** : Momento torcente ultimo di calcolo
- V Rxd** : Taglio resistente ultimo delle staffe in direzione X
- V Ryd** : Taglio resistente ultimo delle staffe in direzione Y
- T Rd** : Momento torcente resistente ultimo delle staffe
- T Rld** : Momento torcente resistente ultimo dell'armatura longitudinale
- Coe Cls** : Coefficiente per il controllo di sicurezza del calcestruzzo alle azioni taglianti e torcenti moltiplicato per 100; la sezione è verificata se detto valore è minore o uguale a 100
- Coe Staf** : Coefficiente per il controllo di sicurezza delle staffe alle azioni taglianti e torcenti moltiplicato per 100; la sezione è verificata se detto valore è minore o uguale a 100
- Alon** : Armatura longitudinale a torsione (nelle travi rettangolari per le quali è stata effettuata la verifica a momento My in questo dato viene stampata anche l'armatura flessionale dei lati verticali)
- Staffe** : Passo staffe e lunghezza del tratto da armare
- Moltip Ultimo** : Solo per le stampe di riverifica:
 Moltiplicatore dei carichi che porta a collasso la sezione. Il percorso dei carichi seguito e' a sforzo normale costante. Le deformazioni riportate sono determinate dalle sollecitazioni di calcolo amplificate del moltiplicatore in parola.

STAMPA PROGETTO S.L.U. - AZIONI S.L.V. - PILASTRI E TRAVI IN DEVIATA																										
Filo Iniz. Ctgò	Quota Iniz. Final N/Nc	Tr. Alt	Sez. Bas	Co n	VERIFICA A PRESSO-FLESSIONE										VERIFICA A TAGLIO E TORSIONE											
					Co mb	M Exd (t*m)	M Eyd (t*m)	N Ed (t)	Molt Ult.	ef% 100	ec	Area cmq b h	Co mb	V Exd (t)	V Eyd (t)	T Sdu (t*m)	V Rxd (t)	V Ryd (t)	TRd (t*m)	TRld (t*m)	Coe Cls	Coe Sta	ALon cmq	staffe Pas Lun Fi		
1	0.00	22	1	24	-20.0	0.0	-20.2	1.02	38	35	44.0	12	0.0	6.2	0.0	14.1	14.1	3.6	0.0	20	44	0.0	16	72	8	
1	4.55	20	3	12	3.6	0.0	-11.0	5.46	41	35	44.0	12	0.0	6.2	0.0	9.8	9.8	2.5	0.0	20	63	0.0	23	270	8	
2.5	0.11	5	10	-19.2	0.0	-10.3	1.03	41	35	44.0	12	0.0	6.2	0.0	14.1	14.1	3.6	0.0	20	44	0.0	16	68	8		
2	0.00	22	1	20	19.5	0.0	-9.8	1.07	41	35	47.1	18	0.0	6.2	0.0	14.1	14.1	3.6	0.0	21	44	0.0	16	72	8	
2	4.55	20	3	18	3.7	0.0	-9.2	5.68	41	35	47.1	18	0.0	6.2	0.0	10.3	10.3	2.6	0.0	21	61	0.0	22	269	8	
2.5	0.10	5	20	-19.5	0.0	-8.5	1.06	41	35	47.1	18	0.0	6.2	0.0	14.1	14.1	3.6	0.0	21	44	0.0	16	68	8		
3	0.00	22	1	34	15.5	0.0	-20.9	1.02	42	35	31.4	34	0.0	4.0	0.0	14.1	14.1	3.6	0.0	13	28	0.0	16	89	8	
3	4.55	20	3	18	3.4	0.0	-16.3	4.50	44	35	31.4	34	0.0	4.0	0.0	9.4	9.4	2.4	0.0	13	42	0.0	24	252	8	
2.5	0.11	5	34	-15.3	0.0	-19.6	1.03	43	35	31.4	34	0.0	4.0	0.0	14.1	14.1	3.6	0.0	13	28	0.0	16	68	8		
4	0.00	6	1	12	7.1	10.0	-13.4	1.47	58	35	9.4	9.4	28	-0.9	4.4	0.0	27.8	36.1	6.3	0.0	11	12	0.0	16	104	8
4	4.55	40	3	12	3.1	5.1	-12.6	2.98	60	35	9.4	9.4	28	-0.9	4.4	0.0	18.5	24.0	4.2	0.0	11	18	0.0	24	237	8
2.5	0.06	50	5	35	-9.4	1.5	-14.4	2.32	78	35	9.4	9.4	28	-0.9	4.4	0.0	27.8	36.1	6.3	0.0	11	12	0.0	16	68	8
5	0.00	6	1	34	29.1	-3.3	-11.3	1.20	70	35	18.8	9.4	34	0.9	8.4	0.0	27.8	36.1	6.3	0.0	19	23	0.0	16	98	8
5	4.55	40	3	18	3.0	-5.2	-11.1	4.16	47	35	18.8	9.4	34	0.9	8.4	0.0	18.5	24.0	4.2	0.0	19	35	0.0	24	244	8
2.5	0.06	50	5	34	-29.1	0.2	-9.3	1.20	100	32	18.8	9.4	34	0.9	8.4	0.0	27.8	36.1	6.3	0.0	19	23	0.0	16	68	8
6	0.00	6	1	28	27.8	4.5	-17.4	1.10	65	35	15.7	9.4	28	-1.3	8.0	0.0	27.8	36.1	6.3	0.0	19	22	0.0	16	99	8
6	4.55	40	3	12	3.3	6.2	-15.3	3.25	49	35	15.7	9.4	28	-1.3	8.0	0.0	18.5	24.0	4.2	0.0	19	33	0.0	24	243	8
2.5	0.07	50	5	28	-27.8	-0.8	-15.3	1.13	100	34	15.7	9.4	28	-1.3	8.0	0.0	27.8	36.1	6.3	0.0	19	22	0.0	16	68	8
7	0.00	26	1	15	-2.0	12.4	-6.9	1.66	86	35	9.4	9.4	40	0.3	-2.8	0.0	36.1	27.8	6.3	0.0	7	10	0.0	16	113	8
7	5.58	50	3	9	1.7	4.9	-5.0	3.87	69	35	9.4	9.4	40	0.3	-2.8	0.0	24.0	18.5	4.2	0.0	7	15	0.0	24	327	8
2.5	0.04	40	5	21	4.7	6.8	-9.4	2.37	53	35	9.4	9.4	40	0.3	-2.8	0.0	36.1	27.8	6.3	0.0	7	10	0.0	16	88	8
8	0.00	26	1	21	-1.9	-12.3	-6.9	1.68	88	35	9.4	9.4	30	-0.4	-2.7	0.0	36.1	27.8	6.3	0.0	7	10	0.0	16	113	8
8	5.58	50	3	19	1.8	-4.9	-5.1	3.81	67	35	9.4	9.4	30	-0.4	-2.7	0.0	24.0	18.5	4.2	0.0	7	15	0.0	24	327	8
2.5	0.04	40	5	15	4.6	-6.8	-9.3	2.38	54	35	9.4	9.4	30	-0.4	-2.7	0.0	36.1	27.8	6.3	0.0	7	10	0.0	16	88	8
1	4.55	22	1	28	7.8	0.0	-7.2	1.29	58	35	18.8	28	0.0	11.2	0.0	15.1	15.1	3.8	0.0	39	74	0.0	15	36	8	
1	5.58	20	3	3	-3.4	0.0	-10.3	3.07	56	35	18.8	0	0.0	0.0	0.0	15.1	15.1	3.8	0.0	0	0	0.0	15	0	8	
2.5	0.04	5	3	-5.2	0.0	-10.1	1.97	56	35	18.8	28	0.0	11.2	0.0	15.1	15.1	3.8	0.0	39	74	0.0	15	36	8		
2	4.55	22	1	9	5.4	0.0	-8.1	1.87	58	35	18.8	12	0.0	10.3	0.0	14.1	14.1	3.6	0.0	36	73	0.0	16	36	8	
2	5.58	20	3	3	-2.9	0.0	-10.5	3.56	56	35	18.8	0	0.0	0.0	0.0	14.1	14.1	3.6	0.0	0	0	0.0	16	0	8	
2.5	0.04	5	3	-5.2	0.0	-10.3	1.99	56	35	18.8	12	0.0	10.3	0.0	14.1	14.1	3.6	0.0	36	73	0.0	16	36	8		

STAMPA PROGETTO S.L.U. - AZIONI S.L.V. - PILASTRI E TRAVI IN DEVIATA																										
Filo Iniz. Fin. Ctg0	Quota Iniz. Final N/Nc	T r a	Sez Bas Alt	C o n c	VERIFICA A PRESSO-FLESSIONE										VERIFICA A TAGLIO E TORSIONE											
					Co mb	M Exd (t*m)	M Eyd (t*m)	N Ed (t)	Molt Ult.	εf% 100	εc	Area cmq b h	Co mb	V Exd (t)	V Eyd (t)	T Sdu (t*m)	V Rxd (t)	V Ryd (t)	TRd (t*m)	TRld (t*m)	Coe Cls	Coe Sta	ALon cmq	staffe Pas Lun Fi		
3	4.55	22	1	30	-14.8	0.0	-11.6	1.02	46	35	31.4	30	0.0	-15.9	0.0	25.1	25.1	6.4	0.0	54	63	0.0	9	36	8	
3	5.58	20	3	14	-5.8	0.0	-13.7	2.64	45	35	31.4	0	0.0	0.0	0.0	25.1	25.1	6.4	0.0	0	0	0.0	9	0	8	
2.5	0.07	5	14	7.2	0.0	-13.6	2.11	45	35	31.4	30	0.0	-15.9	0.0	25.1	25.1	6.4	0.0	54	63	0.0	9	36	8		
4	4.55	6	1	28	-16.5	-0.5	-10.5	1.30	100	30	9.4	9.4	28	-1.0	6.0	0.0	27.8	36.1	6.3	0.0	14	17	0.0	16	36	8
4	5.58	40	3	12	-6.7	-4.9	-9.0	2.33	54	35	9.4	9.4	0	0.0	0.0	0.0	18.5	24.0	4.2	0.0	0	0	0.0	24	0	8
2.5	0.05	50	5	12	-7.9	-5.8	-8.8	1.97	54	35	9.4	9.4	28	-1.0	6.0	0.0	27.8	36.1	6.3	0.0	14	17	0.0	16	36	8
5	4.55	6	1	36	-14.8	0.9	-11.5	1.46	100	33	9.4	9.4	21	3.4	-1.0	0.0	27.8	36.1	6.3	0.0	9	12	0.0	16	36	8
5	5.58	40	3	18	-6.2	5.2	-9.5	2.37	53	35	9.4	9.4	0	0.0	0.0	0.0	18.5	24.0	4.2	0.0	0	0	0.0	24	0	8
2.5	0.04	50	5	18	-6.2	6.1	-9.3	2.15	54	35	9.4	9.4	21	3.4	-1.0	0.0	27.8	36.1	6.3	0.0	9	12	0.0	16	36	8
6	4.55	6	1	35	-12.8	1.9	-13.8	1.71	81	35	9.4	9.4	40	0.8	-10.6	0.0	27.8	36.1	6.3	0.0	23	29	0.0	16	36	8
6	5.58	40	3	24	3.0	7.0	-13.3	2.29	66	35	9.4	9.4	0	0.0	0.0	0.0	18.5	24.0	4.2	0.0	0	0	0.0	24	0	8
2.5	0.04	50	5	24	5.5	7.8	-13.2	1.88	58	35	9.4	9.4	40	0.8	-10.6	0.0	27.8	36.1	6.3	0.0	23	29	0.0	16	36	8

STAMPA PROGETTO S.L.U. - AZIONI S.L.D. - PILASTRI E TRAVI IN DEVIATA																										
Filo Iniz. Fin. Ctg0	Quota Iniz. Final t	T r a	Sez Bas Alt	C o n c	VERIFICA A PRESSO-FLESSIONE										VERIFICA A TAGLIO E TORSIONE											
					Co mb	M Exd (t*m)	M Eyd (t*m)	N Ed (t)	Molt Ult.	εf% 100	εc	Area cmq b h	Co mb	V Exd (t)	V Eyd (t)	T Sdu (t*m)	V Rxd (t)	V Ryd (t)	TRd (t*m)	TRld (t*m)	Coe Cls	Coe Sta	ALon cmq	staffe Pas Lun Fi		
1	0.00	22	1	12	6.5	0.0	-13.9	3.10	40	35	44.0	12	0.0	2.9	0.0	14.1	14.1	3.6	0.0	12	20	0.0	16	72	8	
1	4.55	20	3	12	1.9	0.0	-13.4	10.74	40	35	44.0	12	0.0	2.9	0.0	9.8	9.8	2.4	0.0	12	29	0.0	23	270	8	
2.5		5	24	5.5	0.0	-16.6	3.73	39	35	44.0	12	0.0	2.9	0.0	14.1	14.1	3.6	0.0	12	20	0.0	16	68	8		
2	0.00	22	1	18	6.6	0.0	-12.4	3.23	39	35	47.1	18	0.0	2.9	0.0	14.1	14.1	3.6	0.0	12	21	0.0	16	72	8	
2	4.55	20	3	18	1.9	0.0	-11.9	11.23	39	35	47.1	18	0.0	2.9	0.0	10.3	10.3	2.4	0.0	12	28	0.0	22	269	8	
2.5		5	18	-5.3	0.0	-11.1	4.04	40	35	47.1	18	0.0	2.9	0.0	14.1	14.1	3.6	0.0	12	21	0.0	16	68	8		
3	0.00	22	1	18	4.7	0.0	-18.0	3.38	43	35	31.4	34	0.0	2.0	0.0	14.1	14.1	3.6	0.0	8	14	0.0	16	89	8	
3	4.55	20	3	18	1.8	0.0	-17.5	8.84	43	35	31.4	34	0.0	2.0	0.0	9.4	9.4	2.4	0.0	8	21	0.0	24	252	8	
2.5		5	34	-3.8	0.0	-18.5	4.23	43	35	31.4	34	0.0	2.0	0.0	14.1	14.1	3.6	0.0	8	14	0.0	16	68	8		
4	0.00	6	1	12	3.4	5.0	-15.0	3.09	56	35	9.4	9.4	28	-0.4	2.1	0.0	27.8	36.1	6.3	0.0	5	6	0.0	16	104	8
4	4.55	40	3	12	1.4	2.7	-14.2	6.02	60	35	9.4	9.4	28	-0.4	2.1	0.0	18.5	24.0	4.2	0.0	5	9	0.0	24	237	8
2.5		50	5	35	-2.4	0.9	-14.3	8.44	58	35	9.4	9.4	28	-0.4	2.1	0.0	27.8	36.1	6.3	0.0	5	6	0.0	16	68	8
5	0.00	6	1	18	5.4	-5.1	-14.5	3.65	42	35	18.8	9.4	34	0.5	4.0	0.0	27.8	36.1	6.3	0.0	9	11	0.0	16	98	8
5	4.55	40	3	18	1.4	-2.8	-13.7	8.10	46	35	18.8	9.4	34	0.5	4.0	0.0	18.5	24.0	4.2	0.0	9	17	0.0	24	244	8
2.5		50	5	25	-6.6	-1.0	-13.0	5.50	62	35	18.8	9.4	34	0.5	4.0	0.0	27.8	36.1	6.3	0.0	9	11	0.0	16	68	8
6	0.00	6	1	12	6.1	6.3	-18.4	2.84	44	35	15.7	9.4	28	-0.7	4.0	0.0	27.8	36.1	6.3	0.0	10	11	0.0	16	99	8
6	4.55	40	3	12	1.8	3.2	-17.6	6.37	47	35	15.7	9.4	28	-0.7	4.0	0.0	18.5	24.0	4.2	0.0	10	17	0.0	24	243	8
2.5		50	5	28	-6.9	-0.3	-16.9	4.96	80	35	15.7	9.4	28	-0.7	4.0	0.0	27.8	36.1	6.3	0.0	10	11	0.0	16	68	8
7	0.00	26	1	15	-1.2	6.1	-8.1	3.58	74	35	9.4	9.4	40	0.1	-1.7	0.0	36.1	27.8	6.3	0.0	4	6	0.0	16	113	8
7	5.58	50	3	9	1.3	2.6	-6.6	6.94	59	35	9.4	9.4	40	0.1	-1.7	0.0	24.0	18.5	4.2	0.0	4	9	0.0	24	327	8
2.5		40	5	21	3.9	3.4	-7.7	3.55	57	35	9.4	9.4	40	0.1	-1.7	0.0	36.1	27.8	6.3	0.0	4	6	0.0	16	88	8
8	0.00	26	1	21	-1.1	-6.1	-8.1	3.63	76	35	9.4	9.4	30	-0.1	-1.6	0.0	36.1	27.8	6.3	0.0	4	6	0.0	16	113	8
8	5.58	50	3	19	1.4	-2.6	-6.7	6.81	58	35	9.4	9.4	30	-0.1	-1.6	0.0	24.0	18.5	4.2	0.0	4	9	0.0	24	327	8
2.5		40	5	15	3.9	-3.4	-7.7	3.58	56	35	9.4	9.4	30	-0.1	-1.6	0.0	36.1	27.8	6.3	0.0	4	6	0.0	16	88	8
1	4.55	22	1	35	2.9	0.0	-7.3	3.61	57	35	18.8	35	0.0	8.3	0.0	15.1	15.1	3.6	0.0	36	55	0.0	15	36	8	
1	5.58	20	3	31	-1.9	0.0	-6.2	5.58	58	35	18.8	0	0.0	0.0	0.0	22.7	22.7	4.4	0.0	0	0	0.0	15	0	8	
2.5		5	28	-3.6	0.0	-6.8	2.85	57	35	18.8	35	0.0	8.3	0.0	15.1	15.1	3.6	0.0	36	55	0.0	15	36	8		
2	4.55	22	1	12	3.0	0.0	-7.5	3.45	57	35	18.8	12	0.0	7.8	0.0	14.1	14.1	3.6	0.0	34	55	0.0	16	36	8	
2	5.58	20	3	18	-1.9	0.0	-6.3	5.46	57	35	18.8	0	0.0	0.0	0.0	22.7	22.7	4.4	0.0	0	0	0.0	16	0	8	
2.5		5	34	-3.8	0.0	-6.8	2.72	57	35	18.8	12	0.0	7.8	0.0	14.1	14.1	3.6	0.0	34	55	0.0	16	36	8		
3	4.55	22	1	30	-4.6	0.0	-11.4	3.35	46	35	31.4	30	0.0	-10.3	0.0	23.4	23.4	4.4	0.0	44	41	0.0	9	36	8	
3	5.58	20	3	14	-2.9	0.0	-12.3	5.43	45	35	31.4	0	0.0	0.0	0.0	23.4	23.4	4.4	0.0	0	0	0.0	9	0	8	
2.5		5	14	4.0	0.0	-12.2	3.89	45	35	31.4	30	0.0	-10.3	0.0	23.4	23.4	4.4	0.0	44	41	0.0	9	36	8		
4	4.55	6	1	35	-4.3	1.3	-12.2	4.91	65	35	9.4	9.4	28	-0.5	3.7	0.0	27.8	36.1	6.3	0.0	9	10	0.0	16	36	8
4	5.58	40	3	35	-5.8	1.4	-12.0	3.74	69	35	9.4	9.4	0	0.0	0.0	0.0	46.9	48.6	7.6	0.0	0	0	0.0	24	0	8
2.5		50	5	35	-6.9	1.5	-11.8	3.22	70	35	9.4	9.4	28	-0.5	3.7	0.0	27.8	36.1	6.3	0.0	9	10	0.0	16	36	8
5	4.55	6	1	18	-4.2	1.4	-11.1	4.91	63	35	9.4	9.4	21	1.7	-0.1	0.0	27.8	36.1	6.3	0.0	4	6	0.0	16	36	8
5	5.58	40	3	18	-4.3	2.1	-10.9	4.35	57	35	9.4	9.4	0	0.0	0.0	0.0	46.9	48.6	7.6	0.0	0	0	0.0	24	0	8
2.5		50	5	9	-3.4	-3.5	-13.1	4.00	51	35	9.4	9.4	21	1.7	-0.1	0.0	27.8	36.1	6.3	0.0	4	6	0.0	16	36	8
6	4.55	6	1	19	-3.2	2.7	-12.9	4.69	51	35	9.4	9.4	40	0.3	-8.3	0.0	27.8	36.1	6.3	0.0	18	23	0.0	16	36	8
6	5.58	40	3	24	1.3	3.5	-12.2	4.81	67	35	9.4	9.4	0	0.0	0.0	0.0	46.8	48.5	7.6	0.0	0	0	0.0	24	0	8
2.5		50	5	24	3.5	3.9	-12.1	3.73	52	35	9.4	9.4	40	0.3	-8.3	0.0	27.8	36.1	6.3	0.0	18	23	0.0	16		

11.2.6 Calcolo del taglio di progetto

In colonne sismiche primarie i valori di progetto dell'azione di taglio devono essere determinati in accordo con il criterio della capacità sulla base dell'equilibrio della colonna sotto l'azione dei momenti relativi alle sezioni di estremità $M_{i,d}$ (dove $i=1,2$ denota, le sezioni di estremità della colonna), che corrispondono alla formazione della cerniera plastica per le direzioni positive e negative dell'azione sismica.

$$V_{\max} = \gamma_{Rd} \frac{M^s_{i,d} + M^i_{i,d}}{l_{cl}}$$

I momenti di estremità $M_{i,d}$ superiore ed inferiore sono stati determinati con la seguente espressione

$$M_{i,d} = M_{c,Rd} \cdot \min\left(1, \frac{\sum M_{b,Rd}}{\sum M_{c,Rd}}\right)$$

dove:

γ_{Rd} è il coefficiente che tiene conto della sovraresistenza dovuta all'incrudimento dell'acciaio e al confinamento del calcestruzzo della zona compressa della sezione:

$$\gamma_{Rd} = 1,1;$$

$M_{c,Rd}$ è la capacità a flessione nella sezione di estremità (superiore o inferiore);

l_{cl} è la lunghezza di calcolo della colonna

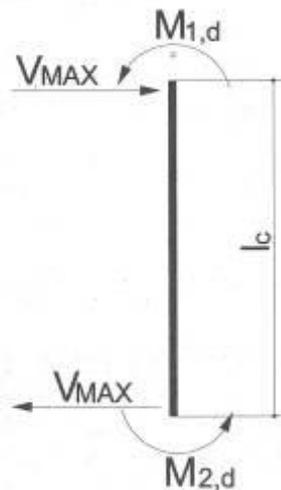


Figura 31: Criterio della capacità per il calcolo del taglio sollecitante

11.2.7 Verifica di resistenza a taglio in zona critica

La resistenza a taglio è stata calcolata come specificato nelle NTC2018, paragrafo 4.1.2.1.3.2. Si esegue il calcolo della resistenza dell'elemento con armatura trasversale a taglio nelle due direzioni x e y. Si confronta poi il valore della resistenza con il taglio sollecitante di progetto calcolato nelle due direzioni.

$$V_{Rd,s} = 0.9 \cdot d \cdot \frac{A_{sw}}{s} \cdot f_{ywd} \cdot \cot \theta \quad [\text{NTC2018-}\S 4.1.2.1.3.2]$$

$$V_{Rcd} = 0.9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_c \cdot f'_{cd} \cdot \frac{\cot \theta}{1 + \cot^2 \theta}$$

$$V_{Rd} = \min(V_{Rd,s}; V_{Rdc})$$

dove:

A_{sw} è l'area efficace dell'armatura a taglio nella spaziatura s ;

$0.9d$ è il braccio della coppia interna,

α angolo di inclinazione dell'armatura trasversale rispetto all'asse dell'elemento (90°)

θ è l'angolo variabile tra il puntone compresso di calcestruzzo e l'asse del pilastro perpendicolare alla forza di taglio. E' possibile determinare tale angolo graficamente riportando le funzioni $V_{Rd,s}$ e V_{Rdc} in funzione di θ per le due direzioni di taglio

$\alpha_c = 1 + \sigma_{cp} / f_{cd}$

f'_{cd} resistenza a compressione ridotta del cls d'anima = $0.5 f_{cd}$

11.2.8 Verifiche in capacità pilastri e gerarchia Trave-colonna

Si riporta appresso la spiegazione delle sigle usate nel tabulato di stampa *VERIFICHE DI DUTTILITA' ASTE IN C.A. - PILASTRI e GERARCHIE TRAVE COLONNA*.

Filo Iniziale	:	Numero del filo iniziale
Filo Finale	:	Numero del filo finale
Quota Iniziale	:	Altezza del nodo iniziale
Quota Finale	:	Altezza del nodo finale
Tratto	:	Numero della suddivisione dell'elemento. Se l'elemento è unico, ovvero non suddiviso in più tratti, la colonna è bianca
Sez.	:	Numero della sezione in archivio
Bas	:	Base della sezione
Alt	:	Altezza della sezione
gRd	:	Coefficiente di amplificazione dei momenti resistenti per il calcolo del taglio di progetto
Passo	:	Passo staffe
Lun	:	Lunghezza del tratto da staffare

Pilastri

Concio	:	$i =$ iniziale; $c =$ campata; $f =$ finale
α_x e α_y	:	coefficienti di sovrarresistenza del momento di verifica del pilastro in direzione X e Y
$\alpha_x \cdot M_x, M_y, N$:	Sollecitazioni di progetto per il sisma in direzione X
$M_x, \alpha_y \cdot M_y, N$:	Sollecitazioni di progetto per il sisma in direzione Y
M_{rx}, M_{ry}	:	Momenti resistenti del pilastro nelle due direzioni
V_x, V_y	:	Tagli di progetto calcolati dai momenti resistenti del pilastro, amplificati del coefficiente gRd. Al fine della verifica, i due tagli di progetto, vengono considerati agenti indipendentemente e vengono accoppiati con il taglio di

PROGETTO DEFINITIVO
Relazione di calcolo Fabbricato Viaggiatori

COMMESSA IV01 LOTTO 00 CODIFICA D 26 CL DOCUMENTO FV0300 002 REV. A FOGLIO 73 di 113

- calcolo in direzione ortogonale
- V Rxd, VRyd : Taglio resistente in direzione X e Y. I tagli resistenti possono essere riferiti al cls o alle staffe in base a quale materiale ha il coefficiente di impegno maggiore
- Limite : Segnala quale taglio e' stato utilizzato come limite massimo per la verifica:
 Svr -> La verifica e' effettuata sempre con il taglio di sovra resistenza
 Q=1 -> Se il taglio di sovra resistenza supera il taglio con lo spettro elastico (q=1) la verifica e' effettuata con il taglio calcolato con lo spettro elastico

Gerarchia Trave-Colonna

- Nodo3d : Numero del nodo dove si effettua il controllo di gerarchia
- Filo, Quota : Numero del filo e quota del nodo in esame
- PilInf, PilSup : Numero del pilastro inferiore e superiore collegati al Nodo3d
- TravX+; TravX- : Numero delle travi in direzione X collegate al Nodo3d
- TravY+; TravY- : Numero delle travi in direzione Y collegate al Nodo3d
- SMxc,pl,Rd : Sommatoria dei momenti plastici delle colonne in direzione X
- gSMxb,pl,Rd : Sommatoria dei momenti plastici delle travi in direzione X amplificate del coefficiente di sovrarresistenza
- SMyc,pl,Rd : Sommatoria dei momenti plastici delle colonne in direzione Y
- gSMyb,pl,Rd : Sommatoria dei momenti plastici delle travi in direzione Y amplificate del coefficiente di sovrarresistenza
- Flag Verifica : Flag di controllo (SMxc,pl,Rd > gSMxb,pl,Rd ; SMyc,pl,Rd > gSMyb,pl,Rd) :
 - "OK" = Gerarchia della resistenza soddisfatta
 - "Elastico" = Colonna protetta dalla plasticizzazione anticipata in quanto sovrarresistente rispetto all' azione sismica elastica (q=1)

VERIFICHE IN CAPACITA' ASTE IN C.A. - PILASTRI																					
Filo Iniz. Fin. N.ro	Quota Iniz. Final (m)	Trat to Nr	Sez Bas Alt cm	SOVRARESIST.			SOLLECITAZIONI SISMA X			SOLLECITAZIONI SISMA Y			MOM. RESISTENTI		TAGLIO PROG.		TAGLIO RESISTENTE				
				Co nc	αx	αy	αx*Mx (t*m)	My (t*m)	N (t)	Mx (t*m)	αy*My (t*m)	N (t)	Mrux (t*m)	Mruy (t*m)	Vx (t)	Vy (t)	V Rxd (t)	V Ryd (t)	staffe PasLun	Li m.	
1	4.55	22	i	2.0	1.7	11.50	4.24	-12.42	3.93	19.32	-18.93	-20.48	-20.48	11.01	5.94	14.14	14.14	16	68	q	
1	0.00	20	c											11.01	5.94	9.84	9.84	23	270	=	
	gRd=	1.1	0	f	1.0	1.0	-6.85	-4.02	-13.71	3.74	13.29	-11.55	20.56	20.56	11.01	5.94	14.14	14.14	16	72	1
2	4.55	22	i	2.0	1.8	-11.71	3.35	-14.23	-4.02	19.05	-8.55	-21.52	21.52	11.57	5.81	14.14	14.14	16	68	q	
2	0.00	20	c											11.57	5.81	10.28	10.28	22	269	=	
	gRd=	1.1	0	f	1.0	1.0	-6.66	3.41	-13.71	4.29	-13.17	-9.76	21.59	-21.59	11.57	5.81	14.14	14.14	16	72	1
3	4.55	22	i	2.0	1.0	-15.25	1.26	-19.59	-4.64	3.63	-15.53	15.88	15.88	5.44	7.36	14.14	14.14	16	68	q	
3	0.00	20	c											5.44	7.36	9.43	9.43	24	252	=	
	gRd=	1.1	0	f	1.0	1.0	8.10	-3.06	-20.88	4.90	-7.86	-16.82	-15.97	5.44	7.36	14.14	14.14	16	89	1	
4	4.55	6	i	2.0	1.0	-10.35	-0.29	-12.67	-1.34	3.59	-16.97	-22.71	-17.41	6.49	8.68	27.82	36.07	16	68	q	
4	0.00	40	c											6.49	8.68	18.54	24.05	24	237	=	
	gRd=	1.1	50	f	1.0	1.0	13.05	3.30	-14.72	-1.57	10.89	-13.75	23.07	17.69	6.49	8.68	27.82	36.07	16	104	1
5	4.55	6	i	1.9	1.0	-29.14	0.19	-9.26	-2.57	-3.68	-16.30	-36.83	24.90	6.68	16.30	27.82	36.07	16	68	q	
5	0.00	40	c											6.68	16.30	18.54	24.05	24	244	=	
	gRd=	1.1	50	f	1.0	1.0	18.94	-3.35	-11.31	-1.24	-11.18	-14.82	37.20	-25.06	6.68	16.30	27.82	36.07	16	98	1
6	4.55	6	i	2.0	1.0	-27.80	-0.81	-15.33	-0.44	3.76	-21.36	-32.72	-23.05	7.60	15.31	27.82	36.07	16	68	q	
6	0.00	40	c											7.60	15.31	18.54	24.05	24	243	=	
	gRd=	1.1	50	f	1.0	1.0	18.93	4.50	-17.38	2.08	12.63	-17.15	33.09	23.25	7.60	15.31	27.82	36.07	16	99	1
7	5.58	26	i	1.0	1.0	7.61	1.23	-8.38	2.39	6.99	-8.48	-16.30	-21.26	6.88	4.88	36.07	27.82	16	88	q	
7	0.00	50	c											6.88	4.88	24.05	18.54	24	327	=	
	gRd=	1.1	40	f	1.0	1.0	-7.22	-0.29	-11.02	-2.05	12.45	-6.91	16.66	21.73	6.88	4.88	36.07	27.82	16	113	1
8	5.58	26	i	1.0	1.0	7.14	-1.43	-8.15	2.51	-6.93	-8.53	-16.29	21.24	6.82	4.67	36.07	27.82	16	88	q	
8	0.00	50	c											6.82	4.67	24.05	18.54	24	327	=	
	gRd=	1.1	40	f	1.0	1.0	-7.09	0.45	-10.79	-1.90	-12.35	-6.88	16.65	-21.72	6.82	4.67	36.07	27.82	16	113	1

VERIFICHE IN CAPACITA' ASTE IN C.A. - PILASTRI

Filo Iniz. Fin. N.ro	Quota Iniz. Final (m)	Tratto Nr	Sez Bas Alt cm	C omb in az	SOVRARESIST.			SOLLECITAZIONI SISMA X			SOLLECITAZIONI SISMA Y			MOM. RESISTENTI		TAGLIO PROG.		TAGLIO RESISTENTE		Li m.
					Co nc	αx	αy	αx*Mx (t*m)	My (t*m)	N (t)	Mx (t*m)	αy*My (t*m)	N (t)	MruX (t*m)	MruY (t*m)	Vx (t)	Vy (t)	V Rxd (t)	V Ryd (t)	
1	5.58	22	i	1.0	1.0	-4.31	-0.75	-7.02	-2.21	2.77	-7.56	10.12	-10.12	15.34	16.99	15.08	15.08	15	36	q
1	4.55	20	c	2.0	2.0	7.68	-1.22	-7.25	-0.49	-7.10	-7.68	-10.13	10.13	15.34	16.99	15.08	15.08	15	0	=
	gRd= 1.1		0	f	2.0	2.0								15.34	16.99	15.08	15.08	15	36	1
2	5.58	22	i	1.0	1.0	-4.67	0.65	-7.05	-2.76	-2.73	-8.04	10.11	10.11	15.44	12.00	14.14	14.14	16	36	q
2	4.55	20	c	2.0	1.5	3.64	1.47	-7.28	0.77	5.35	-8.13	-10.13	-10.13	15.44	12.00	14.14	14.14	16	0	=
	gRd= 1.1		0	f	2.0	1.5								15.44	12.00	14.14	14.14	16	36	1
3	5.58	22	i	1.0	1.0	4.25	-2.30	-11.39	3.30	-6.46	-13.64	-15.30	15.30	4.77	26.26	25.14	25.14	9	36	q
3	4.55	20	c	2.0	1.0	-14.75	-1.68	-11.62	-2.50	-4.78	-14.13	15.32	15.32	4.77	26.26	25.14	25.14	9	0	=
	gRd= 1.1		0	f	2.0	1.0								4.77	26.26	25.14	25.14	9	36	1
4	5.58	6	i	1.0	1.0	-12.63	-1.24	-10.15	-4.63	7.36	-14.45	-22.26	-17.07	6.58	10.27	27.82	36.07	16	36	q
4	4.55	40	c	2.0	1.0	-16.46	-0.54	-10.51	-2.80	5.15	-14.81	-22.32	-17.12	6.58	10.27	27.82	36.07	16	0	=
	gRd= 1.1		50	f	2.0	1.0								6.58	10.27	27.82	36.07	16	36	1
5	5.58	6	i	1.0	1.0	-8.96	1.56	-11.17	-0.65	-7.32	-14.68	22.21	17.03	6.59	3.71	27.82	36.07	16	36	q
5	4.55	40	c	1.9	1.0	-14.93	0.84	-11.54	0.30	-5.22	-15.04	22.28	17.08	6.59	3.71	18.54	24.05	24	0	=
	gRd= 1.1		50	f	1.9	1.0								6.59	3.71	27.82	36.07	16	36	1
6	5.58	6	i	1.0	1.0	8.71	2.90	-10.40	5.50	7.85	-13.19	-22.11	-16.95	6.27	14.69	27.82	36.07	16	36	q
6	4.55	40	c	2.0	1.0	-13.81	-0.99	-12.34	-0.79	5.68	-13.55	22.17	-17.00	6.27	14.69	18.54	24.05	24	0	=
	gRd= 1.1		50	f	2.0	1.0								6.27	14.69	27.82	36.07	16	36	1

VERIFICHE ASTE IN C.A. - PILASTRI

RIEPILOGO VERIFICHE A TAGLIO PILASTRI																							
Filo Iniz. Fin. Ctg9	Quota Iniz. Final	Tratto	Sez Bas Alt cm	C omb in az	Co nc	Tagli Analisi		Tagli Progetto		Tagli Resistenti Calcestruzzo			Tagli Resistenti Staffe			Staffe			Tagli con q = 1		Tagli Sovra Resistenza		Li mite
						Vx (t)	Vy (t)	Vx (t)	Vy (t)	V Rxd (t)	V Ryd (t)	Coef	V Rxd (t)	V Ryd (t)	Coef	Pas cm	Lun cm	Fi mm	Vx (t)	Vy (t)	Vx (t)	Vy (t)	
1	4.55	22	1	12	0.0	6.2	11.0	5.9	30.6	30.6	0.36	16.1	16.1	0.68	16	68	8	11.7	5.9	11.0	11.0	q	
1	0.00	20	3	12	0.0	6.2	11.0	5.9	30.6	30.6	0.35	11.2	11.2	0.99	23	270	8	11.7	5.9	11.0	11.0	=	
	2.50	0	5	12	0.0	6.2	11.0	5.9	30.6	30.6	0.36	16.1	16.1	0.68	16	72	8	11.7	5.9	11.0	11.0	1	
2	4.55	22	1	18	0.0	6.2	11.6	5.8	30.1	30.1	0.38	16.1	16.1	0.72	16	68	8	11.6	5.8	11.6	11.6	q	
2	0.00	20	3	18	0.0	6.2	11.6	5.8	30.1	30.1	0.38	11.7	11.7	0.99	22	269	8	11.6	5.8	11.6	11.6	=	
	2.50	0	5	18	0.0	6.2	11.6	5.8	30.1	30.1	0.38	16.1	16.1	0.72	16	72	8	11.6	5.8	11.6	11.6	1	
3	4.55	22	1	34	0.0	4.0	5.4	7.4	30.8	30.8	0.24	16.1	16.1	0.46	16	68	8	5.4	7.4	8.5	8.5	q	
3	0.00	20	3	34	0.0	4.0	5.4	7.4	30.8	30.8	0.24	10.7	10.7	0.68	24	252	8	5.4	7.4	8.5	8.5	=	
	2.50	0	5	34	0.0	4.0	5.4	7.4	30.8	30.8	0.24	16.1	16.1	0.46	16	89	8	5.4	7.4	8.5	8.5	1	
4	4.55	6	1	28	-0.9	4.4	6.5	8.7	47.3	49.0	0.19	27.8	36.1	0.24	16	68	8	6.5	8.7	9.4	12.3	q	
4	0.00	40	3	28	-0.9	4.4	6.5	8.7	47.3	49.0	0.19	18.5	24.0	0.36	24	237	8	6.5	8.7	9.4	12.3	=	
	2.50	50	5	28	-0.9	4.4	6.5	8.7	47.3	49.0	0.19	27.8	36.1	0.24	16	104	8	6.5	8.7	9.4	12.3	1	
5	4.55	6	1	34	0.9	8.4	6.7	16.3	47.3	49.1	0.35	27.8	36.1	0.45	16	68	8	6.7	16.3	13.4	19.9	q	
5	0.00	40	3	34	0.9	8.4	6.7	16.3	47.3	49.1	0.35	18.5	24.0	0.68	24	244	8	6.7	16.3	13.4	19.9	=	
	2.50	50	5	34	0.9	8.4	6.7	16.3	47.3	49.1	0.35	27.8	36.1	0.45	16	98	8	6.7	16.3	13.4	19.9	1	
6	4.55	6	1	28	-1.3	8.0	7.6	15.3	48.0	49.8	0.33	27.8	36.1	0.42	16	68	8	7.6	15.3	12.4	17.7	q	
6	0.00	40	3	28	-1.3	8.0	7.6	15.3	48.0	49.8	0.33	18.5	24.0	0.64	24	243	8	7.6	15.3	12.4	17.7	=	
	2.50	50	5	28	-1.3	8.0	7.6	15.3	48.0	49.8	0.33	27.8	36.1	0.42	16	99	8	7.6	15.3	12.4	17.7	1	
7	5.58	26	1	40	0.3	-2.8	6.9	4.9	47.4	45.7	0.14	36.1	27.8	0.19	16	88	8	6.9	4.9	9.0	6.9	q	
7	0.00	50	3	40	0.3	-2.8	6.9	4.9	47.4	45.7	0.14	24.0	18.5	0.29	24	327	8	6.9	4.9	9.0	6.9	=	
	2.50	40	5	40	0.3	-2.8	6.9	4.9	47.4	45.7	0.14	36.1	27.8	0.19	16	113	8	6.9	4.9	9.0	6.9	1	
8	5.58	26	1	30	-0.4	-2.7	6.8	4.7	47.4	45.7	0.14	36.1	27.8	0.19	16	88	8	6.8	4.7	8.9	6.9	q	
8	0.00	50	3	30	-0.4	-2.7	6.8	4.7	47.4	45.7	0.14	24.0	18.5	0.28	24	327	8	6.8	4.7	8.9	6.9	=	
	2.50	40	5	30	-0.4	-2.7	6.8	4.7	47.4	45.7	0.14	36.1	27.8	0.19	16	113	8	6.8	4.7	8.9	6.9	1	
1	5.58	22	1	28	0.0	11.2	15.3	17.0	28.8	28.8	0.59	17.2	17.2	0.99	15	36	8	15.3	17.0	30.5	30.5	q	
1	4.55	20	3	0	0.0	0.0	15.3	17.0	28.8	28.8	0.59	17.2	17.2	0.99	15	0	8	15.3	17.0	30.5	30.5	=	
	2.50	0	5	28	0.0	11.2	15.3	17.0	28.8	28.8	0.59	17.2	17.2	0.99	15	36	8	15.3	17.0	30.5	30.5	1	
2	5.58	22	1	12	0.0	10.3	15.4	12.0	28.8	28.8	0.54	16.1	16.1	0.96	16	36	8	15.4	12.0	30.5	30.5	q	
2	4.55	20	3	0	0.0	0.0	15.4	12.0	28.8	28.8	0.54	16.1	16.1	0.96	16	0	8	15.4	12.0	30.5	30.5	=	
	2.50	0	5	12	0.0	10.3	15.4	12.0	28.8	28.8	0.54	16.1	16.1	0.96	16	36	8	15.4	12.0	30.5	30.5	1	
3	5.58	22	1	30	0.0	-15.9	4.8	26.3	29.7	29.7	0.88	28.7	28.7	0.92	9	36	8	4.8	26.3	46.1	46.1	q	
3	4.55	20	3	0	0.0	0.0	4.8	26.3	29.7	29.7	0.88	28.7	28.7	0.92	9	0	8	4.8	26.3	46.1	46.1	=	
	2.50	0	5	30	0.0	-15.9	4.8	26.3	29.7	29.7	0.88	28.7	28.7	0.92	9	36	8	4.8	26.3	46.1	46.1	1	
4	5.58	6	1	28	-1.0	6.0	6.6	10.3	46.9	48.6	0.23	27.8	36.1	0.28	16	36	8	6.6	10.3	51.5	67.2	q	
4	4.55	40	3	0	0.0	0.0	6.6	10.3	46.9	48.6	0.21	18.5	24.0	0.43	24	0	8	6.6	10.3	51.5	67.2	=	

VERIFICHE ASTE IN C.A. - PILASTRI																							
RIEPILOGO VERIFICHE A TAGLIO PILASTRI																							
Filo Iniz. Fin. Ctgθ	Quota Iniz. Final	Tratto	Sez Bas Alt cm	Conc in az	Tagli Analisi		Tagli Progetto		Tagli Resistenti Calcestruzzo			Tagli Resistenti Staffe			Staffe			Tagli con q = 1		Tagli Sovra Resistenza		Limite	
					Vx (t)	Vy (t)	Vx (t)	Vy (t)	V Rxd (t)	V Ryd (t)	Coef	V Rxd (t)	V Ryd (t)	Coef	Pas cm	Lun cm	Fi mm	Vx (t)	Vy (t)	Vx (t)	Vy (t)		
2.50			50	5	28	-1.0	6.0	6.6	10.3	46.9	48.6	0.23	27.8	36.1	0.28	16	36	8	6.6	10.3	51.5	67.2	1
5	5.58		6	1	21	3.4	-1.0	6.6	3.7	46.9	48.6	0.16	27.8	36.1	0.24	16	36	8	6.6	3.7	51.4	67.0	q
5	4.55		40	3	0	0.0	0.0	6.6	3.7	46.9	48.6	0.14	18.5	24.0	0.35	24	0	8	6.6	3.7	51.4	67.0	=
2.50			50	5	21	3.4	-1.0	6.6	3.7	46.9	48.6	0.16	27.8	36.1	0.24	16	36	8	6.6	3.7	51.4	67.0	1
6	5.58		6	1	40	0.8	-10.6	6.3	14.7	46.8	48.5	0.32	27.8	36.1	0.41	16	36	8	6.3	14.7	51.2	66.7	q
6	4.55		40	3	0	0.0	0.0	6.3	14.7	46.8	48.5	0.30	18.5	24.0	0.61	24	0	8	6.3	14.7	51.2	66.7	=
2.50			50	5	40	0.8	-10.6	6.3	14.7	46.8	48.5	0.32	27.8	36.1	0.41	16	36	8	6.3	14.7	51.2	66.7	1

Il taglio di progetto risulta essere quello per q=1 e quindi il taglio di progetto quello determinato dall'analisi elastica della struttura.

11.2.9 Verifica S.L.E. Pilastro

Una volta determinate le armature dei pilastri il programma di calcolo esegue le verifiche alle tensioni ed allo stato limite di fessurazione secondo i limiti del precedente par. 4.3.2.

Si riporta appresso la spiegazione delle sigle usate nelle tabelle di verifica aste in cls per gli stati limiti di esercizio.

Filo	: Sulla prima riga numero del filo del nodo iniziale, sulla seconda quello del nodo finale
Quota	: Sulla prima riga quota del nodo iniziale, sulla seconda quota del nodo finale
Tratto	: Se una trave è suddivisa in più tratti sulla prima riga è riportato il numero del tratto, sulla terza il numero di suddivisioni della trave
Com Cari	: Indicatore della matrice di combinazione; la prima riga individua la matrice delle combinazioni rare, la seconda la matrice delle combinazioni frequenti, la terza quella permanenti. Questo indicatore vale sia per la verifica a fessurazione che per il calcolo delle frecce
Fessu	: Fessura limite e fessura di calcolo espressa in mm; se la trave non risulta fessurata l'ampiezza di calcolo sarà nulla
Dist mm	: Distanza fra le fessure
Concio	: Numero del concio in cui si è avuta la massima fessura
Combin	: Numero della combinazione ed in sequenza sollecitazioni per cui si è avuta la massima fessura
Mf X	: Momento flettente asse vettore X
Mf Y	: Momento flettente asse vettore Y
N	: Sforzo normale
Frecce	: Freccia limite e freccia massima di calcolo
Combin	: Numero della combinazione che ha prodotto la freccia massima
Com Cari	: Indicatore della matrice di combinazione; la prima riga individua la matrice delle combinazioni rare per la verifica della tensione sul calcestruzzo, la seconda la matrice delle combinazioni rare per la verifica della tensione sull'acciaio, la terza la matrice delle combinazioni permanenti per la verifica della tensione sul calcestruzzo
σ_{lim}	: Valore della tensione limite in Kg/cm ²

PROGETTO DEFINITIVO
Relazione di calcolo Fabbricato Viaggiatori

COMMESSA IV01 LOTTO 00 CODIFICA D 26 CL DOCUMENTO FV0300 002 REV. A FOGLIO 76 di 113

σ_{cal} : Valore della tensione di calcolo in Kg/cmq
Concio : Numero del concio in cui si è avuta la massima tensione
Combin : Numero della combinazione ed in sequenza sollecitazioni per cui si è avuta la massima tensione
Mf X : Momento flettente asse vettore X
Mf Y : Momento flettente asse vettore Y
N : Sforzo normale

PILASTRI																					
		FESSURAZIONE										FRECCHE			TENSIONI						
Filo	Quota	Tra	Combi	Fessu. mm	dist	Con	Com	Mf X	Mf Y	N	Frecce mm	Com	Combinaz	σ lim.	σ cal.	Co	Comb	Mf X	Mf Y	N	
In fi	In Fi	tto	Caric	lim cal	mm	cio	bin	(t*m)	(t*m)	(t)	limite calc	bin	Carico	Kg/cmq	Kg/cmq	nc		(t*m)	(t*m)	(t)	
1	4.55		Rara	0.3	0.000	0	5	6	-1.6	0.0	-18.9		Rara cls	165.0	34.9	5	6	-1.6	0.0	-18.9	
1	0.00		Freq										Rara fer	3375	188	5	6	-1.6	0.0	-18.9	
			Perm										Perm cls	120.0	23.6	5	1	-1.0	0.0	-15.9	
2	4.55		Rara	0.3	0.000	0	5	8	-1.1	0.0	-15.3		Rara cls	165.0	24.5	5	8	-1.1	0.0	-15.3	
2	0.00		Freq										Rara fer	3375	136	5	6	-1.1	0.0	-16.1	
			Perm										Perm cls	120.0	20.3	5	1	-0.9	0.0	-14.6	
3	4.55		Rara	0.3	0.000	0	5	3	1.2	0.0	-20.4		Rara cls	165.0	30.8	5	3	1.2	0.0	-20.4	
3	0.00		Freq										Rara fer	3375	176	5	3	1.2	0.0	-20.4	
			Perm										Perm cls	120.0	26.3	5	1	1.0	0.0	-18.9	
4	4.55		Rara	0.3	0.000	0	5	8	0.8	0.9	-17.2		Rara cls	165.0	18.7	5	6	0.8	0.9	-18.0	
4	0.00		Freq										Rara fer	3375	111	5	6	0.8	0.9	-18.0	
			Perm										Perm cls	120.0	15.4	5	1	0.4	0.8	-16.4	
5	4.55		Rara	0.3	0.000	0	5	6	1.4	-1.2	-18.2		Rara cls	165.0	24.2	5	6	1.4	-1.2	-18.2	
5	0.00		Freq										Rara fer	3375	138	5	6	1.4	-1.2	-18.2	
			Perm										Perm cls	120.0	18.4	5	1	0.9	-1.0	-16.6	
6	4.55		Rara	0.3	0.000	0	5	3	2.1	1.1	-22.0		Rara cls	165.0	29.8	5	3	2.1	1.1	-22.0	
6	0.00		Freq										Rara fer	3375	173	5	3	2.1	1.1	-22.0	
			Perm										Perm cls	120.0	26.6	5	1	1.8	1.1	-20.3	
7	5.58		Rara	0.3	0.000	0	1	3	3.9	0.5	-7.3		Rara cls	165.0	63.4	1	3	3.9	0.5	-7.3	
7	0.00		Freq										Rara fer	3375	889	1	3	3.9	0.5	-7.3	
			Perm										Perm cls	120.0	55.8	1	1	3.3	0.6	-6.4	
8	5.58		Rara	0.3	0.000	0	1	3	3.9	-0.5	-7.3		Rara cls	165.0	63.0	1	3	3.9	-0.5	-7.3	
8	0.00		Freq										Rara fer	3375	885	1	3	3.9	-0.5	-7.3	
			Perm										Perm cls	120.0	55.8	1	1	3.3	-0.6	-6.4	
1	5.58		Rara	0.3	0.000	0	1	3	-3.8	0.0	-7.5		Rara cls	165.0	117.1	1	3	-3.8	0.0	-7.5	
1	4.55		Freq										Rara fer	3375	1405	1	3	-3.8	0.0	-7.5	
			Perm										Perm cls	120.0	96.6	1	1	-3.1	0.0	-6.6	
2	5.58		Rara	0.3	0.000	0	1	3	-3.7	0.0	-7.6		Rara cls	165.0	116.3	1	3	-3.7	0.0	-7.6	
2	4.55		Freq										Rara fer	3375	1387	1	3	-3.7	0.0	-7.6	
			Perm										Perm cls	120.0	97.5	1	1	-3.1	0.0	-6.7	
3	5.58		Rara	0.3	0.000	0	5	6	-2.3	0.0	-12.8		Rara cls	165.0	54.9	5	6	-2.3	0.0	-12.8	
3	4.55		Freq										Rara fer	3375	317	5	8	-2.2	0.0	-11.9	
			Perm										Perm cls	120.0	53.0	5	1	-2.2	0.0	-11.2	
4	5.58		Rara	0.3	0.000	0	1	6	-3.5	0.4	-13.5		Rara cls	165.0	41.0	1	6	-3.5	0.4	-13.5	
4	4.55		Freq										Rara fer	3375	310	1	6	-3.5	0.4	-13.5	
			Perm										Perm cls	120.0	36.3	1	1	-2.9	0.5	-11.8	
5	5.58		Rara	0.3	0.000	0	1	6	-3.5	-0.2	-13.6		Rara cls	165.0	38.3	1	6	-3.5	-0.2	-13.6	
5	4.55		Freq										Rara fer	3375	292	1	6	-3.5	-0.2	-13.6	
			Perm										Perm cls	120.0	34.9	1	1	-2.9	-0.4	-11.9	
6	5.58		Rara	0.3	0.000	0	5	3	-3.0	0.7	-13.3		Rara cls	165.0	39.8	5	5	-3.0	0.7	-12.4	
6	4.55		Freq										Rara fer	3375	282	5	5	-3.0	0.7	-12.4	
			Perm										Perm cls	120.0	39.5	5	1	-3.0	0.7	-11.5	

11.2.10 Armature pilastri

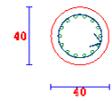
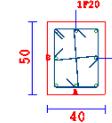
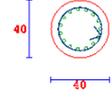
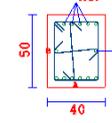
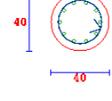
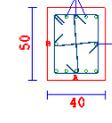
TABELLA PILASTRI QUOTA m: 0.00			
PIL.		PIL.	
1	L=455 L.FER=551 14 #20  STAFFE: LYOT-112 F10/5 L= 45 F8/18 L= 58 F8/23 L= 270 F8/16 L= 72	4	L=455 L.FER=551 SPIGOLI 4#20  STAFFE: 31*41 LYOT-156 F8/16 L= 113 F8/24 L= 238 F8/16 L= 184
2	L=455 L.FER=551 15 #20  STAFFE: LYOT-112 F10/5 L= 45 F8/18 L= 58 F8/23 L= 270 F8/16 L= 72	5	L=455 L.FER=551 SPIGOLI 4#20  STAFFE: 31*41 LYOT-156 F8/16 L= 113 F8/24 L= 234 F8/16 L= 98
3	L=455 L.FER=551 10 #20  STAFFE: LYOT-112 F10/6 L= 45 F8/18 L= 58 F8/24 L= 253 F8/16 L= 69	6	L=455 L.FER=551 SPIGOLI 4#20  STAFFE: 31*41 LYOT-156 F10/15 L= 45 F8/16 L= 63 F8/24 L= 243 F8/16 L= 99
ACCIAIO B450C		CALCESTR. C30/37	

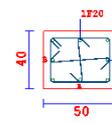
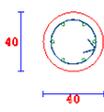
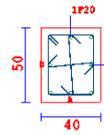
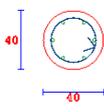
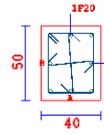
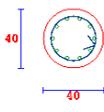
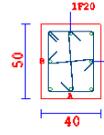
TABELLA PILASTRI QUOTA m: 0.00			
PIL.		PIL.	
7 8	L=558 L.FER=616 SPIGOLI 4#20  STAFFE: 41*31 LYOT-156 F10/8 L= 30 F8/18 L= 38 F8/24 L= 327 F8/16 L= 113		
ACCIAIO B450C		CALCESTR. C30/37	

TABELLA PILASTRI QUOTA m: 4.55			
PIL.		PIL.	
1	L=103 L.FER=161 6 F20  STAFFE: LKOT=112 F10/8 L= 30 F8/15 L= 36 F8/15 L= 1 F8/16 L= 36	4	L=103 L.FER=161 SPIGOLI 4P20  STAFFE: 31*41 LKOT=156 *SPILLI EXTRA 2A F10/5 L= 30 * F8/16 L= 36 F8/24 L= 1 F8/16 L= 36
2	L=103 L.FER=161 6 F20  STAFFE: LKOT=112 F10/8 L= 30 F8/16 L= 36 F8/16 L= 1 F8/16 L= 36	5	L=103 L.FER=161 SPIGOLI 4P20  STAFFE: 31*41 LKOT=156 F10/5 L= 30 F8/16 L= 36 F8/24 L= 1 F8/16 L= 36
3	L=103 L.FER=161 10 F20  STAFFE: LKOT=112 F10/3 L= 30 F8/9 L= 36 F8/9 L= 1 F8/9 L= 36	6	L=103 L.FER=161 SPIGOLI 4P20  STAFFE: 31*41 LKOT=156 *SPILLI EXTRA 1A F10/5 L= 30 * F8/16 L= 36 F8/24 L= 1 F8/16 L= 36
ACCIAIO B450C		CALCESTR. C30/37	

11.3 Verifica travi di fondazione

Come per le travi di elevazione il programma di calcolo date le caratteristiche di sollecitazione desunte dal modello globale determina i quantitativi di armatura necessari al soddisfacimento delle verifiche allo SLV ed SLE.

Si riporta appresso la spiegazione delle sigle usate nelle tabelle di verifica aste in calcestruzzo per gli stati limite ultimi.

Trattandosi di una struttura in calcestruzzo d'uso III la verifica di resistenza è condotta sia allo SLU che allo SLD.

Filo Iniz./Fin.	: Sulla prima riga numero del filo del nodo iniziale, sulla seconda quello del nodo finale
Cotg Θ	: Cotangente Angolo del puntone compresso
Quota	: Sulla prima riga quota del nodo iniziale, sulla seconda quota del nodo finale
SgmT	: Solo per le travi di fondazione: Pressione di contatto sul terreno in Kg/cm ² calcolata con i valori caratteristici delle azioni assumendo i coefficienti gamma pari ad uno.
AmpC	: Solo per le travi di elevazione: Coefficiente di amplificazione dei carichi statici per tenere in conto della verifica locale dell'asta a sisma verticale.
N/Nc	: Solo per i pilastri: Percentuale della resistenza massima a compressione della sezione di solo calcestruzzo.
Tratto	: Se una trave è suddivisa in più tratti sulla prima riga è riportato il numero del tratto, sulla terza il numero di suddivisioni della trave
Sez B/H	: Sulla prima riga numero della sezione nell'archivio, sulla seconda base della sezione, sulla terza altezza. Per sezioni a T è riportato l'ingombro massimo della sezione
Concio	: Numero del concio
Co Nr	: Numero della combinazione e in sequenza sollecitazioni ultime di calcolo che

PROGETTO DEFINITIVO
Relazione di calcolo Fabbricato Viaggiatori

COMMESSA IV01 LOTTO 00 CODIFICA D 26 CL DOCUMENTO FV0300 002 REV. A FOGLIO 79 di 113

- forniscono la massima deformazione nell'acciaio e nel calcestruzzo per la verifica a flessione
- GamRd** : Solo per le travi di fondazione: Coefficiente di sovrarresistenza.
- M Exd** : Momento ultimo di calcolo asse vettore X (per le travi incrementato dalla traslazione del diagramma del momento flettente)
- M Eyd** : Momento ultimo di calcolo asse vettore Y
- N Ed** : Sforzo normale ultimo di calcolo
- x / d** : Rapporto fra la posizione dell'asse neutro e l'altezza utile della sezione moltiplicato per 100
- ef% ec% (*100)** : deformazioni massime nell'acciaio e nel calcestruzzo moltiplicate per 10.000. Valore limite per l'acciaio 100 (1%), valore limite nel calcestruzzo 35 (0,35%)
- Area** : Area del ferro in centimetri quadri; per le travi rispettivamente superiore ed inferiore, per i pilastri armature lungo la base e l'altezza della sezione
- Co Nr** : Numero della combinazione e in sequenza sollecitazioni ultime di calcolo che forniscono la minore sicurezza per le azioni taglianti e torcenti
- V Exd** : Taglio ultimo di calcolo in direzione X
- V Eyd** : Taglio ultimo di calcolo in direzione Y
- T sdu** : Momento torcente ultimo di calcolo
- V Rxd** : Taglio resistente ultimo delle staffe in direzione X
- V Ryd** : Taglio resistente ultimo delle staffe in direzione Y
- T Rd** : Momento torcente resistente ultimo delle staffe
- T Rld** : Momento torcente resistente ultimo dell'armatura longitudinale
- Coe Cls** : Coefficiente per il controllo di sicurezza del calcestruzzo alle azioni taglianti e torcenti moltiplicato per 100; la sezione è verificata se detto valore è minore o uguale a 100
- Coe Staf** : Coefficiente per il controllo di sicurezza delle staffe alle azioni taglianti e torcenti moltiplicato per 100; la sezione è verificata se detto valore è minore o uguale a 100
- Alon** : Armatura longitudinale a torsione (nelle travi rettangolari per le quali è stata effettuata la verifica a momento My in questo dato viene stampata anche l'armatura flessionale dei lati verticali)
- Staffe** : Passo staffe e lunghezza del tratto da armare
- Moltip Ultimo** : Solo per le stampe di riverifica:
 Moltiplicatore dei carichi che porta a collasso la sezione. Il percorso dei carichi seguito e' a sforzo normale costante. Le deformazioni riportate sono determinate dalle sollecitazioni di calcolo amplificate del moltiplicatore in parola.

STAMPA PROGETTO S.L.U. - AZIONI S.L.V. - FONDAZIONE																											
Filo Iniz. Fin. Ctgò	Quota Iniz. Final	T r a t t o	Sez Bas Alt	C o n c	VERIFICA A PRESSO-FLESSIONE										VERIFICA A TAGLIO E TORSIONE												
					Co mb	M Exd (t*m)	N Ed (t)	Moltip Ultimo	Gamm Rd	ef% 100	sc	Area cmq sup inf	Co mb	V Exd (t)	V Eyd (t)	T Sdu (t*m)	V Rxd (t)	V Ryd (t)	TRd (t*m)	TRld (t*m)	Coe Cls	Coe Sta	Alon cmq	Staffe Pas Lun Fi			
7	0.00		1	1	40	-9.8	0.0	2.74	1.10	19	5	13.9	13.9	19	0.0	-9.4	0.0	76.3	79.2	38.3	0.0	7	12	0.0	12	60	8
4	0.00		110	3	21	-10.9	0.0	2.45	1.10	19	5	13.9	13.9	21	0.0	8.7	0.0	76.3	79.2	38.3	0.0	7	11	0.0	12	430	8
2.5			60	5	40	9.9	0.0	2.71	1.10	19	5	13.9	13.9	21	0.0	10.4	0.0	76.3	79.2	38.3	0.0	8	13	0.0	12	60	8
3	0.00		1	1	25	10.5	0.0	2.55	1.10	19	5	13.9	13.9	9	0.0	-12.0	0.0	76.3	79.2	38.3	0.0	9	15	0.0	12	60	8
2	0.00		110	3	12	-13.2	0.0	2.03	1.10	19	5	13.9	13.9	25	0.0	-10.1	0.0	76.3	79.2	38.3	0.0	8	13	0.0	12	430	8
2.5			60	5	25	-9.8	0.0	2.74	1.10	19	5	13.9	13.9	25	0.0	14.1	0.0	76.3	79.2	38.3	0.0	11	18	0.0	12	60	8
4	0.00		1	1	35	10.9	0.0	2.46	1.10	19	5	13.9	13.9	35	0.0	-8.0	0.0	76.3	79.2	38.3	0.0	6	10	0.0	12	60	8
6	0.00		110	3	40	6.7	0.0	3.99	1.10	19	5	13.9	13.9	40	0.0	8.9	0.0	76.3	79.2	38.3	0.0	7	11	0.0	12	280	8
2.5			60	5	40	15.8	0.0	1.69	1.10	19	5	13.9	13.9	40	0.0	10.7	0.0	76.3	79.2	38.3	0.0	8	14	0.0	12	60	8
5	0.00		1	1	25	10.6	0.0	2.53	1.10	19	5	13.9	13.9	9	0.0	-7.1	0.0	76.3	79.2	38.3	0.0	5	9	0.0	12	60	8
3	0.00		110	3	34	5.0	0.0	5.39	1.10	19	5	13.9	13.9	25	0.0	-5.6	0.0	76.3	79.2	38.3	0.0	4	7	0.0	12	285	8
2.5			60	5	14	7.4	0.0	3.64	1.10	19	5	13.9	13.9	14	0.0	7.2	0.0	76.3	79.2	38.3	0.0	6	9	0.0	12	60	8
6	0.00		1	1	35	11.9	0.0	2.25	1.10	19	5	13.9	13.9	19	0.0	-12.9	0.0	76.3	79.2	38.3	0.0	10	16	0.0	12	60	8
27	0.00		110	3	18	-13.8	0.0	1.94	1.10	19	5	13.9	13.9	17	0.0	-10.9	0.0	76.3	79.2	38.3	0.0	8	14	0.0	12	275	8
2.5			60	5	18	-14.0	0.0	1.91	1.10	19	5	13.9	13.9	22	0.0	4.5	0.0	76.3	79.2	38.3	0.0	4	6	0.0	12	60	8
8	0.00		1	1	30	-9.7	0.0	2.76	1.10	19	5	13.9	13.9	9	0.0	-9.4	0.0	76.3	79.2	38.3	0.0	7	12	0.0	12	60	8
5	0.00		110	3	15	-10.7	0.0	2.51	1.10	19	5	13.9	13.9	30	0.0	10.6	0.0	76.3	79.2	38.3	0.0	8	13	0.0	12	430	8
2.5			60	5	30	15.9	0.0	1.69	1.10	19	5	13.9	13.9	30	0.0	12.3	0.0	76.3	79.2	38.3	0.0	9	16	0.0	12	60	8



**RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA
TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA**

PROGETTO DEFINITIVO
Relazione di calcolo Fabbricato Viaggiatori

COMMESSA IV01 LOTTO 00 CODIFICA D 26 CL DOCUMENTO FV0300 002 REV. A FOGLIO 80 di 113

STAMPA PROGETTO S.L.U. - AZIONI S.L.V. - FONDAZIONE

Filo Iniz. Fin. Ctg0	Quota Iniz. Final	Tra	Sez Bas Alt	C on c	VERIFICA A PRESSO-FLESSIONE										VERIFICA A TAGLIO E TORSIONE											
					Co mb	M Exd (t*m)	N Ed (t)	Moltip Ultimo	Gamm Rd	ef% 100	ec	Area cmq sup inf	Co mb	V Exd (t)	V Eyd (t)	T Sdu (t*m)	V Rxd (t)	V Ryd (t)	TRd (t*m)	TRld (t*m)	Coe Cls	Coe Sta	ALon cmq	Staffe Pas Lun Fi		
27	0.00	1	1	18	-12.9	0.0	2.08	1.10	19	5	13.9	13.9	24	0.0	7.5	0.0	76.3	79.2	38.3	0.0	6	10	0.0	12	60	8
1	0.00	110	3	18	-12.9	0.0	2.08	1.10	19	5	13.9	13.9	24	0.0	10.6	0.0	76.3	79.2	38.3	0.0	8	13	0.0	12	30	8
2.5		60	5	35	-10.0	0.0	2.68	1.10	19	5	13.9	13.9	18	0.0	15.1	0.0	76.3	79.2	38.3	0.0	12	19	0.0	12	60	8
1	0.00	1	1	18	-15.8	0.0	1.69	1.10	19	5	13.9	13.9	3	0.0	-13.6	0.0	76.3	79.2	38.3	0.0	10	17	0.0	12	60	8
2	0.00	110	3	18	-16.1	0.0	1.67	1.10	19	5	13.9	13.9	12	0.0	-10.2	0.0	76.3	79.2	38.3	0.0	8	13	0.0	12	410	8
2.5		60	5	12	-15.8	0.0	1.70	1.10	19	5	13.9	13.9	3	0.0	12.2	0.0	76.3	79.2	38.3	0.0	9	15	0.0	12	60	8
4	0.00	1	1	21	-11.5	0.0	2.34	1.10	19	5	13.9	13.9	13	0.0	-10.0	0.0	76.3	79.2	38.3	0.0	8	13	0.0	12	60	8
5	0.00	110	3	21	-11.3	0.0	2.37	1.10	19	5	13.9	13.9	21	0.0	8.8	0.0	76.3	79.2	38.3	0.0	7	11	0.0	12	410	8
2.5		60	5	15	-11.2	0.0	2.40	1.10	19	5	13.9	13.9	21	0.0	10.3	0.0	76.3	79.2	38.3	0.0	8	13	0.0	12	60	8
6	0.00	1	1	18	-12.8	0.0	2.10	1.10	19	5	13.9	13.9	14	0.0	-10.6	0.0	76.3	79.2	38.3	0.0	8	13	0.0	12	60	8
3	0.00	110	3	18	-12.6	0.0	2.12	1.10	19	5	13.9	13.9	10	0.0	-9.0	0.0	76.3	79.2	38.3	0.0	7	11	0.0	12	410	8
2.5		60	5	12	-9.4	0.0	2.85	1.10	19	5	13.9	13.9	1	0.0	9.9	0.0	76.3	79.2	38.3	0.0	8	12	0.0	12	60	8
7	0.00	1	1	21	-11.8	0.0	2.27	1.10	19	5	13.9	13.9	31	0.0	-8.0	0.0	76.3	79.2	38.3	0.0	6	10	0.0	12	60	8
8	0.00	110	3	15	-10.9	0.0	2.45	1.10	19	5	13.9	13.9	15	0.0	-7.6	0.0	76.3	79.2	38.3	0.0	6	10	0.0	12	390	8
2.5		60	5	15	-12.0	0.0	2.24	1.10	19	5	13.9	13.9	21	0.0	7.8	0.0	76.3	79.2	38.3	0.0	6	10	0.0	12	60	8

STAMPA PROGETTO S.L.U. - AZIONI S.L.D. - FONDAZIONE

Filo Iniz. Fin. Ctg0	Quota Iniz. Final	Tra	Sez Bas Alt	C on c	VERIFICA A PRESSO-FLESSIONE										VERIFICA A TAGLIO E TORSIONE											
					Co mb	M Exd (t*m)	N Ed (t)	Moltip Ultimo	Gamm Rd	ef% 100	ec	Area cmq sup inf	Co mb	V Exd (t)	V Eyd (t)	T Sdu (t*m)	V Rxd (t)	V Ryd (t)	TRd (t*m)	TRld (t*m)	Coe Cls	Coe Sta	ALon cmq	Staffe Pas Lun Fi		
7	0.00	1	1	40	-5.9	0.0	5.23	1.00	21	6	13.9	13.9	19	0.0	-6.3	0.0	76.3	79.2	38.3	0.0	5	8	0.0	12	60	8
4	0.00	110	3	21	-7.4	0.0	3.61	1.00	19	5	13.9	13.9	21	0.0	6.1	0.0	76.3	79.2	38.3	0.0	5	8	0.0	12	430	8
2.5		60	5	40	6.2	0.0	4.33	1.00	19	5	13.9	13.9	21	0.0	7.5	0.0	76.3	79.2	38.3	0.0	6	9	0.0	12	60	8
3	0.00	1	1	25	7.3	0.0	4.19	1.00	21	6	13.9	13.9	9	0.0	-9.4	0.0	76.3	79.2	38.3	0.0	7	12	0.0	12	60	8
2	0.00	110	3	12	-9.5	0.0	2.81	1.00	19	5	13.9	13.9	9	0.0	-7.7	0.0	76.3	79.2	38.3	0.0	6	10	0.0	12	430	8
2.5		60	5	25	-6.3	0.0	4.24	1.00	19	5	13.9	13.9	12	0.0	9.7	0.0	76.3	79.2	38.3	0.0	7	12	0.0	12	60	8
4	0.00	1	1	35	7.0	0.0	4.41	1.00	21	6	13.9	13.9	35	0.0	-5.7	0.0	76.3	79.2	38.3	0.0	4	7	0.0	12	60	8
6	0.00	110	3	40	3.6	0.0	7.46	1.00	19	5	13.9	13.9	40	0.0	5.7	0.0	76.3	79.2	38.3	0.0	4	7	0.0	12	280	8
2.5		60	5	40	9.4	0.0	2.84	1.00	19	5	13.9	13.9	40	0.0	7.2	0.0	76.3	79.2	38.3	0.0	6	9	0.0	12	60	8
5	0.00	1	1	25	7.1	0.0	4.32	1.00	21	6	13.9	13.9	9	0.0	-5.5	0.0	76.3	79.2	38.3	0.0	4	7	0.0	12	60	8
3	0.00	110	3	34	2.9	0.0	9.30	1.00	19	5	13.9	13.9	14	0.0	4.2	0.0	76.3	79.2	38.3	0.0	3	5	0.0	12	285	8
2.5		60	5	14	5.9	0.0	4.52	1.00	19	5	13.9	13.9	14	0.0	5.6	0.0	76.3	79.2	38.3	0.0	4	7	0.0	12	60	8
6	0.00	1	1	35	8.4	0.0	3.67	1.00	21	6	13.9	13.9	17	0.0	-10.2	0.0	76.3	79.2	38.3	0.0	8	13	0.0	12	60	8
27	0.00	110	3	18	-10.0	0.0	2.68	1.00	19	5	13.9	13.9	17	0.0	-8.5	0.0	76.3	79.2	38.3	0.0	7	11	0.0	12	275	8
2.5		60	5	18	-10.2	0.0	2.63	1.00	19	5	13.9	13.9	22	0.0	2.9	0.0	76.3	79.2	38.3	0.0	2	4	0.0	12	60	8
8	0.00	1	1	30	-5.8	0.0	5.28	1.00	21	6	13.9	13.9	9	0.0	-6.3	0.0	76.3	79.2	38.3	0.0	5	8	0.0	12	60	8
5	0.00	110	3	15	-7.3	0.0	3.67	1.00	19	5	13.9	13.9	29	0.0	6.9	0.0	76.3	79.2	38.3	0.0	5	9	0.0	12	430	8
2.5		60	5	30	8.7	0.0	3.09	1.00	19	5	13.9	13.9	29	0.0	8.3	0.0	76.3	79.2	38.3	0.0	6	10	0.0	12	60	8
27	0.00	1	1	18	-9.4	0.0	3.28	1.00	21	6	13.9	13.9	24	0.0	5.1	0.0	76.3	79.2	38.3	0.0	4	6	0.0	12	60	8
1	0.00	110	3	18	-9.4	0.0	2.86	1.00	19	5	13.9	13.9	22	0.0	7.3	0.0	76.3	79.2	38.3	0.0	6	9	0.0	12	30	8
2.5		60	5	35	-6.5	0.0	4.13	1.00	19	5	13.9	13.9	18	0.0	10.6	0.0	76.3	79.2	38.3	0.0	8	13	0.0	12	60	8
1	0.00	1	1	18	-9.3	0.0	3.32	1.00	21	6	13.9	13.9	28	0.0	-10.2	0.0	76.3	79.2	38.3	0.0	8	13	0.0	12	60	8
2	0.00	110	3	34	-11.8	0.0	2.27	1.00	19	5	13.9	13.9	10	0.0	-7.7	0.0	76.3	79.2	38.3	0.0	6	10	0.0	12	410	8
2.5		60	5	12	-9.1	0.0	2.94	1.00	19	5	13.9	13.9	33	0.0	9.4	0.0	76.3	79.2	38.3	0.0	7	12	0.0	12	60	8
4	0.00	1	1	21	-6.7	0.0	4.61	1.00	21	6	13.9	13.9	15	0.0	-8.1	0.0	76.3	79.2	38.3	0.0	6	10	0.0	12	60	8
5	0.00	110	3	21	-8.6	0.0	3.11	1.00	19	5	13.9	13.9	21	0.0	6.5	0.0	76.3	79.2	38.3	0.0	5	8	0.0	12	410	8
2.5		60	5	15	-6.5	0.0	4.13	1.00	19	5	13.9	13.9	21	0.0	8.2	0.0	76.3	79.2	38.3	0.0	6	10	0.0	12	60	8
6	0.00	1	1	18	-7.3	0.0	4.23	1.00	21	6	13.9	13.9	14	0.0	-8.6	0.0	76.3	79.2	38.3	0.0	7	11	0.0	12	60	8
3	0.00	110	3	18	-9.4	0.0	2.85	1.00	19	5	13.9	13.9	10	0.0	-6.8	0.0	76.3	79.2	38.3	0.0	5	9	0.0	12	410	8
2.5		60	5	12	-6.0	0.0	4.43	1.00	19	5	13.9	13.9	18	0.0	8.1	0.0	76.3	79.2	38.3	0.0	6	10	0.0	12	60	8
7	0.00	1	1	21	-6.3	0.0	4.87	1.00	21	6	13.9	13.9	15	0.0	-6.1	0.0	76.3	79.2	38.3	0.0	5	8	0.0	12	60	8
8	0.00	110	3	15	-7.2	0.0	3.71	1.00	19	5	13.9	13.9	13	0.0	-5.2	0.0	76.3	79.2	38.3	0.0	4	7				

STAMPA VERIFICHE S.L.E. FONDAZIONE																				
		FESSURAZIONE									FRECCHE		TENSIONI							
Filo In fi	Quota In Fi	Tra tto	Combi Caric	Fessu. mm lim cal	dist mm	Con cio	Com bin	Mf X (t*m)	Mf Y (t*m)	N (t)	Frecce mm limite calc	Com bin	Combinaz Carico	σ lim. Kg/cmq	σ cal. Kg/cmq	Co nc	Comb	Mf X (t*m)	Mf Y (t*m)	N (t)
			Perm										Perm cls	100.0	25.1	4	1	-7.0	0.0	0.0
4	0.00		Rara	0.2	0.000	0	5	6	5.3	0.0			Rara cls	137.5	19.0	5	6	5.3	0.0	0.0
6	0.00		Freq										Rara fer	3375	744	5	6	5.3	0.0	0.0
			Perm										Perm cls	100.0	18.1	5	1	5.0	0.0	0.0
5	0.00		Rara	0.2	0.000	0	1	6	5.5	0.0			Rara cls	137.5	19.9	1	6	5.5	0.0	0.0
3	0.00		Freq										Rara fer	3375	780	1	6	5.5	0.0	0.0
			Perm										Perm cls	100.0	17.8	5	1	4.9	0.0	0.0
6	0.00		Rara	0.2	0.000	0	4	3	-8.8	0.0			Rara cls	137.5	31.5	4	3	-8.8	0.0	0.0
27	0.00		Freq										Rara fer	3375	1246	4	3	-8.8	0.0	0.0
			Perm										Perm cls	100.0	26.8	4	1	-7.5	0.0	0.0
8	0.00		Rara	0.2	0.000	0	2	3	-5.5	0.0			Rara cls	137.5	20.0	2	3	-5.5	0.0	0.0
5	0.00		Freq										Rara fer	3375	786	2	3	-5.5	0.0	0.0
			Perm										Perm cls	100.0	18.1	2	1	-5.0	0.0	0.0
27	0.00		Rara	0.2	0.000	0	1	3	-8.2	0.0			Rara cls	137.5	29.4	1	3	-8.2	0.0	0.0
1	0.00		Freq										Rara fer	3375	1159	1	3	-8.2	0.0	0.0
			Perm										Perm cls	100.0	25.1	1	1	-7.0	0.0	0.0
1	0.00		Rara	0.2	0.000	0	3	3	-11.6	0.0			Rara cls	137.5	41.3	3	3	-11.6	0.0	0.0
2	0.00		Freq										Rara fer	3375	1648	3	3	-11.6	0.0	0.0
			Perm										Perm cls	100.0	35.8	3	1	-10.0	0.0	0.0
4	0.00		Rara	0.2	0.000	0	3	6	-8.3	0.0			Rara cls	137.5	29.7	3	6	-8.3	0.0	0.0
5	0.00		Freq										Rara fer	3375	1172	3	6	-8.3	0.0	0.0
			Perm										Perm cls	100.0	28.0	3	1	-7.8	0.0	0.0
6	0.00		Rara	0.2	0.000	0	3	6	-8.8	0.0			Rara cls	137.5	31.5	3	6	-8.8	0.0	0.0
3	0.00		Freq										Rara fer	3375	1246	3	6	-8.8	0.0	0.0
			Perm										Perm cls	100.0	29.7	3	1	-8.3	0.0	0.0
7	0.00		Rara	0.2	0.000	0	3	3	-6.2	0.0			Rara cls	137.5	22.4	3	3	-6.2	0.0	0.0
8	0.00		Freq										Rara fer	3375	878	3	3	-6.2	0.0	0.0
			Perm										Perm cls	100.0	20.3	3	1	-5.6	0.0	0.0

12 VERIFICA STATI LIMITE E DI ESERCIZIO ELEMENTI IN CARPENTERIA METALLICA

Nelle figure seguenti vengono riportate alcune colormap che forniscono una visione complessiva del livello di sicurezza della struttura.

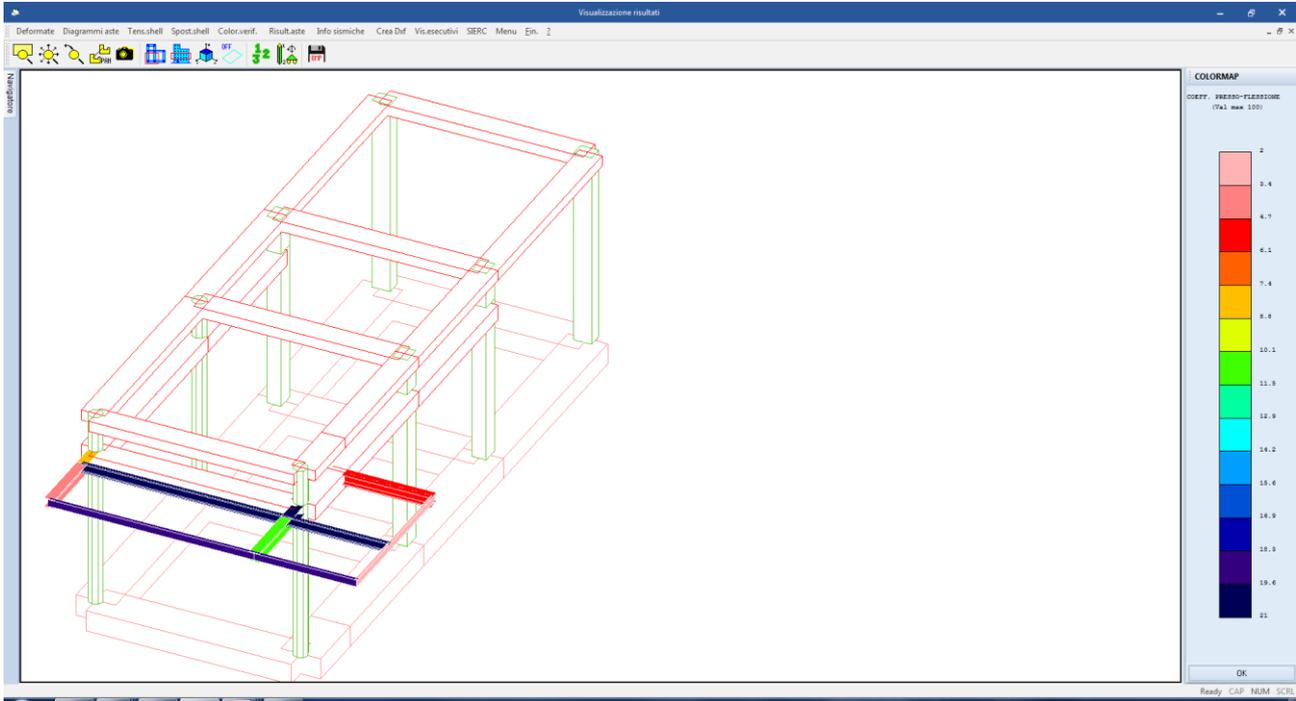


Figura 32: colormap livello di impegno a pressoflessione (<100 = verificato)

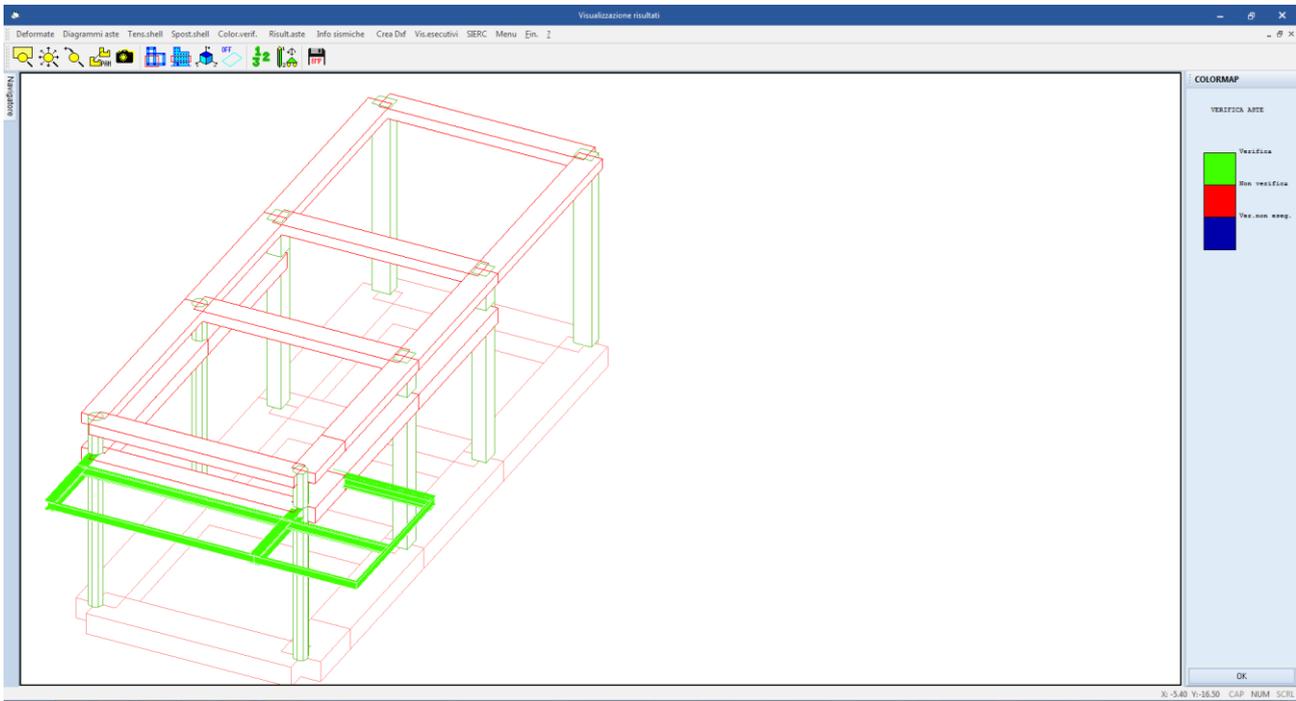


Figura 33: colormap statis verifiche

Le verifiche di resistenza e deformabilità vengono eseguite in automatico dal programma su tutte le aste metalliche del modello ottenendo i risultati riportati nella tabella seguente.

Si riporta appresso la spiegazione delle sigle usate nelle tabelle di verifica aste in acciaio e di verifica aste in legno.

Fili N.ro	: Sulla prima riga numero del filo del nodo iniziale, sulla terza quello del nodo finale
Quota	: Sulla prima riga quota del nodo iniziale, sulla terza quota del nodo finale
Tratto	: Se una trave è suddivisa in più tratti sulla prima riga è riportato il numero del tratto, sulla terza il numero di suddivisioni della trave
Cmb N.r	: Numero della combinazione per la quale si è avuta la condizione più gravosa (rapporto di verifica massimo). La combinazione 0, se presente, si riferisce alle verifiche delle aste in legno, costruita con la sola presenza dei carichi permanenti ($1.3 \cdot G1 + 1.5 \cdot G2$). Seguono le caratteristiche associate alla combinazione:
N Sd	: Sforzo normale di calcolo
MxSd	: Momento flettente di calcolo asse vettore X locale
MySd	: Momento flettente di calcolo asse vettore Y locale
VxSd	: Taglio di calcolo in direzione dell'asse X locale
VySd	: Taglio di calcolo in direzione dell'asse Y locale
T Sd	: Torsione di calcolo
N Rd	: Sforzo normale resistente ridotto per presenza dell'azione tagliante
MxV.Rd	: Momento flettente resistente con asse vettore X locale ridotto per presenza di azione tagliante. Per le sezioni di classe 3 è sempre il momento limite elastico, per quelle di classe 1 e 2 è il momento plastico. Se inoltre la tipologia della sezione è doppio T, tubo tondo, tubo rettangolare e piatto, il momento è ridotto dall'eventuale presenza dello sforzo normale
MyV.Rd	: Momento flettente resistente con asse vettore Y locale ridotto per presenza di azione tagliante. Vale quanto riportato per il dato precedente
VxplRd	: Taglio resistente plastico in direzione dell'asse X locale
VyplRd	: Taglio resistente plastico in direzione dell'asse X locale
T Rd	: Torsione resistente
fy rid	: Resistenza di calcolo del materiale ridotta per presenza dell'azione tagliante
Rap %	: Rapporto di verifica moltiplicato per 100. Sezione verificata per valori minori o uguali a 100. La formula utilizzata in verifica è la n.ro 6.41 di EC3. Tale formula nel caso di sezione a doppio T coincide con le formule del DM 2008 n.ro 4.2.39 e del DM 2018 n.ro 4.2.39.
Sez.N	: Numero di archivio della sezione
Ac	: Coefficiente di amplificazione dei carichi statici. Sostituisce il dato 'Sez.N.' se l'incremento dei carichi statici è maggiore di 1
Qn	: Carico distribuito normale all'asse della trave in kg/m, incluso il peso proprio
Asta	: Numerazione dell'asta

L'ultima riga delle quattro relative a ciascuna asta, si riferisce ai valori utili ad effettuare le verifiche di instabilità:

l	: Lunghezza della trave
$\beta \cdot l$: Lunghezza libera di inflessione
clas.	: Classe di verifica della trave
ϵ	: $(235/fy)^{(1/2)}$. Se il valore è maggiore di 1 significa che il programma ha classificato la sezione, originariamente di classe 4, come sezione di classe 3 secondo il comma (9) del punto 5.5.2 dell'EC3 in base alla

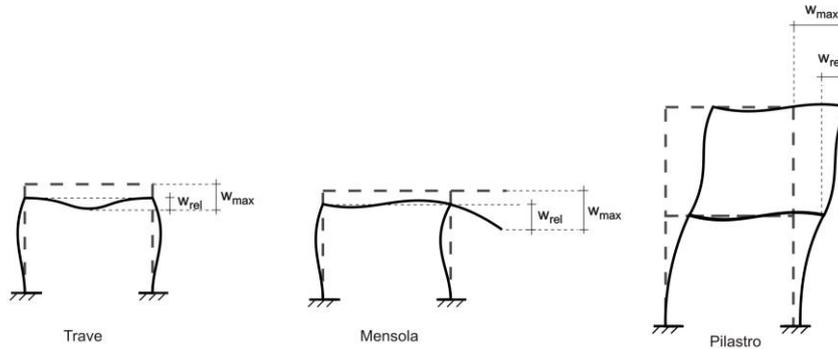
PROGETTO DEFINITIVO
Relazione di calcolo Fabbricato Viaggiatori

COMMESSA IV01 LOTTO 00 CODIFICA D 26 CL DOCUMENTO FV0300 002 REV. A FOGLIO 84 di 113

- tensione di compressione massima. Per tali aste non sono state effettuate le verifiche di instabilità come previsto nel comma (10) dell'EC3 (vedi anche pto C4.2.3.1).*
- Lmd** : Snellezza lambda
R%pf : Rapporto di verifica per l'instabilità alla presso-flessione moltiplicato per 100 determinato dalla formula [C4.2.32]. Sezione verificata per valori minori o uguali a 100
R%ft : Rapporto di verifica per l'instabilità flessione-torsionale moltiplicato per 100 determinato dalla formula [C4.2.36]
Wmax : Spostamento massimo
Wrel : Spostamento relativo, depurato dalla traslazione rigida dei nodi
Wlim : Spostamento limite

Gli spostamenti Wmax e Wrel, essendo legati alle verifiche di esercizio, sono calcolati combinando i canali di carico con i coefficienti delle matrici SLE.

Per una più agevole comprensione del significato dei dati Wmax e Wrel, si può fare riferimento alla figura seguente:



Quindi ai fini della verifica è sufficiente che risulti $W_{rel} \leq W_{lim}$, essendo del tutto normale che l'asta possa risultare verificata anche con $W_{max} > W_{lim}$.

STAMPA PROGETTO S.L.U. - AZIONI S.L.V. - ACCIAIO + VERIFICA S.L.E.																		
VERIFICHE ASTE IN ACCIAIO 3D																		
DATI DI ASTA	Fili N.ro	Quota (m)	Tra tto	Cmb N.r	N Sd (kg)	MxSd (kg*m)	MySd (kg*m)	VxSd (kg)	VySd (kg)	T Sd (kg*m)	N Rd kg	MxV.Rd kg*m	MyV.Rd kg*m	VxplRd Kg	VyplRd Kg	T Rd kg*m	fy rid Kg/cmq	Rap %
Sez.N. 79	27	4.55	3	3	0	-1610	-5	-2	1055	0	254739	29130	13570	117561	48002	834	2619	6
HEA280	qn=	-294		3	0	-470	-3	-2	574	0	254739	29130	13570	117561	48002	834	2619	2
Asta: 22	53	4.55	24	0	0	0	0	3	30	0	254739	29130	13570	117561	48002	834	2619	0
Instab.:l=	285.0	$\beta^*l=$	199.5	0	1610	5	cl= 2	$\epsilon=$ 0.92	lmd= 28	Rpf= 0	Rft= 6	Wmax/rel/lim=	5.0	0.1	11.4	mm		
Sez.N. 191	57	4.55	16	1	0	0	2	-16	0	102447	9603	1936	38486	28949	238	2619	0	
IPE240	qn=	-414	3	0	-450	-3	2	-650	0	102447	9603	1936	38486	28949	238	2619	5	
Asta: 23	56	4.55	3	0	-1887	-5	2	-1332	0	102447	9603	1936	38486	28949	238	2619	20	
Instab.:l=	285.0	$\beta^*l=$	199.5	0	1887	5	cl= 1	$\epsilon=$ 0.92	lmd= 74	Rpf= 0	Rft= 25	Wmax/rel/lim=	9.3	0.5	11.4	mm		
Sez.N. 191	56	4.55	6	748	-1870	-3	0	1168	0	102447	9603	1936	38486	28949	238	2619	20	
IPE240	qn=	-258	34	143	-592	0	0	337	0	102447	9603	1936	38486	28949	238	2619	6	
Asta: 24	59	4.55	8	1160	0	0	-1	-338	0	102447	9603	1936	38486	28949	238	2619	1	
Instab.:l=	570.0	$\beta^*l=$	399.0	748	1870	3	cl= 1	$\epsilon=$ 0.92	lmd= 148	Rpf= 17	Rft= 38	Wmax/rel/lim=	2.8	0.5	22.8	mm		
Sez.N. 79	59	4.55	6	0	-982	112	59	615	0	254739	29130	13570	117561	48002	834	2619	4	
HEA280	qn=	-76	6	0	-447	56	59	522	0	254739	29130	13570	117561	48002	834	2619	2	
Asta: 25	58	4.55	6	0	0	0	59	429	0	254739	29130	13570	117561	48002	834	2619	0	
Instab.:l=	188.2	$\beta^*l=$	131.7	0	982	112	cl= 2	$\epsilon=$ 0.92	lmd= 18	Rpf= 0	Rft= 4	Wmax/rel/lim=	2.8	0.1	7.5	mm		
Sez.N. 79	55	4.55	12	1	0	-3	-8	-471	1	254739	29130	13570	117561	48002	834	2619	0	
HEA280	qn=	-76	6	0	-1470	54	-59	-1610	0	254739	29130	13570	117561	48002	834	2619	5	



**RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA
TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA**

PROGETTO DEFINITIVO
Relazione di calcolo Fabbricato Viaggiatori

COMMESSA IV01 LOTTO 00 CODIFICA D 26 CL DOCUMENTO FV0300 002 REV. A FOGLIO 85 di 113

STAMPA PROGETTO S.L.U. - AZIONI S.L.V. - ACCIAIO + VERIFICA S.L.E.																		
VERIFICHE ASTE IN ACCIAIO 3D																		
DATI DI ASTA	Fili N.ro	Quota (m)	Tra tto	Cmb N.r	N Sd (kg)	MxSd (kg*m)	MySd (kg*m)	VxSd (kg)	VySd (kg)	T Sd (kg*m)	N Rd kg	MxV.Rd kg*m	MyV.Rd kg*m	VxpIRd Kg	VypIRd Kg	T Rd kg/m	fy rid Kg/cmq	Rap %
Asta: 26	56	4.55		6	0	-3029	110	-59	-1703	0	254739	29130	13570	117561	48002	834	2619	11
Instab.:l=	188.2	$\beta^1=$	131.7		0	3029	110	cl= 2	$\epsilon=$ 0.92	lmd= 18	Rpf= 0	Rft= 11	Wmax/rel/lim=	4.9	0.2	7.5	mm	
Sez.N. 43	53	4.55		12	-3	0	0	0	48	0	84276	5968	1382	29044	26051	247	2619	0
UPN200	qn=	-25		6	1	87	-1	0	-1	0	84276	5968	1382	29044	26051	247	2619	2
Asta: 27	57	4.55		6	1	87	-1	0	-6	0	84276	5968	1382	29044	26051	247	2619	2
Instab.:l=	247.6	$\beta^1=$	173.3		1	87	1	cl= 1	$\epsilon=$ 0.92	lmd= 80	Rpf= 1	Rft= 2	Wmax/rel/lim=	9.3	0.1	9.9	mm	
Sez.N. 43	57	4.55		6	0	87	-1	0	-15	0	84276	5968	1382	29044	26051	247	2619	2
UPN200	qn=	-25		3	0	84	0	0	-16	0	84276	5968	1382	29044	26051	247	2619	1
Asta: 28	54	4.55		14	-1	0	0	-1	-46	0	84276	5968	1382	29044	26051	247	2619	0
Instab.:l=	188.2	$\beta^1=$	131.7		0	87	1	cl= 1	$\epsilon=$ 0.92	lmd= 61	Rpf= 1	Rft= 2	Wmax/rel/lim=	12.2	0.0	7.5	mm	
Sez.N. 43	54	4.55		16	-1	0	0	1	-46	0	84276	5968	1382	29044	26051	247	2619	0
UPN200	qn=	-191		6	0	-322	-1	0	-383	0	84276	5968	1382	29044	26051	247	2619	5
Asta: 29	55	4.55		6	0	-1107	-1	0	-700	0	84276	5968	1382	29044	26051	247	2619	19
Instab.:l=	285.0	$\beta^1=$	199.5		0	1107	1	cl= 1	$\epsilon=$ 0.92	lmd= 93	Rpf= 0	Rft= 29	Wmax/rel/lim=	12.2	0.7	11.4	mm	
Sez.N. 43	55	4.55		6	-59	-1107	0	0	817	0	84276	5968	1382	29044	26051	247	2619	19
UPN200	qn=	-191		6	-59	420	0	0	-2	0	84276	5968	1382	29044	26051	247	2619	7
Asta: 30	58	4.55		8	-93	0	0	0	-286	0	84276	5968	1382	29044	26051	247	2619	0
Instab.:l=	570.0	$\beta^1=$	399.0		42	1104	0	cl= 1	$\epsilon=$ 0.92	lmd= 186	Rpf= 14	Rft= 42	Wmax/rel/lim=	5.1	1.4	22.8	mm	
Sez.N. 79	56	4.55		6	-1	-3029	117	688	-4202	12	254739	29130	13570	117561	48002	834	2619	11
HEA280	qn=	-76		6	-1	-4245	-81	688	-4231	12	254739	29130	13570	117561	48002	834	2619	15
Asta: 32	1	4.55		6	-1	-5468	-280	688	-4259	12	254739	29130	13570	117561	48002	834	2619	21
Instab.:l=	57.7	$\beta^1=$	40.4		0	0	0	cl= 2	$\epsilon=$ 0.92	lmd= 0	Rpf= 0	Rft= 0	Wmax/rel/lim=	2.7	0.0	2.3	mm	
Sez.N. 79	59	4.55		6	0	-982	-112	-688	-1127	0	254739	29130	13570	117561	48002	834	2619	4
HEA280	qn=	-76		6	0	-1312	86	-688	-1156	0	254739	29130	13570	117561	48002	834	2619	5
Asta: 33	2	4.55		6	0	-1649	285	-688	-1185	0	254739	29130	13570	117561	48002	834	2619	8
Instab.:l=	57.7	$\beta^1=$	40.4		0	0	0	cl= 2	$\epsilon=$ 0.92	lmd= 0	Rpf= 0	Rft= 0	Wmax/rel/lim=	2.3	0.0	2.3	mm	

Viene esplicitata la verifica della trave principale HEA280 maggiormente sollecitata con l'ausilio di un foglio di excel preprogrammato facente parte della suite SAITU della STADATA:

STAMPA PROGETTO S.L.U. - AZIONI S.L.V. - ACCIAIO + VERIFICA S.L.E.																		
VERIFICHE ASTE IN ACCIAIO 3D																		
DATI DI ASTA	Fili N.ro	Quota (m)	Tra tto	Cmb N.r	N Sd (kg)	MxSd (kg*m)	MySd (kg*m)	VxSd (kg)	VySd (kg)	T Sd (kg*m)	N Rd kg	MxV.Rd kg*m	MyV.Rd kg*m	VxpIRd Kg	VypIRd Kg	T Rd kg/m	fy rid Kg/cmq	Rap %
Sez.N. 79	56	4.55		6	-1	-3029	117	688	-4202	12	254739	29130	13570	117561	48002	834	2619	11
HEA280	qn=	-76		6	-1	-4245	-81	688	-4231	12	254739	29130	13570	117561	48002	834	2619	15
Asta: 32	1	4.55		6	-1	-5468	-280	688	-4259	12	254739	29130	13570	117561	48002	834	2619	21
Instab.:l=	57.7	$\beta^1=$	40.4		0	0	0	cl= 2	$\epsilon=$ 0.92	lmd= 0	Rpf= 0	Rft= 0	Wmax/rel/lim=	2.7	0.0	2.3	mm	
STAMPA PROGETTO S.L.U. - AZIONI S.L.D. - ACCIAIO																		
VERIFICHE ASTE IN ACCIAIO 3D																		
DATI DI ASTA	Fili N.ro	Quota (m)	Tra tto	Cmb N.r	N Sd (kg)	MxSd (kg*m)	MySd (kg*m)	VxSd (kg)	VySd (kg)	T Sd (kg*m)	N Rd kg	MxV.Rd kg*m	MyV.Rd kg*m	VxpIRd Kg	VypIRd Kg	T Rd kg/m	fy rid Kg/cmq	Rap %
Sez.N. 79	56	4.55		14	2	-1004	10	-15	-1300	7	254739	29130	13570	117561	48002	834	2619	4
HEA280	qn=	-76		14	2	-1382	14	-15	-1322	7	254739	29130	13570	117561	48002	834	2619	5
Asta: 32	1	4.55		18	-1	-1743	-66	139	-1358	3	254739	29130	13570	117561	48002	834	2619	6
Instab.:l=	57.7	$\beta^1=$	40.4		0	0	0	cl= 2	$\epsilon=$ 0.92	lmd= 0	Rpf= 0	Rft= 0	Wmax/rel/lim=					

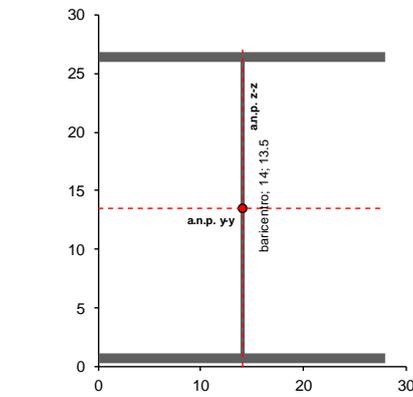
ASTA SOGGETTA A FLESSIONE BIASSIALE, COMPRESSIONE E TAGLIO
(sezione uniforme a doppia simmetria)

METODO DI CALCOLO IN ACCORDO CON EN 1993-1-1 e NTC 2008

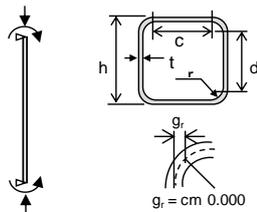
MATERIALE	S 275 N(H)	$f_y = 27.50$ kN/cm ²	$\epsilon = 0.92$	coeff. di sicur. $\gamma_{M0} = 1.05$
TIPO SEZIONE	LAMINATA	ELEMENTO TRAVE	PROFILO HEA	280 $d_w = \text{cm}$ 0

SOLLECITAZIONI DI PROGETTO :			resistenza	stabilità
combinazione non sismica	Momento principale	$M_{y,Ed} =$ kNcm	5468	5468
	Taglio principale	$V_{z,Ed} =$ kN	42.59	42.59
	Momento laterale	$M_{z,Ed} =$ kNcm	280	280
	Taglio laterale	$V_{y,Ed} =$ kN	6.88	
	Compressione	$N_{Ed} =$ kN	0	0

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE :



$d_{Gy} = \text{dist. baric. orizz.} = \text{cm}$ 0.00
 $d_{Gz} = \text{dist. baric. vert.} = \text{cm}$ 0.00



Altezza totale sezione (h)	cm	27
Larghezza piattab. sup. (b ₁)	cm	28
Larghezza piattab. inf. (b ₂)	cm	28
Spessore anima (t _w)	cm	0.8
Spessore piattab. sup. (t ₁)	cm	1.3
Spessore piattab. inf. (t ₂)	cm	1.3
Raccordo anima-piattab. (r)	cm	2.4
Altezza netta anima (d)	cm	19.6
Sporgenza ala superiore (c ₁)	cm	11.20
Sporgenza ala inferiore (c ₂)	cm	11.20
Area tot. della sezione (A)	cm ²	97.26
Posiz. asse baricentrico (z _G)	cm	13.50
Pos. asse neutro plastico (z _n)	cm	13.50
Pos. a.n.p. per flessione (d ₂)	cm	13.50
Pos. asse neutro plastico (y _n)	cm	14.00
Momento di inerzia max. (J _y)	cm ⁴	13670
Momento di inerzia min. (J _z)	cm ⁴	4763
Momento di inerzia tors. (J _t)	cm ⁴	62
W _{ys} esterno piattab. sup.	cm ³	1013
W _{yl} esterno piattab. inf.	cm ³	1013
W _{ysa} estremità racc. anima	cm ³	1395
W _{y,el,min} = MIN (W _{ys} , W _{yl})	cm ³	1013
W _{zs} esterno piattabande	cm ³	340
W _{z,c} sez. racc. ala-anima	cm ³	1701
W _{ply}	cm ³	1112
W _{pl,z}	cm ³	518

CLASSIFICAZIONE DELLA SEZIONE

Rapporto larghezza / spessore :	anima	$d/t_w = 24.50$	
	ali sporgenti	$c/t_f = 8.62$	
	elementi interni	$c/t = 0.00$	per sezione scatolare
Rapp. limite larghezza/spessore anima :	presso-fless.		anima
asse neutro elastico = cm 13.500	classe 1	66.56	$\alpha_d = 0.500 = a_c / d$
coefficiente di adattamento 1.000	classe 2	76.73	$\psi_d = -1.000 = \sigma_T / \sigma_c$
	classe 3	114.63	$\psi_y = -1$
			classe dell'anima 1
Rapp. limite larghezza/spessore piattab.	ali sporgenti		ali sporgenti
asse neutro elastico = cm 10.579	classe 1	8.32	$\alpha_c = 1.000$
coefficiente di adattamento 0.000	classe 2	9.24	$\psi_c = 0.357$
	classe 3	13.78	$\psi_z = -0.60727$
	$k_s = 0.5039369$		classe piattabanda 2
	CLASSE SEZIONE	2	

VERIFICA DI RESISTENZA					
Area di taglio nel piano principale :	$A_{vz} = \eta' \cdot h_w \cdot t_w \text{ o } \eta'' \cdot A$	$A_{vz} =$	31.74 cm ²		
Area di taglio nel piano laterale :	$A_{vy} = \eta' \cdot b_f \cdot t_f \text{ o } \eta'' \cdot A$	$A_{vy} =$	77.74 cm ²		
Resist. plastica di progetto a taglio :	$V_{z,pl,Rd} = A_{vz} \cdot (f_y / 3^{1/2}) / \gamma_{M0}$	$V_{z,pl,Rd} =$	480 kN		
	$V_{y,pl,Rd} = A_{vy} \cdot (f_y / 3^{1/2}) / \gamma_{M0}$	$V_{y,pl,Rd} =$	1176 kN		
$V_{z,Ed} < 50\% V_{z,pl,Rd}$	$P_z = (2 \cdot V_{z,Ed} / V_{z,pl,Rd} - 1)^2$	$P_z =$	0.000		
$V_{y,Ed} < 50\% V_{y,pl,Rd}$	$P_y = (2 \cdot V_{y,Ed} / V_{y,pl,Rd} - 1)^2$	$P_y =$	0.000		
Verifica di resistenza per sezione di classe	2	$A_{wz} =$	19.52 cm ²		
		$f_d = f_y / \gamma_{M0} =$	26.19 kN/cm ²		
		$W_{ply,fl} =$	935 cm ³		
$r_y = 1.000$	$n = 0.000$	$a_w = 0.251$	$M_{Ny,Rd} = W_y \cdot f_{d,rid} =$	29124 kNcm	
$r_z = 1.000$	$n = 0.000$	$a_y = 0.500$	$M_{Nz,Rd} = W_z \cdot f_{d,rid} =$	13567 kNcm	
$N_{1y,Rd} = 0.25 \cdot N_{pl,Rd} = 637$	$N_{2y,Rd} = \rho_w \cdot t_w \cdot f_d / 2 = 256$	$N_{Ed} < \min(N_{1y,Rd}; N_{2y,Rd})$	$N_{Ed} < N_{y,Rd} (cl \leq 2) =$	0 kN	
$N_{Ed} < \min(N_{1y,Rd}; N_{2y,Rd})$	NO forza assiale	$N_{V,Rd} = A_{wz} \cdot (1-p) \cdot f_y$	$N_{V,Rd} =$	537 kN	
NO taglio : cl. <= 2	$[M_{y,Ed} / M_{Ny,Rd}]^{\alpha} + [M_{z,Ed} / M_{Nz,Rd}]^{\beta}$	$\alpha =$	1.000	$\beta =$	1.000
NO taglio : cl. <= 4	$[N_{Ed} / A + M_{y,Ed} / W_y + M_{z,Ed} / W_z] / f_d$	$R_{M,N} =$	0.208	< 1	
con taglio : cl. <= 2	$[W_{ply} \cdot 1 / (4 \cdot \rho_w \cdot t_w) \cdot (p \cdot A_{wz}^2 + N_{Ed}^2 / (1-p) / f_y^2)] \cdot f_d < M_{Ny,Rd}$				
con taglio : cl. >= 3	$[N_{Ed} / A_{rd,V} + M_{y,Ed} / W_{y,rd,V} + M_{z,Ed} / W_{z,rd,V}] / f_d$	$M_{NV,y,Rd} =$	-----	kNcm	
$N_{z,Rd} = \rho_w \cdot h_w \cdot t_w \cdot f_d = 511$	$N_{Ed} < N_{z,Rd}$	$M_{NV,z,Rd} =$	-----	kNcm	
$V_{z,Ed} > 50\% V_{pl,Rd}$	resistenza area di taglio ridotta del fattore (1-p)	$R_{M,N,V} =$	-----	< 1	

Il coefficiente di impegno della sezione risulta essere identico a quello determinato in automatico dal programma di calcolo agli e.f.

Per la verifica a deformazione della copertura si calcola quanto segue. La freccia massima allo spigolo della copertura in combinazioni rare della copertura è pari a:

$f = 12 \text{ mm}$

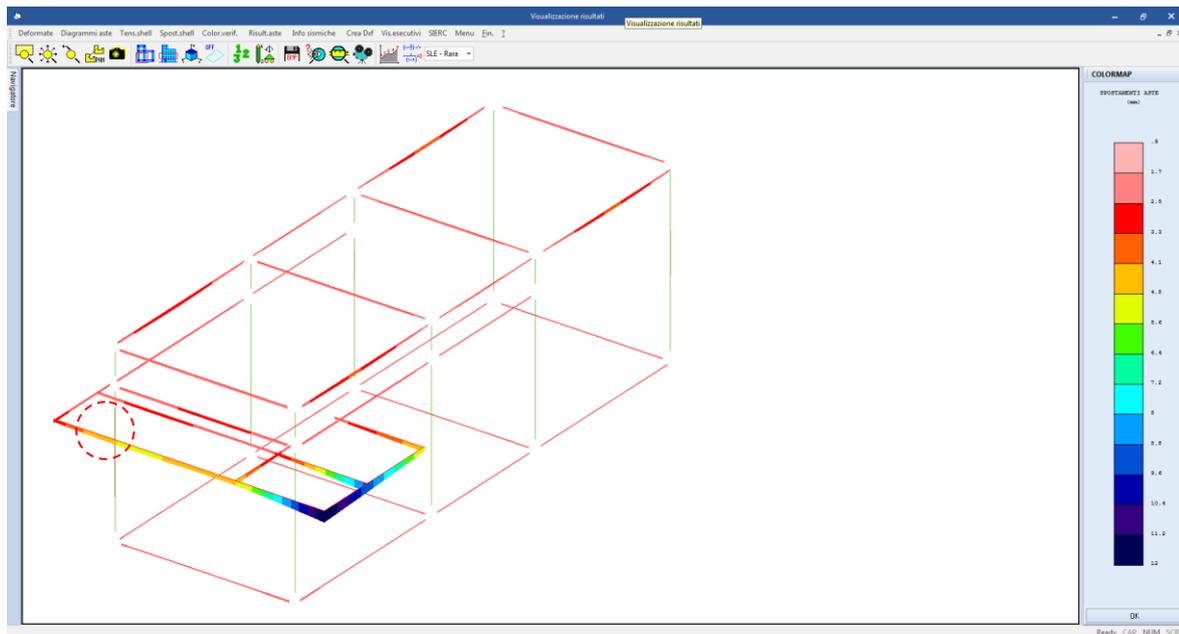


Figura 34: freccia di spigolo della copertura

La luce di inflessione in caso di sbalzo è pari al doppio della luce (distanza tra il punto di appoggio e lo spigolo in oggetto ovvero $l_0 = 2 \times 3.70 = 7.40$ m), per cui si ha:

$$12 / 7400 = L/617 < L/200 \quad \text{verifica OK}$$

12.1.1 Verifica delle connessioni

12.1.1.1.1 Giunto e coprigiunto IPE240

Le travi principali HEA280 porteranno oltre alla flangia di attacco alle travi in c.a. del fabbricato, anche due monconi di trave IPE240 saldate a piena penetrazione in officina che poi verranno giuntato in cantiere con giunto e coprigiunto con gli altri elementi IPE240 per allestire in opera la copertura.

Tale giunto ha le seguenti caratteristiche geometriche desunte dagli elaborati grafici di progetto

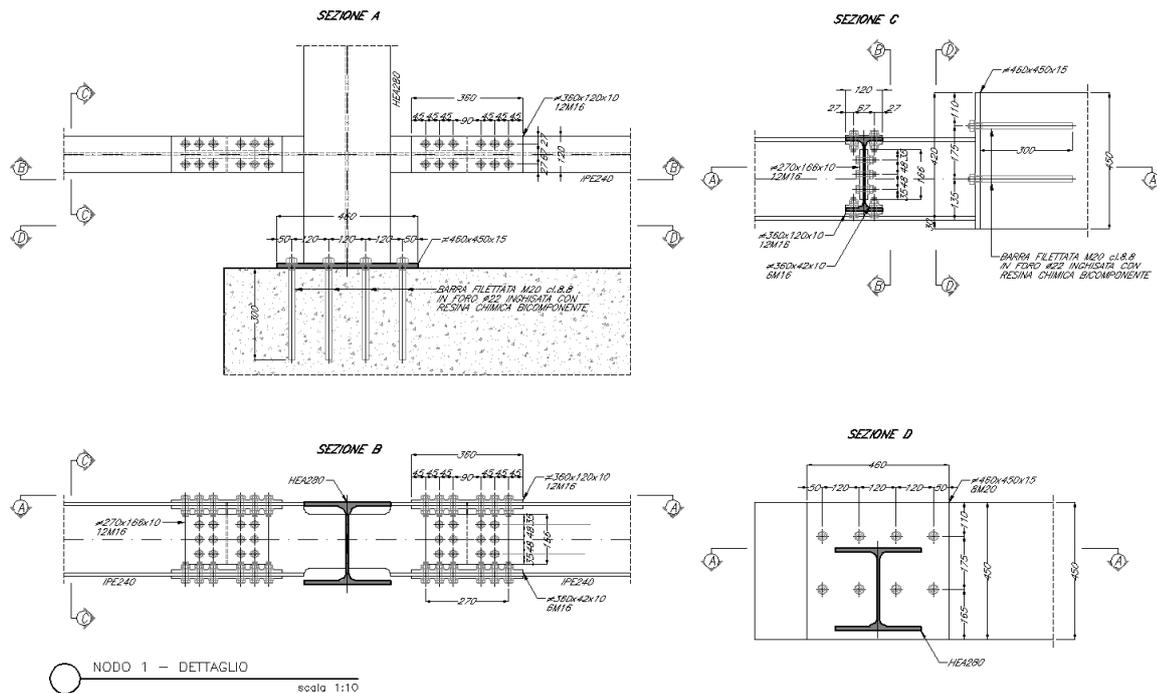


Figura 35: connessione HEA280-struttura in c.a. e giunto-coprigiunto IPE240

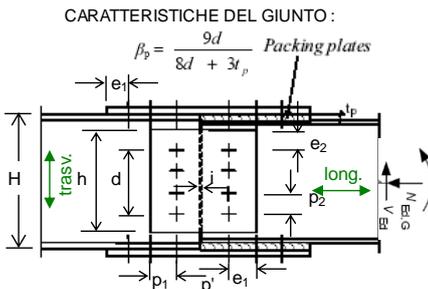
Per la verifica si determinano dal modello le massime caratteristiche di sollecitazione nel nodo di connessione tra le travi HEA280 ed IPE240

VERIFICA UNIONE BULLONATA DI CONTINUITA' - STATI LIMITE DISTRIBUZIONE PLASTICA DELLE FORZE

ELEMENTI DEL GIUNTO: in accordo con EN 1993-1-8 ; NTC 2018 ; NCCI - SN023

PROFILO : tipo : (1,2,3,4,5)	2	S 275 EN 10025	$f_y = 27.50$ kN/cm ²	$f_u = 43.00$ kN/cm ²
giunto tipo 1	senza imbottiture semplice o doppio coprigiunto piattab.	con imbottiture di sp. anima : cm piattab. cm	senza coprigiunto piattab. momento e taglio su coprigiunto anima	
PIATTI : (1,2,3,4,5)	2	S 275 EN 10025	$f_y = 27.50$ kN/cm ²	$f_u = 43.00$ kN/cm ²
BULLONI : (A,B,C)	A	RESISTENZA A TAGLIO	DIAM. BULL. - FORI (mm)	16 18
in fila semplice	allineati su più file	sfalsati	CLASSE BULLONI	CL. 8.8
anima	anima	anima	AREA SEZIONE (cm ²)	gambo 2.01 filetto 1.57
n° bull.	n° bull. 6	n° bull.	RESIST. A ROTTURA	f_{ub} (kN/cm ²) 80.00
			FORZA DI PRECARICO	$F_{p,Cd}$ (kN) 87.82

SOLLECITAZIONI DI PROGETTO	$V_{Ed,ut.} = 13$ kN	$V_{Ed,ser.} = 4$ kN
sezione scatolare ? (S,N)	$M_{Ed,ut.} = 1887$ kNcm	$M_{Ed,ser.} = 614$ kNcm
n° piatt. di giunto anima	$N_{Ed,ut.} = 0$ kN	$N_{Ed,ser.} = 0$ kN



altezza sezione	H = 24 cm
larghezza piattab.	b = 12 cm
spessore piattab.	$t_f = 0.98$ cm
$N_w = 0$ kN	$N_f = 0$ kN
$M_w = 0$ kNcm	$M_f = 1887$ kNcm

N° file trasversali bulloni	N° file = 2	anima	piattabanda
N° bulloni su l fila trasv.	n (>= 2) = 3		
Bulloni allineati ?	(S,N) S		
Largh. piatto di giunto	h = cm 16.6		12
Dist. l fila bull.- asse	$a_2 = cm 4.5$		4.5
Passo trasv. bulloni	$p_2 = cm 4.8$		6.7
Passo longit. bulloni	$p_1 = cm 4.5$		4.5
Dist. long. da bordo est.	$e_1 = cm 4.5$		4.5
Dist. tras. da bordo est.	$e_2 = cm 3.50$		2.65
Interspazio elementi	i = cm 0.50		0.50
Dist. trasv. bull. estremi	d = cm 9.60		6.70
Area della sezione minore	A = cm ² 131		
Spessore piatt. di giunto anima	$t_w = cm 39.1$		
Spessore piatt. di giunto piattab.	$t_{fp} = cm 1$		
Spessore anima elem. collegato	$t_w = cm 0.72$		
parte di N e 100% M su flange			
Coeff. di distrib. lineare delle forze : f =	1.000		

FORZA RISULTANTE TOTALE SUI BULLONI :		ANIMA : $F_{v,Ed,w} = kN$	singolo	gruppo
			2.2	13.3
PIATTABANDE CON DOPIO COPRIGIUNTO		PIATTABANDA : $F_{v,Ed,f} = kN$	10.2	82.0
EN 1993-1-8 - & 3.6.1 (12) - coeff. di riduz. per imbottiture		$\beta_p = web 1.00 flange 1.00$	singolo	gruppo
3.6.1 RESISTENZA A TAGLIO DEI BULLONI :	$\gamma_{M2} = 1.25$	ANIMA : $F_{v,Rd,w} = kN$	120.4	722.7
$F_{v,Ed,i} \leq F_{v,Rd,i}$	n° piatt. giunto flange = 2	PIATTAB. : $F_{v,Rd,f} = kN$	120.4	963.6
$k_{1,w} = 2.033$	$k_{1,f} = 2.500$	$\alpha_w = 0.787$	0.583	$\alpha_f = 0.787$
3.6.1 RESISTENZA AL RIFOLLAMENTO :	$V_{Rd,wgr.} = kN 331.3$	ANIMA : $F_{b,Rd,w} = kN$	ext 63.4	int 47.0
$F_{v,Ed,i} \leq F_{b,Rd,i}$	$V_{Rd,fg.} = kN 684.2$	PIATTAB. : $F_{b,Rd,f} = kN$	ext 106.1	int 78.7
$k_{1,wp} = 2.033$	$k_{1,fp} = 2.422$	$\alpha_{wp} = 0.833$	0.583	$\alpha_{fp} = 0.833$
3.6.1 RIFOLLAMENTO PIATTI DI GIUNTO :	$V_{Rd,wpgr.} = kN 722.7$	ANIMA : $F_{b,Rd,w} = kN$	ext 7293.1	int 5105.2
$F_{v,Ed,i} \leq F_{b,Rd,i}$	$V_{Rd,fpgr.} = kN 963.6$	PIATTAB. : $F_{b,Rd,f} = kN$	ext 222.2	int 155.5
EN 1993-1-1 6.3.1.2 - 6.2.3	RESISTENZA A COMPRESIONE DEI PIATTI DI GIUNTO :	$p'_{1w}/t_w = 0.23$	$p'_{1f}/t_f = 9.00$	
$N_{b,Rd,fp} = \frac{\chi A_{fp} f_{y,p}}{\gamma_{M1}}$	$L_{cr} = 0.6 \cdot p'$	$\gamma_{M1} = 1.05$	$\chi_w = 1.00$	$\chi_f = 0.99$
	ANIMA : $N_{b,Ed,w} = 0.0$ kN			$N_{b,Rd,w} = 13558.0$
	PIATTAB. : $N_{b,Ed,f} = 41.0$ kN			$N_{b,Rd,f} = 260.1$

12.1.1.1.2 Connessione copertura metallica alle travi in c.a.

IL nodo è rappresentato al paragrafo che precede. La connessione è prevista a mezzo di barre filettate classe 8.8 inghisate con resina chimica bicomponente specifica per connessioni acciaio-calcestruzzo in appositi fori realizzati sulle travi in c.a.

Sul nodo insistono le seguenti caratteristiche di sollecitazione:

$$N_{Ed} = -$$

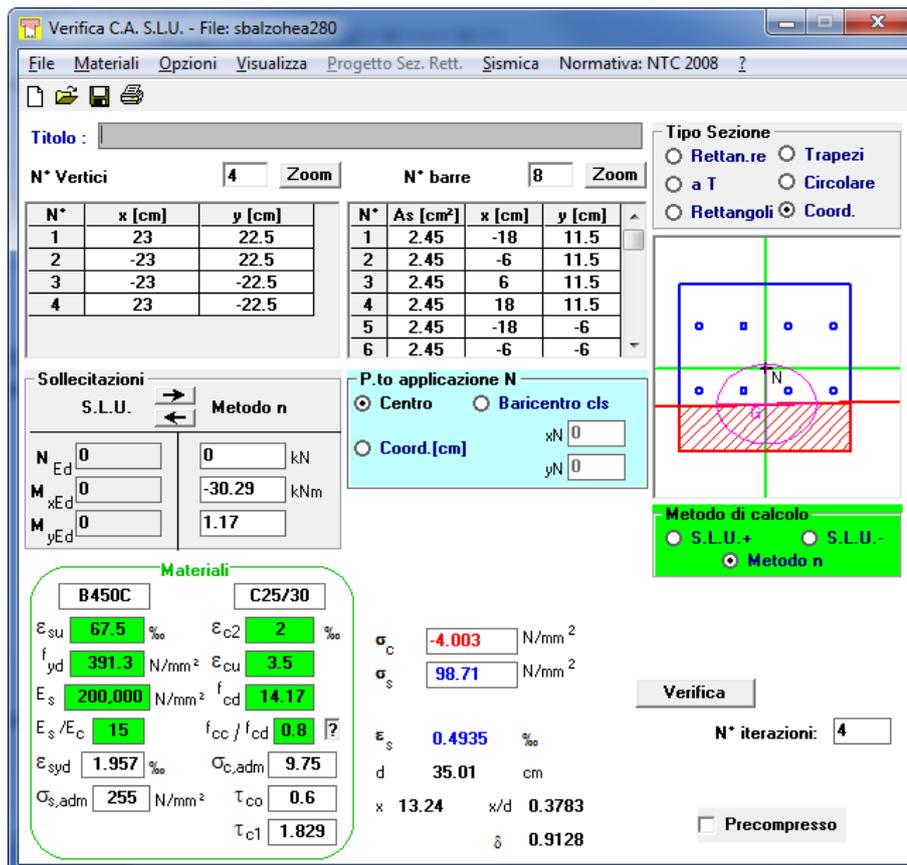
$$M_{Ed,x} = -3029 \text{ kNcm}$$

$$M_{Ed,y} = 117 \text{ kNcm}$$

$$V_{Ed,x} = 42.02 \text{ kN}$$

$$V_{Ed,y} = 6.88 \text{ kN}$$

La piastra di contatto è una piastra 460x450. In base alle geometrie degli elaborati grafici di progetto la trazione massima agente sul gambo filettato delle barre metalliche è pari a:



The screenshot shows the 'Verifica C.A. S.L.U.' software interface. Key sections include:

- Titolo:** sbalzohea280
- Materiali:** B450C (steel) and C25/30 (concrete). Properties include $\epsilon_{su} = 67.5\%$, $f_{yd} = 391.3 \text{ N/mm}^2$, $E_s = 200,000 \text{ N/mm}^2$, $\epsilon_{c2} = 2\%$, $\epsilon_{cu} = 3.5\%$, $f_{cd} = 14.17$, $E_s/E_c = 15$, $f_{cc}/f_{cd} = 0.8$, $\epsilon_{syd} = 1.957\%$, $\sigma_{c,adm} = 9.75$, $\sigma_{s,adm} = 255 \text{ N/mm}^2$, $\tau_{co} = 0.6$, $\tau_{c1} = 1.829$.
- Caratteristiche di sezione:** 4 vertical bars, 8 reinforcement bars. Tables show coordinates (x, y) and areas (As) for each bar.
- Sollecitazioni:** $N_{Ed} = 0$ kN, $M_{xEd} = -30.29$ kNm, $M_{yEd} = 1.17$ kNm.
- Metodo di calcolo:** Metodo n.
- Risultati:** $\sigma_c = -4.003 \text{ N/mm}^2$, $\sigma_s = 98.71 \text{ N/mm}^2$, $\epsilon_s = 0.4935\%$, $d = 35.01 \text{ cm}$, $x = 13.24$, $x/d = 0.3783$, $\delta = 0.9128$.
- Verifica:** N° iterazioni: 4. Precompresso:

$$N_{Sd} = 98.71 \times 245 = 24184 \text{ N} = 24.1 \text{ kN}$$

$$V_{Sd} = [\sqrt{(42.022)^2 + (6.882)^2}] / 8 = 5.32 \text{ kN}$$

Gli ancoranti previsti in progetto sono barre filettate tipo HILTI HAS M20 o similari.

Il calcolo della resistenza di queste connessioni viene eseguito utilizzando il metodo proposto dal [15] che è poi una versione semplificata delle normative europee ETAG Annex 15.

In base ai contenuti del manuale si ha:

TRAZIONE:

il meccanismo di rottura è quello dell'estrazione conica del supporto

$N_{rd,c}^0 = 62.9 \text{ kN}$ (valutato su calcestruzzo non fessurato trattandosi della faccia laterale di una trave)

$f_{B,N} = 1.12$

$f_{B,T} = 1.76$

$f_{A,N} = 0.68$

$f_{R,N} = 0.96$

$N_{Rd,c} = N_{rd,c}^0 \cdot f_{B,N} \cdot f_{B,T} \cdot f_{A,N} \cdot f_{R,N} = 80.94 \text{ kN} \gg N_{Sd}$

TAGLIO:

il meccanismo di rottura è quello dello strappo di un lembo di cls.

$V_{rd,c}^0 = 12.4 \text{ kN}$ (valutato su calcestruzzo non fessurato trattandosi della faccia laterale di una trave)

$f_{B,V} = 1.22$

$f_{A,RV} = 1.17$

$f_{\beta,V} = 1.00$

$V_{Rd,c} = V_{rd,c}^0 \cdot f_{B,V} \cdot f_{A,RV} \cdot f_{\beta,V} = 17.7 \text{ kN} \gg V_{Sd}$

La presenza di carico combinato di trazione e taglio viene verificata con la relazione:

$$F_{Sd}(\alpha) \leq F_{Rd}(\alpha)$$

La sollecitazione risultante F_{Sd} viene valutata per una inclinazione α , viene data dalla formula:

$$F_{Sd}(\alpha) = \sqrt{N_{Sd}^2 + V_{Sd}^2} = 24.68 \text{ kN}$$

$$\alpha = \arctan \frac{V_{Sd}}{N_{Sd}} = 12^\circ.45$$

La resistenza di progetto valutata per l'inclinazione α è data dalla formula:

$$F_{Rd}(\alpha) = \left(\left(\frac{\cos \alpha}{N_{Rd}} \right)^{1.5} + \left(\frac{\sin \alpha}{V_{Rd}} \right)^{1.5} \right)^{-2/3} = 29.22 \text{ kN} > F_{Sd}(\alpha) = 24.68 \text{ kN}$$

Per cui l'ancoraggio risulta verificato.

13 GIUNTI SISMICI

La [3] al par. 7.2.1. recita “La distanza tra costruzioni contigue deve essere tale da evitare fenomeni di martellamento e comunque non può essere inferiore alla somma degli spostamenti massimi determinati per lo SLV, calcolati per ciascuna costruzione secondo il § 7.3.3 (analisi lineare) o il § 7.3.4 (analisi non lineare) e tenendo conto, laddove significativo, dello spostamento relativo delle fondazioni delle due costruzioni contigue, secondo quanto indicato ai §§ 3.2.4.1, 3.2.4.2 e 7.3.5;

La distanza tra due punti di costruzioni che si fronteggiano non potrà in ogni caso essere inferiore a 1/100 della quota dei punti considerati, misurata dallo spiccatto della fondazione o dalla sommità della struttura scatolare rigida di cui al § 7.2.1, moltiplicata per $2a_g S/g \leq 1$.

Qualora non si possano eseguire calcoli specifici, lo spostamento massimo di una costruzione non isolata alla base può essere stimato in 1/100 della sua altezza, misurata come sopra, moltiplicata per agS/g ; in questo caso, la distanza tra costruzioni contigue non potrà essere inferiore alla somma degli spostamenti massimi di ciascuna di esse.

Nel caso di specie è previsto un giunto tecnico di 50mm tra i tre corpi di fabbrica del complesso fabbricato viaggiatori – tettoia – fabbricato tecnologico. Come rappresentato negli elaborati grafici di progetto il giunto è strutturalmente più ampio (circa 150 mm) ma lo spessore delle finiture architettoniche che rivestono le parti strutturali rendono l’ampiezza “libera del giunto” pari a 50 mm.

L’altezza dal piano delle fondazioni della tettoia metallica che è la struttura con cui si “fronteggiano” i tre “corpi di fabbrica” è pari a 5.00 m circa per cui si ha:

$$\Delta_1 = \Delta_2 = h/100 \cdot a_g S/g = 500/100 \times 0.148 \times 1.476 = 1.09 \text{ cm}$$

$$\Delta_1 + \Delta_2 = 21.8 \text{ mm} < 50\text{mm}$$

In base ai risultati del modello di calcolo alla quota della tettoia metallica l’edificio in parola presenta i seguenti spostamenti (nodi 22 e 23):

SPOSTAMENTI S.L.V. PER GIUNTI SISMICI (NTC 7.3.3.3)											
Sisma Direzione X $\mu_d=2.24$ - Direzione Y $\mu_d=2.67$											
IDENTIFICATIVO			SPOSTAMENTI S.L.U.			IDENTIFICATIVO			SPOSTAMENTI S.L.U.		
Filo N.ro	Quota (m)	Nodo3D N.ro	SpMax X (mm)	SpMax Y (mm)	SpMax R (mm)	Filo N.ro	Quota (m)	Nodo3D N.ro	SpMax X (mm)	SpMax Y (mm)	SpMax R (mm)
1	4.55	10	26.92	14.22	27.83	2	4.55	11	26.94	14.48	27.63
3	4.55	12	19.72	14.49	20.97	4	4.55	13	16.14	13.19	16.75
5	4.55	14	16.17	14.40	17.13	6	4.55	15	18.63	14.16	19.91
7	5.58	16	18.13	15.82	18.72	8	5.58	17	18.13	15.74	19.14
27	4.55	18	24.70	14.20	25.68	53	4.55	19	24.70	15.83	27.07
57	4.55	20	27.86	15.83	29.98	56	4.55	21	27.86	14.22	28.73
59	4.55	22	27.83	14.48	28.48	58	4.55	23	30.08	14.48	30.63
55	4.55	24	30.08	14.22	30.90	54	4.55	25	30.08	15.83	32.05
1	5.58	26	29.62	15.82	30.60	2	5.58	27	29.62	15.74	30.36
3	5.58	28	22.81	15.74	24.05	4	5.58	29	19.74	15.82	20.45
5	5.58	30	19.74	15.74	20.67	6	5.58	31	22.81	15.82	24.08
27	5.58	32	27.63	15.82	28.68						

Analogamente dal modello di calcolo della tettoia metallica si desumono gli spostamenti massimi per i nodi “opposti” (nodi 25 e 26) a quelli del fabbricato viaggiatori oggetto della presente relazione da cui:

SPOSTAMENTI S.L.V. PER GIUNTI SISMICI (NTC 7.3.3.3)											
Sisma Direzione X $\mu_d=1.94$ - Direzione Y $\mu_d=2.65$											
IDENTIFICATIVO			SPOSTAMENTI S.L.U.			IDENTIFICATIVO			SPOSTAMENTI S.L.U.		
Filo N.ro	Quota (m)	Nodo3D N.ro	SpMax X (mm)	SpMax Y (mm)	SpMax R (mm)	Filo N.ro	Quota (m)	Nodo3D N.ro	SpMax X (mm)	SpMax Y (mm)	SpMax R (mm)
25	4.40	2	5.05	0.80	5.06	26	4.40	4	5.91	0.94	5.93
29	4.40	6	28.46	6.10	28.61	35	4.40	7	7.15	0.96	7.16
47	4.40	8	5.46	0.96	5.46	31	4.40	9	5.66	0.94	5.68
32	4.40	10	6.16	0.94	6.17	51	4.40	11	6.26	0.94	6.28
40	4.40	12	8.51	0.94	8.51	33	4.40	13	4.85	0.80	4.86
50	4.40	14	6.28	0.82	6.33	34	4.40	15	5.26	0.80	5.27
36	4.40	16	7.15	0.80	7.18	46	4.40	17	5.43	0.80	5.44
39	4.40	18	8.51	0.82	8.52	60	4.40	19	7.16	6.13	8.41
38	4.40	20	8.52	4.35	9.56	49	4.40	21	6.29	4.35	7.16
45	4.40	22	5.44	4.34	6.96	37	4.40	23	7.15	4.34	7.58
48	4.40	24	5.48	6.14	8.03	52	4.40	25	6.28	6.15	8.18
28	4.40	26	8.52	6.15	10.35						

Lo spostamento complessivo massimo in controfase tra i due "corpi" è quindi pari a:

$$30.08 + 8.52 = 38.6 \text{ mm} < d_{\min} = 50 \text{ mm}$$

Pertanto il giunto tecnico previsto di 5 cm risulta adeguato ad evitare il martellamento strutturale.

14 VERIFICA SOLAI

E' prevista una tipologia di solaio: a travetti a predalle con alleggerimenti in polistirolo $h = 5+20+5 = 30 \text{ cm}$
 Per il calcolo si assumono schemi semplificati di travi appoggiate o continue su più appoggi imponendo in mezzeria un momento minimo pari a $ql^2/10$ ed all'appoggio un momento pari a $ql^2/12$.

La verifica a momento e taglio delle sezioni è stata effettuata con il metodo degli stati limite, assumendo come sezione resistente quella costituita dall'area compressa di conglomerato e dalle aree metalliche.

Per le verifiche sono stati rispettati i minimi di legge per quanto riguarda la larghezza massima di soletta collaborante, lo spessore minimo del solaio e della caldana e il rispetto delle armature minime.

Per tutti i tipi di solaio viene verificata l'armatura sia nella fase di getto del calcestruzzo di completamento che nelle condizioni di esercizio.

Nella fase di getto lo schema di calcolo è quello di un traliccio reticolare appoggiato sulle travi di bordo della campata e sugli eventuali puntelli intermedi (da disporre comunque ad interasse non superiore ai 150 cm), mentre nelle condizioni di esercizio si fa riferimento ad uno schema a trave continua con una sezione in calcestruzzo armato.

- Verifiche in fase di getto per i solai prefabbricati.

I carichi presi in considerazione sono:

pt = peso proprio del travetto (lastra)

pc = peso proprio del getto di calcestruzzo

sa = sovraccarico accidentale in fase di getto

qt = $1.3 * (pt + pc) + 1.5 * sa$

La luce di calcolo è:

$$l = \frac{l_c}{(n+1)}$$

l = luce di calcolo
l_c = luce della campata
n = puntelli intermedi

Vengono effettuate le verifiche a momento flettente in campata ed a taglio sugli appoggi.

- *Verifiche in campata*

$$M = \frac{ql^2}{8}$$

$$F_c = F_t = \frac{M}{h}$$

q = la parte del carico q_t di competenza del singolo travetto
l = luce di calcolo come prima definita
h = distanza tra i baricentri delle armature superiori e inferiori
F_c, F_t = Forza agente nelle armature superiori e inferiori per equilibrare il momento flettente

Verifica del tondino (corrente) superiore compresso a carico di punta con il metodo Ω:

$$\frac{\Omega F_c}{A_c} \leq \sigma_s$$

Ω = coefficiente omega relativo al tondino superiore, pensato appoggiato tra due staffe consecutive
A_c = area del tondino superiore (corrente compresso)
σ_s = tensione di calcolo dell'armatura (tensione di snervamento diviso il coefficiente di sicurezza parziale)

Verifica dei tondini (correnti) inferiori tesi:

$$\frac{F_t}{2A_t} \leq \sigma_s$$

A_t = area del singolo tondino inferiore (ne sono presenti due)

- *Verifica sugli appoggi*

$$T = \frac{ql}{2}$$

Il taglio viene assorbito dalle staffe inclinate del traliccio per cui verrà verificata a carico di punta la staffa soggetta a compressione:

$$C_s = \frac{T}{2 \cos \alpha \cos \beta}$$

$$l_0 = \frac{h}{\cos \alpha \cos \beta}$$

$$\frac{\Omega C_s}{A_s} \leq \sigma_s$$

C_s = Sforzo agente sulla staffa inclinata compressa (le staffe hanno due bracci)

$2 \cdot \alpha$ = angolo compreso tra le proiezioni delle staffe sul piano trasversale al traliccio

$2 \cdot \beta$ = angolo compreso tra le proiezioni delle staffe sul piano longitudinale al traliccio

l_0 = lunghezza libera di inflessione della staffa compressa

Ω = coefficiente omega

A_s = area staffa

- Verifiche in fase di esercizio per i solai prefabbricati.

In esercizio verranno effettuate le consuete verifiche per le sezioni a T in calcestruzzo armato, tenendo in conto l'eventuale presenza di armatura aggiuntiva. Nelle verifiche vengono tenute in conto le diverse altezze dei baricentri delle armature inferiori. Poiché la sezione viene completata in opera è necessario verificare lo scorrimento nella fibra di contatto tra il calcestruzzo gettato in opera e la coppella.

$$S = \tau \cdot b \cdot a$$

$$C_s = \frac{S}{2 \cos \alpha \cos \beta}$$

$$\frac{C_s}{A_s} \leq \sigma_s$$

S = scorrimento

τ = tensione tangenziale nella fibra di contatto tra la coppella ed il calcestruzzo

b = larghezza travetto

a = interasse longitudinale tra le staffe

In fase di esercizio non si effettua la verifica a carico di punta in quanto, essendo il getto maturato, la staffa non può più instabilizzarsi.

Nella figura seguente sono indicati i solai le cui verifiche sono riportate nel dettaglio nell'allegato alla presente relazione.

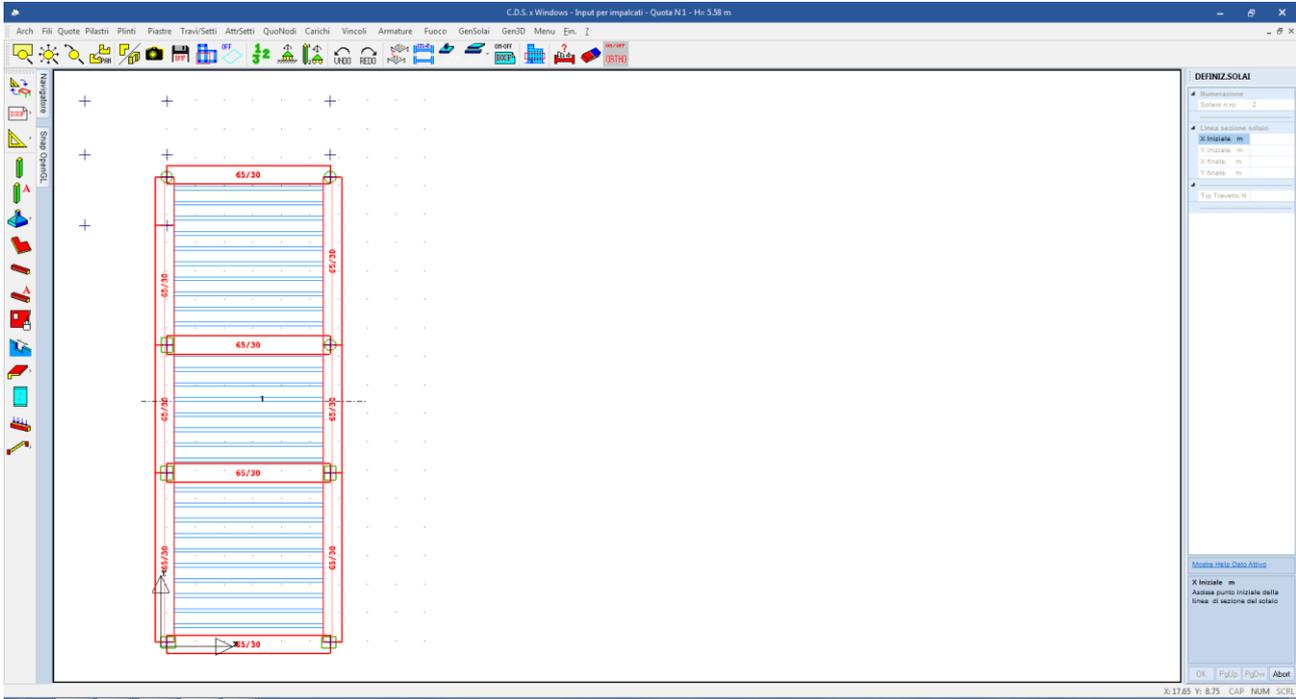


Figura 36: identificazione del solaio n.1 al piano copertura

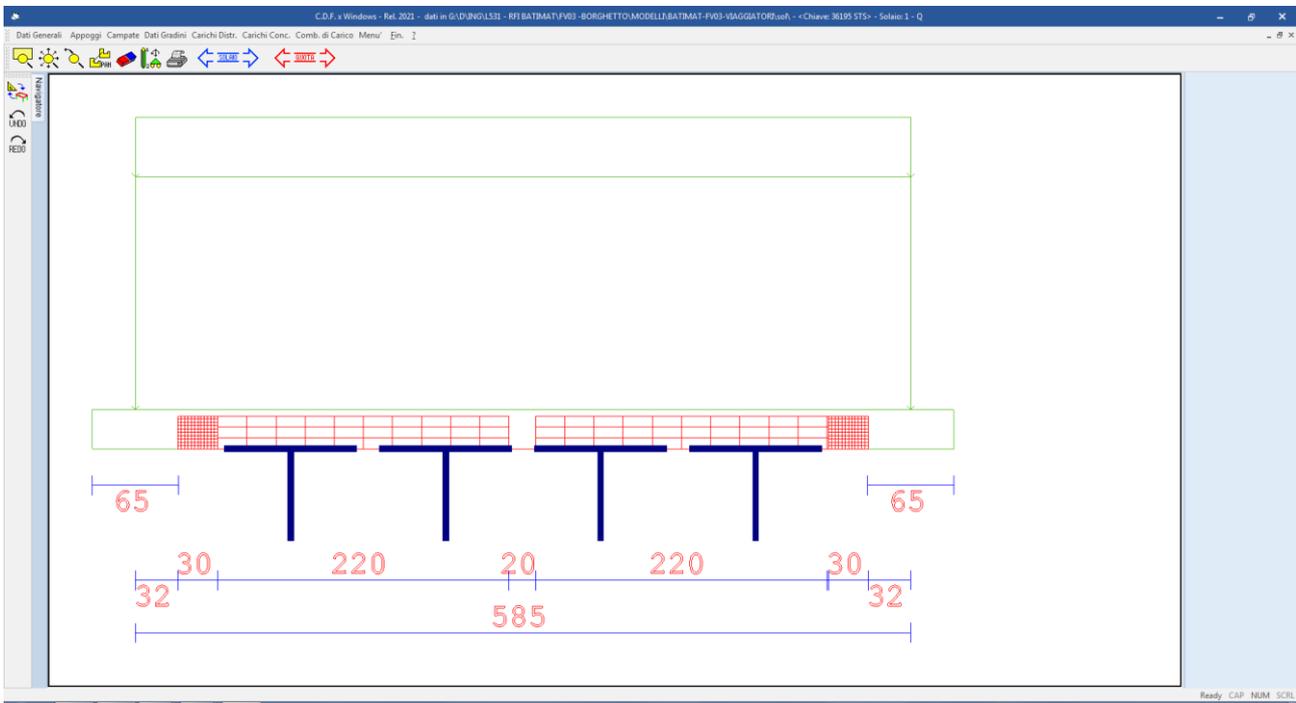


Figura 37: sezione del solaio oggetto di verifica

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA						
PROGETTO DEFINITIVO Relazione di calcolo Fabbricato Viaggiatori	<table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td style="text-align: center;">COMMESSA IV01</td> <td style="text-align: center;">LOTTO 00</td> <td style="text-align: center;">CODIFICA D 26 CL</td> <td style="text-align: center;">DOCUMENTO FV0300 002</td> <td style="text-align: center;">REV. A</td> <td style="text-align: center;">FOGLIO 98 di 113</td> </tr> </table>	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO FV0300 002	REV. A	FOGLIO 98 di 113
COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO FV0300 002	REV. A	FOGLIO 98 di 113		

Si riporta appresso la spiegazione delle sigle usate nella tabella di stampa dei carichi distribuiti:

- Campata N.ro** : Numero della campata
- Peso** : Peso proprio del solaio più sovraccarico permanente
- Acc. iniz.** : Valore iniziale del carico accidentale a distribuzione lineare
- Acc. finale** : Valore finale del carico accidentale a distribuzione lineare
- Asc. iniz.** : Ascissa del punto di inizio della zona soggetta al carico accidentale
- Asc. fin** : Ascissa del punto finale della zona soggetta al carico accidentale

- **SPECIFICHE CAMPI TABELLA DI STAMPA CARICHI CONCENTRATI**

Si riporta appresso la spiegazione delle sigle usate nella tabella di stampa dei carichi concentrati:

- Campata N.ro** : Numero della campata
- Asc. F1** : Ascissa del punto di applicazione della prima forza concentrata
- Forza 1** : Intensità della prima forza concentrata
- Asc. F2** : Ascissa del punto di applicazione della seconda forza concentrata
- Forza 2** : Intensità della seconda forza concentrata
- Asc. M1** : Ascissa del punto di applicazione della prima coppia concentrata
- Mom. 1** : Intensità della prima coppia concentrata
- Asc. M2** : Ascissa del punto di applicazione della seconda coppia concentrata
- Mom. 2** : Intensità della seconda coppia concentrata

- **SPECIFICHE CAMPI TABELLA DI STAMPA COMBINAZIONI DI CARICO**

Si riporta appresso la spiegazione delle sigle usate nella tabella di stampa delle combinazioni di carico:

- Comb. N.ro** : Numero della combinazione di carico per cui valgono le sollecitazioni e gli abbassamenti della riga corrispondente
- Coef n** : Flag di presenza dei carichi variabili per la campata n-esima (0 esclude il carico variabile sulla campata relativamente a quella

combinazione di carico; 1 ne tiene conto). Se per una data combinazione il carico e' attivo, il valore del coefficiente di combinazione dei carichi vale: per gli SLU 1.5; per gli SLE 1 per le combinazioni rare, ψ_{s1} per le frequenti e ψ_{s2} per le permanenti. Il coefficiente di combinazione dei carichi permanenti vale: per gli SLU 1.3 e per gli SLE 1

- **SPECIFICHE CAMPI TABELLA DI STAMPA CARATTERISTICHE DELLA SOLLECITAZIONE**

Si riporta appresso la spiegazione delle sigle usate nella tabella di stampa delle sollecitazioni e degli abbassamenti:

Comb.N.ro	: Numero della combinazione di carico per cui valgono le sollecitazioni e gli abbassamenti della riga corrispondente
Camp.N.ro	: Numero della campata a cui si riferiscono le sollecitazioni e gli abbassamenti della riga corrispondente
M. in.	: Momento flettente all'appoggio iniziale
N. in.	: Sforzo normale all'appoggio iniziale
T. in.	: Taglio all'appoggio iniziale
M. fin.	: Momento flettente all'appoggio finale
N. fin.	: Sforzo normale all'appoggio finale
T. fin.	: Taglio all'appoggio finale
W. mezz.	: Abbassamento corrispondente alla sezione di mezzeria

- **SPECIFICHE CAMPI TABELLA DI STAMPA REAZIONI DI APPOGGIO**

Si riporta appresso la spiegazione delle sigle usate nella tabella di stampa delle reazioni di appoggio:

Comb.N.ro	: Numero della combinazione di carico per cui valgono le sollecitazioni e gli abbassamenti della riga corrispondente
App. N.ro	: Numero della campata a cui si riferiscono le sollecitazioni e gli abbassamenti della riga corrispondente
Rx	: Reazione in direzione x (orizzontale)
Ry	: Reazione in direzione y (verticale)

Mz : *Momento reagente*

• **SPECIFICHE CAMPI TABELLA DI STAMPA VERIFICHE S.L.U.**

Si riporta appresso la spiegazione delle sigle usate nella tabella di stampa delle verifiche agli stati limite ultimi:

Camp.N.ro	: <i>Numero della campata a cui si riferiscono le verifiche della riga corrispondente</i>
Asc. in.	: <i>Ascissa del nodo iniziale della campata</i>
Asc. fin.	: <i>Ascissa del nodo finale della campata</i>
Mom. neg.	: <i>Momento flettente negativo massimo</i>
ef%neg.	: <i>Deformazione per cento dell'acciaio corrispondente al momento negativo (valore limite di norma 1,00)</i>
ec%neg.	: <i>Deformazione per cento del calcestruzzo corrispondente al momento negativo (valore limite di norma 0,35)</i>
Mom. pos.	: <i>Momento flettente positivo massimo</i>
ef%pos.	: <i>Deformazione per cento dell'acciaio corrispondente al momento positivo (valore limite di norma 1,00)</i>
ec%pos.	: <i>Deformazione per cento del calcestruzzo corrispondente al momento positivo (valore limite di norma 0,35)</i>
Af sup.	: <i>Armatura longitudinale superiore</i>
Af inf.	: <i>Armatura longitudinale inferiore</i>
Tag. neg.	: <i>Taglio negativo massimo</i>
Tag. pos.	: <i>Taglio positivo massimo</i>
Rapporto Vsd/Vrdu	: <i>Rapporto fra il taglio di calcolo ed il taglio resistente del cls (valore limite di norma 1,00)</i>

Nel caso di stampa dopo la riverifica SLE le colonne delle deformazioni vengono sostituite dalle seguenti colonne

Mom. Ult. : *Momento ultimo della sezione*

Mom./ Mom. Ult. : *Rapporto fra il momento agente ed il momento ultimo; la sezione è verificata se il valore è minore di 1*

• **SPECIFICHE CAMPI TABELLA DI STAMPA VERIFICHE AUTOPORTANZA**

Si riporta appresso la spiegazione delle sigle usate nel tabulato di stampa dei dati di verifica dei travetti prefabbricati in condizioni di autoportanza ed esercizio:

Camp.N.ro	: Numero della campata a cui si riferiscono le verifiche della riga corrispondente
Mom. Max	: Momento massimo positivo in campata considerando quale luce di calcolo quella tra due puntelli successivi
σf sup.	: Tensione massima nel corrente superiore compresso del traliccio verificato a carico di punta
σf inf.	: Tensione massima nel corrente inferiore teso del traliccio
Taglio	: Taglio massimo in corrispondenza del puntello
σf trl.	: Tensione massima nella staffa compressa del traliccio verificato a carico di punta
Scorr.	: Scorrimento nella fibra di contatto tra il calcestruzzo gettato in opera e la coppella
σf tral.	: Tensione dovuta allo scorrimento nella staffa compressa
σf lim.	: Tensione di calcolo dell'armatura (tensione di snervamento diviso il coefficiente di sicurezza parziale)

• **SPECIFICHE CAMPI TABELLA DI STAMPA VERIFICHE CAMPATE SEZIONI IN PRECOMPRESSO**

Si riporta di seguito la spiegazione delle sigle usate nella tabella di stampa delle verifiche:

Camp.N.ro	: Numero della campata a cui si riferiscono le verifiche della riga corrispondente
Descrizione	: Descrizione del tipo di travetto precompresso utilizzato
Contrass Tipo Armatura	: Tipologia di armatura presente all'interno del travetto (v. tabelle archivi)
Momento Calcolo	: Momenti flettenti agenti, per la fascia di 1.00 m sulle sezioni del solaio
Mom. Serv.	: Momenti resistenti di servizio, per la fascia di 1.00 m sulle sezioni del solaio
Mom. Rott.	: Momento resistente a rottura, per la fascia di 1.00 m sulle sezioni del solaio
Coeff. Sic. Rott.	: Rapporto tra il momento di rottura e quello di calcolo (deve essere maggiore di 1)

• **SPECIFICHE CAMPI TABELLA DI STAMPA VERIFICHE S.L.E.**

Si riporta appresso la spiegazione delle sigle usate nel tabulato di stampa dei dati di verifica degli stati limite di esercizio:

- Campata** : Numero della campata
- Comb Caric** : Indicatore della matrice di combinazione; la prima riga individua la matrice delle combinazioni rare, la seconda la matrice delle combinazioni frequenti, la terza quella permanenti. Questo indicatore vale sia per la verifica a fessurazione che per il calcolo delle frecce
- Fessu lim cal** : Fessura limite e fessura di calcolo espressa in mm; se la campata non risulta fessurata l'ampiezza di calcolo sarà nulla
- Dist mm** : Distanza fra le fessure
- Concio** : Numero del concio in cui si è avuta la massima fessura
- Combin** : Numero della combinazione ed in sequenza sollecitazioni per cui si è avuta la massima fessura
- Momento** : Momento flettente che ha causato la massima fessura
- Frecce** : Freccia limite e freccia massima di calcolo
- Combin** : Numero della combinazione che ha prodotto la freccia massima
- Cominaz Carico** : Indicatore della matrice di combinazione; la prima riga individua la matrice delle combinazioni rare per la verifica della tensione sul cls, la seconda la matrice delle combinazioni rare per la verifica della tensione sull'acciaio, la terza la matrice delle combinazioni permanenti per la verifica della tensione sul cls
- s lim** : Valore della tensione limite
- s cal** : Valore della tensione di calcolo
- Concio** : Numero del concio in cui si è avuta la massima tensione
- Cmb** : Numero della combinazione ed in sequenza sollecitazioni per cui si è avuta la massima tensione
- Momento** : Momento flettente che ha causato la massima tensione

ARCHIVIO SEZIONI LASTRE PREFABBRICATE																	
ARCHIVIO SEZIONI LASTRE PREFABBRICATE																	
Sez. N.ro	B trv cm	H trv cm	B pgn cm	H pgn cm	L pgn cm	Gamma kg/mc	B tral. cm	H tral. cm	D teste cm	Incl. Grd	Fi st mm	FiSup mm	Filnf mm	NumFi inf.	Filnt mm	Coprif. (cm)	Bpiastr (cm)
201	13	30	40	25	25	800	10.0	7.0	0.0	55	5	7	5	0	10	1.0	120.0

PROGETTO DEFINITIVO
Relazione di calcolo Fabbricato Viaggiatori

COMMESSA IV01 LOTTO 00 CODIFICA D 26 CL DOCUMENTO FV0300 002 REV. A FOGLIO 103 di 113

DATI GEN. QUOTA 1 SOLAIO 1
DATI GENERALI

Scarto Copriferro (cm)	1.0
Copriferro (cm)	4.5
Coefficiente di Ridistribuzione Plastica(1=Soluz.Elastica)	1.00

CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

Classe Calcestruzzo		C30/37	Classe Acciaio		B450C
Modulo Elastico CLS	328365	kg/cmq	Modulo Elastico Acc	2100000	kg/cmq
Coeff. di Poisson	0.2		Tipo Armatura	POCO SENSIBILI	
Resist.Car. CLS 'fck'	300.0	kg/cmq	Tipo Ambiente	ORDINAR. XC2/XC3	
Resist. Calcolo 'fcd'	170.0	kg/cmq	Resist.Car.Acc 'fyk'	4500.0	kg/cmq
Tens. Max. CLS 'rcd'	170.0	kg/cmq	Tens. Rott.Acc 'ftk'	4500.0	kg/cmq
Def.Lim.El. CLS 'eco'	0.20	%	Resist. Calcolo'fyd'	3913.0	kg/cmq
Def.Lim.Ult CLS 'ecu'	0.35	%	Def.Lim.Ult.Acc'eyu'	1.00	%
Fessura Max.Comb.Rare	0.3	mm	Sigma CLS Comb.Rare	165.0	kg/cmq
Fessura Max.Comb.Perm		mm	Sigma CLS Comb.Perm	120.0	kg/cmq
Fessura Max.Comb.Freq		mm	Sigma Acc Comb.Rare	3375.0	kg/cmq
Peso Spec.CLS Armato	2500	kg/mc			

Rapporto Luce/Spont.max per combinazioni rare	NON ESEGUITA
Rapporto Luce/Spont.max per combinazioni frequenti	NON ESEGUITA
Rapporto Luce/Spont.max per combinazioni quasi permanenti	NON ESEGUITA
Coefficiente di viscosita'	2.00
Coefficiente condizione carichi Psi1	0.200
Coefficiente condizione carichi Psi2	0.000

APPOGGI QUOTA 1 SOLAIO 1
DATI DI APPOGGIO

Appoggio N.ro	Ascissa (cm)	Ordinata (cm)	Larghezza (cm)	Altezza (cm)	Tipo Vincolo
1	82.5	0.0	64.9	30.0	INCASTRO
2	667.5	0.0	64.9	30.0	INCASTRO

CAMPATE QUOTA 1 SOLAIO 1
DATI DI CAMPATA

Campata N.ro	Lungh. (cm)	Tipo Sez.	Fascia sx (cm)	Fascia dx (cm)	Asc.Romp. (cm)	Base Romp. (cm)	Puntellata
1	585.0	201	32.0	32.0	292.0	20.0	SI

CAR. DISTR. QUOTA 1 SOLAIO 1
CARICHI DISTRIBUITI

Campata N.ro	Peso (kg/mq)	Acc. iniz. (kg/mq)	Acc. finale (kg/mq)	Asc. iniz. (cm)	Asc. fin. (cm)	DESCRIZIONE
1	530.0	136.00	136.00	0.00	585.00	

COMB. CAR. QUOTA 1 SOLAIO 1
TABELLA DEI COEFFICIENTI DEI CARICHI

Comb. N.ro	Coeff 1	Coeff 2	Coeff 3	Coeff 4	Coeff 5	Coeff 6	Coeff 7	Coeff 8	Coeff 9	Coeff 10	Coeff 11	Coeff 12	Coeff 13	Coeff 14	Coeff 15	Coeff 16	Coeff 17	Coeff 18	Coeff 19	Coeff 20
1	1.0																			

CARATT. QUOTA 1 SOLAIO 1
CARATTERISTICHE ED ABBASSAMENTI

PROGETTO DEFINITIVO
Relazione di calcolo Fabbricato Viaggiatori

COMMESSA IV01 LOTTO 00 CODIFICA D 26 CL DOCUMENTO FV0300 002 REV. A FOGLIO 104 di 113

Comb. N.ro	Camp. N.ro	M.in. (kgm)	N.in. (kg)	T.in. (kg)	M.fin. (kgm)	N.fin. (kg)	T.fin. (kg)	W.mezz. (mm)
0	1	-1223	0	-1255	1223	0	-1255	0.42
1	1	-2604	0	-2671	2604	0	-2671	0.89

REAZIONI A QUOTA 1 SOLAIO 1
REAZIONI E SPOSTAMENTI DI APPOGGIO

Comb. N.ro	App. N.ro	Rx (kg)	Ry (kg)	Mz (kgm)	Spostx (mm)	Sposty (mm)	Rotaz sx (rad)	Rotaz dx (rad)
0	1	0	-1255	-1223	0.00	0.00	0.000000	
	2	0	-1255	1223	0.00	0.00	0.000000	
1	1	0	-2671	-2604	0.00	0.00	0.000000	
	2	0	-2671	2604	0.00	0.00	0.000000	

VERIF. QUOTA 1 SOLAIO 1
VERIFICHE SEZIONI

Camp. N.ro	Asc.in. (m)	Asc.fin. (m)	Mom. neg (kgm)	Mom.Ult. (kgm)	Mom/MomUlt.	Mom. pos (kgm)	Mom.Ult. (kgm)	Mom/MomUlt.	Af sup. (cmg)	Af inf. (cmg)	Tag. neg (kg)	Tag. pos (kg)	Rapporto VSd/VRdu
1	0.00	0.32	-1380	-1696	0.81	14	1562	0.01	1.57	1.57	0	1416	0.21
	0.32	0.62	-1254	-1659	0.76	371	1960	0.19	1.57	1.96	0	1261	0.30
	0.62	1.39	-864	-1532	0.56	1085	1960	0.55	1.57	1.96	0	1116	0.61
	1.39	2.16	-65	-861	0.08	1513	1926	0.79	0.79	1.96	0	744	0.38
	2.16	2.93	0	-861	0.00	1656	1926	0.86	0.79	1.96	0	372	0.19
	2.93	3.69	0	-861	0.00	1656	1926	0.86	0.79	1.96	-372	0	0.19
	3.69	4.46	-65	-861	0.08	1513	1926	0.79	0.79	1.96	-744	0	0.38
	4.46	5.23	-864	-1532	0.56	1085	1960	0.55	1.57	1.96	-1116	0	0.61
	5.23	5.53	-1254	-1659	0.76	371	1960	0.19	1.57	1.96	-1261	0	0.30
	5.53	5.85	-1380	-1696	0.81	14	1562	0.01	1.57	1.57	-1416	0	0.21

VERIF. QUOTA 1 SOLAIO 1
VERIFICHE AUTOPORTANZA
ESERCIZIO

Camp. N.ro	Mom. Max kgm	σ sup kg/cmq	σ inf kg/cmq	Taglio kg	σ trl kg/cmq	Scorr. kg	σ tral kg/cmq	σ lim kg/cmq	STATUS VERIFICA
1	64	2884	2336	220	1526	390	1491	3913	VERIFICATO

VERIF. QUOTA 1 SOLAIO 1
FESSURAZIONE
FRECCE
TENSIONI

Campata	Combi Caric	Fessu. mm		dist mm	Con cio	Com bin	Momento (Kg*m)	Frecce mm		Com bin	Combinaz Carico	σ lim. Kg/cmq	σ cal. Kg/cmq	Co nc	Cmb	Momento (Kg*m)
		lim	cal					limite calc								
1	Rara	0.3	0.00	0	10	1	-1007				Rara cls	165.0	49.7	10	1	-1007
	Freq										Rara fer	3375	2587	10	1	-1007
	Perm										Perm cls	120.0	39.8	1	0	-801

15 VERIFICHE DELLE FONDAZIONI
15.1 Generalità

Per ogni stato limite ultimo è stata rispettata la condizione generale:

$$E_d \leq R_d$$

dove E_d è il valore di progetto dell'azione o dell'effetto dell'azione e dove R_d è il valore di progetto della resistenza del sistema geotecnico.

Effetto delle azioni e resistenza sono espresse in funzione delle azioni di progetto $\gamma_F F_k$, dei parametri di progetto X_k/γ_M e della geometria di progetto a_d .

Nelle verifiche di sicurezza eseguite, sono stati presi in considerazione tutti i meccanismi di stato limite ultimo, sia a breve sia a lungo termine.

Poiché la fondazione in progetto è costituita da un graticcio di travi in c.a., gli stati limite ultimi si riferiscono allo sviluppo di meccanismi di collasso determinati dalla mobilitazione della resistenza del terreno e al raggiungimento della resistenza degli elementi strutturali che compongono la fondazione.

Le verifiche sono state effettuate nei confronti dei seguenti stati limite:

SLU di tipo geotecnico (GEO)

- collasso per carico limite dell'insieme fondazione-terreno
- collasso per scorrimento sul piano di posa

SLU di tipo strutturale (STR)

- Raggiungimento della resistenza ultima negli elementi strutturali

Le verifiche geotecniche devono essere eseguite seguendo uno dei 2 approcci elencati nel seguito, utilizzando i coefficienti parziali riportati nella tabella sotto:

Approccio 1:

- Combinazione 1 (A1+M1+R1)
- Combinazione 2 (A2+M2+R2)

Approccio 2:

- Combinazione 1 (A1+M1+R3)

La verifica di stabilità globale deve essere effettuata, analogamente a quanto previsto nel § 6.8, secondo la Combinazione 2 (A2+M2+R2) dell'Approccio 1, tenendo conto dei coefficienti parziali riportati nelle Tabelle 6.2.I e 6.2.II per le azioni e i parametri geotecnici e nella Tab. 6.8.I per le resistenze globali.

Tab. 6.2.I – Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni

	Effetto	Coefficiente Parziale γ_F (o γ_E)	EQU	(A1)	(A2)
Carichi permanenti G_1	Favorevole	γ_{G1}	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevole		1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti $G_2^{(1)}$	Favorevole	γ_{G2}	0,8	0,8	0,8
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3
Azioni variabili Q	Favorevole	γ_Q	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3

⁽¹⁾ Per i carichi permanenti G_2 si applica quanto indicato alla Tabella 2.6.I. Per la spinta delle terre si fa riferimento ai coefficienti γ_{G1}

Tab. 6.2.II – Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Parametro	Grandezza alla quale applicare il coefficiente parziale	Coefficiente parziale γ_M	(M1)	(M2)
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan \varphi'_k$	$\gamma_{\varphi'}$	1,0	1,25
Coesione efficace	c'_k	$\gamma_{c'}$	1,0	1,25
Resistenza non drenata	c_{uk}	γ_{cu}	1,0	1,4
Peso dell'unità di volume	γ_v	γ_γ	1,0	1,0

Tab. 6.8.I - Coefficienti parziali per le verifiche di sicurezza di opere di materiali sciolti e di fronti di scavo

COEFFICIENTE	R2
γ_R	1,1

Le rimanenti verifiche devono essere effettuate applicando la combinazione (A1+M1+R3) di coefficienti parziali prevista dall'Approccio 2, tenendo conto dei valori dei coefficienti parziali riportati nelle Tabelle 6.2.I, 6.2.II e 6.4.I.

Nelle verifiche nei confronti di SLU di tipo strutturale (STR), il coefficiente γ_R non deve essere portato in conto.

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

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

15.2 Verifiche geotecniche

La pressione di contatto con il terreno rappresentata nelle figure seguenti per le principali combinazioni di calcolo SLV.

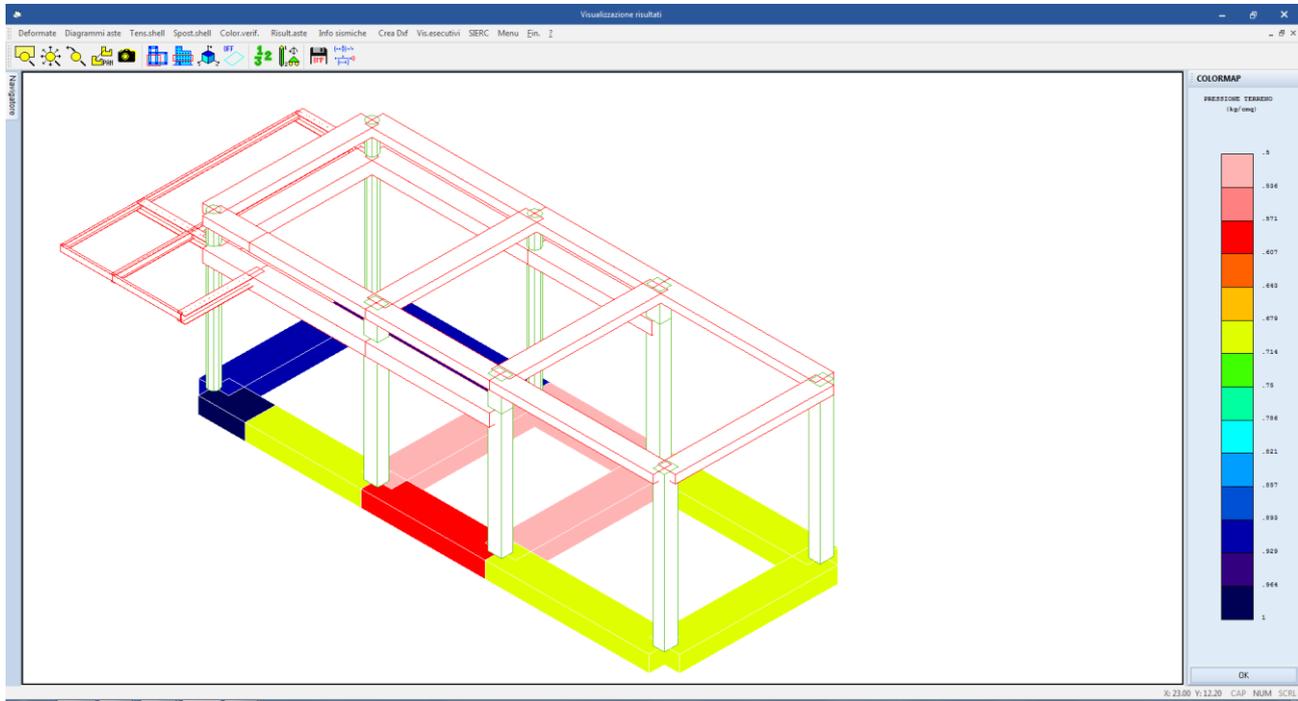


Figura 38: pressioni di contatto col terreno in combinazione SLV1 (max = 1.00 daN/cm²)

La capacità portante limite delle travi di fondazione viene valutata secondo Brinch-Hansen con la relazione:

$$q_{\text{lim}} = q N_q \gamma_q i_q d_q b_q g_q s_q + c N_c \gamma_c i_c d_c b_c g_c s_c + \frac{1}{2} \gamma B' N_\gamma \gamma_\gamma i_\gamma d_\gamma b_\gamma g_\gamma s_\gamma$$

dove

Caratteristiche geometriche della fondazione:

- q = carico sul piano di fondazione
- B = lato minore della fondazione
- L = lato maggiore della fondazione
- D = profondità della fondazione
- α = inclinazione base della fondazione
- G = peso specifico del terreno
- B' = larghezza di fondazione ridotta = $B - 2 eB$
- L' = lunghezza di fondazione ridotta = $L - 2 eL$

Caratteristiche di carico sulla fondazione:

- H = risultante delle forze orizzontali
- N = risultante delle forze verticali
- eB = eccentricità del carico verticale lungo B
- eL = eccentricità del carico verticale lungo L

F_hB = forza orizzontale lungo B

F_hL = forza orizzontale lungo L

Caratteristiche del terreno di fondazione:

β = inclinazione terreno a valle

$c = c_u$ = coesione non drenata (condizioni U)

$c = c'$ = coesione drenata (condizioni D)

Γ = peso specifico apparente (condizioni U)

$\Gamma = \Gamma'$ = peso specifico sommerso (condizioni D)

$\phi = 0$ = angolo di attrito interno (condizioni U)

$\phi = \phi'$ = angolo di attrito interno (condizioni D)

Fattori di capacità portante:

$$N_q = \tan^2\left(\frac{\pi}{4} + \frac{\phi}{2}\right) \exp(\pi + \tan \phi) \quad (\text{Prandtl-Cauchot-Meyerhof})$$

$$N_g = 2(N_q + 1) \tan \phi \quad (\text{Vesic})$$

$$N_c = \frac{N_q - 1}{\tan \phi} \quad \text{in condizioni } D \text{ (Reissner-Meyerhof)}$$

$$N_c = 5,14 \quad \text{in condizioni } U$$

Indici di rigidezza (condizioni D):

$$I_r = \frac{G}{c' + q' \tan \phi} = \text{indice di rigidezza}$$

$$q' = \text{pressione litostatica efficace alla profondità } D + \frac{B}{2}$$

$$G = \frac{E}{2(1 + \mu)} = \text{modulo elastico tangenziale}$$

E = modulo elastico normale

μ = coefficiente di Poisson

$$I_{cr} = \frac{1}{2} \exp\left[\frac{3,3 - 0,45 \frac{B}{L}}{\tan(45 - \frac{\phi'}{2})}\right] = \text{indice di rigidezza critico}$$

Coefficienti di punzonamento (Vesic):

$$Y_q = Y_g = \exp\left[\left(0,6 \frac{B}{L} - 4,4\right) \tan \phi' + \frac{3,07 \sin \phi' \log(2I_r)}{1 + \sin \phi'}\right] \text{ in condizioni drenate, per } I_r \leq$$

I_{cr}

$$Y_c = Y_q - \frac{1 - Y_q}{Nq \times \tan \phi'}$$

Coefficienti di inclinazione del carico (Vesic):

$$i_g = \left(\frac{1 - H}{N + B \times L \times c' \times \cot \text{ang} \phi'} \right)^{m+1}$$

$$i_q = \left(\frac{1 - H}{N + B \times L \times c' \times \cot \phi'} \right)^m$$

$$i_c = i_q - \frac{1 - i_q}{Nc \times \tan \phi'} \quad \text{in condizioni D}$$

$$i_c = 1 - \frac{m \times H}{B \times L \times cu \times Nc} \quad \text{in condizioni U}$$

essendo:

$$m = mB \cos^2 \Theta + mL \sin^2 \Theta$$

$$mB = \frac{2 + \frac{B'}{L'}}{1 + \frac{B'}{L'}} \quad mL = \frac{2 + \frac{L'}{B'}}{1 + \frac{L'}{B'}} \quad \Theta = \tan^{-1} \frac{Fh \times B}{Fh \times L}$$

Coefficienti di affondamento del piano di posa (Brinch-Hansen):

$$dq = 1 + 2 \tan \phi (1 - \sin \phi)^2 \operatorname{arctg} \frac{D}{B'} \quad \text{per } D > B'$$

$$dq = 1 + 2 \frac{D}{B'} \tan \phi (1 - \sin \phi)^2 \quad \text{per } D \leq B'$$

$$dc = dq - \frac{1 - dq}{Nc \times \tan \phi} \quad \text{in condizioni D}$$

$$dc = 1 + 0,4 \operatorname{arctan} \frac{D}{B'} \quad \text{per } D > B' \text{ in condizioni U}$$

$$dc = 1 + 0,4 \frac{D}{B'} \quad \text{per } D \leq B' \text{ in condizioni U}$$

Coefficienti di inclinazione del piano di posa:

$$bg = \exp(-2,7\alpha \tan \phi)$$

$$bc = bq = \exp(-2\alpha \tan \phi) \quad \text{in condizioni D}$$

$$bc = 1 - \frac{\alpha}{147} \quad \text{in condizioni U}$$

$$bq = 1 \quad \text{in condizioni U)}$$

Coefficienti di inclinazione del terreno di fondazione:

$$gc = gq = \sqrt{1 - 0,5 \tan \beta} \quad \text{in condizioni D}$$

$$gc = 1 - \frac{\beta}{147} \quad \text{in condizioni U}$$

$$gq = 1 \quad \text{in condizioni U}$$

Coefficienti di forma (De Beer):

$$sg = 1 - 0,4 \frac{B'}{L'}$$

$$sq = 1 + \frac{B'}{L'} \tan \phi$$

$$sc = 1 + \frac{B' Nq}{L' Nc}$$

L'azione del sisma si traduce in accelerazioni nel sottosuolo (effetto cinematico) e nella fondazione, per l'azione delle forze d'inerzia generate nella struttura in elevazione (effetto inerziale). Tali effetti dovrebbero essere portati in conto mediante l'introduzione di coefficienti sismici rispettivamente denominati K_h e I_{gk} , il primo definito dal rapporto tra le componenti orizzontale e verticale dei carichi trasmessi in fondazione ed il secondo funzione dell'accelerazione massima attesa al sito il tutto secondo le formulazioni proposte da *Paolucci e Peker*.

Nella figura seguente è riportata una colormap dei coefficienti di sicurezza alla portanza delle varie travi di fondazione. **Riscontrando ovunque valori maggiori 1 le verifiche possono ritenersi soddisfatte.**

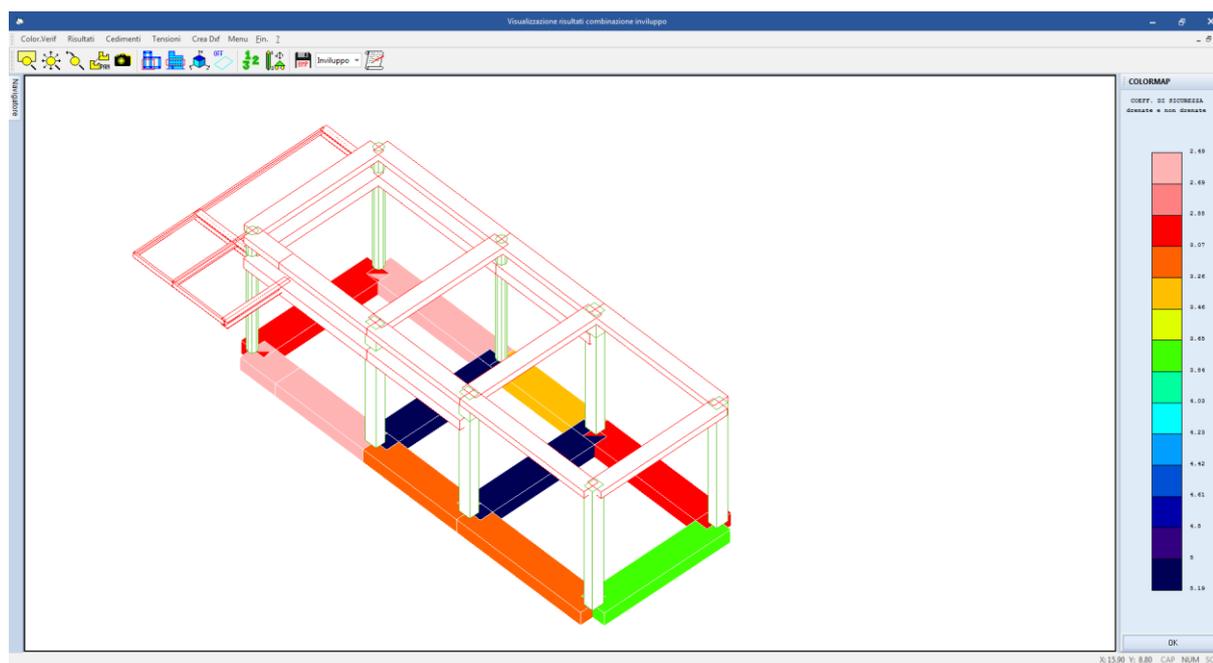


Figura 39: colormap coefficienti di sicurezza fondazioni

16 VERIFICA DEGLI ELEMENTI NON STRUTTURALI

16.1 Generalità

Per le pareti di tamponamento esterno dei telai sono realizzati con blocchi di laterizio Porton tipo termoisolati le cui caratteristiche sono riportate al par. 6.2.1.

Per questi elementi non strutturali saranno adottati i magisteri atti ad evitare la possibile espulsione sotto l'azione della Fa (di cui al par. 7.2.3 delle NTC2018) corrispondente allo SL e alla CU considerati nella presente relazione di calcolo.

In particolare i blocchi porton utilizzati verranno posti in opera interi fino a sotto la trave dove verrà collocato un pezzo speciale di adeguata altezza inserito a viva forza in modo da vincolare la parete alla struttura portante al fine di impedirne il ribaltamento per effetto del sisma.

Verrà poi applicata sia all'interno che all'esterno una rete porta intonaco in fibra di vetro correttamente ancorata e risvoltata che garantisce una sicurezza complessiva che sperimentalmente è di gran lunga superiore a quella derivante dal calcolo.

Si riporta qui di seguito il calcolo di vulnerabilità della specchiatura di parete lunga sul lato esterno del manufatto.

16.1.1 Tamponatura esterna s=40cm

Dati Sismici					
Ag/g	F0	Cat. Suolo	Cat. Topo.	Ss	St
0.166	2.487	C	T1	1.452	1.000

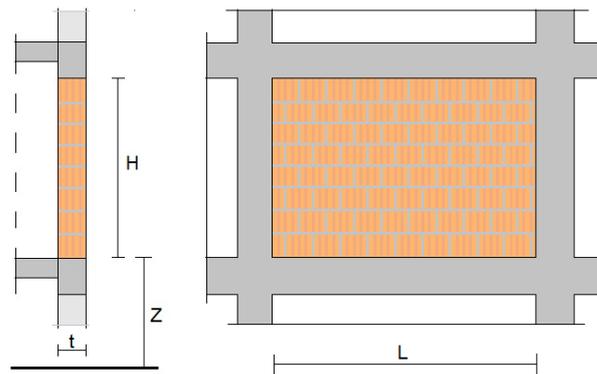
Dati Tamponatura						
L	t	H	p	E	fm	W
cm	cm	cm	kN/m ³	Mpa	Mpa	kN
100	40	510	8	4600	1.84	16.32

Dati struttura				
Z	Hed	T1	Ta	
cm	cm	s	s	
60	600	0.380	0.060	
$T_a = 2 \pi \left(\frac{\pi}{H} \right)^2 \sqrt{\frac{E I t^3}{12 m}}^{-1}$				

Resistenza fuori piano				
σ _p	σ _m	M _p	M _m	R _d
Mpa	Mpa	kNm	kNm	kN
0.041	0.020	3.18	1.61	5.02
$M_p = \left(\frac{t^2 l \sigma_p}{2} \right) \left(1 - \frac{\sigma_p}{0.85 f_m} \right)$ $\sigma_p = \frac{W}{t l}$				
$M_m = \left(\frac{t^2 l \sigma_m}{2} \right) \left(1 - \frac{\sigma_m}{0.85 f_m} \right)$ $\sigma_m = \frac{W}{2 t l}$				
$R_d = \frac{4}{H} (M_p + 2 M_m)$				

PGA e indicatore di rischio	
PGA/g	IrSLV
0.282	1.171
$PGA = \frac{R_d q}{W} \left[\frac{3 (1 + Z/H)}{1 + (1 - T_a/T_1)^2} - 0.5 \right]^{-1}$	

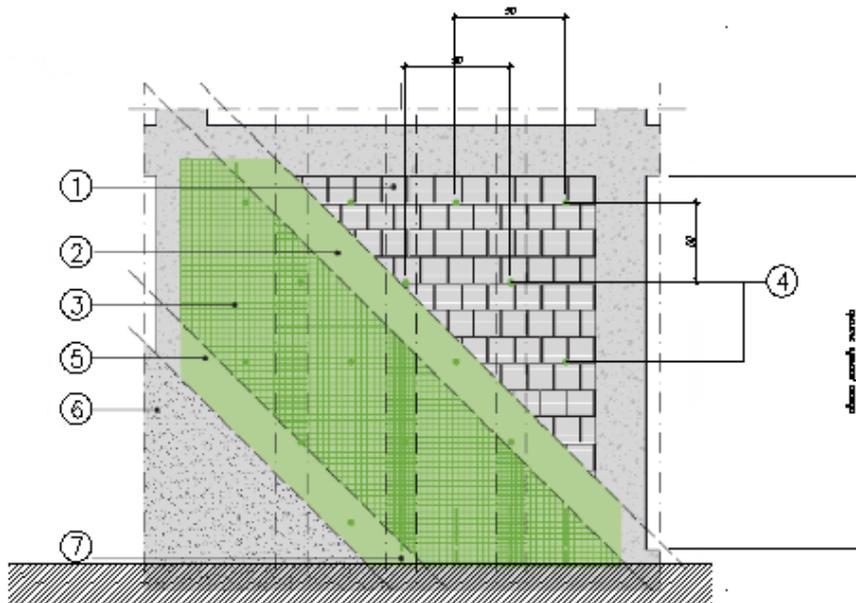
Valutazione della vulnerabilità di tamponature in muratura



La verifica risulta soddisfatta con un coefficiente di sicurezza pari a $1.171 > 1$.

Considerando tuttavia quanto riportato nelle NTC2018 per le tamponature esterne ed i divisori interni (la stabilità **“si può ritenere conseguita con l’inserimento di leggere reti da intonaco sui due lati della muratura, collegate tra loro ed alle strutture circostanti a distanza non superiore a 500 mm sia in direzione orizzontale sia in direzione verticale.”**), si prevede comunque l’inserimento di una rete porta intonaco su tutte le tamponature.

INTERVENTO SU TRAVEZZI E PARETI ESTERNE
1.36



- ① *Preparazione delle superfici.
Inumidimento e bagnatura preventiva dei supporti*
- ② *Applicazione prima mano di intonaco.
Applicazione della prima mano di intonaco,
spessore medio 5 mm*
- ③ *Installazione della rete bidirezionale termoisolata
a maglie quadrate bilanciata in fibre di vetro
alcali-resistente (AR) 22x22mm*
- ④ *Esecuzione del foro pilota da 8 mm e
successiva installazione della barra metallica
passante successivamente ripiegata sulla rete.
Maglia dei connettori 500x500mm*
- ⑤ *Stesura della seconda mano di intonaco
per ottenere il ricoprimento completo
dell'intervento*
- ⑥ *Finitura superficiale*
- ⑦ *Connessione in testa ed al piede della muratura
mediante rinvolta su solaio o prolungamento ed
ancoraggio sul bordo di travi esterne (v.
sezione)*

DETTAGLIO CONNESSIONE IN TESTA ALLA MURATURA
1.37



17 GIUDIZIO MOTIVATO ACCETTABILITA' DEI RISULTATI

A titolo di esempio viene determinata in modo "manuale" l'entità del tagliante sismico al piede dell'edificio.

Tenendo conto dei periodi propri della struttura riportati, è possibile determinare il prodotto tra l'accelerazione spettrale S_e e la massa modale eccitata W di ogni singolo periodo per ogni direzione di ingresso del sisma ottenendo un "tagliante" per le due direzioni principali X e Y.

Nella tabella che segue il calcolo è eseguito per lo **spettro elastico normalizzato** scalato per il fattore di struttura q utilizzato nel calcolo globale della struttura

FREQUENZE E MASSE ECCITATE								
Modo	Pulsazione	Periodo	Spettro di progetto X	Spettro di progetto Y	SISMA X		SISMA Y	
					Massa Mod	W x Se	Massa Mod	W x Se
N.ro	(rad/sec)	(sec)	SLV	SLV	Ecc. (t)		Ecc. (t)	
1	16.54	0.38	0.27	0.27	100.39	27.51	0.00	0.00
2	21.83	0.29	0.27	0.27	4.82	1.32	0.02	0.01
3	22.36	0.28	0.27	0.27	0.00	0.00	105.19	28.82
TOTALE						28.828		28.828

Nelle celle "TOTALE" per ogni direzione di ingresso del sisma è riportato il risultato della combinazione SRSS delle componenti $W \times S_e$ determinate per ogni modo ovvero:

$$TOT = \sqrt{(\sum_i E^2)}$$

Il tagliante sismico determinato in automatico dal programma è pari a:

VARIAZIONI MASSE E RIGIDENZE DI PIANO															
Piano N.ro	Quota (m)	Peso (t)	Variaz. (%)	DIREZIONE X						DIREZIONE Y					
				Tagliante Comb.(t)	Tagliante modale(t)	Spost. (mm)	Klat. (t/m)	Variaz (%)	Teta	Tagliante Comb.(t)	Tagliante modale(t)	Spost. (mm)	Klat. (t/m)	Variaz (%)	Teta
1	5.58	105.21	0.0	27.65	27.47	9.06	3032	0.0	0.014	28.79	28.78	5.37	5359	0.0	0.009

Quindi dei rapporti tra tagliante calcolato "manualmente" e tagliante automatico da software pari a:

- Direzione X = $27.65/28.83 = 95.9\%$
- Direzione Y = $28.79/28.83 = 99.9\%$

Il confronto può definirsi quindi più che positivo.