

CITTA' DI VERCELLI



EX MACELLO

PROGETTO DEFINITIVO

**PROGETTO DI RIQUALIFICAZIONE E DI RECUPERO
DEGLI SPAZI DEL COMPLESSO DENOMINATO “EX
MACELLO” RICOMPRESO NEL PISU “EX OSPEDALE
S. ANDREA”**

PROPRIETA' : CITTA' DI VERCELLI - P.zza Municipio 5 - Vercelli

PROGETTISTI : AT STUDIO ASSOCIATO - Via Ormea 48 - Torino

arch. Giorgio Marè, arch. Stefano Seita, arch. Marco Zocco

arch. Filippo Giau, arch. Tommaso Paolo Longo

RELAZIONE STRUTTURALE PRELIMINARE

Luglio 2012

INDICE GENERALE

PARTE - I GENERALITÀ

I.1.Oggetto dell'incarico	8
I.2.OPERE PREVISTE.....	8
<i>I.2.1.Copertura</i>	<i>8</i>
<i>I.2.2.Volte del sottotetto</i>	<i>8</i>
<i>I.2.3.Solaio sottotetto</i>	<i>9</i>
<i>I.2.4.Solaio magazzino.....</i>	<i>9</i>
<i>I.2.5.Basso fabbricato edificio secondario.....</i>	<i>9</i>
<i>I.2.6.Nuovo nucleo scala-ascensore.....</i>	<i>9</i>
<i>I.2.7.Ascensore edificio principale</i>	<i>9</i>
I.3.Organizzazione del documento	9
I.4.Quadro normativo	10
I.5.Aspetti geotecnici.....	10
I.6.Caratterizzazione dei materiali	10
<i>I.6.1.Calcestruzzo.....</i>	<i>10</i>
<i>I.6.2.Acciaio d'armatura.....</i>	<i>10</i>
<i>I.6.3.Acciaio da carpenteria.....</i>	<i>11</i>
<i>I.6.4.Legno lamellare</i>	<i>11</i>

PARTE - II AZIONI ED ANALISI DEI CARICHI

II.1.Azione sismica	12
<i>II.1.1.Generalità.....</i>	<i>12</i>
<i>II.1.2.Localizzazione della struttura e periodo di riferimento</i>	<i>12</i>
<i>II.1.3.Pericolosità sismica di base</i>	<i>13</i>
<i>II.1.4.Valutazione dell'azione sismica locale.....</i>	<i>13</i>
<i>II.1.5.Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali</i>	<i>14</i>
<i>II.1.6.Spettro di risposta elastico in accelerazione della componente verticale.....</i>	<i>14</i>
II.2.Azioni del vento.....	15
<i>II.2.1.Pressione cinetica di riferimento.....</i>	<i>15</i>
<i>II.2.2.Coefficienti di topografia e di esposizione.....</i>	<i>15</i>
<i>II.2.3.Coefficienti di forma.....</i>	<i>15</i>
<i>II.2.4.Pressioni del vento</i>	<i>16</i>
II.3.Azioni della neve.....	16
<i>II.3.1.Carico neve al suolo</i>	<i>16</i>
<i>II.3.2.Coefficienti di esposizione e termico</i>	<i>17</i>
<i>II.3.3.Coefficiente di forma.....</i>	<i>17</i>
<i>II.3.4.Carico neve sulla copertura</i>	<i>17</i>
II.4.Analisi dei carichi	18
<i>II.4.1.Pesi unitari dei materiali.....</i>	<i>18</i>

II.4.2. <i>Analisi dei carichi</i>	18
------------------------------------------	----

PARTE - III ANALISI E VERIFICHE STRUTTURALI

III.1. PREMESSA	20
III.2. Il codice di calcolo	20
III.3. Soletta magazzino	21
III.3.1. <i>Modellazione della struttura: sezioni</i>	21
III.3.2. <i>Modellazione della struttura: elementi D2</i>	21
III.3.3. <i>Metodo di analisi</i>	22
III.3.4. <i>Casi di carico</i>	22
III.3.5. <i>Combinazioni di carico</i>	23
III.3.6. <i>Analisi strutturali: risultati nodali</i>	25
III.3.7. <i>Analisi strutturali: risultati elementi tipo trave</i>	31
III.3.8. <i>Verifiche strutturali: telaio metallico</i>	34
III.3.9. <i>Verifiche strutturali: travi lignee di impalcato</i>	37
III.4. Tettoia	51
III.4.1. <i>Modellazione della struttura: sezioni</i>	51
III.4.2. <i>Modellazione della struttura: elementi D2</i>	51
III.4.3. <i>Metodo di analisi</i>	53
III.4.4. <i>Casi di carico</i>	54
III.4.5. <i>Combinazioni di carico</i>	54
III.4.6. <i>Analisi strutturali: risultati nodali</i>	56
III.4.7. <i>Analisi strutturali: risultati elementi tipo trave</i>	61
III.4.8. <i>Verifiche strutturali: elementi in c.a.</i>	64
III.4.9. <i>Verifiche strutturali: travi lignee di copertura</i>	68
III.5. Impalcato spogliatoi	70
III.5.1. <i>Trave metallica principale</i>	70
III.5.2. <i>Trave lignea secondaria</i>	78
III.5.3. <i>Trave metallica lato ascensore</i>	92
III.6. Copertura: arcarecci	99
III.6.1. <i>Generalità</i>	99
III.6.2. <i>Caratteristiche di sollecitazione</i>	99
III.6.3. <i>Verifiche di sicurezza allo SLU</i>	101
III.7. Scala metallica	103
III.7.1. <i>Modellazione della struttura: sezioni</i>	103
III.7.2. <i>Modellazione della struttura: elementi D2</i>	103
III.7.3. <i>Casi di carico</i>	104
III.7.4. <i>Combinazioni di carico</i>	104
III.7.5. <i>Analisi strutturali: risultati nodali</i>	105
III.7.6. <i>Analisi strutturali: risultati elementi tipo trave</i>	106
III.7.7. <i>Verifiche di sicurezza</i>	109

INDICE DELLE TABELLE

Tabella 01 - Organizzazione del documento.....	9
Tabella 02 - Parametri meccanici del calcestruzzo.....	10
Tabella 03 - Parametri meccanici acciaio d'armatura	11
Tabella 04 - Parametri meccanici acciaio da carpenteria	11
Tabella 05 - Parametri meccanici legno lamellare	11
Tabella 06 - Localizzazione della struttura	12
Tabella 07 - Periodo di riferimento per l'azione sismica	12
Tabella 08 - Parametri per le forme spettrali	13
Tabella 09 - Categorie di sottosuolo e topografiche	13
Tabella 10 - Coefficienti di amplificazione topografica e stratigrafica.....	13
Tabella 11 - Periodi notevoli per lo spettro di risposta elastico orizzontale	14
Tabella 12 - Accelerazioni spettrali in componente orizzontale per periodi notevoli	14
Tabella 13 - Periodi notevoli per lo spettro di risposta elastico verticale.....	14
Tabella 14 - Accelerazioni spettrali in componente verticale per periodi notevoli.....	14
Tabella 15 - Parametri per velocità vento	15
Tabella 16 - Pressione cinetica di riferimento	15
Tabella 17 - Parametri per coefficiente di esposizione	15
Tabella 18 - Coefficienti di topografia e di esposizione.....	15
Tabella 19 - Coefficienti di forma	16
Tabella 20 - Pressioni del vento.....	16
Tabella 21 - Carico neve al suolo	17
Tabella 22 - Coefficienti di esposizione e termico	17
Tabella 23 - Coefficiente di forma	17
Tabella 24 - Condizioni di carico neve.....	18
Tabella 25 - Pesi dell'unità di volume dei materiali	18
Tabella 26 - Analisi dei carichi	18
Tabella 27 - Origine e caratteristiche del codice di calcolo	20
Tabella 28 - Origine e caratteristiche del codice di calcolo	20
Tabella 29 - Soletta magazzino: tabella sezioni elementi.....	21
Tabella 30 - Soletta magazzino: periodo fondamentale di vibrazione della costruzione	22
Tabella 31 - Camera calda: spettro di risposta elastico orizzontale per il periodo fondamentale allo SLV.....	22
Tabella 32 - Soletta magazzino: casi di carico.....	23
Tabella 33 - Soletta magazzino: combinazioni di carico	23
Tabella 34 - Soletta magazzino: pesi delle CDC nelle diverse Cmb	24
Tabella 35 - Tettoia: tabella sezioni elementi	51
Tabella 36 - Tettoia: periodo fondamentale di vibrazione della costruzione.....	54
Tabella 37 - Tettoia: spettro di risposta elastico orizzontale per il periodo fondamentale allo SLV	54
Tabella 38 - Tettoia: casi di carico	54
Tabella 39 - Tettoia: combinazioni di carico	54
Tabella 40 - Tettoia: pesi delle CDC nelle diverse Cmb	56
Tabella 41 - Tettoia: classe di servizio del legno lamellare	68
Tabella 42 - Tettoia: valori di kmod e kdef per legno lamellare incollato.....	68
Tabella 43 - Copertura: classe di servizio del legno	99
Tabella 44 - Copertura: valori di kmod e kdef per legno.....	99
Tabella 45 - Copertura: geometria.....	99
Tabella 46 - Copertura: caratteristiche di sollecitazione allo SLU e deformata allo SLE.....	99

Tabella 47 - Scala metallica: tabella sezioni elementi	103
Tabella 48 - Scala metallica: casi di carico	104
Tabella 49 - Scala metallica: combinazioni di carico	104
Tabella 50 - Scala metallica: pesi delle CDC nelle diverse Cmb	104
Tabella 51 - Scala metallica: instabilità flesso-torsionale	109

INDICE DELLE ILLUSTRAZIONI

Figura 01 - Soletta magazzino: numerazione degli elementi	22
Figura 02 - Soletta magazzino: deformata per carichi totali (Cmb 2).....	30
Figura 03 - Soletta magazzino: traslazione nodale per carichi totali (Cmb 2).....	31
Figura 04 - Soletta magazzino: diagramma di momento flettente allo SLU (Cmb 1)	32
Figura 05 - Soletta magazzino: diagramma di taglio allo SLU (Cmb 1).....	33
Figura 06 - Soletta magazzino: diagramma di sforzo normale allo SLU (Cmb 1)	33
Figura 07 - Soletta magazzino: diagramma di momento flettente allo SLV (Cmb 14).....	34
Figura 08 - Soletta magazzino: mappa cromatica dello sfruttamento degli elementi del telaio metallico	37
Figura 09 - Tettoia: numerazione degli elementi.....	53
Figura 10 - Tettoia: deformata per carichi totali (Cmb 2).....	60
Figura 11 - Tettoia: traslazione nodale per carichi totali (Cmb 2).....	61
Figura 12 - Tettoia: pressione travi di fondazione per carichi totali (Cmb 2).....	62
Figura 13 - Tettoia: diagramma di momento flettente allo SLU (Cmb 1)	63
Figura 14 - Tettoia: diagramma di taglio allo SLU (Cmb 1)	63
Figura 15 - Tettoia: diagramma di sforzo normale allo SLU (Cmb 1).....	64
Figura 16 - Tettoia: mappa cromatica delle verifiche per tensioni normali nelle travi di fondazione.....	67
Figura 17 - Tettoia: mappa cromatica delle verifiche per tensioni normali nei pilastri.....	67
Figura 18 - Tettoia: mappa cromatica dello sfruttamento degli elementi lignei di copertura.....	69
Figura 19 - Copertura: diagramma di momento flettente M3-3 per carichi totali allo SLU.....	100
Figura 20 - Copertura: diagramma di momento flettente M2-2 per carichi totali allo SLU.....	100
Figura 21 - Copertura: diagramma di taglio V2-2 per carichi totali allo SLU	101
Figura 22 - Copertura: diagramma di taglio V3-3 per carichi totali allo SLU	101
Figura 23 - Copertura: mappa cromatica della verifica per azioni normali.....	102
Figura 24 - Copertura: mappa cromatica della verifica per azioni tangenziali	102
Figura 25 - Scala metallica: numerazione degli elementi.....	104
Figura 26 - Scala metallica: deformata per carichi totali (Cmb 2).....	106
Figura 27 - Scala metallica: diagramma di momento flettente allo SLU (Cmb 1)	108
Figura 28 - Scala metallica: diagramma di taglio allo SLU (Cmb 1)	109

PARTE - I GENERALITÀ



I.1. Oggetto dell'incarico

L'intervento edilizio previsto nell'ex-Macello di Vercelli si configura come manutenzione straordinaria ed adeguamento impiantistico. L'edificio, la cui costruzione risale al 1895, è destinato ad accogliere nuove funzioni pubbliche, tra le quali uffici di informazioni, sedi di associazioni, laboratori di falegnameria e teatrali.

La presente relazione strutturale preliminare è redatta in conformità alle prescrizioni del capitolo 10 del D.M. 14/1/08, *"Norme Tecniche per le Costruzioni"* ed è comprensiva di una descrizione generale dell'opera e dei criteri generali di analisi e verifica.

L'immobile è soggetto a tutela ai sensi del D.Lgs n. 42/2004 ed è incluso all'interno del Centro storico di Vercelli assoggettato all'art.24 della L. U.R. n. 56/77 e s.m.i. E' quindi possibile seguire la metodologia indicata dalla Circ n. 26 del 2/12/2010 del Ministero BB. CC., recante le *"Linee guida per la valutazione e riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale allineate alle nuove Norme Tecniche per le Costruzioni"*.

1.2. OPERE PREVISTE

Le opere strutturali previste riguardano in sintesi:

1.2.1. Copertura

Il manto di copertura e l'orditura lignea secondaria saranno demoliti. Le capriate in legno esistenti saranno invece conservate e rinforzate nelle saette mediante applicazione di piatti e profili di acciaio.

La nuova orditura secondaria sarà costituita da travetti in legno a reggere pannelli coibentati in legno tipo sandwich e manto in coppi.

Allo scopo di realizzare un cordolo continuo in c.a. in sommità alle murature, una volta completata la rimozione del manto di copertura, le capriate saranno puntellate per consentire la demolizioni murarie necessarie

1.2.2. Volte del sottotetto

L'intervento previsto mira a consolidare le volte del sottotetto, allo scopo di migliorarne le prestazioni anche in funzioni di possibili eventi sismici. NON è comunque previsto l'incremento dei carichi sulle volte in conseguenza di possibili variazioni di destinazione d'uso del sottotetto

L'estradosso delle volte, una volta pulito accuratamente e livellato con apposita malta, sarà trattato con reti in fibra di vetro ancorate alla superficie con resine epossidiche bicomponenti.

1.2.3. Solaio sottotetto

Nella manica sud del complesso il progetto architettonico prevede la realizzazione di un piano sottotetto su parte della superficie totale. La struttura del solaio è costituita da travi principali in acciaio e secondarie in legno collaboranti con una cappa di cls poggianti su un tavolato in legno. La collaborazione strutturale è garantita da pioli in acciaio infissi nelle travi in legno e pioli Nelson saldati sulle travi in acciaio. L'estremità delle travi in acciaio è interposta al cordolo in c.a. di sommità di cui al par. precedente, le cui armature attraversano le travi in acciaio grazie a fori praticati nell'anima delle medesime

1.2.4. Solaio magazzino

Il solaio chiude il vano occupato attualmente da una scala interna. La struttura è simile a quella del sottotetto ma qui le travi in legno poggiano su un telaio costituito da due colonne ed una trave in acciaio aderenti alla parete esistente. Le colonne nascono da nuovi plinti in c.a. Gettati a ridosso delle fondazioni murarie esistenti

1.2.5. Basso fabbricato edificio secondario

E' prevista la demolizione e ricostruzione di un basso fabbricato ad un piano fuori terra, aderente alla facciata sud-ovest del l'edificio principale. La struttura del nuovo corpo di fabbrica è costituita da pilastri in c.a. fondati su travi continue di fondazione. La copertura ad una falda è in struttura lignea formata da una trave di banchina ed una serie di travetti inclinati a passo pressoché costante

1.2.6. Nuovo nucleo scala-ascensore

Il castelletto del nuovo ascensore è costituito da colonne in scatolari quadri in acciaio. Attorno ad essi è avvolta la scala formata da cosciali in piatti di acciaio ancorati sia al castelletto dell'ascensore, sia alle pareti perimetrali. I gradini sono in lastre di pietra sostenute da profili e lamiere di acciaio saldate sui cosciali

1.2.7. Ascensore edificio principale

La struttura è costituita da 3 setti in c.a. ed una nuova parete in muratura portante verso il nucleo scala. La realizzazione della fossa ascensore rende necessario operare alcune sottomurazioni delle murature esistenti

1.3. Organizzazione del documento

Il presente documento è suddiviso in diverse sezioni come riassunto dalla seguente tabella:

Tabella 01 - Organizzazione del documento

6 GENERALITÀ	Oggetto della relazione, criteri di organizzazione del documento e quadro normativo
10 AZIONI ED ANALISI DEI CARICHI	Azioni esterne ed analisi dei carichi
16 ANALISI E VERIFICHE STRUTTURALI	Analisi e verifiche strutturali

I.4. Quadro NORMATIVO

Legge 5/11/71	Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica
Circ. 14/2/74, n. 11951	Applicazione della Legge 5 novembre 1971, n. 1086
D.M. 14/1/08	Norme tecniche per le costruzioni
Circ. 2/2/09, n. 617	Istruzioni per l'applicazione delle Nuove norme tecniche per le costruzioni di cui al D.M. 14 gennaio 2008
Circ. 2/12/2010, n. 26 Min BB.CC.	Linee guida per la valutazione e riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale allineate alle nuove Norme Tecniche per le Costruzioni
UNI EN 1992-1-2:2005	Eurocodice 2 – Progettazione delle strutture di calcestruzzo – Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici
UNI EN 1995-1-1:2005	Eurocodice 5 – Progettazione delle strutture di legno – Parte 1-1: Regole generali – Regole comuni e regole per gli edifici
UNI EN 1997-1:2005	Eurocodice 7 – Progettazione geotecnica – Parte 1: Regole generali
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

I.5. Aspetti geotecnici

I parametri utili alla caratterizzazione del terreno di sedime, di cui al § 11 - Tabella 09, e assunti alla base delle analisi condotte sulle strutture di elevazione, sono stati derivati dalla “Relazione di verifica sismica a supporto della progettazione del restauro” (elaborato n. EL-RTa)

I.6. Caratterizzazione dei materiali**I.6.1. Calcestruzzo**

[NTC § 4.1 - NTC § 7.4.2.1 - NTC § 11.2.10]

Tabella 02 - Parametri meccanici del calcestruzzo

	classe di resistenza	C25/30
R_{ck}	resistenza cubica caratteristica a compressione	30,0 N/mm ²
f_{ck}	resistenza cilindrica caratteristica a compressione = $0,83 \cdot R_{ck}$	25,0 N/mm ²
f_{cm}	resistenza cilindrica media a compressione = $f_{ck} + 8$	33,0 N/mm ²
f_{ctm}	resistenza media a trazione semplice assiale = $0,30 \cdot f_{ck}^{2/3}$	2,6 N/mm ²
f_{cfm}	resistenza media a trazione per flessione = $1,2 \cdot f_{ctm}$	3,1 N/mm ²
E_{cm}	modulo elastico = $22'000 \cdot [f_{cm} / 10]^{0,3}$	31'476 N/mm ²
α_t	coefficiente di dilatazione termica	$10 \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$

I.6.2. Acciaio d'armatura

[NTC § 7.4.2.2 - NTC § 11.3.2]

Tabella 03 - Parametri meccanici acciaio d'armatura

	tipo di acciaio	B450C
f_{yk}	tensione caratteristica di snervamento	$\geq 450 \text{ N/mm}^2$
f_{tk}	tensione caratteristica di rottura	$\geq 540 \text{ N/mm}^2$
$(A_{gt})_k$	allungamento	$\geq 7,5 \%$
E	modulo elastico	$200'000 \text{ N/mm}^2$
\varnothing_{\min}	minimo diametro impiegato	$\varnothing 6 \text{ mm}$
\varnothing_{\max}	massimo diametro impiegato	$\varnothing 26 \text{ mm}$

1.6.3. Acciaio da carpenteria*[NTC § 7.5.1 - NTC § 11.3.2]*

Tabella 04 - Parametri meccanici acciaio da carpenteria

	tipo di acciaio	S275
t	spessore nominale dell'elemento	$\leq 40 \text{ mm}$
f_{yk}	tensione caratteristica di snervamento	275 N/mm^2
f_{tk}	tensione caratteristica di rottura	430 N/mm^2
E	modulo elastico	$210'000 \text{ N/mm}^2$
ν	coefficiente di Poisson	0,3
G	modulo di elasticità trasversale = $E/[2 \cdot (1+\nu)]$	$80'769 \text{ N/mm}^2$
α_t	coefficiente di dilatazione termica	$12 \cdot 10^{-6} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$
γ_{Rd}	fattore di sovraresistenza	1,15

1.6.4. Legno lamellare*[NTC § 11.7.4.1 - NTC § 11.7.4.2]*

Gli elementi strutturali in legno lamellare incollato omogeneo debbono essere conformi alla norma europea armonizzata UNI EN 14080 ed UNI EN 1194:2000.

Tabella 05 - Parametri meccanici legno lamellare

	tipo di legno (UNI EN 1194) (copertura edificio)	GL24h
$f_{m,k}$	tensione caratteristica a flessione	$24,0 \text{ N/mm}^2$
$f_{t0,k}$	tensione caratteristica di trazione parallela alle fibre	$14,0 \text{ N/mm}^2$
$f_{t90,k}$	tensione caratteristica di trazione normale alle fibre	$0,35 \text{ N/mm}^2$
$f_{c0,k}$	tensione caratteristica di compressione parallela alle fibre	$21,0 \text{ N/mm}^2$
$f_{c90,k}$	tensione caratteristica di compressione normale alle fibre	$2,4 \text{ N/mm}^2$
$f_{v,k}$	tensione caratteristica di taglio	$2,2 \text{ N/mm}^2$
$E_{0,m}$	modulo elastico parallelo medio	$11'600 \text{ N/mm}^2$
$E_{0,05}$	modulo elastico parallelo caratteristico	$9'400 \text{ N/mm}^2$

G_m modulo elastico tangenziale medio590 N/mm²

PARTE - II AZIONI ED ANALISI DEI CARICHI



II.1. Azione sismica

[NTC § 3.2]

II.1.1. Generalità

Per l'analisi sismica globale del complesso volta ad individuare gli indici di vulnerabilità sismica, si rimanda al documento "Relazione verifica sismica" a firma dell'ing. Giancarlo Furno, datato luglio 2012

L'elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche di progetto, in base alle quali valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati, è la pericolosità sismica di base del sito di costruzione.

La pericolosità sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale, nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente, con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza, nel periodo di riferimento (Tabella 07).

[NTC Allegato A]

L'azione sismica così individuata viene successivamente variata, per tener conto delle modifiche prodotte dalle condizioni locali stratigrafiche del sottosuolo presente nel sito di costruzione e della morfologia della superficie. Le modifiche caratterizzano la risposta sismica locale.

II.1.2. Localizzazione della struttura e periodo di riferimento

[NTC § 2.4.1 - NTC § 2.4.2 - NTC § 2.4.3]

Si riportano i parametri di localizzazione del sito di costruzione della struttura ed il periodo di riferimento per l'azione sismica connesso alla classe d'uso.

Tabella 06 - Localizzazione della struttura

Comune	VERCELLI
Provincia	VERCELLI
Regione	PIEMONTE
Longitudine	8.4180 E
Latitudine	45.3220 N
Altitudine	130 m s.l.m.

Tabella 07 - Periodo di riferimento per l'azione sismica

Vita V_N [anni]	Classe d'uso	Coefficiente d'uso	Periodo V_R [anni]
50	II	1,0	50

II.1.3. Pericolosità sismica di base

[NTC Allegato A]

I parametri per le forme spettrali sono riassunti nella tabella seguente, in cui si riporta contestualmente, per ciascuna probabilità di superamento e ciascuno stato limite considerato, il periodo di ritorno dell'azione sismica, quale parametro caratterizzante la pericolosità sismica.

Tabella 08 - Parametri per le forme spettrali

Stato limite	P_{ver} [%]	T_R [anni]	a_g [g]	F_o	T^*_c [sec]	F_v
SLO	81	30	0,015	2,530	0,160	0,413
SLD	63	50	0,018	2,500	0,170	0,454

SLV	10	475	0,037	2,640	0,270	0,682
SLC	5	975	0,043	2,680	0,310	0,749

II.1.4. Valutazione dell'azione sismica locale

[NTC § 3.2.2]

Si denomina risposta sismica locale l'azione sismica quale emerge in superficie a seguito delle modifiche in ampiezza, durata e contenuto in frequenza subite trasmettendosi dal substrato rigido. Le modifiche citate corrispondono a:

- effetti stratigrafici, legati alla stratigrafia, alla proprietà meccanica dei terreni ecc.;
- effetti topografici, legati alla topografia del piano campagna.

Gli effetti della risposta sismica locale possono essere valutati con metodi semplificati nel caso in cui l'azione sismica in superficie è descritta dall'accelerazione massima o dallo spettro elastico di risposta, valutando preliminarmente gli effetti stratigrafici e topografici.

Si riporta la seguente tabella caratterizzante il sito ed il sedime di fondazione dal punto di vista sismico.

Tabella 09 - Categorie di sottosuolo e topografiche

	Categoria	Descrizione
Sottosuolo	D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 180 m/s (ovvero $N_{SP,T,30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina)
Topografia	T1	Superficie pianeggiante

Tale caratterizzazione permette la determinazione dei relativi coefficienti correttivi, distinti per sisma orizzontale e verticale.

Tabella 10 - Coefficienti di amplificazione topografica e stratigrafica

Stato limite	$S_{S o}$	$S_{S v}$	S_T	C_C	S_o	S_v
SLO	1,80	1,00	1,00	3,13	1,80	1,00
SLD	1,80	1,00	1,00	3,03	1,80	1,00
SLV	1,80	1,00	1,00	2,41	1,80	1,00
SLC	1,80	1,00	1,00	2,25	1,80	1,00

Il moto sismico di ciascun punto del suolo al di sotto della costruzione può essere decomposto in componenti secondo tre direzioni ortogonali.

Per ciascuna componente dell'azione sismica viene fornita una rappresentazione mediante spettro di risposta elastico in accelerazione per uno smorzamento convenzionale del 5%. Ritenendo la costruzione di dimensioni limitate si può assumere che il moto sia lo stesso per tutti i punti al di sotto della stessa.

II.1.5. Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali

[NTC § 3.2.3.2.1]

Per ciascuno degli stati limite considerati si riportano i valori dei periodi notevoli dello spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali.

Tabella 11 - Periodi notevoli per lo spettro di risposta elastico orizzontale

Stato limite	T_B	T_C	T_D
--------------	-------	-------	-------

SLO	0,167	0,500	1,658
SLD	0,172	0,515	1,672
SLV	0,217	0,650	1,746
SLC	0,232	0,696	1,772

Per ciascuno degli stati limite considerati si riportano i valori delle accelerazioni spettrali per i periodi notevoli su calcolati.

Tabella 12 - Accelerazioni spettrali in componente orizzontale per periodi notevoli

Stato limite	$S_e(T) _{T=0}$	$S_e(T) _{T=T_B}$	$S_e(T) _{T=T_C}$	$S_e(T) _{T=T_D}$
SLO	0,026	0,066	0,066	0,020
SLD	0,033	0,081	0,081	0,025
SLV	0,066	0,174	0,174	0,065
SLC	0,077	0,207	0,207	0,081

I valori calcolati valgono per entrambe le direzioni principali nel piano orizzontale.

II.1.6. Spettro di risposta elastico in accelerazione della componente verticale

[NTC § 3.2.3.2.2]

Si riportano i valori dei periodi notevoli dello spettro di risposta elastico in accelerazione della componente verticale.

Tabella 13 - Periodi notevoli per lo spettro di risposta elastico verticale

Stato limite	T_B	T_C	T_D
Qualunque	0,05	0,15	1,00

Si riportano i valori delle accelerazioni spettrali per i periodi notevoli su calcolati.

Tabella 14 - Accelerazioni spettrali in componente verticale per periodi notevoli

Stato limite	$S_{ve}(T) _{T=0}$	$S_{ve}(T) _{T=T_B}$	$S_{ve}(T) _{T=T_C}$	$S_{ve}(T) _{T=T_D}$
SLO	0,015	0,006	0,006	0,001
SLD	0,018	0,008	0,008	0,001
SLV	0,037	0,025	0,025	0,007
SLC	0,043	0,032	0,032	0,009

II.2. Azioni del vento

[NTC § 3.3]

II.2.1. Pressione cinetica di riferimento

[NTC § 3.3.6]

Nella tabella seguente si riportano i parametri utili alla determinazione della velocità di riferimento del vento a 10 m dal suolo su un terreno di categoria II, mediata su 10 minuti e riferita ad un periodo di ritorno di 50 anni.

Tabella 15 - Parametri per velocità vento

Zona vento	$v_{b,0}$ [m/s]	a_0 [m]	k_a [1/s]
1	25	1000	0,010

Essendo il sito ad un'altitudine inferiore a 1000 m, ne conseguono i seguenti valori di velocità e pressione di riferimento per il tempo di ritorno di 50 anni.

Tabella 16 - Pressione cinetica di riferimento

$v_b (50)$	velocità di riferimento = $v_{b,0}$ per $a_s \leq a_0$	25 m/s
$\alpha_R (T_R)$	coeff. correttivo = $0,75 \cdot \{1 - 0,2 \cdot \ln [-\ln (1 - 1/T_R)]\}^{0,5}$	1,00
$v_b (T_R)$	velocità di riferimento = $\alpha_R \cdot v_b (50)$	25 m/s
q_b	pressione cinetica di riferimento = $\frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_b^2$	0,39 kN/m ²

II.2.2. Coefficienti di topografia e di esposizione

[NTC § 3.3.7]

Il coefficiente di esposizione dipende dall'altezza dell'edificio, dalla topografia del terreno, e dalla categoria di esposizione del sito. Nella tabella seguente si riportano i parametri utili alla determinazione di tale coefficiente.

Tabella 17 - Parametri per coefficiente di esposizione

Classe di rugosità terreno	Cat. di esposizione del sito	k_r	Z_0 [m]	Z_{min} [m]
A	V	0,23	0,70	12

Considerando un'altezza dell'edificio di 12 m, si ha il seguente coefficiente di esposizione.

Tabella 18 - Coefficienti di topografia e di esposizione

z	altezza sul suolo $z = z_{min}$	12 m
c_t	coeff. di topografia	1
$c_e (z)$	coeff. di esposizione = $k_r^2 \cdot c_t \cdot \ln (z/z_0) \cdot [7 + c_t \cdot \ln (z/z_0)]$	1,48

II.2.3. Coefficienti di forma

[Circ. § C3.3.10.1]

La correzione del valore di pressione cinetica di riferimento in relazione all'aerodinamicità del fabbricato dovrà avvenire mediante coefficienti di forma validi per il caso di edifici a pianta rettangolare con copertura a falde. I coefficienti sono calcolati per il caso di costruzioni aventi una parete con aperture di superficie < 33% di quella totale.

Tabella 19 - Coefficienti di forma

	numero delle falde	2
α_1	pendenza prima falda	25°
α_2	pendenza seconda falda	25°
$c_{pe} (+)$	per elementi sopravento con $\alpha \geq 60^\circ$	+0,80
$c_{pe} (\alpha_1)$	per elementi sopravento con $20^\circ < \alpha < 60^\circ : +0,03 \cdot \alpha - 1$	-0,25
$c_{pe} (\alpha_2)$	per elementi sopravento con $20^\circ < \alpha < 60^\circ : +0,03 \cdot \alpha - 1$	-0,25
$c_{pe} (-)$	per elementi sottovento	-0,40
c_{pi}	per parete con aperture di superficie < 33% del totale	±0,20

II.2.4. Pressioni del vento

[NTC § 3.3.4 - NTC § 3.3.5]

Le pressioni del vento si ottengono mediante correzione del valore di pressione cinetica di riferimento (Tabella 16), con i coefficienti calcolati in precedenza.

$$p_e = q_b \cdot c_e \cdot c_p \cdot c_d \quad (f1)$$

dove i diversi termini hanno il significato seguente:

p_e	pressione del vento
q_b	pressione cinetica di riferimento
c_e	coefficiente di esposizione
c_p	coefficiente di forma (aerodinamico)
c_d	coefficiente dinamico

Tabella 20 - Pressioni del vento

$p_e (+)$	pressione su elementi soprav. con $\alpha \geq 60^\circ = 0,39 \cdot 1 \cdot 1,48 \cdot (+0,80)$	+0,46 kN/m ²
$p_e (\alpha_1)$	pressione su prima falda = $0,39 \cdot 1 \cdot 1,48 \cdot (-0,25)$	-0,14 kN/m ²
$p_e (\alpha_2)$	pressione su seconda falda = $0,39 \cdot 1 \cdot 1,48 \cdot (-0,25)$	-0,14 kN/m ²
$p_e (-)$	pressione su elementi sottovento = $0,39 \cdot 1 \cdot 1,48 \cdot (-0,40)$	-0,23 kN/m ²
p_i	pressione interna = $0,39 \cdot 1 \cdot 1,48 \cdot (\pm 0,20)$	$\pm 0,12$ kN/m ²

[NTC § 3.3.8]

Cautelativamente è stato considerato un coefficiente dinamico unitario.

II.3. Azioni della neve

[NTC § 3.4]

II.3.1. Carico neve al suolo

[NTC § 3.4.2]

Il carico neve al suolo dipende dalle condizioni locali di clima e di esposizione, considerata la variabilità delle precipitazioni nevose da zona a zona.

Per il caso in esame, considerando una quota sul livello del mare < 200 m, ed assumendo valori associati ad un periodo di ritorno di 50 anni, si riporta la seguente tabella.

Tabella 21 - Carico neve al suolo

zona neve	I - Alpina
q_{sk}	carico neve al suolo per $a_s < 200$ 1,50 kN/m ²

II.3.2. Coefficienti di esposizione e termico

[NTC § 3.4.3 - NTC § 3.4.4]

In funzione delle caratteristiche specifiche dell'area in cui sorge l'opera e considerando nulle, a favore di sicurezza, le perdite di calore dell'edificio, sono stati assunti i coefficienti di cui alla seguente tabella.

Tabella 22 - Coefficienti di esposizione e termico

Topografia	C_E	C_t
Normale: assenza di rimozione di neve da fattori esterni	1	1

II.3.3. Coefficiente di forma

[NTC § 3.4.5.1]

Si riportano in tabella i coefficienti di forma validi per il caso di copertura a due falde.

Tabella 23 - Coefficiente di forma

α_1	pendenza prima falda	25°
α_2	pendenza seconda falda	25°
$\mu_1(\alpha_1)$	per $0^\circ \leq \alpha \leq 30^\circ$	0,8
$\mu_1(\alpha_2)$	per $0^\circ \leq \alpha \leq 30^\circ$	0,8

II.3.4. Carico neve sulla copertura

[NTC § 3.4.1]

Il carico neve si ottiene mediante correzione del valore di carico neve al suolo (Tabella 21), con i

coefficienti calcolati in precedenza, assumendo che la neve non sia impedita a scivolare.

$$q_s = \mu_i \cdot q_{sk} \cdot C_E \cdot C_t \quad (f2)$$

dove i diversi termini hanno il significato seguente:

q_s	carico della neve
μ_i	coefficiente di forma della copertura
q_{sk}	calore caratteristico del carico neve al suolo
C_E	coefficiente di esposizione
C_t	coefficiente termico

Devono essere considerate le due seguenti principali disposizioni di carico:

- carico da neve depositata in assenza di vento (Caso I);
- carico da neve depositata in presenza di vento (Caso II, Caso III).

Si assume inoltre che la neve non sia impedita a scivolare. Nella tabella seguente si riassumono i carichi neve distinti per ciascuna delle disposizioni previste.

Tabella 24 - Condizioni di carico neve

$q_s = \mu q_{sk} C_E C_t$	$\mu_1(\alpha_1) \cdot q_{sk}$	$\mu_1(\alpha_2) \cdot q_{sk}$	$0,5 \mu_1(\alpha_1) \cdot q_{sk}$	$0,5 \mu_1(\alpha_2) \cdot q_{sk}$
	[kN/m ²]			
Caso I	1,20	1,20		
Caso II		1,20	0,60	
Caso III	1,20			0,60

Non sono previste zone di accumulo della neve.

II.4. Analisi dei carichi

II.4.1. Pesi unitari dei materiali

[NTC § 3.1.3.1]

Tabella 25 - Pesi dell'unità di volume dei materiali

Calcestruzzo ordinario	24,0 kN/m ³
Calcestruzzo alleggerito strutturale	18,0 kN/m ³
Calcestruzzo armato	25,0 kN/m ³
Acciaio da carpenteria	78,5 kN/m ³
Laterizio pieno	18,0 kN/m ³
Legno massiccio	8,0 kN/m ³
Legno lamellare	4,0 kN/m ³

Per tutti i pesi non considerati si rimanda alle NTC § 3.1.3.1, Tabella 3.1.I.

II.4.2. Analisi dei carichi

Segue la tabella riassuntiva dei carichi per unità di superficie adottati nelle analisi di cui ai paragrafi successivi.

Tabella 26 - Analisi dei carichi

COPERTURA		
g_{k11}	pannelli coibentati in legno	0,15 kN/m ²
g_{k12}	manto di copertura in coppi	0,50 kN/m ²

		g_{k1} TOT	0,65 kN/m ²
q_{nk}	neve		1,23 kN/m ²
SOLETTA MAGAZZINO (EX VANO SCALA)			
g_{k11}	tavolato in LM sp. 3 cm		0,24 kN/m ²
g_{k12}	soletta in c.a. sp. 5 cm		1,25 kN/m ²
g_{k13}	massetto e pavimento		1,51 kN/m ²
		g_{k1} TOT	3,00 kN/m ²
q_{k1}	variabile Cat. E1 (magazzino)		6,00 kN/m ²
NUOVO CORPO AGGIUNTO			
g_{k21}	manto di copertura		0,75 kN/m ²
q_{nk}	neve		1,20 kN/m ²
SOLAIO SOTTOTETTO			
g_{k31}	tavolato in LM sp. 3 cm		0,24 kN/m ²
g_{k32}	soletta in c.a. sp. 5 cm		1,25 kN/m ²
g_{k33}	sottofondo + pavimentazione		0,80 kN/m ²
g_{k34}	incidenza tramezzi		0,50 kN/m ²
		g_{k3} TOT	2,79 kN/m ²
q_{k3}	sottotetto		1,00 kN/m ²

PARTE - III ANALISI E VERIFICHE STRUTTURALI



III.1. PREMESSA

Il capitolo è dedicato all'esposizione dei risultati ottenuti dalle analisi e verifiche eseguite mediante appositi codici di calcolo.

In particolare, per ciascuna delle analisi condotte, si riportano dapprima tabelle e diagrammi relativi alle caratteristiche di sollecitazione e deformazione, successivamente le tabelle relative alle verifiche strutturali agli stati limite.

III.2. Il codice di calcolo

[NTC § 10.2]

Talune verifiche sono state condotte con il seguente software agli elementi finiti.

Tabella 27 - Origine e caratteristiche del codice di calcolo

Titolo	PRO_SAP PROfessional Structural Analysis Program
Versione	PROFESSIONAL (serie 2012-01-157)
Produttore/distributore	2S.I. Software e Servizi per l'Ingegneria s.r.l., Ferrara

Un esame preliminare della documentazione a corredo del software ha consentito di valutarne l'affidabilità e l'idoneità al caso specifico. Tale documentazione contiene una esauriente descrizione delle basi teoriche e degli algoritmi impiegati, l'individuazione dei campi d'impiego, nonché casi di prova interamente risolti, commentati e corredati dei file di input necessari a riprodurre l'elaborazione. Inoltre la 2S.I. ha verificato l'affidabilità del codice di calcolo attraverso un numero significa-

tivo di casi di prova in cui i risultati dell'analisi numerica sono stati confrontati con soluzioni teoriche.

È possibile reperire la documentazione contenente alcuni dei più significativi casi trattati al seguente link: <http://www.2si.it/Software/Affidabilità.htm>.

Il software utilizzato per le analisi e verifica delle parti in legno è SLC della AEDES.

Tabella 28 - Origine e caratteristiche del codice di calcolo

Titolo	SLC 2012 Solai misti in legno e calcestruzzo
Versione	Versione 2012.01.0
Produttore/distributore	AEDES Software, San Miniato Basso (PI)

Esso permette il dimensionamento delle travi composte con connessioni deformabili secondo i disposti delle NTC 2008.

III.3. Soletta magazzino

III.3.1. Modellazione della struttura: sezioni

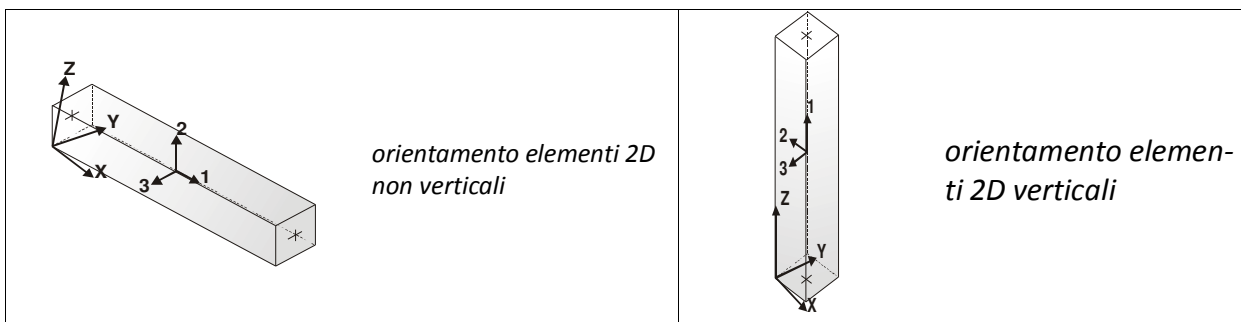
Tabella 29 - Soletta magazzino: tabella sezioni elementi

Id	Tipo	Area	A V2	A V3	Jt	J 2-2	J 3-3	W 2-2	W 3-3	Wp 2-2	Wp 3-3
		cm2	cm2	cm2	cm4	cm4	cm4	cm3	cm3	cm3	cm3
1	HEA 140	31.40	0.0	0.0	8.10	389.00	1033.00	55.60	155.40	84.80	173.50
2	IPE 240	39.10	0.0	0.0	12.90	284.00	3892.00	47.30	324.30	73.90	366.60
3	Rett.: b=16.00 h=24.00	384.00	320.00	320.00	1.901e+04	8192.00	1.843e+04	1024.00	1536.00	1536.00	2304.00

III.3.2. Modellazione della struttura: elementi D2

Il programma utilizza per la modellazione elementi a due nodi denominati in generale travi.

Ogni elemento trave è individuato dal nodo iniziale e dal nodo finale. Ogni elemento è caratterizzato da un insieme di proprietà riportate in tabella che ne completano la modellazione.



In particolare per ogni elemento viene indicato in tabella:

Elem.	numero dell'elemento
Note	codice di comportamento: trave, trave di fondazione, pilastro, asta, asta tesa, asta compressa
Nodo I (J)	numero del nodo iniziale (finale)
Mat.	codice del materiale assegnato all'elemento
Sez.	codice della sezione assegnata all'elemento
Rotaz.	valore della rotazione dell'elemento, attorno al proprio asse, nel caso in cui l'orientamento di default non sia adottabile; l'orientamento di default prevede per gli elementi non verticali l'asse 2 contenuto nel piano verticale e l'asse 3 orizzontale, per gli elementi verticali l'asse 2 diretto secondo X negativo e l'asse 3 diretto secondo Y negativo
Svincolo I (J)	codici di svincolo per le azioni interne; i primi sei codici si riferiscono al nodo iniziale, i restanti sei al nodo finale (il valore 1 indica che la relativa azione interna non è attiva)
Wink V	cost. di sottofondo (coef. di Winkler) per la modellazione della trave su suolo elastico
Wink O	cost. di sottofondo (coef. di Winkler) per la modellazione del suolo elastico orizzontale

Elem.	Note	Nodo I	Nodo J	Mat.	Sez.	Rotaz. gradi	Svincolo I	Svincolo J	Wink V/O daN/cm3
1	Pilas.	1	2	11	1				
2	Pilas.	3	4	11	1				
3	Trave	2	5	11	2		000001		
4	Trave	5	6	11	2				
5	Trave	6	7	11	2				
6	Trave	7	8	11	2				
7	Trave	8	9	11	2				
8	Trave	9	4	11	2			000001	
9	Trave	5	10	43	3		000001		
10	Trave	6	11	43	3		000001		
11	Trave	7	12	43	3		000001		
12	Trave	8	13	43	3		000001		
13	Trave	9	14	43	3		000001		

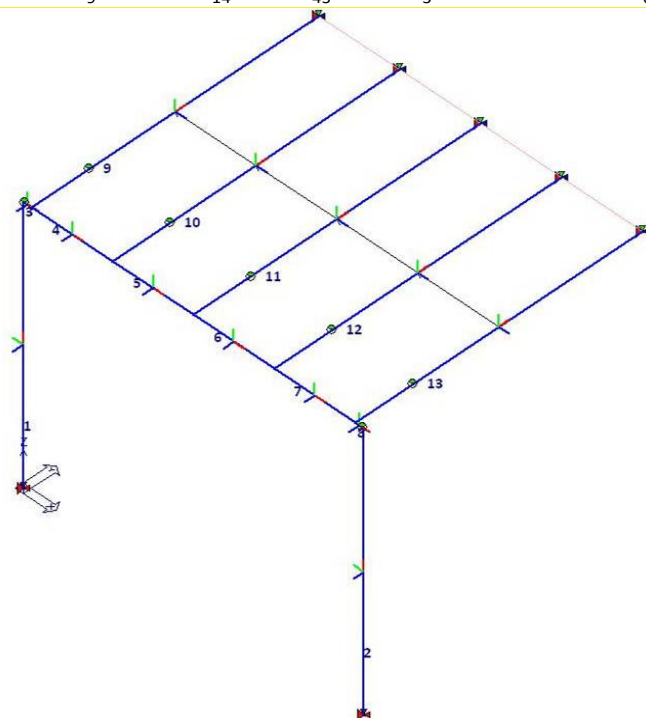


Figura 01 - Soletta magazzino: numerazione degli elementi

III.3.3. Metodo di analisi

[NTC § 10.2- NTC § 7.3.3.2]

È stata eseguita un'analisi statica lineare di cui si riassumono brevemente i dati.

Tabella 30 - Soletta magazzino: periodo fondamentale di vibrazione della costruzione

H	altezza costruzione dallo spiccato delle fondazioni	3,4 m
C ₁	coefficiente per strutture in acciaio	0,085
T ₁	periodo fondamentale = $C_1 \cdot H^{3/4}$	0,213 s

Ne consegue la corrispondente ordinata dello spettro di risposta elastica come calcolata nelle tabelle seguenti, considerando che $T_B < T_1 < T_C$ allo SLV.

Tabella 31 - Camera calda: spettro di risposta elastico orizzontale per il periodo fondamentale allo SLV

a _g	S	η	F ₀	T _C	S _e (T ₁)
0,037	1,80	1	2,640	0,650	0,174

Per lo SLV l'ordinata dello spettro di progetto si ottiene riducendo quella elastica del fattore di struttura $q = 1,5$.

III.3.4. Casi di carico

Il software permette l'organizzazione dei carichi analizzati al precedente § 15 in casi di carico, da intendersi come "scatole" nelle quali riporre i carichi appartenenti ad un medesimo tipo e per i

quali si voglia la contemporaneità di azione nelle diverse combinazioni definite. Nella tabella seguente sono riportati i casi di carico definiti.

Tabella 32 - Soletta magazzino: casi di carico

CDC	Tipo	Sigla Id	Note
1	Ggk	CDC=Ggk (peso proprio della struttura)	
2	Gsk	CDC=G1sk (permanente solai-coperture)	
3	Gsk	CDC=G2sk (perm. solai-coperture n.c.d.)	
4	Qsk	CDC=Qsk (variabile solai)	
5	Esk	CDC=Es (statico SLU) $\alpha=0.0$ (ecc. +)	partecipazione:1.00 per 1 CDC=Ggk (peso proprio della struttura)
			partecipazione:1.00 per 2 CDC=G1sk (permanente solai-coperture)
			partecipazione:1.00 per 3 CDC=G2sk (perm. solai-coperture n.c.d.)
			partecipazione:1.00 per 4 CDC=Qsk (variabile solai)
6	Esk	CDC=Es (statico SLU) $\alpha=90.00$ (ecc. +)	come precedente CDC sismico
7	Esk	CDC=Es (statico SLU) verticale	come precedente CDC sismico
8	Esk	CDC=Es (statico SLD) $\alpha=0.0$ (ecc. +)	come precedente CDC sismico
9	Esk	CDC=Es (statico SLD) $\alpha=90.00$ (ecc. +)	come precedente CDC sismico
10	Esk	CDC=Es (statico SLD) verticale	come precedente CDC sismico

III.3.5. Combinazioni di carico

Il programma combina in diversi casi di carico nelle combinazioni di carico previste dalla normativa. La descrizione delle combinazioni è articolata in due tabelle: la prima riporta l'elenco delle combinazioni adottate, la seconda riporta i pesi che i diversi casi di carico assumono in ciascuna combinazione.

Tabella 33 - Soletta magazzino: combinazioni di carico

Cmb	Tipo	Sigla Id
1	SLU	Comb. SLU A1 1
2	SLE(r)	Comb. SLE(rara) 2
3	SLE(f)	Comb. SLE(freq.) 3
4	SLE(p)	Comb. SLE(perm.) 4
5	SLE(p)	Comb. SLE(perm.) 5
6	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 6
7	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 7
8	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 8
9	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 9
10	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 10
11	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 11
12	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 12
13	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 13
14	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 14
15	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 15
16	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 16
17	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 17
18	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 18
19	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 19
20	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 20
21	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 21
22	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 22
23	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 23

Cmb	Tipo	Sigla Id
24	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 24
25	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 25
26	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 26
27	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 27
28	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 28
29	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 29
30	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 30
31	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 31
32	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 32
33	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 33
34	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 34
35	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 35
36	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 36
37	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 37
38	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 38
39	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 39
40	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 40
41	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 41
42	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 42
43	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 43
44	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 44
45	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 45
46	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 46
47	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 47
48	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 48
49	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 49
50	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 50
51	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 51
52	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 52
53	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 53

Tabella 34 - Soletta magazzino: pesi delle CDC nelle diverse Cmb

Cmb	CDC 1/15...	CDC 2/16...	CDC 3/17...	CDC 4/18...	CDC 5/19...	CDC 6/20...	CDC 7/21...	CDC 8/22...	CDC 9/23...	CDC 10/24..	CDC 11/25..	CDC 12/26..	CDC 13/27..	CDC 14/28...
1	1.30	1.30	1.50	1.50	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0				
2	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0				
3	1.00	1.00	1.00	0.90	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0				
4	1.00	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0				
5	1.00	1.00	1.00	0.80	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0				
6	1.00	1.00	1.00	0.80	-1.00	-0.30	-0.30	0.0	0.0	0.0				
7	1.00	1.00	1.00	0.80	-1.00	-0.30	0.30	0.0	0.0	0.0				
8	1.00	1.00	1.00	0.80	-1.00	0.30	-0.30	0.0	0.0	0.0				
9	1.00	1.00	1.00	0.80	-1.00	0.30	0.30	0.0	0.0	0.0				
10	1.00	1.00	1.00	0.80	1.00	-0.30	-0.30	0.0	0.0	0.0				
11	1.00	1.00	1.00	0.80	1.00	-0.30	0.30	0.0	0.0	0.0				
12	1.00	1.00	1.00	0.80	1.00	0.30	-0.30	0.0	0.0	0.0				
13	1.00	1.00	1.00	0.80	1.00	0.30	0.30	0.0	0.0	0.0				
14	1.00	1.00	1.00	0.80	-0.30	-1.00	-0.30	0.0	0.0	0.0				
15	1.00	1.00	1.00	0.80	-0.30	-1.00	0.30	0.0	0.0	0.0				
16	1.00	1.00	1.00	0.80	-0.30	1.00	-0.30	0.0	0.0	0.0				
17	1.00	1.00	1.00	0.80	-0.30	1.00	0.30	0.0	0.0	0.0				
18	1.00	1.00	1.00	0.80	0.30	-1.00	-0.30	0.0	0.0	0.0				
19	1.00	1.00	1.00	0.80	0.30	-1.00	0.30	0.0	0.0	0.0				
20	1.00	1.00	1.00	0.80	0.30	1.00	-0.30	0.0	0.0	0.0				
21	1.00	1.00	1.00	0.80	0.30	1.00	0.30	0.0	0.0	0.0				
22	1.00	1.00	1.00	0.80	-0.30	-0.30	-1.00	0.0	0.0	0.0				
23	1.00	1.00	1.00	0.80	-0.30	-0.30	1.00	0.0	0.0	0.0				
24	1.00	1.00	1.00	0.80	-0.30	0.30	-1.00	0.0	0.0	0.0				
25	1.00	1.00	1.00	0.80	-0.30	0.30	1.00	0.0	0.0	0.0				

Cmb	CDC 1/15...	CDC 2/16...	CDC 3/17...	CDC 4/18...	CDC 5/19...	CDC 6/20...	CDC 7/21...	CDC 8/22...	CDC 9/23...	CDC 10/24..	CDC 11/25..	CDC 12/26..	CDC 13/27..	CDC 14/28...
26	1.00	1.00	1.00	0.80	0.30	-0.30	-1.00	0.0	0.0	0.0				
27	1.00	1.00	1.00	0.80	0.30	-0.30	1.00	0.0	0.0	0.0				
28	1.00	1.00	1.00	0.80	0.30	0.30	-1.00	0.0	0.0	0.0				
29	1.00	1.00	1.00	0.80	0.30	0.30	1.00	0.0	0.0	0.0				
30	1.00	1.00	1.00	0.80	0.0	0.0	0.0	-1.00	-0.30	-0.30				
31	1.00	1.00	1.00	0.80	0.0	0.0	0.0	-1.00	-0.30	0.30				
32	1.00	1.00	1.00	0.80	0.0	0.0	0.0	-1.00	0.30	-0.30				
33	1.00	1.00	1.00	0.80	0.0	0.0	0.0	-1.00	0.30	0.30				
34	1.00	1.00	1.00	0.80	0.0	0.0	0.0	1.00	-0.30	-0.30				
35	1.00	1.00	1.00	0.80	0.0	0.0	0.0	1.00	-0.30	0.30				
36	1.00	1.00	1.00	0.80	0.0	0.0	0.0	1.00	0.30	-0.30				
37	1.00	1.00	1.00	0.80	0.0	0.0	0.0	1.00	0.30	0.30				
38	1.00	1.00	1.00	0.80	0.0	0.0	0.0	-0.30	-1.00	-0.30				
39	1.00	1.00	1.00	0.80	0.0	0.0	0.0	-0.30	-1.00	0.30				
40	1.00	1.00	1.00	0.80	0.0	0.0	0.0	-0.30	1.00	-0.30				
41	1.00	1.00	1.00	0.80	0.0	0.0	0.0	-0.30	1.00	0.30				
42	1.00	1.00	1.00	0.80	0.0	0.0	0.0	0.30	-1.00	-0.30				
43	1.00	1.00	1.00	0.80	0.0	0.0	0.0	0.30	-1.00	0.30				
44	1.00	1.00	1.00	0.80	0.0	0.0	0.0	0.30	1.00	-0.30				
45	1.00	1.00	1.00	0.80	0.0	0.0	0.0	0.30	1.00	0.30				
46	1.00	1.00	1.00	0.80	0.0	0.0	0.0	-0.30	-0.30	-1.00				
47	1.00	1.00	1.00	0.80	0.0	0.0	0.0	-0.30	-0.30	1.00				
48	1.00	1.00	1.00	0.80	0.0	0.0	0.0	-0.30	0.30	-1.00				
49	1.00	1.00	1.00	0.80	0.0	0.0	0.0	-0.30	0.30	1.00				
50	1.00	1.00	1.00	0.80	0.0	0.0	0.0	0.30	-0.30	-1.00				
51	1.00	1.00	1.00	0.80	0.0	0.0	0.0	0.30	-0.30	1.00				
52	1.00	1.00	1.00	0.80	0.0	0.0	0.0	0.30	0.30	-1.00				
53	1.00	1.00	1.00	0.80	0.0	0.0	0.0	0.30	0.30	1.00				

III.3.6. Analisi strutturali: risultati nodali

Il controllo dei risultati delle analisi condotte, per quanto concerne i nodi strutturali, è possibile in relazione alle tabelle sotto riportate.

- Una *prima tabella* riporta per ogni nodo e per ogni combinazione (o caso di carico) gli spostamenti nodali.
- Una *seconda tabella* riporta per ogni nodo a cui sia associato un vincolo rigido e/o elastico o una fondazione speciale e per ogni combinazione (o caso di carico) i valori delle azioni esercitate dalla struttura sui vincoli (reazioni vincolari cambiate di segno).
- Una *terza tabella*, infine riassume per ogni nodo le sei combinazioni in cui si attingono i valori minimi e massimi della reazione F_z , della reazione M_x e della reazione M_y .

Nodo	Cmb	Traslazione X	Traslazione Y cm	Traslazione Z cm	Rotazione X cm	Rotazione Y	Rotazione Z
1	1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1	2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1	3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1	4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1	5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1	6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1	7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1	8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1	9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1	10	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1	11	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1	12	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1	13	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1	14	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1	15	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1	16	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1	17	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1	18	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1	19	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1	20	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1	21	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1	22	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1	23	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1	24	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1	25	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1	26	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1	27	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1	28	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1	29	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1	30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1	31	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1	32	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1	33	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1	34	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

REGIONE PIEMONTE
COMUNE DI VERCELLI

EX MACELLO
RELAZIONE STRUTTURALE PRELIMINARE

1	35	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1	36	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1	37	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1	38	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1	39	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1	40	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1	41	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1	42	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1	43	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1	44	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1	45	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1	46	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1	47	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1	48	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1	49	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1	50	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1	51	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1	52	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1	53	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	1	0.0	0.0	-0.02	0.0	0.0	0.0
2	2	0.0	0.0	-0.01	0.0	0.0	0.0
2	3	0.0	0.0	-0.01	0.0	0.0	0.0
2	4	0.0	0.0	-5.29e-03	0.0	0.0	0.0
2	5	0.0	0.0	-0.01	0.0	0.0	0.0
2	6	-0.71	-2.10	-0.01	9.33e-03	-3.20e-03	-3.91e-03
2	7	-0.71	-2.10	-0.01	9.33e-03	-3.20e-03	-3.91e-03
2	8	-0.66	3.21	-0.01	-0.01	-2.94e-03	-2.42e-03
2	9	-0.66	3.21	-0.01	-0.01	-2.94e-03	-2.42e-03
2	10	0.66	-3.21	-0.01	0.01	2.94e-03	2.42e-03
2	11	0.66	-3.21	-0.01	0.01	2.94e-03	2.42e-03
2	12	0.71	2.10	-0.01	-9.33e-03	3.20e-03	3.91e-03
2	13	0.71	2.10	-0.01	-9.33e-03	3.20e-03	3.91e-03
2	14	-0.30	-8.69	-0.01	0.04	-1.36e-03	-3.43e-03
2	15	-0.30	-8.69	-0.01	0.04	-1.36e-03	-3.43e-03
2	16	-0.11	9.02	-0.01	-0.04	-4.87e-04	1.53e-03
2	17	-0.11	9.02	-0.01	-0.04	-4.87e-04	1.53e-03
2	18	0.11	-9.02	-0.01	0.04	4.87e-04	-1.53e-03
2	19	0.11	-9.02	-0.01	0.04	4.87e-04	-1.53e-03
2	20	0.30	8.69	-0.01	-0.04	1.36e-03	3.43e-03
2	21	0.30	8.69	-0.01	-0.04	1.36e-03	3.43e-03
2	22	-0.23	-2.49	-0.01	0.01	-1.05e-03	-1.69e-03
2	23	-0.23	-2.49	-0.01	0.01	-1.05e-03	-1.69e-03
2	24	-0.18	2.82	-0.01	-0.01	-7.91e-04	-2.06e-04
2	25	-0.18	2.82	-0.01	-0.01	-7.91e-04	-2.06e-04
2	26	0.18	-2.82	-0.01	0.01	7.91e-04	2.06e-04
2	27	0.18	-2.82	-0.01	0.01	7.91e-04	2.06e-04
2	28	0.23	2.49	-0.01	-0.01	1.05e-03	1.69e-03
2	29	0.23	2.49	-0.01	-0.01	1.05e-03	1.69e-03
2	30	-0.50	-1.46	-0.01	6.52e-03	-2.24e-03	-2.73e-03
2	31	-0.50	-1.46	-0.01	6.52e-03	-2.24e-03	-2.73e-03
2	32	-0.46	2.24	-0.01	-1.00e-02	-2.05e-03	-1.69e-03
2	33	-0.46	2.24	-0.01	-1.00e-02	-2.05e-03	-1.69e-03
2	34	0.46	-2.24	-0.01	1.00e-02	2.05e-03	1.69e-03
2	35	0.46	-2.24	-0.01	1.00e-02	2.05e-03	1.69e-03
2	36	0.50	1.46	-0.01	-6.52e-03	2.24e-03	2.73e-03
2	37	0.50	1.46	-0.01	-6.52e-03	2.24e-03	2.73e-03
2	38	-0.21	-6.07	-0.01	0.03	-9.48e-04	-2.39e-03
2	39	-0.21	-6.07	-0.01	0.03	-9.48e-04	-2.39e-03
2	40	-0.08	6.30	-0.01	-0.03	-3.40e-04	1.07e-03
2	41	-0.08	6.30	-0.01	-0.03	-3.40e-04	1.07e-03
2	42	0.08	-6.30	-0.01	0.03	3.40e-04	-1.07e-03
2	43	0.08	-6.30	-0.01	0.03	3.40e-04	-1.07e-03
2	44	0.21	6.07	-0.01	-0.03	9.48e-04	2.39e-03
2	45	0.21	6.07	-0.01	-0.03	9.48e-04	2.39e-03
2	46	-0.16	-1.74	-0.01	7.74e-03	-7.35e-04	-1.18e-03
2	47	-0.16	-1.74	-0.01	7.74e-03	-7.35e-04	-1.18e-03
2	48	-0.12	1.97	-0.01	-8.78e-03	-5.53e-04	-1.44e-04
2	49	-0.12	1.97	-0.01	-8.78e-03	-5.53e-04	-1.44e-04
2	50	0.12	-1.97	-0.01	8.78e-03	5.53e-04	1.44e-04
2	51	0.12	-1.97	-0.01	8.78e-03	5.53e-04	1.44e-04
2	52	0.16	1.74	-0.01	-7.74e-03	7.35e-04	1.18e-03
2	53	0.16	1.74	-0.01	-7.74e-03	7.35e-04	1.18e-03
3	1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	10	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	11	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	12	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	13	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	14	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	15	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	16	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	17	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	18	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	19	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	20	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	21	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	22	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	23	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	24	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	25	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	26	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	27	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	28	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

REGIONE PIEMONTE
COMUNE DI VERCELLI

EX MACELLO
RELAZIONE STRUTTURALE PRELIMINARE

3	29	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	31	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	32	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	33	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	34	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	35	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	36	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	37	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	38	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	39	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	40	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	41	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	42	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	43	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	44	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	45	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	46	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	47	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	48	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	49	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	50	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	51	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	52	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	53	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4	1	0.0	0.0	-0.02	0.0	0.0	0.0
4	2	0.0	0.0	-0.01	0.0	0.0	0.0
4	3	0.0	0.0	-0.01	0.0	0.0	0.0
4	4	0.0	0.0	-5.29e-03	0.0	0.0	0.0
4	5	0.0	0.0	-0.01	0.0	0.0	0.0
4	6	-0.71	-3.30	-0.01	0.01	-3.20e-03	-2.80e-03
4	7	-0.71	-3.30	-0.01	0.01	-3.20e-03	-2.80e-03
4	8	-0.66	2.19	-0.01	-9.71e-03	-2.94e-03	-3.53e-03
4	9	-0.66	2.19	-0.01	-9.71e-03	-2.94e-03	-3.53e-03
4	10	0.66	-2.19	-0.01	9.71e-03	2.94e-03	3.53e-03
4	11	0.66	-2.19	-0.01	9.71e-03	2.94e-03	3.53e-03
4	12	0.71	3.30	-0.01	-0.01	3.20e-03	2.80e-03
4	13	0.71	3.30	-0.01	-0.01	3.20e-03	2.80e-03
4	14	-0.30	-9.32	-0.01	0.04	-1.35e-03	2.66e-04
4	15	-0.30	-9.32	-0.01	0.04	-1.35e-03	2.66e-04
4	16	-0.11	8.98	-0.01	-0.04	-4.89e-04	-2.17e-03
4	17	-0.11	8.98	-0.01	-0.04	-4.89e-04	-2.17e-03
4	18	0.11	-8.98	-0.01	0.04	4.89e-04	2.17e-03
4	19	0.11	-8.98	-0.01	0.04	4.89e-04	2.17e-03
4	20	0.30	9.32	-0.01	-0.04	1.35e-03	-2.66e-04
4	21	0.30	9.32	-0.01	-0.04	1.35e-03	-2.66e-04
4	22	-0.23	-2.91	-0.01	0.01	-1.05e-03	-5.85e-04
4	23	-0.23	-2.91	-0.01	0.01	-1.05e-03	-5.85e-04
4	24	-0.18	2.58	-0.01	-0.01	-7.92e-04	-1.31e-03
4	25	-0.18	2.58	-0.01	-0.01	-7.92e-04	-1.31e-03
4	26	0.18	-2.58	-0.01	0.01	7.92e-04	1.31e-03
4	27	0.18	-2.58	-0.01	0.01	7.92e-04	1.31e-03
4	28	0.23	2.91	-0.01	-0.01	1.05e-03	5.85e-04
4	29	0.23	2.91	-0.01	-0.01	1.05e-03	5.85e-04
4	30	-0.50	-2.31	-0.01	0.01	-2.24e-03	-1.96e-03
4	31	-0.50	-2.31	-0.01	0.01	-2.24e-03	-1.96e-03
4	32	-0.46	1.53	-0.01	-6.78e-03	-2.06e-03	-2.46e-03
4	33	-0.46	1.53	-0.01	-6.78e-03	-2.06e-03	-2.46e-03
4	34	0.46	-1.53	-0.01	6.78e-03	2.06e-03	2.46e-03
4	35	0.46	-1.53	-0.01	6.78e-03	2.06e-03	2.46e-03
4	36	0.50	2.31	-0.01	-0.01	2.24e-03	1.96e-03
4	37	0.50	2.31	-0.01	-0.01	2.24e-03	1.96e-03
4	38	-0.21	-6.50	-0.01	0.03	-9.46e-04	1.86e-04
4	39	-0.21	-6.50	-0.01	0.03	-9.46e-04	1.86e-04
4	40	-0.08	6.27	-0.01	-0.03	-3.42e-04	-1.51e-03
4	41	-0.08	6.27	-0.01	-0.03	-3.42e-04	-1.51e-03
4	42	0.08	-6.27	-0.01	0.03	3.42e-04	1.51e-03
4	43	0.08	-6.27	-0.01	0.03	3.42e-04	1.51e-03
4	44	0.21	6.50	-0.01	-0.03	9.46e-04	-1.86e-04
4	45	0.21	6.50	-0.01	-0.03	9.46e-04	-1.86e-04
4	46	-0.16	-2.03	-0.01	9.04e-03	-7.34e-04	-4.08e-04
4	47	-0.16	-2.03	-0.01	9.04e-03	-7.34e-04	-4.08e-04
4	48	-0.12	1.80	-0.01	-8.00e-03	-5.53e-04	-9.18e-04
4	49	-0.12	1.80	-0.01	-8.00e-03	-5.53e-04	-9.18e-04
4	50	0.12	-1.80	-0.01	8.00e-03	5.53e-04	9.18e-04
4	51	0.12	-1.80	-0.01	8.00e-03	5.53e-04	9.18e-04
4	52	0.16	2.03	-0.01	-9.04e-03	7.34e-04	4.08e-04
4	53	0.16	2.03	-0.01	-9.04e-03	7.34e-04	4.08e-04
5	1	-0.07	0.0	-0.08	0.0	5.90e-03	0.0
5	2	-0.05	0.0	-0.06	0.0	4.07e-03	0.0
5	3	-0.05	0.0	-0.05	0.0	3.81e-03	0.0
5	4	-0.02	0.0	-0.02	0.0	1.46e-03	0.0
5	5	-0.04	0.0	-0.05	0.0	3.55e-03	0.0
5	6	-0.80	-2.14	-0.05	8.62e-03	3.56e-03	-3.90e-03
5	7	-0.80	-2.14	-0.05	8.62e-03	3.53e-03	-3.90e-03
5	8	-0.73	3.20	-0.05	-0.01	3.57e-03	-2.44e-03
5	9	-0.73	3.20	-0.05	-0.01	3.54e-03	-2.44e-03
5	10	0.65	-3.20	-0.05	0.01	3.56e-03	2.44e-03
5	11	0.65	-3.20	-0.05	0.01	3.53e-03	2.44e-03
5	12	0.71	2.14	-0.05	-8.62e-03	3.57e-03	3.90e-03
5	13	0.71	2.14	-0.05	-8.62e-03	3.54e-03	3.90e-03
5	14	-0.36	-8.75	-0.05	0.04	3.55e-03	-3.39e-03
5	15	-0.36	-8.75	-0.05	0.04	3.52e-03	-3.39e-03
5	16	-0.16	9.07	-0.05	-0.04	3.58e-03	1.49e-03
5	17	-0.16	9.07	-0.05	-0.04	3.55e-03	1.49e-03
5	18	0.07	-9.07	-0.05	0.04	3.55e-03	-1.49e-03
5	19	0.07	-9.07	-0.05	0.04	3.52e-03	-1.49e-03
5	20	0.28	8.75	-0.05	-0.04	3.58e-03	3.39e-03
5	21	0.28	8.75	-0.05	-0.04	3.55e-03	3.39e-03
5	22	-0.29	-2.52	-0.05	0.01	3.59e-03	-1.68e-03

REGIONE PIEMONTE
COMUNE DI VERCELLI

EX MACELLO
RELAZIONE STRUTTURALE PRELIMINARE

5	23	-0.29	-2.52	-0.05	0.01	3.50e-03	-1.68e-03
5	24	-0.23	2.83	-0.05	-0.01	3.60e-03	-2.20e-04
5	25	-0.23	2.83	-0.05	-0.01	3.51e-03	-2.20e-04
5	26	0.14	-2.83	-0.05	0.01	3.59e-03	2.20e-04
5	27	0.14	-2.83	-0.05	0.01	3.50e-03	2.20e-04
5	28	0.20	2.52	-0.05	-0.01	3.60e-03	1.68e-03
5	29	0.21	2.52	-0.05	-0.01	3.51e-03	1.68e-03
5	30	-0.57	-1.50	-0.05	6.02e-03	3.55e-03	-2.72e-03
5	31	-0.57	-1.50	-0.05	6.02e-03	3.54e-03	-2.72e-03
5	32	-0.53	2.24	-0.05	-9.32e-03	3.56e-03	-1.70e-03
5	33	-0.53	2.24	-0.05	-9.32e-03	3.54e-03	-1.70e-03
5	34	0.44	-2.24	-0.05	9.32e-03	3.55e-03	1.70e-03
5	35	0.44	-2.24	-0.05	9.32e-03	3.54e-03	1.70e-03
5	36	0.48	1.50	-0.05	-6.02e-03	3.56e-03	2.72e-03
5	37	0.48	1.50	-0.05	-6.02e-03	3.55e-03	2.72e-03
5	38	-0.27	-6.11	-0.05	0.03	3.54e-03	-2.36e-03
5	39	-0.27	-6.11	-0.05	0.03	3.53e-03	-2.36e-03
5	40	-0.12	6.33	-0.05	-0.03	3.56e-03	1.04e-03
5	41	-0.12	6.33	-0.05	-0.03	3.55e-03	1.04e-03
5	42	0.04	-6.33	-0.05	0.03	3.54e-03	-1.04e-03
5	43	0.04	-6.33	-0.05	0.03	3.53e-03	-1.04e-03
5	44	0.18	6.11	-0.05	-0.03	3.56e-03	2.36e-03
5	45	0.18	6.11	-0.05	-0.03	3.55e-03	2.36e-03
5	46	-0.22	-1.76	-0.05	7.17e-03	3.57e-03	-1.17e-03
5	47	-0.22	-1.76	-0.05	7.17e-03	3.52e-03	-1.17e-03
5	48	-0.17	1.98	-0.05	-8.16e-03	3.57e-03	-1.54e-04
5	49	-0.17	1.98	-0.05	-8.16e-03	3.53e-03	-1.54e-04
5	50	0.09	-1.98	-0.05	8.16e-03	3.57e-03	1.54e-04
5	51	0.09	-1.98	-0.05	8.16e-03	3.52e-03	1.54e-04
5	52	0.13	1.76	-0.05	-7.17e-03	3.57e-03	1.17e-03
5	53	0.13	1.76	-0.05	-7.17e-03	3.53e-03	1.17e-03
6	1	-0.05	0.0	-0.55	0.0	3.94e-03	0.0
6	2	-0.03	0.0	-0.38	0.0	2.72e-03	0.0
6	3	-0.03	0.0	-0.35	0.0	2.54e-03	0.0
6	4	-0.01	0.0	-0.14	0.0	9.76e-04	0.0
6	5	-0.03	0.0	-0.33	0.0	2.37e-03	0.0
6	6	-0.78	-2.56	-0.33	3.41e-03	2.38e-03	-3.79e-03
6	7	-0.78	-2.56	-0.33	3.41e-03	2.36e-03	-3.79e-03
6	8	-0.72	3.09	-0.33	-5.77e-03	2.38e-03	-2.46e-03
6	9	-0.72	3.09	-0.33	-5.77e-03	2.37e-03	-2.46e-03
6	10	0.66	-3.09	-0.33	5.77e-03	2.37e-03	2.46e-03
6	11	0.66	-3.09	-0.33	5.77e-03	2.36e-03	2.46e-03
6	12	0.72	2.56	-0.33	-3.41e-03	2.38e-03	3.79e-03
6	13	0.73	2.56	-0.33	-3.41e-03	2.36e-03	3.79e-03
6	14	-0.35	-9.34	-0.33	0.01	2.37e-03	-3.16e-03
6	15	-0.35	-9.34	-0.33	0.01	2.35e-03	-3.16e-03
6	16	-0.14	9.50	-0.33	-0.02	2.39e-03	1.29e-03
6	17	-0.14	9.50	-0.33	-0.02	2.37e-03	1.29e-03
6	18	0.09	-9.50	-0.33	0.02	2.37e-03	-1.29e-03
6	19	0.09	-9.50	-0.33	0.02	2.35e-03	-1.29e-03
6	20	0.29	9.34	-0.33	-0.01	2.39e-03	3.16e-03
6	21	0.29	9.34	-0.33	-0.01	2.37e-03	3.16e-03
6	22	-0.28	-2.75	-0.33	4.24e-03	2.40e-03	-1.60e-03
6	23	-0.28	-2.75	-0.32	4.24e-03	2.34e-03	-1.60e-03
6	24	-0.21	2.91	-0.33	-4.95e-03	2.40e-03	-2.69e-04
6	25	-0.21	2.91	-0.32	-4.95e-03	2.35e-03	-2.69e-04
6	26	0.16	-2.91	-0.33	4.95e-03	2.39e-03	2.69e-04
6	27	0.16	-2.91	-0.32	4.95e-03	2.34e-03	2.69e-04
6	28	0.22	2.75	-0.33	-4.24e-03	2.40e-03	1.60e-03
6	29	0.22	2.75	-0.32	-4.24e-03	2.34e-03	1.60e-03
6	30	-0.55	-1.79	-0.33	2.38e-03	2.37e-03	-2.65e-03
6	31	-0.55	-1.79	-0.33	2.38e-03	2.37e-03	-2.65e-03
6	32	-0.51	2.16	-0.33	-4.03e-03	2.38e-03	-1.71e-03
6	33	-0.51	2.16	-0.33	-4.03e-03	2.37e-03	-1.71e-03
6	34	0.45	-2.16	-0.33	4.03e-03	2.37e-03	1.71e-03
6	35	0.45	-2.16	-0.33	4.03e-03	2.36e-03	1.71e-03
6	36	0.50	1.79	-0.33	-2.38e-03	2.37e-03	2.65e-03
6	37	0.50	1.79	-0.33	-2.38e-03	2.37e-03	2.65e-03
6	38	-0.25	-6.53	-0.33	0.01	2.37e-03	-2.21e-03
6	39	-0.25	-6.53	-0.33	0.01	2.36e-03	-2.21e-03
6	40	-0.11	6.64	-0.33	-0.01	2.38e-03	9.00e-04
6	41	-0.11	6.64	-0.33	-0.01	2.37e-03	9.00e-04
6	42	0.05	-6.64	-0.33	0.01	2.37e-03	-9.00e-04
6	43	0.05	-6.64	-0.33	0.01	2.36e-03	-9.00e-04
6	44	0.19	6.53	-0.33	-0.01	2.38e-03	2.21e-03
6	45	0.19	6.53	-0.33	-0.01	2.37e-03	2.21e-03
6	46	-0.20	-1.92	-0.33	2.96e-03	2.38e-03	-1.12e-03
6	47	-0.20	-1.92	-0.33	2.96e-03	2.36e-03	-1.12e-03
6	48	-0.16	2.03	-0.33	-3.45e-03	2.39e-03	-1.88e-04
6	49	-0.16	2.03	-0.33	-3.45e-03	2.36e-03	-1.88e-04
6	50	0.10	-2.03	-0.33	3.45e-03	2.38e-03	1.88e-04
6	51	0.10	-2.03	-0.33	3.45e-03	2.35e-03	1.88e-04
6	52	0.14	1.92	-0.33	-2.96e-03	2.39e-03	1.12e-03
6	53	0.14	1.92	-0.33	-2.96e-03	2.36e-03	1.12e-03
7	1	0.0	0.0	-0.73	0.0	0.0	0.0
7	2	0.0	0.0	-0.50	0.0	0.0	0.0
7	3	0.0	0.0	-0.47	0.0	0.0	0.0
7	4	0.0	0.0	-0.18	0.0	0.0	0.0
7	5	0.0	0.0	-0.44	0.0	0.0	0.0
7	6	-0.75	-2.90	-0.44	2.30e-03	2.75e-06	-3.38e-03
7	7	-0.75	-2.90	-0.44	2.30e-03	2.75e-06	-3.38e-03
7	8	-0.69	2.90	-0.44	-2.30e-03	2.92e-06	-2.85e-03
7	9	-0.69	2.90	-0.44	-2.30e-03	2.92e-06	-2.85e-03
7	10	0.69	-2.90	-0.44	2.30e-03	-2.92e-06	2.85e-03
7	11	0.69	-2.90	-0.44	2.30e-03	-2.92e-06	2.85e-03
7	12	0.75	2.90	-0.44	-2.30e-03	-2.75e-06	3.38e-03
7	13	0.75	2.90	-0.44	-2.30e-03	-2.75e-06	3.38e-03
7	14	-0.32	-9.68	-0.44	7.65e-03	0.0	-1.81e-03
7	15	-0.32	-9.68	-0.44	7.65e-03	0.0	-1.81e-03
7	16	-0.11	9.68	-0.44	-7.65e-03	1.14e-06	-5.44e-05

REGIONE PIEMONTE
COMUNE DI VERCELLI

EX MACELLO
RELAZIONE STRUTTURALE PRELIMINARE

7	17	-0.11	9.68	-0.44	-7.65e-03	1.14e-06	-5.44e-05
7	18	0.11	-9.68	-0.44	7.65e-03	-1.14e-06	5.44e-05
7	19	0.11	-9.68	-0.44	7.65e-03	-1.14e-06	5.44e-05
7	20	0.32	9.68	-0.44	-7.65e-03	0.0	1.81e-03
7	21	0.32	9.68	-0.44	-7.65e-03	0.0	1.81e-03
7	22	-0.25	-2.90	-0.44	2.30e-03	0.0	-1.20e-03
7	23	-0.25	-2.90	-0.43	2.30e-03	0.0	-1.20e-03
7	24	-0.19	2.90	-0.44	-2.30e-03	0.0	-6.70e-04
7	25	-0.19	2.90	-0.43	-2.30e-03	0.0	-6.70e-04
7	26	0.19	-2.90	-0.44	2.30e-03	0.0	6.70e-04
7	27	0.19	-2.90	-0.43	2.30e-03	0.0	6.70e-04
7	28	0.25	2.90	-0.44	-2.30e-03	0.0	1.20e-03
7	29	0.25	2.90	-0.43	-2.30e-03	0.0	1.20e-03
7	30	-0.53	-2.03	-0.44	1.60e-03	1.92e-06	-2.36e-03
7	31	-0.53	-2.03	-0.44	1.60e-03	1.92e-06	-2.36e-03
7	32	-0.48	2.03	-0.44	-1.60e-03	2.04e-06	-1.99e-03
7	33	-0.48	2.03	-0.44	-1.60e-03	2.04e-06	-1.99e-03
7	34	0.48	-2.03	-0.44	1.60e-03	-2.04e-06	1.99e-03
7	35	0.48	-2.03	-0.44	1.60e-03	-2.04e-06	1.99e-03
7	36	0.53	2.03	-0.44	-1.60e-03	-1.92e-06	2.36e-03
7	37	0.53	2.03	-0.44	-1.60e-03	-1.92e-06	2.36e-03
7	38	-0.22	-6.76	-0.44	5.34e-03	0.0	-1.27e-03
7	39	-0.22	-6.76	-0.44	5.34e-03	0.0	-1.27e-03
7	40	-0.08	6.76	-0.44	-5.34e-03	0.0	-3.80e-05
7	41	-0.08	6.76	-0.44	-5.34e-03	0.0	-3.80e-05
7	42	0.08	-6.76	-0.44	5.34e-03	0.0	3.80e-05
7	43	0.08	-6.76	-0.44	5.34e-03	0.0	3.80e-05
7	44	0.22	6.76	-0.44	-5.34e-03	0.0	1.27e-03
7	45	0.22	6.76	-0.44	-5.34e-03	0.0	1.27e-03
7	46	-0.17	-2.03	-0.44	1.60e-03	0.0	-8.37e-04
7	47	-0.17	-2.03	-0.44	1.60e-03	0.0	-8.37e-04
7	48	-0.13	2.03	-0.44	-1.60e-03	0.0	-4.68e-04
7	49	-0.13	2.03	-0.44	-1.60e-03	0.0	-4.68e-04
7	50	0.13	-2.03	-0.44	1.60e-03	0.0	4.68e-04
7	51	0.13	-2.03	-0.44	1.60e-03	0.0	4.68e-04
7	52	0.17	2.03	-0.44	-1.60e-03	0.0	8.37e-04
7	53	0.17	2.03	-0.44	-1.60e-03	0.0	8.37e-04
8	1	0.05	0.0	-0.55	0.0	-3.94e-03	0.0
8	2	0.03	0.0	-0.38	0.0	-2.72e-03	0.0
8	3	0.03	0.0	-0.35	0.0	-2.54e-03	0.0
8	4	0.01	0.0	-0.14	0.0	-9.76e-04	0.0
8	5	0.03	0.0	-0.33	0.0	-2.37e-03	0.0
8	6	-0.72	-3.15	-0.33	5.13e-03	-2.37e-03	-2.93e-03
8	7	-0.72	-3.15	-0.33	5.13e-03	-2.36e-03	-2.93e-03
8	8	-0.66	2.62	-0.33	-2.77e-03	-2.38e-03	-3.32e-03
8	9	-0.66	2.62	-0.33	-2.77e-03	-2.36e-03	-3.32e-03
8	10	0.72	-2.62	-0.33	2.77e-03	-2.38e-03	3.32e-03
8	11	0.72	-2.62	-0.33	2.77e-03	-2.36e-03	3.32e-03
8	12	0.78	3.15	-0.33	-5.13e-03	-2.38e-03	2.93e-03
8	13	0.78	3.15	-0.33	-5.13e-03	-2.37e-03	2.93e-03
8	14	-0.29	-9.69	-0.33	0.01	-2.37e-03	-2.80e-04
8	15	-0.29	-9.69	-0.33	0.01	-2.35e-03	-2.80e-04
8	16	-0.09	9.53	-0.33	-0.01	-2.39e-03	-1.59e-03
8	17	-0.09	9.53	-0.33	-0.01	-2.37e-03	-1.59e-03
8	18	0.14	-9.53	-0.33	0.01	-2.37e-03	1.59e-03
8	19	0.14	-9.53	-0.33	0.01	-2.35e-03	1.59e-03
8	20	0.35	9.69	-0.33	-0.01	-2.39e-03	2.80e-04
8	21	0.35	9.69	-0.33	-0.01	-2.37e-03	2.80e-04
8	22	-0.22	-2.96	-0.33	4.31e-03	-2.39e-03	-7.40e-04
8	23	-0.22	-2.96	-0.32	4.31e-03	-2.34e-03	-7.40e-04
8	24	-0.16	2.81	-0.33	-3.60e-03	-2.40e-03	-1.13e-03
8	25	-0.16	2.81	-0.32	-3.60e-03	-2.34e-03	-1.13e-03
8	26	0.22	-2.81	-0.33	3.60e-03	-2.40e-03	1.13e-03
8	27	0.21	-2.81	-0.32	3.60e-03	-2.34e-03	1.13e-03
8	28	0.28	2.96	-0.33	-4.31e-03	-2.40e-03	7.40e-04
8	29	0.28	2.96	-0.32	-4.31e-03	-2.35e-03	7.40e-04
8	30	-0.50	-2.20	-0.33	3.58e-03	-2.37e-03	-2.04e-03
8	31	-0.50	-2.20	-0.33	3.58e-03	-2.36e-03	-2.04e-03
8	32	-0.45	1.83	-0.33	-1.93e-03	-2.37e-03	-2.32e-03
8	33	-0.45	1.83	-0.33	-1.93e-03	-2.37e-03	-2.32e-03
8	34	0.51	-1.83	-0.33	1.93e-03	-2.37e-03	2.32e-03
8	35	0.51	-1.83	-0.33	1.93e-03	-2.37e-03	2.32e-03
8	36	0.55	2.20	-0.33	-3.58e-03	-2.38e-03	2.04e-03
8	37	0.55	2.20	-0.33	-3.58e-03	-2.37e-03	2.04e-03
8	38	-0.19	-6.77	-0.33	9.44e-03	-2.37e-03	-1.96e-04
8	39	-0.19	-6.77	-0.33	9.44e-03	-2.36e-03	-1.96e-04
8	40	-0.05	6.66	-0.33	-8.95e-03	-2.38e-03	-1.11e-03
8	41	-0.05	6.66	-0.33	-8.95e-03	-2.37e-03	-1.11e-03
8	42	0.11	-6.66	-0.33	8.95e-03	-2.37e-03	1.11e-03
8	43	0.11	-6.66	-0.33	8.95e-03	-2.36e-03	1.11e-03
8	44	0.25	6.77	-0.33	-9.44e-03	-2.38e-03	1.96e-04
8	45	0.25	6.77	-0.33	-9.44e-03	-2.37e-03	1.96e-04
8	46	-0.14	-2.07	-0.33	3.01e-03	-2.38e-03	-5.17e-04
8	47	-0.14	-2.07	-0.33	3.01e-03	-2.35e-03	-5.17e-04
8	48	-0.10	1.96	-0.33	-2.51e-03	-2.39e-03	-7.92e-04
8	49	-0.10	1.96	-0.33	-2.51e-03	-2.36e-03	-7.92e-04
8	50	0.16	-1.96	-0.33	2.51e-03	-2.38e-03	7.92e-04
8	51	0.16	-1.96	-0.33	2.51e-03	-2.36e-03	7.92e-04
8	52	0.20	2.07	-0.33	-3.01e-03	-2.39e-03	5.17e-04
8	53	0.20	2.07	-0.33	-3.01e-03	-2.36e-03	5.17e-04

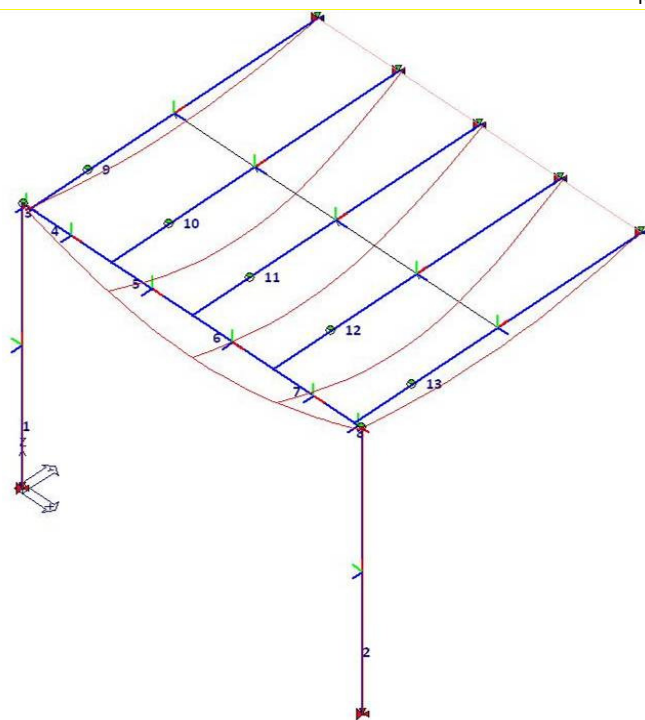


Figura 02 - Soletta magazzino: deformata per carichi totali (Cmb 2)

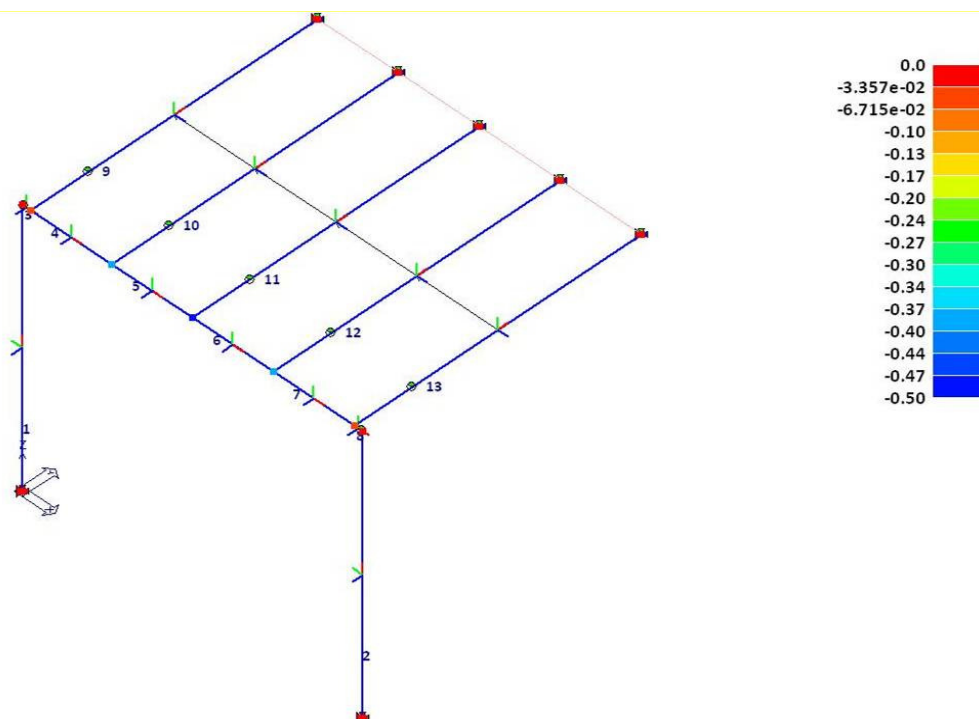


Figura 03 - Soletta magazzino: traslazione nodale per carichi totali (Cmb 2)

III.3.7. Analisi strutturali: risultati elementi tipo trave

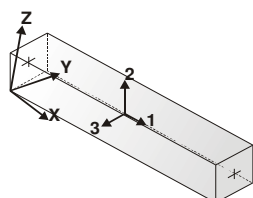
Il controllo dei risultati delle analisi condotte, per quanto concerne gli elementi tipo trave, è possibile in relazione alle tabelle sotto riportate. Gli elementi vengono suddivisi, in relazione alle proprietà in elementi:

- tipo pilastro
- tipo trave in elevazione
- tipo trave in fondazione

Per ogni elemento, e per ogni combinazione (o caso di carico) vengono riportati i risultati più signi-

ficativi. Per gli elementi tipo *pilastro* sono riportati in tabella i seguenti valori:

<i>Pilas.</i>	<i>numero dell'elemento pilastro</i>
<i>Cmb</i>	<i>combinazione in cui si verificano i valori riportati</i>
<i>M3 mx/mn</i>	<i>momento flettente in campata M3 max (prima riga) / min (seconda riga)</i>
<i>M2 mx/mn</i>	<i>momento flettente in campata M2 max (prima riga) / min (seconda riga)</i>
<i>D2/D3</i>	<i>freccia massima in direzione 2 (prima riga) / direzione 3 (seconda riga)</i>
<i>Q2/Q3</i>	<i>carico totale in direzione 2 (prima riga) / direzione 3 (seconda riga)</i>
<i>Pos.</i>	<i>ascissa del punto iniziale e finale dell'elemento</i>
<i>N, V2, ecc..</i>	<i>sei componenti di sollecitazione al piede ed in sommità dell'elemento</i>



*orientamento elementi 2D
non verticali*



*orientamento elementi 2D
verticali*

Per gli elementi tipo *trave in elevazione* sono riportati, oltre al numero dell'elemento, i medesimi risultati visti per i pilastri.

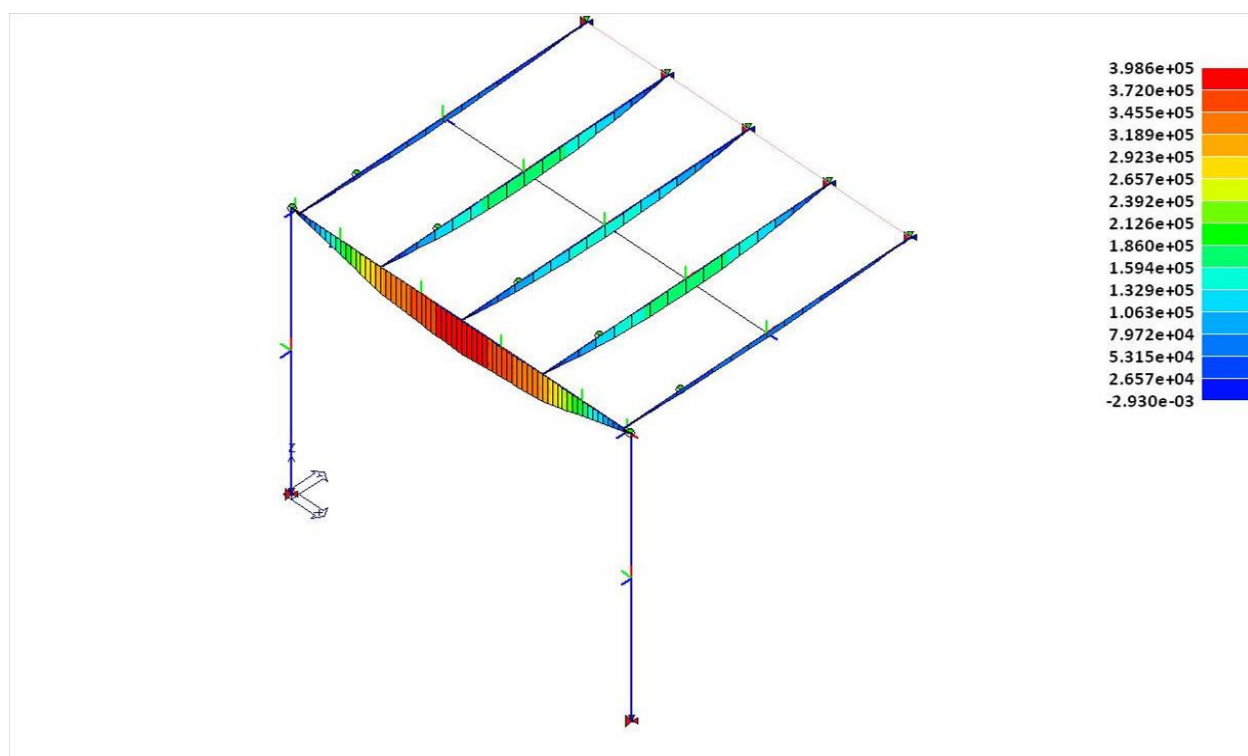


Figura 04 - Soletta magazzino: diagramma di momento flettente allo SLU (Cmb 1)

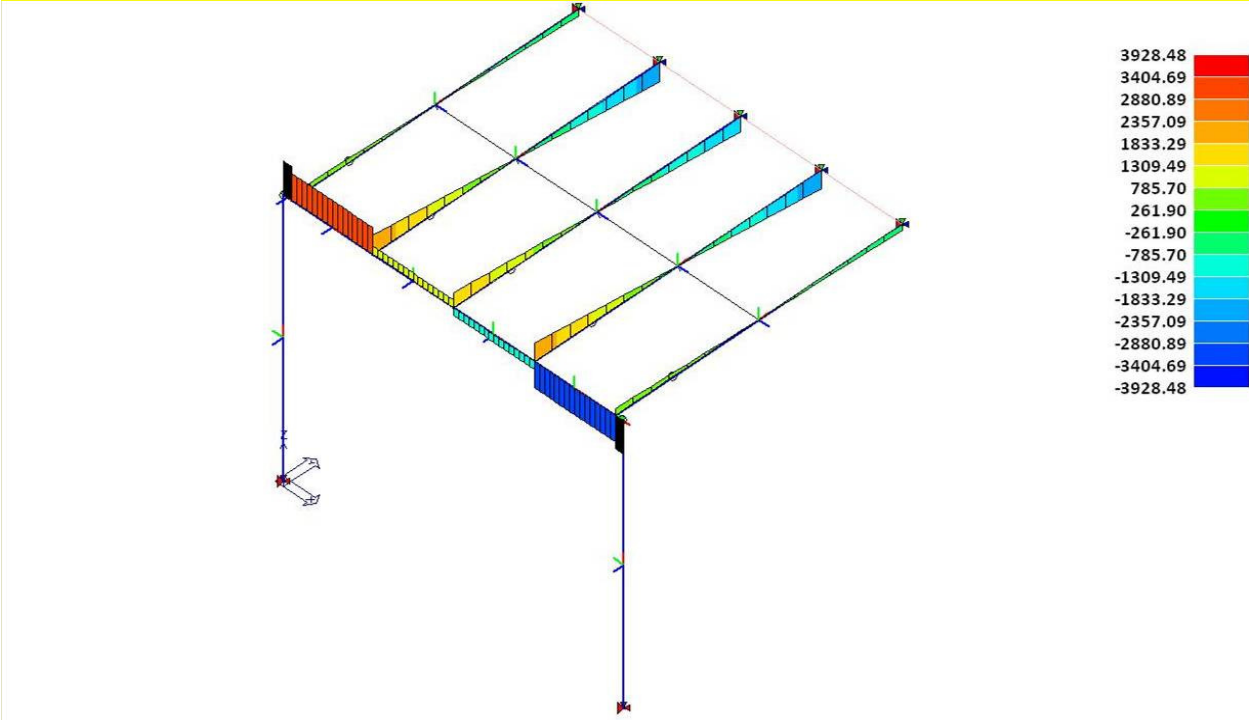


Figura 05 - Soletta magazzino: diagramma di taglio allo SLU (Cmb 1)

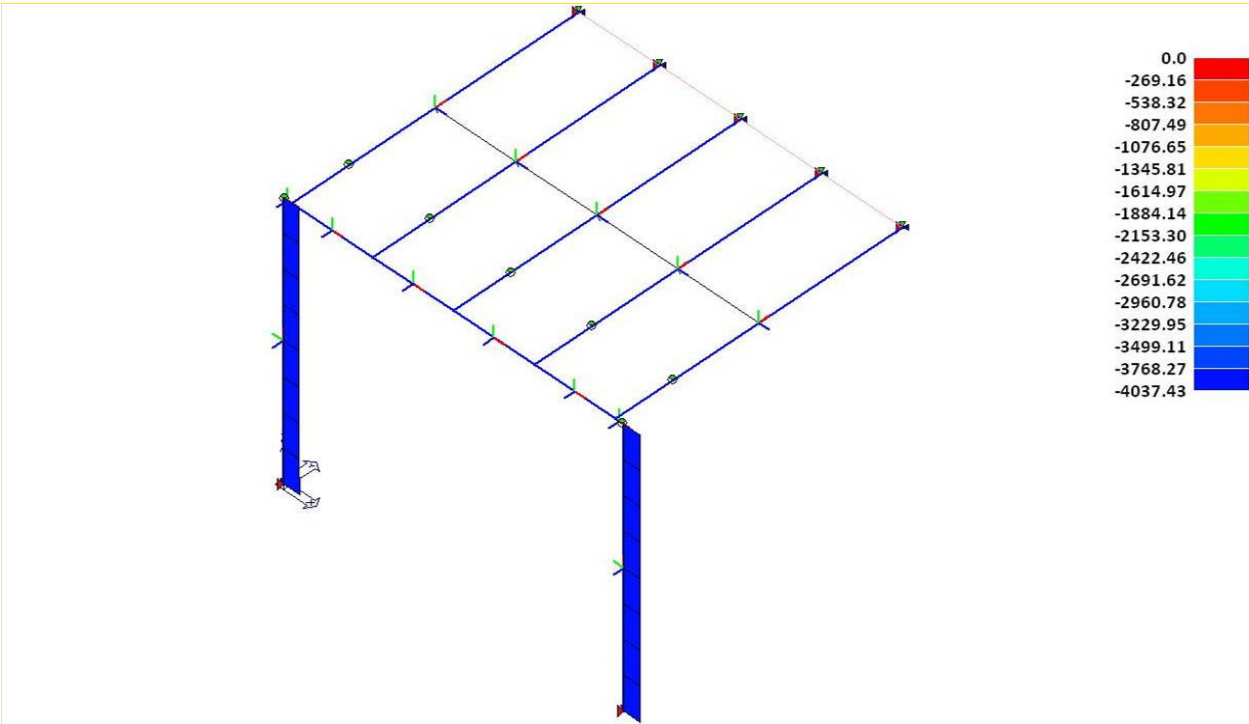


Figura 06 - Soletta magazzino: diagramma di sforzo normale allo SLU (Cmb 1)

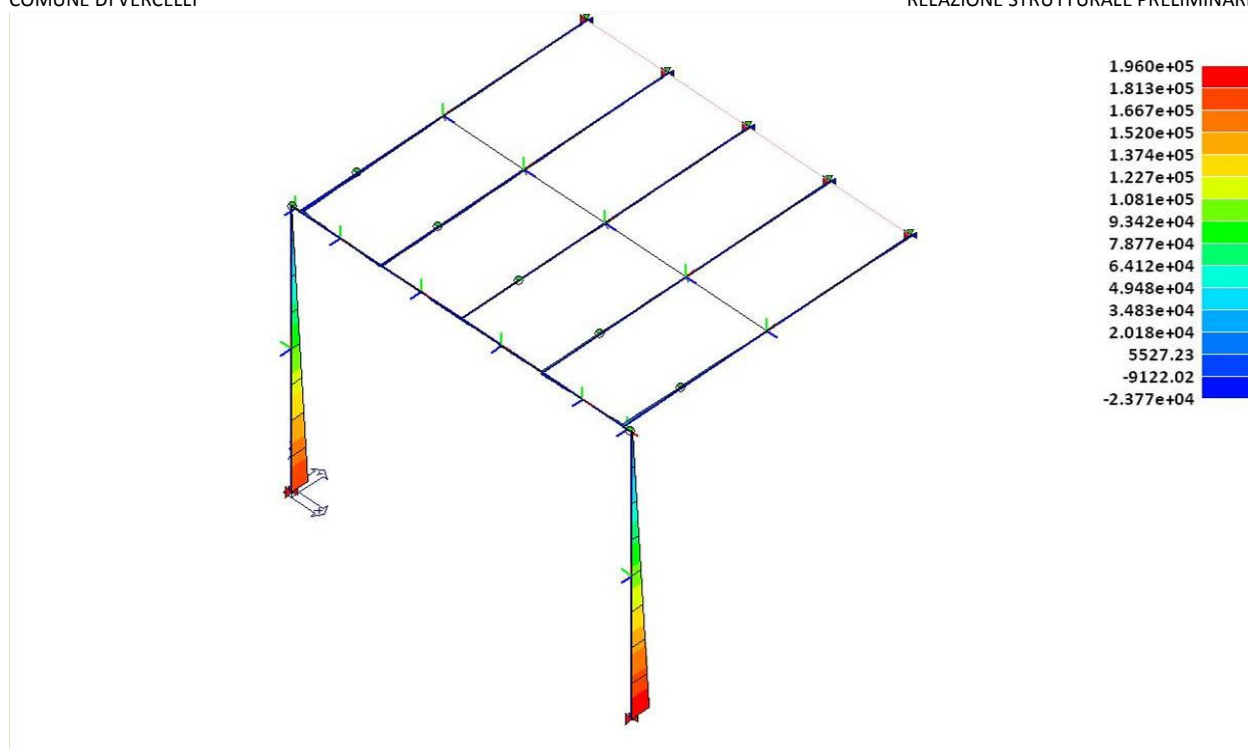


Figura 07 - Soletta magazzino: diagramma di momento flettente allo SLV (Cmb 14)

III.3.8. Verifiche strutturali: telaio metallico

Il programma consente la verifica dei seguenti tipi di elementi:

- aste
- travi
- pilastri

L'esito delle verifiche è espresso con un codice come di seguito indicato:

- **Ok** : verifica con esito positivo
- **NV** : verifica con esito negativo
- **Nr** : verifica non richiesta.

Per comodità gli elementi vengono raggruppati in tabelle in relazione al tipo.

Ai fini delle verifiche (come da D.M. 14 Gennaio 2008 e Circ. 2 Febbraio 2009 n.617) i tipi elementi differiscono per i seguenti aspetti:

Verifica	Aste	Travi	Pilastri
4.2.3.1 Classificazione	X	X	X
4.2.4.1.2 Trazione, Compressione	X	X	X
4.2.4.1.2 Taglio, Torsione		X	X
4.2.4.1.2 Flessione, taglio e forza assiale		X	X
4.2.4.1.3.1 Aste compresse	X	X	X
4.2.4.1.3.2 Instabilità flessio-torsionale		X	X
4.2.4.1.3.3 Membrature inflesse e compresse		X	X

Ai fini delle verifiche per strutture dissipative (come da D.M. 14 Gennaio 2008 e Circ. 2 Febbraio 2009 n.617 per strutture intelaiate e a controventi concentrici) si considerano le verifiche del capitolo 4 con azioni amplificate e le verifiche del capitolo 7.

Verifica	Travi	Pilastri
4.2.4.1.2 Trazione, Compressione	X	X
4.2.4.1.2 Taglio, Torsione		X

4.2.4.1.2	<i>Flessione, taglio e forza assiale</i>	X	X
4.2.4.1.3.1	<i>Aste compresse</i>	X	X
4.2.4.1.3.2	<i>Instabilità flesso-torsionale</i>		X
7.5.3	<i>Sfruttamento per momento</i>	X	
7.5.4	<i>Sfruttamento per sforzo normale</i>	X	
7.5.5	<i>Sfruttamento per taglio da capacità flessionale</i>	X	
7.5.9	<i>Sfruttamento per taglio amplificato</i>		X

Viene inoltre riportata la verifica del par. 7.5.4.3 Gerarchia delle resistenze trave-colonna per ogni colonna, considerando piede e testa in entrambe le direzioni globali X e Y.

L'insieme delle verifiche sopra riportate è condotto sugli elementi purché dotati di sezione idonea come da tabella seguente.

Azione		SEZIONI GENERICHE	PROFILI SEMPLICI	PROFILI ACCOPPIATI
4.2.3.1	<i>Classificazione automatica</i>	<i>L, doppio T, C, rettangolare cava, circolare cava</i>	<i>Tutti</i>	<i>Da profilo semplice</i>
4.2.3.1	<i>Classificazione di default 2</i>	<i>Circolare</i>		
4.2.3.1	<i>Classificazione di default 3</i>	<i>restanti</i>		
4.2.4.1.2	<i>Trazione</i>	<i>si</i>	<i>si</i>	<i>si</i>
4.2.4.1.2	<i>Compressione</i>	<i>si</i>	<i>si</i>	<i>si</i>
4.2.4.1.2	<i>Taglio, Torsione</i>	<i>si</i>	<i>si</i>	<i>si</i>
4.2.4.1.2	<i>Flessione, taglio e forza assiale</i>	<i>si</i>	<i>si</i>	<i>si</i>
4.2.4.1.3.1	<i>Aste compresse</i>	<i>si</i>	<i>si</i>	<i>per elementi ravvicinati e a croce o coppie calastrellate</i>
4.2.4.1.3.2	<i>Travi inflesse</i>	<i>doppio T simmetrica</i>	<i>doppio T</i>	<i>no</i>

Le verifiche sono riportate in tabelle con il significato sotto indicato; le verifiche sono espresse dal rapporto tra l'azione di progetto e la capacità ultima, pertanto la verifica ha esito positivo per rapporti non superiori all'unità.

Asta		Trave		Pilastro		numero dell'elemento
Stato						codice di verifica per resistenza, stabilità, svergolamento
Note						sezione e materiali adottati per l'elemento
V N						(ASTE) verifica come da par. 4.2.4.1.2 per punto (4.2.6) e (4.2.10)
V V/T						(TRAVI E PILASTRI) verifica come da par. 4.2.4.1.2 per azioni taglio-torsione
V N/M						(TRAVI E PILASTRI) verifica come da par. 4.2.4.1.2 per azioni composte con riduzione per taglio (4.2.41) ove richiesto
N	M3	M2	V2	V3	T	sollecitazioni di interesse per la verifica
V stab						(ASTE) verifica come da par. 4.2.4.1.3 per punto (4.2.42)
V stab						(TRAVI E PILASTRI) verifica come da par. 4.2.4.1.3 per punti (C4.2.32) o (C4.2.36) (membrature inflesse e compresse senza/con presenza di instabilità flesso-torsionale
BetaxL		B22xL		B33xL		lunghezze libere di inflessione (se indicato riferiti al piano di normale 22 o 33 rispettivamente)
Snellezza		Snel22		Snel33		valori di snellezza (se indicato riferiti al piano di normale 22 o 33 rispettivamente)
Chi mn						coefficiente di riduzione (della capacità) per la modalità di instabilità pertinente
Rif. cmb						combinazioni in cui si sono rispettivamente attinti i valori di verifica più elevati

<i>V flst</i>	<i>(TRAVI E PILASTRI) verifica come da par. 4.2.4.1.3 per punto (4.2.29)</i>
<i>B1-1 x L</i>	<i>Beta1-1 x L: interasse tra i ritegni torsionali</i>
<i>Chi LT</i>	<i>coefficiente di riduzione (della capacità) per la modalità di instabilità flessione-torsionale</i>
<i>Snell adim</i>	<i>Valore della snellezza adimensionale, utilizzato per il controllo previsto al par. 7.5.5</i>
<i>v.Omeg</i>	<i>Valore del rapporto capacità/domanda per l'azione di interesse (momento per travi e azione assiale per aste) utilizzato per l'amplificazione delle azioni</i>
<i>f.Om. N</i>	<i>Fattore di amplificazione delle azioni assiali per travi e colonne (prodotto di 1.1 x Omega x gamma rd materiale); utilizzato come specificato al par. 7.5.5</i>
<i>f.Om. T</i>	<i>Fattore di amplificazione delle azioni (assiali, flettenti e taglianti) per colonne (prodotto di 1.1 x Omega x gamma rd materiale); utilizzato come specificato al par. 7.5.4</i>
<i>V.7.5.3 M Ed</i>	<i>Verifica come prevista al punto 7.5.3 e valore dell'azione flettente</i>
<i>V.7.5.4 N Ed</i>	<i>Verifica come prevista al punto 7.5.4 e valore dell'azione assiale</i>
<i>V.7.5.5 V Ed,G V Ed,M</i>	<i>Verifica come prevista al punto 7.5.5 e valore dei tagli dovuti ai carichi e alla capacità</i>
<i>V.7.5.9 V Ed</i>	<i>Verifica come prevista al punto 7.5.9 e valore dell'azione di taglio</i>
<i>sovr. Xi (Xf, Yi, Yf)</i>	<i>Valore della sovraresistenza come prevista al par. 7.5.4.3 (i valori non sono normalizzati pertanto saranno maggiori uguali a gamma rd classe di duttilità)</i>

TraveStato	Note	V V/T	V N/M	V stab	Classe	B22xL cm	B33xL	Snellezza	Chi mn	V flst	B11xL cm	Chi LT	Rif. cmb
3	ok s=2,m=11	0.15	0.05	0.04	1	10.0	380.0	38.1	0.94				18,16,16,0
4	ok s=2,m=11	0.13	0.33	0.20	1	90.0	380.0	38.1	0.93				18,1,16,0
5	ok s=2,m=11	0.05	0.42	0.32	1	90.0	380.0	38.1	0.93	0.43	90.0	0.97	19,1,16,1
6	ok s=2,m=11	0.03	0.42	0.32	1	90.0	380.0	38.1	0.93	0.43	90.0	0.97	21,1,20,1
7	ok s=2,m=11	0.14	0.33	0.25	1	90.0	380.0	38.1	0.93				20,1,1,0
8	ok s=2,m=11	0.19	0.05	0.04	1	10.0	380.0	38.1	0.94				20,20,20,0
Trave		V V/T	V N/M	V stab		B22xL	B33xL	Snellezza	Chi mn	V flst	B11xL	Chi LT	
		0.19	0.42	0.32		380.00		38.09	0.93	0.43	90.00	0.97	
Travev.Omeg f.Om. N		Stato	V N/M	V stab	Rif. cmb	V.7.5.3	M Ed daN cm	V.7.5.4	N Ed daN	V.7.5.5	V Ed,G daN	V Ed,M daN	
3						0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4						0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5						0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
6						0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
7						0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
8						0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Travev.Omeg			V N/M	V stab		V.7.5.3	M Ed	V.7.5.4	N Ed	V.7.5.5	V Ed,G	V Ed,M	
						0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
						0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Pilas.Stato	Note	V V/T	V N/M	V stab	Classe	B22xL cm	B33xL	Snellezza	Chi mn	V flst	B11xL cm	Chi LT	Rif. cmb
1	ok s=1,m=11	0.02	0.87	0.80	1	680.0	680.0	193.2	0.16	0.09	340.0	0.95	18,19,16,12
2	ok s=1,m=11	0.02	0.92	0.83	1	680.0	680.0	193.2	0.16	0.09	340.0	0.95	20,21,20,12
Pilas.		V V/T	V N/M	V stab		B22xL	B33xL	Snellezza	Chi mn	V flst	B11xL	Chi LT	
		0.02	0.92	0.83		680.00		193.20	0.16	0.09	340.00	0.95	

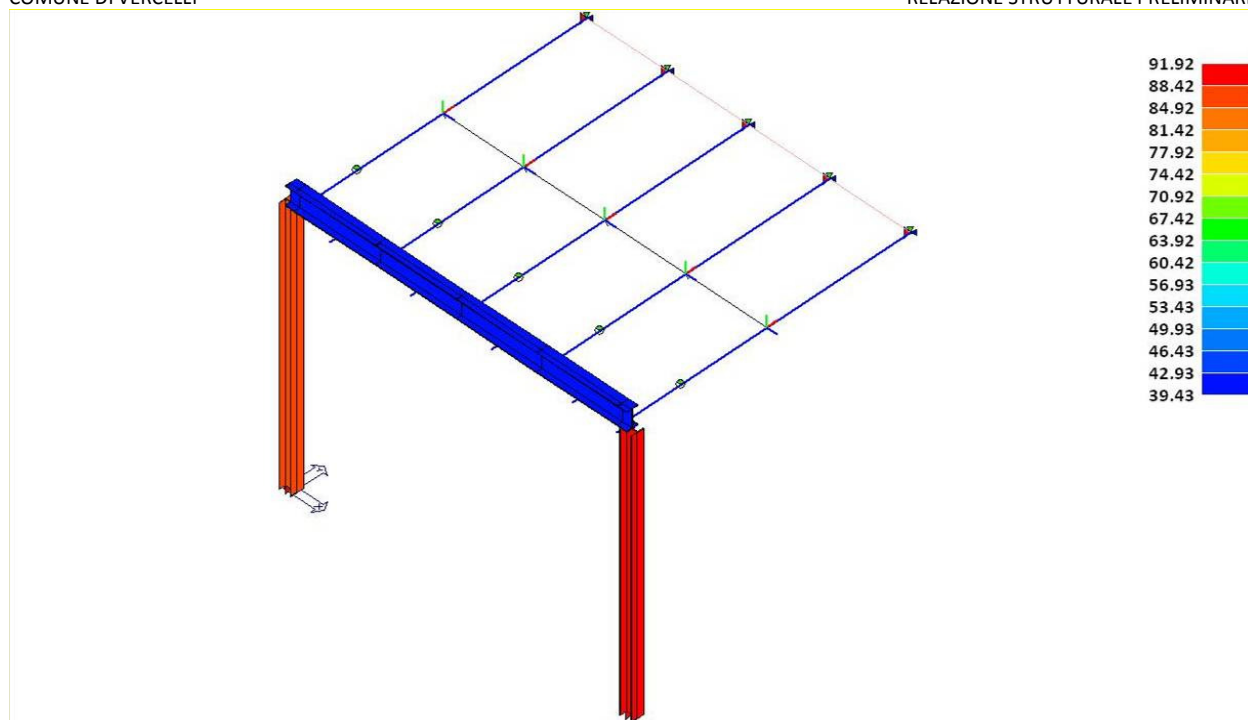


Figura 08 - Soletta magazzino: mappa cromatica dello sfruttamento degli elementi del telaio metallico

III.3.9. Verifiche strutturali: travi lignee di impalcato

Si riportano le verifiche condotte per le travi in legno lamellare dell'impalcato.

Tipologia

Tipo di orditura: Semplice (solo travi principali)

Assito: Carotato

Geometria

Trave principale in legno:

Base della sezione: $b = 160 \text{ mm}$

Altezza della sezione: $h = 240 \text{ mm}$

Interasse tra le travi principali: $i = 1000 \text{ mm}$

Luce di calcolo delle travi: $l = 3200 \text{ mm}$

Soletta in calcestruzzo:

Spessore: $s = 50 \text{ mm}$

Distanza tra soletta e trave (travetti + assito): $t = 30 \text{ mm}$

Larghezza efficace della soletta: $b_{\text{eff}} = 600 \text{ mm}$

Altri componenti:

- spessore: $s_a = 30 \text{ mm}$

Isolante: spessore: $s_i = 0 \text{ mm}$

Legno

Specie e classe di resistenza: Legno lamellare di conifera omogeneo e combinato (EN 1194) [CNR DT 206/2007] GL24c

Classe di servizio: 1

Resistenza a flessione $f_{mk} = 24 \text{ N/mm}^2$

Resistenza a trazione parallela alla fibratura $f_{t0k} = 14 \text{ N/mm}^2$

Resistenza a compressione parallela alla fibratura $f_{c0k} = 21 \text{ N/mm}^2$

Resistenza a taglio $f_{vk} = 2.2 \text{ N/mm}^2$

Massa volumica $\rho_k = 350 \text{ kg/m}^3$ (Peso specifico = 3.5 kN/m^3)

Coefficiente parziale per le proprietà dei materiali: $\gamma_M = 1.45$

Le **classi di durata del carico** considerate sono due:

- 1) permanente (per combinazioni di carico comprendenti i soli permanenti): $k_{mod} = 0.6$
- 2) media durata (per combinazioni di carico comprendenti tutti i carichi, permanenti e variabili): $k_{mod} = 0.8$

Le **resistenze di progetto** si distinguono fra i due casi di classi di durata del carico:
(trazione e compressione: parallele alla fibratura)

- 1) permanente: $k_{mod} / \gamma_M = 0.6/1.45 = 0.414$

da cui:

resistenza a flessione di progetto : $f_{md} = 9.93 \text{ N/mm}^2$

resistenza a trazione di progetto: $f_{td} = 5.79 \text{ N/mm}^2$

resistenza a compressione di progetto: $f_{cd} = 8.69 \text{ N/mm}^2$

resistenza a taglio di progetto: $f_{vd} = 0.91 \text{ N/mm}^2$

- 2) media durata: $k_{mod} / \gamma_M = 0.8/1.45 = 0.552$

da cui:

resistenza a flessione di progetto: $f_{md} = 13.24 \text{ N/mm}^2$

resistenza a trazione di progetto: $f_{td} = 7.72 \text{ N/mm}^2$

resistenza a compressione di progetto: $f_{cd} = 11.59 \text{ N/mm}^2$

resistenza a taglio di progetto: $f_{vd} = 1.21 \text{ N/mm}^2$

Moduli elastici:

Modulo elastico medio parallelo alle fibre:

$$E_{0,mean} = 11600 \text{ N/mm}^2$$

Modulo di taglio medio:

$$G_{mean} = 590 \text{ N/mm}^2$$

Viscosità:

$$k_{def} = 0.6$$

Fattore di riduzione del modulo di elasticità del legno per tenere conto degli effetti a lunga durata ($t=\infty$):

$$1/(1 + k_{def}) = 0.625$$

Questo fattore di riduzione si applica anche alla rigidità della connessione per le verifiche a lungo termine.

Calcestruzzo

Peso specifico (=peso volumico) del calcestruzzo: 25 kN/m^3

Classe di resistenza: C25/30

Resistenza caratteristica a compressione: $f_{ck} = 25 \text{ N/mm}^2$

$$\alpha_{cc} = 0.85$$

Coefficiente parziale di sicurezza: $\gamma_c = 1.5$

Resistenza di calcolo a compressione:

$$f_{cd} = \alpha_{cc} f_{ck} / \gamma_c = 0.85 * 25 / 1.5 = 14.17 \text{ N/mm}^2$$

Resistenza caratteristica a trazione: $f_{ctk} = 1.8 \text{ N/mm}^2$

Resistenza di calcolo a trazione:

$$f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_c = 1.20 \text{ N/mm}^2$$

Modulo elastico:

$$\text{Modulo elastico } E_{cm} = 31476 \text{ N/mm}^2$$

Viscosità:

Tempo di messa in carico (termine della maturazione): 28 giorni

Umidità relativa dell'atmosfera: 55%

$$A_c = 50 * 600 \text{ mm}^2$$

$$u = 600 \text{ mm, da cui: } h_0 = 100 \text{ mm}$$

Coefficiente di viscosità: $\phi = 2.85$

Fattore di riduzione del modulo di elasticità del calcestruzzo per tenere degli effetti a lunga durata ($t=\infty$):

$$1 / (1 + \phi) = 0.260$$

Connessione

Barre di armatura ad aderenza migliorata di tipo B450C (§11.3.2.1):

resistenza caratteristica allo snervamento: $f_{yk} = 450 \text{ N/mm}^2$
resistenza caratteristica a rottura: $f_{uk} = 540 \text{ N/mm}^2$

Travi principali

Diametro dei connettori: $\Phi = 12 \text{ mm}$
Interasse dei connettori: $s = 150 \text{ mm}$

Accoppiamento barre: agli appoggi

Profondità di infissione dei connettori nel legno: $l_w = 120 \text{ mm}$

Profondità di infissione dei connettori nel calcestruzzo: $l_c = 40 \text{ mm}$

Lunghezza dei connettori: $l_b = l_w + t + l_c = 190 \text{ mm}$

Rigidezze:

$K_{ser} \text{ (SLE)} = 7857 \text{ N/mm}$

$K_u \text{ (SLU)} = 5238 \text{ N/mm}$

Resistenza:

$F_{v,Rk} = 12889 \text{ N}$

Scorrimento massimo allo stato limite ultimo:

$\delta_{c,lim} = F / K_u = 1 \text{ mm}$

Il valore di progetto della resistenza a taglio della connessione è quindi dato da:

$F_{v,Rd} = k_{mod} * F_{v,Rk} / \gamma_M = k_{mod} * 12889 / 1.45$

e quindi, per i due valori di riferimento di k_{mod} , relativi rispettivamente ai carichi permanente e di media durata:

permanente: $k_{mod} = 0.6 \Rightarrow F_{v,Rd} = 5333 \text{ N}$

media durata: $k_{mod} = 0.8 \Rightarrow F_{v,Rd} = 7111 \text{ N}$

Carichi

Carichi permanenti G_1

$G_1 = 1.8 \text{ kN/m}^2$

Per SLU: $\gamma_{G1} = 1.3$

Carichi permanenti non strutturali G_2

$G_2 = 1 \text{ kN/m}^2$

Per SLU: $\gamma_{G2} = 1.5$

Carichi variabili Q_k :

Ambiente ad uso residenziale

$Q_k = 6 \text{ kN/m}^2$

$\psi_2 = 0.8$

Per SLU: $\gamma_Q = 1.5$

Limiti di deformabilità

Per la verifica della freccia f si considerano le seguenti limitazioni (l = luce della trave o del travetto):

- verifica a tempo 0: $f \leq (1/300) l$

- verifica a tempo ∞ : $f \leq (1/200) l$

Risultati Solaio n° 1

Coefficienti di sicurezza: Riepilogo

1.343 Scorrimento della connessione, CC1, $t=\infty$

1.562 Trazione all'intradosso del legno, CC1, $t=\infty$

1.639 Trazione all'intradosso del legno, CC1, $t=0$

1.865 Taglio nel legno, CC1, $t=\infty$

1.924 Taglio nel legno, CC1, $t=0$

1.997 Scorrimento della connessione, CC1, $t=0$

2.691 Resistenza della connessione, CC1, $t=\infty$

2.711 Resistenza della connessione, CC1, $t=0$

2.837 Freccia della sezione composta trave-cls $t=\infty$

- 2.938** Compressione nel cls (estradosso soletta), CC1, $t=0$
- 3.023** Freccia della sezione composta trave-cls $t=0$
- 3.846** Trazione all'intradosso del legno, CC2, $t=\infty$
- 4.000** Trazione all'intradosso del legno, CC2, $t=0$
- 4.163** Scorrimento della connessione, CC2, $t=\infty$
- 4.564** Compressione nel cls (estradosso soletta), CC1, $t=\infty$
- 4.632** Taglio nel legno, CC2, $t=\infty$
- 4.824** Taglio nel legno, CC2, $t=0$
- 6.676** Scorrimento della connessione, CC2, $t=0$
- 6.782** Resistenza della connessione, CC2, $t=\infty$
- 6.798** Resistenza della connessione, CC2, $t=0$
- 9.825** Compressione nel cls (estradosso soletta), CC2, $t=0$
- >> 1** Compressione nel cls (estradosso soletta), CC2, $t=\infty$

SEZIONE COMPOSTA TRAVE PRINCIPALE - SOLETTA IN CLS: VERIFICHE DI RESISTENZA (SLU)

Combinazione di Carico 1 (media durata: tutti carichi)

Verifica a tempo $t=0$

I parametri dei componenti del sistema misto legno e calcestruzzo sono riferiti al materiale indicato dal pedice:
1 = calcestruzzo, 2 = legno.

I contributi lineari di carico di tipo permanente e variabile sono i seguenti:

$$G_1 = 1.8 \text{ kN/m}^2$$

$$G_2 = 1 \text{ kN/m}^2$$

$$Q_k = 6 \text{ kN/m}^2$$

Per lo Stato Limite Ultimo (i = interasse travi):

$$q_{d,SLU} = (\gamma_{G1} G_1 + \gamma_{G2} G_2 + \gamma_Q Q_k) * i = 12.84 \text{ kN/m}$$

Rigidezze flessionali

- ipotesi di rigidezza della connessione nulla:

$$E_1 J_1 = 1.96725E+11 \text{ Nmm}^2$$

$$E_2 J_2 = 2.138112E+12 \text{ Nmm}^2$$

$$(EJ)_0 = \sum E_i J_i = E_1 J_1 + E_2 J_2 = 2.334837E+12 \text{ Nmm}^2$$

- ipotesi di rigidezza della connessione infinita:

coordinata y : da intradosso trave

area e posizione baricentro delle sezioni dei singoli elementi:

$$A_1 = 30000 \text{ mm}^2, y_1 = 295 \text{ mm}$$

$$A_2 = 38400 \text{ mm}^2, y_2 = 120 \text{ mm}$$

posizione baricentro sezione globale:

$$y_{G\infty} = (\sum E_i A_i y_i) / (\sum E_i A_i) = 239 \text{ mm}$$

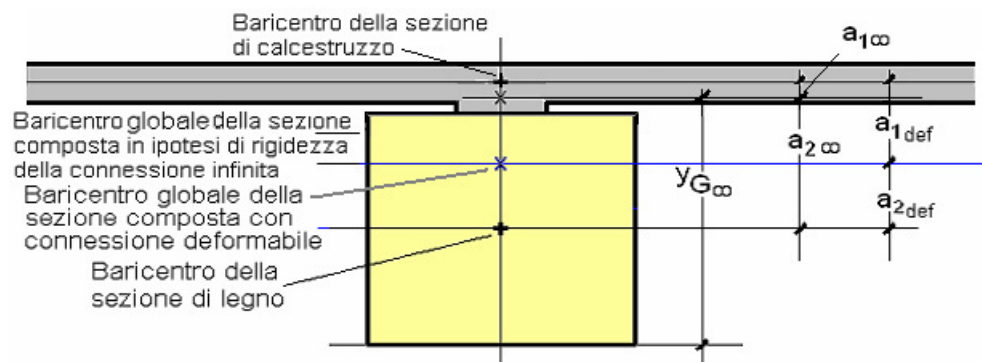
distanza dei baricentri dei singoli elementi da quello dell'intera sezione:

$$a_1 = h_2 + d - y_{G\infty} = 56 \text{ mm}$$

$$a_2 = y_{G\infty} - h_2/2 = 119 \text{ mm}$$

distanza tra i baricentri geometrici delle sezioni dei due componenti:

$$a = a_1 + a_2 = 175 \text{ mm}$$



In fig.: Parametri statici per la sezione composta in legno-calcestruzzo

$$(EJ)_{\infty} = \sum E_i J_i + \sum E_i A_i a_i^2 = 1.160396E+13 \text{ Nmm}^2$$

- *determinazione della rigidità efficace:*

$$s_{eq} = 150 \text{ mm}, K = K_u = 5238 \text{ N/mm}$$

$$\gamma_2 = 1$$

$$\gamma_1 = [1 + \pi^2 E_1 A_1 s_{eq} / (K l^2)]^{-1} = 0.037$$

distanze tra i baricentri geometrici delle sezioni 1 e 2 e il baricentro globale della sezione composta con connessione deformabile:

$$a_2 = a / [1 + (E_2 A_2) / (\gamma_1 E_1 A_1)] = 13 \text{ mm}$$

$$a_1 = a - a_2 = 162 \text{ mm}$$

rigidità efficace del sistema:

$$(EJ)_{eff} = \sum E_i J_i + (\sum \gamma_i E_i A_i a_i^2) = 3.325776E+12 \text{ Nmm}^2$$

efficienza della connessione:

$$\eta = [(EJ)_{eff} - (EJ)_0] / [(EJ)_{\infty} - (EJ)_0] = 0.11$$

SOLLECITAZIONI DI PROGETTO

Momento in mezzera:

$$M_d = q_{d,SLU} * l^2 / 8 = 1.64352E+07 \text{ Nmm}$$

Taglio agli appoggi:

$$V_d = q_{d,SLU} * l / 2 = 20544 \text{ N}$$

VERIFICA DEL CALCESTRUZZO

$$N_{1,d} = [(\gamma_1 E_1 a_1 A_1) / (EJ)_{eff}] * M_d = 27983 \text{ N}$$

$$M_{1,d} = [(EJ)_1 / (EJ)_{eff}] * M_d = 972168 \text{ Nmm}$$

Verifica di compressione al lembo compresso (estradosso della soletta)

$$\sigma_{max,1} = (N_{1,d} / A_1) + (M_{1,d} / W_e) = 4.82 \text{ N/mm}^2 < 14.17 \text{ N/mm}^2$$

$$\Rightarrow \eta_{01} = 14.17/4.82 = \mathbf{2.938}$$

[η_{01} : CC 1, $t=0$, compressione per pressoflessione nel cls al lembo compresso (estradosso soletta)]

Posizione dell'asse neutro nella sezione di calcestruzzo

$$x_c = h / (1 + |\sigma_{min,1}| / \sigma_{max,1}) = 31 \text{ mm} < 50 \text{ mm}$$

VERIFICA DEL LEGNO

$$N_{2,d} = [(\gamma_2 E_2 a_2 A_2) / (EJ)_{eff}] * M_d = 27983 \text{ N}$$

$$M_{2,d} = [(EJ)_2 / (EJ)_{eff}] * M_d = 1.056605E+07 \text{ Nmm}$$

Verifica a tensoflessione

$$W_2 = b_2 h_2^2 / 6 = 1536000 \text{ mm}^3$$

$$\sigma_{n,2} = (N_{2,d} / A_2) = 0.73 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{m,2} = (M_{2,d} / W_2) = 6.88 \text{ N/mm}^2$$

La formula di verifica è la seguente:

$$(\sigma_{n,2} / f_{td}) + (\sigma_{m,2} / f_{md}) = 0.61 < 1$$

$$\Rightarrow \eta_{06} = 1/0.61 = \mathbf{1.639}$$

[η_{06} : CC 1, $t=0$, trazione per tensoflessione nel legno al lembo teso (intradosso trave)]

Verifica a taglio

$$x_l = h_2/2 + a_2 = 133 \text{ mm}$$

$$\tau_2 = 0.5 x_l^2 * [E_2 / (EJ)_{eff}] * V_d = 0.63 \text{ N/mm}^2 < 1.21 \text{ N/mm}^2$$

$$\Rightarrow \eta_{07} = 1.21/0.63 = \mathbf{1.924}$$

[η_{07} : CC 1, $t=0$, taglio nel legno]

VERIFICA DELLA CONNESSIONE

Verifica di resistenza

$$F = [(\gamma_1 E_1 A_1 a_1 s_{eq}) / (EJ)_{eff}] * V_d = 5246 \text{ N}$$

Disponendo connettori accoppiati nelle zone di appoggio, la sollecitazione di progetto si può assumere pari a: $F/2 = 2623 \text{ N}$

$$F_{v,Sd} = 2623 < F_{v,Rd} = 7111 \text{ N}$$

$$\Rightarrow \eta_{08} = 7111/2623 = \mathbf{2.711}$$

[η_{08} : CC 1, $t=0$, resistenza della connessione]

Verifica di scorrimento

$$\delta_{c,lim} = \max\{1 \text{ mm}, L/4000\} = 1 \text{ mm}$$

Deve essere:

$$\delta_c = F / K_{u,\infty} \leq \delta_{c,lim}$$

Si ha: $\delta_c = 2623 / 5238 = 0.5 \text{ mm} < 1 \text{ mm}$

$\Rightarrow \eta_{09} = 1/0.5 = 1.997$

[η_{09} : CC 1, $t=0$, scorrimento della connessione]

SEZIONE COMPOSTA TRAVE PRINCIPALE - SOLETTA IN CLS: VERIFICHE DI RESISTENZA (SLU)

Combinazione di Carico 1 (media durata: tutti carichi)

Verifica a tempo $t=\infty$

I parametri dei componenti del sistema misto legno e calcestruzzo sono riferiti al materiale indicato dal pedice:

1 = calcestruzzo, 2 = legno.

I contributi lineari di carico di tipo permanente e variabile sono i seguenti:

$$G_1 = 1.8 \text{ kN/m}^2$$

$$G_2 = 1 \text{ kN/m}^2$$

$$Q_k = 6 \text{ kN/m}^2$$

Per lo Stato Limite Ultimo (i = interasse travi):

$$q_{d,SLU} = (\gamma_{G1} G_1 + \gamma_{G2} G_2 + \gamma_Q Q_k) * i = 12.84 \text{ kN/m}$$

I parametri di rigidezza dei materiali devono essere modificati per tenere conto degli effetti della viscosità (comportamento a lungo termine).

I valori di calcolo si possono ottenere dalla media delle caratteristiche elastiche intere e ridotte pesata in funzione della durata del carico (per il carico variabile Q_k , ψ_2 rappresenta la quota parte di carico quasi permanente, da considerare quindi ai fini della effetti della viscosità):

$$E_{1\infty} = E_1 * \frac{\frac{(\gamma_{G1} G_1 + \gamma_{G2} G_2 + \psi_2 \gamma_Q Q_k)}{(1 + \varphi)} + \frac{(1 - \psi_2) \gamma_Q Q_k}{1}}{(\gamma_{G1} G_1 + \gamma_{G2} G_2 + \gamma_Q Q_k)}$$
$$E_{2\infty} = E_2 * \frac{\frac{(\gamma_{G1} G_1 + \gamma_{G2} G_2 + \psi_2 \gamma_Q Q_k)}{(1 + k_{def})} + \frac{(1 - \psi_2) \gamma_Q Q_k}{1}}{(\gamma_{G1} G_1 + \gamma_{G2} G_2 + \gamma_Q Q_k)}$$

Pertanto:

$$E_{1\infty} = 31476 * 0.3635 = 11442 \text{ N/mm}^2$$

$$E_{2\infty} = 11600 * 0.6776 = 7860 \text{ N/mm}^2$$

Rigidezze flessionali

- ipotesi di rigidezza della connessione nulla:

$$E_1 J_1 = 7.151249E+10 \text{ Nmm}^2$$

$$E_2 J_2 = 1.448721E+12 \text{ Nmm}^2$$

$$(EJ)_0 = \Sigma E_i J_i = E_1 J_1 + E_2 J_2 = 1.520233E+12 \text{ Nmm}^2$$

- ipotesi di rigidezza della connessione infinita:

coordinata y: da intradosso trave

area e posizione baricentro delle sezioni dei singoli elementi:

$$A_1 = 30000 \text{ mm}^2, y_1 = 295 \text{ mm}$$

$$A_2 = 38400 \text{ mm}^2, y_2 = 120 \text{ mm}$$

posizione baricentro sezione globale:

$$y_{G\infty} = (\Sigma E_i A_i y_i) / (\Sigma E_i A_i) = 213 \text{ mm}$$

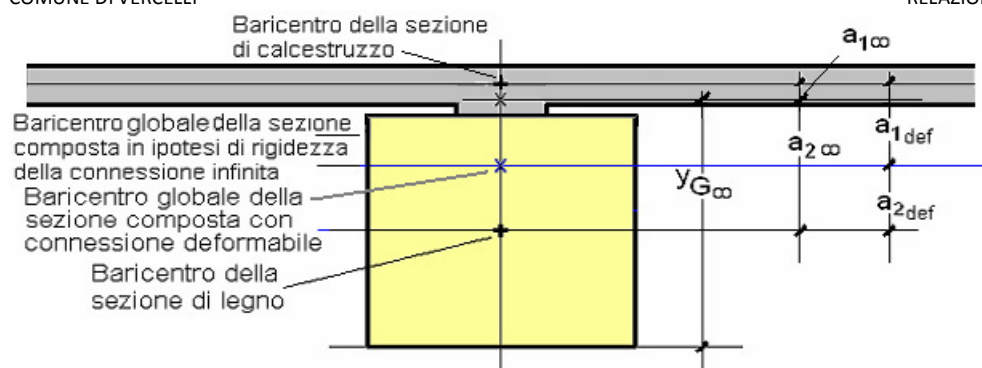
distanza dei baricentri dei singoli elementi da quello dell'intera sezione:

$$a_1 = h_2 + d - y_{G\infty} = 82 \text{ mm}$$

$$a_2 = y_{G\infty} - h_2/2 = 93 \text{ mm}$$

distanza tra i baricentri geometrici delle sezioni dei due componenti:

$$a = a_1 + a_2 = 175 \text{ mm}$$



In fig.: Parametri statici per la sezione composta in legno-calcestruzzo

$$(EJ)_{\infty} = \sum E_i J_i + \sum E_i A_i a_i^2 = 6.438717E+12 \text{ Nmm}^2$$

- *determinazione della rigidità efficace:*

il coefficiente correttivo per la viscosità, sopra calcolato, relativo al modulo di elasticità del legno (0.6776), viene applicato anche alla rigidità della connessione:

$$s_{eq} = 150 \text{ mm}, K_{u,\infty} = 0.6776 * K_u = 3549 \text{ N/mm}$$

$$\gamma_2 = 1$$

$$\gamma_1 = [1 + \pi^2 E_1 A_1 s_{eq} / (K l^2)]^{-1} = 0.067$$

distanze tra i baricentri geometrici delle sezioni 1 e 2 e il baricentro globale della sezione composta con connessione deformabile:

$$a_2 = a / [1 + (E_2 A_2) / (\gamma_1 E_1 A_1)] = 12 \text{ mm}$$

$$a_1 = a - a_2 = 163 \text{ mm}$$

rigidità efficace del sistema:

$$(EJ)_{eff} = \sum E_i J_i + (\sum \gamma_i E_i A_i a_i^2) = 2.172358E+12 \text{ Nmm}^2$$

efficienza della connessione:

$$\eta = [(EJ)_{eff} - (EJ)_0] / [(EJ)_{\infty} - (EJ)_0] = 0.13$$

SOLLECITAZIONI DI PROGETTO

Momento in mezzzeria:

$$M_d = q_{d,SLU} * l^2 / 8 = 1.64352E+07 \text{ Nmm}$$

Taglio agli appoggi:

$$V_d = q_{d,SLU} * l / 2 = 20544 \text{ N}$$

VERIFICA DEL CALCESTRUZZO

$$N_{1,d} = [(\gamma_1 E_1 a_1 A_1) / (EJ)_{eff}] * M_d = 28193 \text{ N}$$

$$M_{1,d} = [(EJ)_1 / (EJ)_{eff}] * M_d = 541035 \text{ Nmm}$$

Verifica di compressione al lembo compresso (estradosso della soletta)

$$\sigma_{max,1} = (N_{1,d} / A_1) + (M_{1,d} / W_e) = 3.1 \text{ N/mm}^2 < 14.17 \text{ N/mm}^2$$

$$\Rightarrow \eta_{01} = 14.17/3.1 = \mathbf{4.564}$$

[η_{10} : CC 1, $t=0$, compressione per pressoflessione nel cls al lembo compresso (estradosso soletta)]

Posizione dell'asse neutro nella sezione di calcestruzzo

$$x_c = h / (1 + |\sigma_{min,1}| / \sigma_{max,1}) = 36 \text{ mm} < 50 \text{ mm}$$

VERIFICA DEL LEGNO

$$N_{2,d} = [(\gamma_2 E_2 a_2 A_2) / (EJ)_{eff}] * M_d = 28193 \text{ N}$$

$$M_{2,d} = [(EJ)_2 / (EJ)_{eff}] * M_d = 1.096045E+07 \text{ Nmm}$$

Verifica a tensoflessione

$$W_2 = b_2 h_2^2 / 6 = 1536000 \text{ mm}^3$$

$$\sigma_{n,2} = (N_{2,d} / A_2) = 0.73 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{m,2} = (M_{2,d} / W_2) = 7.14 \text{ N/mm}^2$$

La formula di verifica è la seguente:

$$(\sigma_{n,2} / f_{td}) + (\sigma_{m,2} / f_{md}) = 0.64 < 1$$

$$\Rightarrow \eta_{15} = 1/0.64 = \mathbf{1.562}$$

[η_{15} : CC 1, $t=0$, trazione per tensoflessione nel legno al lembo teso (intradosso trave)]

Verifica a taglio

$$x_l = h_2/2 + a_2 = 132 \text{ mm}$$

$$\tau_2 = 0.5 x_l^2 * [E_2 / (EJ)_{eff}] * V_d = 0.65 \text{ N/mm}^2 < 1.21 \text{ N/mm}^2$$

$$\Rightarrow \eta_{16} = 1.21/0.65 = \mathbf{1.865}$$

[η_{16} : CC 1, $t=0$, taglio nel legno]

VERIFICA DELLA CONNESSIONE

Verifica di resistenza

$$F = [(\gamma_1 E_1 A_1 a_1 s_{eq}) / (EJ)_{eff}] * V_d = 5286 \text{ N}$$

Disponendo connettori accoppiati nelle zone di appoggio, la sollecitazione di progetto si può assumere pari a: $F/2 = 2643 \text{ N}$

$$F_{v,Sd} = 2643 < F_{v,Rd} = 7111 \text{ N}$$

$$\Rightarrow \eta_{17} = 7111/2643 = \mathbf{2.691}$$

[η_{17} : CC 1, $t=0$, resistenza della connessione]

Verifica di scorrimento

$$\delta_{c,lim} = \max\{1 \text{ mm.}, L/4000\} = 1 \text{ mm}$$

Deve essere:

$$\delta_c = F / K_{u,\infty} \leq \delta_{c,lim}$$

$$\text{Si ha: } \delta_c = 2643 / 3549 = 0.74 \text{ mm} < 1 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow \eta_{18} = 1/0.74 = \mathbf{1.343}$$

[η_{18} : CC 1, $t=0$, scorrimento della connessione]

SEZIONE COMPOSTA TRAVE PRINCIPALE - SOLETTA IN CLS: VERIFICHE DI RESISTENZA (SLU)

Combinazione di Carico 2 (lunga durata: solo carichi permanenti)

Verifica a tempo $t=0$

I parametri dei componenti del sistema misto legno e calcestruzzo sono riferiti al materiale indicato dal pedice:
1 = calcestruzzo, 2 = legno.

I contributi lineari di carico di tipo permanente e variabile sono i seguenti:

$$G_1 = 1.8 \text{ kN/m}^2$$

$$G_2 = 1 \text{ kN/m}^2$$

$$Q_k = 6 \text{ kN/m}^2$$

Per lo Stato Limite Ultimo (i = interasse travi):

$$q_{d,SLU} = (\gamma_{G1} G_1 + \gamma_{G2} G_2 + \gamma_Q Q_k) * i = 3.84 \text{ kN/m}$$

Rigidezze flessionali

- ipotesi di rigidezza della connessione nulla:

$$E_1 J_1 = 1.96725E+11 \text{ Nmm}^2$$

$$E_2 J_2 = 2.138112E+12 \text{ Nmm}^2$$

$$(EJ)_0 = \sum E_i J_i = E_1 J_1 + E_2 J_2 = 2.334837E+12 \text{ Nmm}^2$$

- ipotesi di rigidezza della connessione infinita:

coordinata y : da intradosso trave

area e posizione baricentro delle sezioni dei singoli elementi:

$$A_1 = 30000 \text{ mm}^2, y_1 = 295 \text{ mm}$$

$$A_2 = 38400 \text{ mm}^2, y_2 = 120 \text{ mm}$$

posizione baricentro sezione globale:

$$y_{G\infty} = (\sum E_i A_i y_i) / (\sum E_i A_i) = 239 \text{ mm}$$

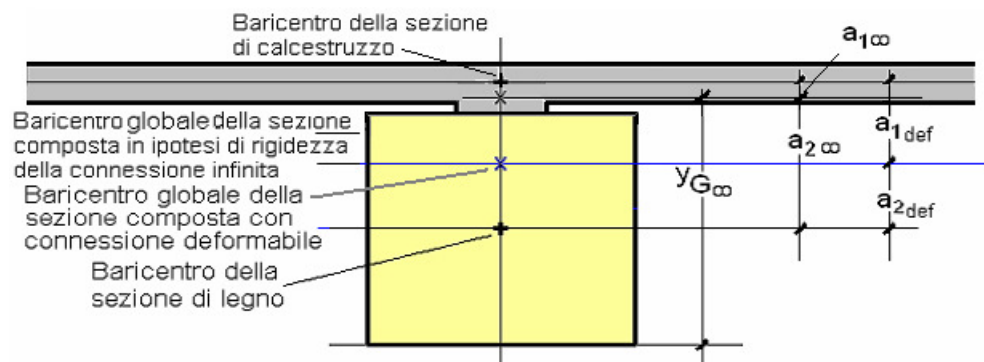
distanza dei baricentri dei singoli elementi da quello dell'intera sezione:

$$a_1 = h_2 + d - y_{G\infty} = 56 \text{ mm}$$

$$a_2 = y_{G\infty} - h_2/2 = 119 \text{ mm}$$

distanza tra i baricentri geometrici delle sezioni dei due componenti:

$$a = a_1 + a_2 = 175 \text{ mm}$$



In fig.: Parametri statici per la sezione composta in legno-calcestruzzo

$$(EJ)_{\infty} = \sum E_i J_i + \sum E_i A_i a_i^2 = 1.160396E+13 \text{ Nmm}^2$$

- *determinazione della rigidità efficace:*

$$s_{eq} = 150 \text{ mm}, K = K_u = 5238 \text{ N/mm}$$

$$\gamma_2 = 1$$

$$\gamma_1 = [1 + \pi^2 E_1 A_1 s_{eq} / (K l^2)]^{-1} = 0.037$$

distanze tra i baricentri geometrici delle sezioni 1 e 2 e il baricentro globale della sezione composta con connessione deformabile:

$$a_2 = a / [1 + (E_2 A_2) / (\gamma_1 E_1 A_1)] = 13 \text{ mm}$$

$$a_1 = a - a_2 = 162 \text{ mm}$$

rigidezza efficace del sistema:

$$(EJ)_{eff} = \sum E_i J_i + (\sum \gamma_i E_i A_i a_i^2) = 3.325776E+12 \text{ Nmm}^2$$

efficienza della connessione:

$$\eta = [(EJ)_{eff} - (EJ)_0] / [(EJ)_{\infty} - (EJ)_0] = 0.11$$

SOLLECITAZIONI DI PROGETTO

Momento in mezzera:

$$M_d = q_{d,SLU} * l^2 / 8 = 4915200 \text{ Nmm}$$

Taglio agli appoggi:

$$V_d = q_{d,SLU} * l / 2 = 6144 \text{ N}$$

VERIFICA DEL CALCESTRUZZO

$$N_{1,d} = [(\gamma_1 E_1 a_1 A_1) / (EJ)_{eff}] * M_d = 8369 \text{ N}$$

$$M_{1,d} = [(EJ)_1 / (EJ)_{eff}] * M_d = 290742 \text{ Nmm}$$

Verifica di compressione al lembo compresso (estradosso della soletta)

$$\sigma_{max,1} = (N_{1,d} / A_1) + (M_{1,d} / W_e) = 1.44 \text{ N/mm}^2 < 14.17 \text{ N/mm}^2$$

$$\Rightarrow \eta_{01} = 14.17 / 1.44 = \mathbf{9.825}$$

[η_{19} : CC 1, $t=0$, compressione per pressoflessione nel cls al lembo compresso (estradosso soletta)]

Posizione dell'asse neutro nella sezione di calcestruzzo

$$x_c = h / (1 + |\sigma_{min,1}| / \sigma_{max,1}) = 31 \text{ mm} < 50 \text{ mm}$$

VERIFICA DEL LEGNO

$$N_{2,d} = [(\gamma_2 E_2 a_2 A_2) / (EJ)_{eff}] * M_d = 8369 \text{ N}$$

$$M_{2,d} = [(EJ)_2 / (EJ)_{eff}] * M_d = 3159938 \text{ Nmm}$$

Verifica a tensoflessione

$$W_2 = b_2 h_2^2 / 6 = 1536000 \text{ mm}^3$$

$$\sigma_{n,2} = (N_{2,d} / A_2) = 0.22 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{m,2} = (M_{2,d} / W_2) = 2.06 \text{ N/mm}^2$$

La formula di verifica è la seguente:

$$(\sigma_{n,2} / f_{td}) + (\sigma_{m,2} / f_{md}) = 0.25 < 1$$

$$\Rightarrow \eta_{24} = 1 / 0.25 = \mathbf{4.000}$$

[η_{24} : CC 1, $t=0$, trazione per tensoflessione nel legno al lembo teso (intradosso trave)]

Verifica a taglio

$$x_l = h_2 / 2 + a_2 = 133 \text{ mm}$$

$$\tau_2 = 0.5 x_l^2 * [E_2 / (EJ)_{eff}] * V_d = 0.19 \text{ N/mm}^2 < 0.91 \text{ N/mm}^2$$

$$\Rightarrow \eta_{25} = 0.91 / 0.19 = \mathbf{4.824}$$

[η_{25} : CC 1, $t=0$, taglio nel legno]

VERIFICA DELLA CONNESSIONE

Verifica di resistenza

$$F = [(\gamma_1 E_1 A_1 a_1 s_{eq}) / (EJ)_{eff}] * V_d = 1570 \text{ N}$$

Disponendo connettori accoppiati nelle zone di appoggio, la sollecitazione di progetto si può assumere pari a: $F/2 = 785 \text{ N}$

$$F_{v,Sd} = 785 < F_{v,Rd} = 7111 \text{ N}$$

$$\Rightarrow \eta_{26} = 7111 / 785 = \mathbf{6.798}$$

[η_{26} : CC 1, $t=0$, resistenza della connessione]

Verifica di scorrimento

$$\delta_{c,lim} = \max\{1 \text{ mm}, L/4000\} = 1 \text{ mm}$$

Deve essere:

$$\delta_c = F / K_{u,\infty} \leq \delta_{c,lim}$$

Si ha: $\delta_c = 785 / 5238 = 0.15 \text{ mm} < 1 \text{ mm}$

$\Rightarrow \eta_{27} = 1/0.15 = 6.676$

[η_{27} : CC 1, $t=0$, scorrimento della connessione]

SEZIONE COMPOSTA TRAVE PRINCIPALE - SOLETTA IN CLS: VERIFICHE DI RESISTENZA (SLU)

Combinazione di Carico 2 (lunga durata: solo carichi permanenti)

Verifica a tempo $t=\infty$

I parametri dei componenti del sistema misto legno e calcestruzzo sono riferiti al materiale indicato dal pedice:

1 = calcestruzzo, 2 = legno.

I contributi lineari di carico di tipo permanente e variabile sono i seguenti:

$$G_1 = 1.8 \text{ kN/m}^2$$

$$G_2 = 1 \text{ kN/m}^2$$

$$Q_k = 6 \text{ kN/m}^2$$

Per lo Stato Limite Ultimo (i = interasse travi):

$$q_{d,SLU} = (\gamma_{G1} G_1 + \gamma_{G2} G_2 + \gamma_Q Q_k) \cdot i = 3.84 \text{ kN/m}$$

I parametri di rigidezza dei materiali devono essere modificati per tenere conto degli effetti della viscosità (comportamento a lungo termine).

I valori di calcolo si possono ottenere dalla media delle caratteristiche elastiche intere e ridotte pesata in funzione della durata del carico (per il carico variabile Q_k , ψ_2 rappresenta la quota parte di carico quasi permanente, da considerare quindi ai fini della effetti della viscosità):

$$E_{1\infty} = E_1 \cdot \frac{\frac{(\gamma_{G1} G_1 + \gamma_{G2} G_2 + \psi_2 \gamma_Q Q_k)}{(1 + \varphi)} + \frac{(1 - \psi_2) \gamma_Q Q_k}{1}}{(\gamma_{G1} G_1 + \gamma_{G2} G_2 + \gamma_Q Q_k)}$$
$$E_{2\infty} = E_2 \cdot \frac{\frac{(\gamma_{G1} G_1 + \gamma_{G2} G_2 + \psi_2 \gamma_Q Q_k)}{(1 + k_{def})} + \frac{(1 - \psi_2) \gamma_Q Q_k}{1}}{(\gamma_{G1} G_1 + \gamma_{G2} G_2 + \gamma_Q Q_k)}$$

Pertanto:

$$E_{1\infty} = 31476 \cdot 0.2597 = 8176 \text{ N/mm}^2$$

$$E_{2\infty} = 11600 \cdot 0.625 = 7250 \text{ N/mm}^2$$

Rigidezze flessionali

- ipotesi di rigidezza della connessione nulla:

$$E_1 J_1 = 5.10974E+10 \text{ Nmm}^2$$

$$E_2 J_2 = 1.33632E+12 \text{ Nmm}^2$$

$$(EJ)_0 = \Sigma E_i J_i = E_1 J_1 + E_2 J_2 = 1.387417E+12 \text{ Nmm}^2$$

- ipotesi di rigidezza della connessione infinita:

coordinata y : da intradosso trave

area e posizione baricentro delle sezioni dei singoli elementi:

$$A_1 = 30000 \text{ mm}^2, y_1 = 295 \text{ mm}$$

$$A_2 = 38400 \text{ mm}^2, y_2 = 120 \text{ mm}$$

posizione baricentro sezione globale:

$$y_{G\infty} = (\Sigma E_i A_i y_i) / (\Sigma E_i A_i) = 202 \text{ mm}$$

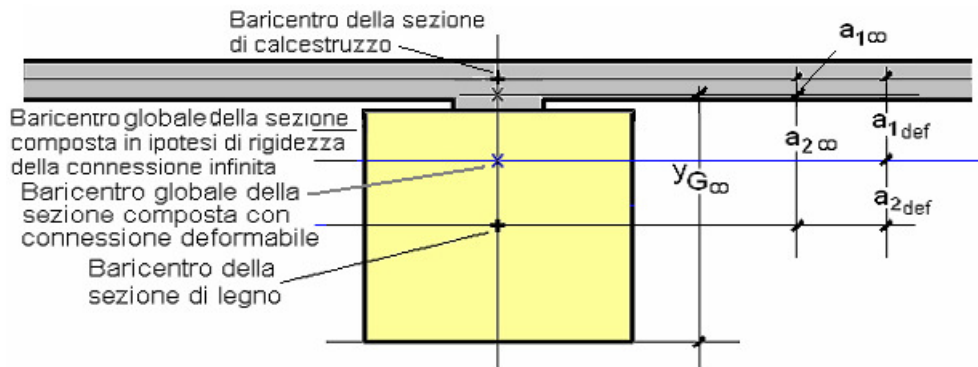
distanza dei baricentri dei singoli elementi da quello dell'intera sezione:

$$a_1 = h_2 + d - y_{G\infty} = 93 \text{ mm}$$

$$a_2 = y_{G\infty} - h_2/2 = 82 \text{ mm}$$

distanza tra i baricentri geometrici delle sezioni dei due componenti:

$$a = a_1 + a_2 = 175 \text{ mm}$$



In fig.: Parametri statici per la sezione composta in legno-calcestruzzo

$$(EJ)_{\infty} = \sum E_i J_i + \sum E_i A_i a_i^2 = 5.380697E+12 \text{ Nmm}^2$$

- determinazione della rigidità efficace:

il coefficiente correttivo per la viscosità, sopra calcolato, relativo al modulo di elasticità del legno (0.625), viene applicato anche alla rigidità della connessione:

$$s_{eq} = 150 \text{ mm}, K_{u,\infty} = 0.625 * K_u = 3274 \text{ N/mm}$$

$$\gamma_2 = 1$$

$$\gamma_1 = [1 + \pi^2 E_1 A_1 s_{eq} / (K l^2)]^{-1} = 0.085$$

distanze tra i baricentri geometrici delle sezioni 1 e 2 e il baricentro globale della sezione composta con connessione deformabile:

$$a_2 = a / [1 + (E_2 A_2) / (\gamma_1 E_1 A_1)] = 12 \text{ mm}$$

$$a_1 = a - a_2 = 163 \text{ mm}$$

rigidità efficace del sistema:

$$(EJ)_{eff} = \sum E_i J_i + (\sum \gamma_i E_i A_i a_i^2) = 1.978282E+12 \text{ Nmm}^2$$

efficienza della connessione:

$$\eta = [(EJ)_{eff} - (EJ)_0] / [(EJ)_{\infty} - (EJ)_0] = 0.15$$

SOLLECITAZIONI DI PROGETTO

Momento in mezzera:

$$M_d = q_{d,SLU} * l^2 / 8 = 4915200 \text{ Nmm}$$

Taglio agli appoggi:

$$V_d = q_{d,SLU} * l / 2 = 6144 \text{ N}$$

VERIFICA DEL CALCESTRUZZO

$$N_{1,d} = [(\gamma_1 E_1 a_1 A_1) / (EJ)_{eff}] * M_d = 8389 \text{ N}$$

$$M_{1,d} = [(EJ)_1 / (EJ)_{eff}] * M_d = 126956 \text{ Nmm}$$

Verifica di compressione al lembo compresso (estradosso della soletta)

$$\sigma_{max,1} = (N_{1,d} / A_1) + (M_{1,d} / W_e) = 0.79 \text{ N/mm}^2 < 14.17 \text{ N/mm}^2$$

$$\Rightarrow \eta_{01} = 14.17 / 0.79 = \mathbf{17.991}$$

[η_{28} : CC 1, $t=0$, compressione per pressoflessione nel cls al lembo compresso (estradosso soletta)]

Posizione dell'asse neutro nella sezione di calcestruzzo

$$x_c = h / (1 + |\sigma_{min,1}| / \sigma_{max,1}) = 39 \text{ mm} < 50 \text{ mm}$$

VERIFICA DEL LEGNO

$$N_{2,d} = [(\gamma_2 E_2 a_2 A_2) / (EJ)_{eff}] * M_d = 8389 \text{ N}$$

$$M_{2,d} = [(EJ)_2 / (EJ)_{eff}] * M_d = 3320194 \text{ Nmm}$$

Verifica a tensoflessione

$$W_2 = b_2 h_2^2 / 6 = 1536000 \text{ mm}^3$$

$$\sigma_{n,2} = (N_{2,d} / A_2) = 0.22 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{m,2} = (M_{2,d} / W_2) = 2.16 \text{ N/mm}^2$$

La formula di verifica è la seguente:

$$(\sigma_{n,2} / f_{td}) + (\sigma_{m,2} / f_{md}) = 0.26 < 1$$

$$\Rightarrow \eta_{33} = 1 / 0.26 = \mathbf{3.846}$$

[η_{33} : CC 1, $t=0$, trazione per tensoflessione nel legno al lembo teso (intradosso trave)]

Verifica a taglio

$$x_l = h_2 / 2 + a_2 = 132 \text{ mm}$$

$$\tau_2 = 0.5 x_l^2 * [E_2 / (EJ)_{eff}] * V_d = 0.2 \text{ N/mm}^2 < 0.91 \text{ N/mm}^2$$

$$\Rightarrow \eta_{34} = 0.91 / 0.2 = \mathbf{4.632}$$

[η_{34} : CC 1, $t=0$, taglio nel legno]

VERIFICA DELLA CONNESSIONE

Verifica di resistenza

$$F = [(\gamma_1 E_1 A_1 a_1 s_{eq}) / (EJ)_{eff}] * V_d = 1572 \text{ N}$$

Disponendo connettori accoppiati nelle zone di appoggio, la sollecitazione di progetto si può assumere pari a: $F/2 = 786 \text{ N}$

$$F_{v,Sd} = 786 < F_{v,Rd} = 7111 \text{ N}$$

$$\Rightarrow \eta_{35} = 7111/786 = \mathbf{6.782}$$

[η_{35} : CC 1, $t=0$, resistenza della connessione]

Verifica di scorrimento

$$\delta_{c,lim} = \max\{1 \text{ mm.}, L/4000\} = 1 \text{ mm}$$

Deve essere:

$$\delta_c = F / K_{u,\infty} \leq \delta_{c,lim}$$

$$\text{Si ha: } \delta_c = 786 / 3274 = 0.24 \text{ mm} < 1 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow \eta_{36} = 1/0.24 = \mathbf{4.163}$$

[η_{36} : CC 1, $t=0$, scorrimento della connessione]

SEZIONE COMPOSTA TRAVE PRINCIPALE - SOLETTA IN CLS: VERIFICHE DI DEFORMABILITA' (SLE)

VERIFICA A TEMPO $t=0$

Determinazione della rigidezza efficace:

$$K = K_{ser} = 7857 \text{ N/mm}$$

$$\gamma_2 = 1$$

$$\gamma_1 = [1 + \pi^2 E_1 A_1 s_{eq} / (K l^2)]^{-1} = 0.054$$

distanze tra i baricentri geometrici delle sezioni 1 e 2 e il baricentro globale della sezione composta con connessione deformabile:

$$a_2 = a / [1 + (E_2 A_2) / (\gamma_1 E_1 A_1)] = 18 \text{ mm}$$

$$a_1 = a - a_2 = 157 \text{ mm}$$

rigidezza efficace del sistema:

$$(EJ)_{eff} = \sum E_i J_i + (\sum \gamma_i E_i A_i a_i^2) = 3.745823E+12 \text{ Nmm}^2$$

Questa rigidezza efficace compete quindi allo stato limite di esercizio a tempo 0, e si indica anche con il seguente simbolo:

$$(EJ)_{eff,ser,t=0} = 3.745823E+12 \text{ Nmm}^2$$

Efficienza della connessione:

$$\eta = [(EJ)_{eff} - (EJ)_0] / [(EJ)_{\infty} - (EJ)_0] = 0.15$$

VERIFICA DELLA FRECCIA

La freccia viene calcolata suddivisa nei singoli contributi dei carichi permanenti e dei carichi variabili; per tenere conto della deformabilità a taglio si applica, a favore di sicurezza, un fattore moltiplicativo pari a 1.10 (incremento del 10%).

I singoli contributi di carico, utilizzati per la combinazione rara, sono i seguenti:

$$g_1 = 1.8 * 1000 = 1.8 \text{ kN/m} \text{ (si osservi che l'unità di misura kN/m ha lo stesso ordine dell'unità N/mm, usata nell'espressione della freccia)}$$

$$g_2 = 1 * 1000 = 1 \text{ kN/m}$$

$$q_k = 6 * 1000 = 6 \text{ kN/m}$$

Per il calcolo della freccia istantanea viene utilizzata la rigidezza efficace in condizioni iniziali $(EJ)_{eff,ser,t=0}$:

$$f_{G1,ist} = 1.10 * (5/384) g_1 * l^4 / (EJ)_{eff,ser,t=0} = 1.10 * (5/384) * 1.8 * 3200^4 / (3.745823E+12) = 0.72 \text{ mm}$$

$$f_{G2,ist} = 1.10 * (5/384) g_2 * l^4 / (EJ)_{eff,ser,t=0} = 1.10 * (5/384) * 1 * 3200^4 / (3.745823E+12) = 0.4 \text{ mm}$$

$$f_{Q,ist} = 1.10 * (5/384) q_k * l^4 / (EJ)_{eff,ser,t=0} = 1.10 * (5/384) * 6 * 3200^4 / (3.745823E+12) = 2.41 \text{ mm}$$

Risulta pertanto, essendo $l=3200 \text{ mm}$:

$$f_{ist} = 0.72 + 0.4 + 2.41 = 3.53 \text{ mm} = (1/907) l < (1/300) l = 10.67 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow \eta_{37} = 10.67/3.53 = \mathbf{3.023}$$

[η_{37} : trave, $t=0$, freccia]

VERIFICA A TEMPO $t=\infty$

La deformazione finale è data dalla somma di due contributi:

(i) la deformazione a lungo termine dovuta al carico quasi permanente, utilizzando valori ridotti dei moduli di elasticità;

(ii) la deformazione istantanea dovuta alla quota 'non quasi permanente' del carico variabile: $Q_k \cdot (1 - \psi_2)$, utilizzando valori non ridotti dei moduli di elasticità.

Per quanto riguarda il contributo (ii), la rigidezza efficace è già stata calcolata e vale:

$$(EJ)_{\text{eff,ser,t=0}} = 3.745823E+12 \text{ Nmm}^2$$

Per (i) si deve ricalcolare la rigidezza efficace, tenendo conto della riduzione dovuta alla viscosità.

I moduli di elasticità del calcestruzzo e del legno, ridotti per tenere conto della deformazione a lungo termine, sono i seguenti:

$$E_{1\infty} = E_1 / (1 + \varphi) = 8176 \text{ N/mm}^2$$

$$E_{2\infty} = E_2 / (1 + k_{\text{def}}) = 7250 \text{ N/mm}^2$$

$$E_1 J_1 = 5.10974E+10 \text{ Nmm}^2$$

$$E_2 J_2 = 1.33632E+12 \text{ Nmm}^2$$

$$(EJ)_0 = \sum E_i J_i = E_1 J_1 + E_2 J_2 = 1.387417E+12 \text{ Nmm}^2$$

$$(EJ)_{\infty} = \sum E_i J_i + \sum E_i A_i a_i^2 = 5.380697E+12 \text{ Nmm}^2$$

Il coefficiente correttivo per la viscosità del legno: $1/(1 + k_{\text{def}}) = 0.625$ viene applicato, come già noto, anche alla rigidezza della connessione:

$$K = K_{\text{ser}} = 4911 \text{ N/mm}$$

Si ha:

$$\gamma_2 = 1$$

$$\gamma_1 = [1 + \pi^2 E_1 A_1 s_{\text{eq}} / (K l^2)]^{-1} = 0.122$$

distanze tra i baricentri geometrici delle sezioni 1 e 2 e il baricentro globale della sezione composta con connessione deformabile:

$$a_2 = a / [1 + (E_2 A_2) / (\gamma_1 E_1 A_1)] = 17 \text{ mm}$$

$$a_1 = a - a_2 = 158 \text{ mm}$$

rigidezza efficace del sistema:

$$(EJ)_{\text{eff}} = \sum E_i J_i + (\sum \gamma_i E_i A_i a_i^2) = 2.212661E+12 \text{ Nmm}^2$$

Questa rigidezza efficace compete quindi allo stato limite di esercizio a tempo ∞ , e si indica anche con il seguente simbolo:

$$(EJ)_{\text{eff,ser,t}=\infty} = 2.212661E+12 \text{ Nmm}^2$$

Efficienza della connessione:

$$\eta = [(EJ)_{\text{eff}} - (EJ)_0] / [(EJ)_{\infty} - (EJ)_0] = 0.21$$

VERIFICA DELLA FRECCIA

La freccia a lungo termine assume la seguente espressione:

$$\alpha (g_1 + g_2 + \psi_2 q_k) / (EJ)_{\text{eff,ser,t}=\infty} + \alpha (1 - \psi_2) (q_k / (EJ)_{\text{eff,ser,t=0}})$$

$$\text{dove } \alpha = 1.10 \cdot (5/384) \cdot l^4$$

I singoli contributi di carico, utilizzati per la combinazione rara, sono i seguenti:

$g_1 = 1.8 \cdot 1000 = 1.8 \text{ kN/m}$ (si osservi che l'unità di misura kN/m ha lo stesso ordine dell'unità N/mm, usata nell'espressione della freccia)

$$g_2 = 1 \cdot 1000 = 1 \text{ kN/m}$$

$$q_k = 6 \cdot 1000 = 6 \text{ kN/m}$$

La freccia finale è dunque espressa dalle seguenti relazioni:

(i) freccia a lungo termine dovuta al carico quasi permanente:

$$f_{G1, \text{fin}} = 1.10 \cdot (5/384) \cdot g_1 \cdot l^4 / (EJ)_{\text{eff,ser,t}=\infty} = 1.10 \cdot (5/384) \cdot 1.8 \cdot 3200^4 / (2.212661E+12) = 1.22 \text{ mm}$$

$$f_{G2, \text{fin}} = 1.10 \cdot (5/384) \cdot g_2 \cdot l^4 / (EJ)_{\text{eff,ser,t}=\infty} = 1.10 \cdot (5/384) \cdot 1 \cdot 3200^4 / (2.212661E+12) = 0.68 \text{ mm}$$

$$f_{Q, \text{fin}} = 1.10 \cdot (5/384) \cdot l^4 \cdot \psi_2 \cdot q_k / (EJ)_{\text{eff,ser,t}=\infty} = 1.10 \cdot (5/384) \cdot 3200^4 \cdot 0.8 \cdot 6 / (2.212661E+12) = 3.26 \text{ mm}$$

(ii) freccia istantanea dovuta alla quota 'non quasi permanente' del carico variabile:

$$f_{Q, \text{ist}} = 1.10 \cdot (5/384) \cdot l^4 \cdot (1 - \psi_2) \cdot q_k / (EJ)_{\text{eff,ser,t=0}} = 1.10 \cdot (5/384) \cdot 3200^4 \cdot 0.2 \cdot 6 / (3.745823E+12) = 0.48 \text{ mm}$$

Risulta pertanto, essendo $l = 3200 \text{ mm}$:

$$f_{\text{fin}} = 1.22 + 0.68 + 3.26 + 0.48 = 5.64 \text{ mm} = (1/567) l < (1/200) l = 16 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow \eta_{38} = 16/5.64 = \mathbf{2.837}$$

[η_{38} : trave, $t = \infty$, freccia]

III.4. Tettoia**III.4.1. Modellazione della struttura: sezioni**

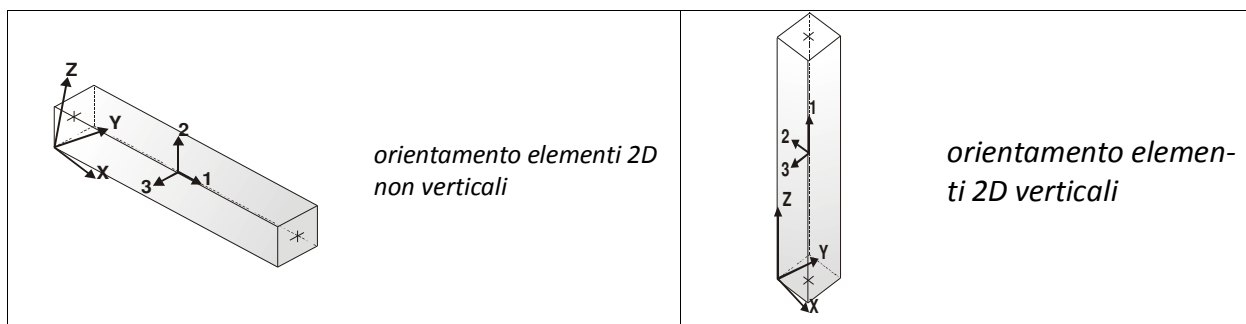
Tabella 35 - Tettoia: tabella sezioni elementi

Id	Tipo	Area	A V2	A V3	Jt	J 2-2	J 3-3	W 2-2	W 3-3	Wp 2-2	Wp 3-3
		cm2	cm2	cm2	cm4	cm4	cm4	cm3	cm3	cm3	cm3
1	B=30.00 h=30.00	900.00	750.00	750.00	1.139e+05	6.750e+04	6.750e+04	4500.00	4500.00	6750.00	6750.00
2	B=70.00 h=35.00	2450.00	2041.67	2041.67	6.853e+05	1.000e+06	2.501e+05	2.858e+04	1.429e+04	4.288e+04	2.144e+04
3	B=40.00 h=35.00	1400.00	1166.67	1166.67	2.727e+05	1.867e+05	1.429e+05	9333.33	8166.67	1.400e+04	1.225e+04
4	B=16.00 h=24.00	384.00	320.00	320.00	1.901e+04	8192.00	1.843e+04	1024.00	1536.00	1536.00	2304.00
5	B=14.00 h=20.00	280.00	233.33	233.33	1.039e+04	4573.33	9333.33	653.33	933.33	980.00	1400.00
6	Biella rigida	100.00	0.0	0.0	1.000e+06	1.000e+06	1.000e+06	1.000e+06	1.000e+06	1.000e+06	1.000e+06

III.4.2. Modellazione della struttura: elementi D2

Il programma utilizza per la modellazione elementi a due nodi denominati in generale travi.

Ogni elemento trave è individuato dal nodo iniziale e dal nodo finale. Ogni elemento è caratterizzato da un insieme di proprietà riportate in tabella che ne completano la modellazione.



In particolare per ogni elemento viene indicato in tabella:

Elem.	numero dell'elemento
Note	codice di comportamento: trave, trave di fondazione, pilastro, asta, asta tesa, asta compressa
Nodo I (J)	numero del nodo iniziale (finale)
Mat.	codice del materiale assegnato all'elemento
Sez.	codice della sezione assegnata all'elemento
Rotaz.	valore della rotazione dell'elemento, attorno al proprio asse, nel caso in cui l'orientamento di default non sia adottabile; l'orientamento di default prevede per gli elementi non verticali l'asse 2 contenuto nel piano verticale e l'asse 3 orizzontale, per gli elementi verticali l'asse 2 diretto secondo X negativo e l'asse 3 diretto secondo Y negativo
Svincolo I (J)	codici di svincolo per le azioni interne; i primi sei codici si riferiscono al nodo iniziale, i restanti sei al nodo finale (il valore 1 indica che la relativa azione interna non è attiva)
Wink V	cost. di sottofondo (coef. di Winkler) per la modellazione della trave su suolo elastico
Wink O	cost. di sottofondo (coef. di Winkler) per la modellazione del suolo elastico orizzontale

Elem.	Note	Nodo I	Nodo J	Mat.	Sez.	Rotaz. gradi	Svincolo I	Svincolo J	Wink V daN/cm3	Wink O daN/cm3
-------	------	--------	--------	------	------	-----------------	------------	------------	-------------------	-------------------

REGIONE PIEMONTE
COMUNE DI VERCELLI

EX MACELLO
RELAZIONE STRUTTURALE PRELIMINARE

1 Pilas.	1	2	1	1			
2 Pilas.	2	3	1	6	000001		
3 Trave	3	4	50	5			
4 Trave	5	3	50	5			
5 Pilas.	6	7	1	1			
6 Pilas.	7	8	1	6	000001		
7 Trave	8	9	50	5			
8 Trave	10	8	50	5			
9 Pilas.	11	12	1	1			
10 Pilas.	12	13	1	6	000001		
11 Trave	13	14	50	5			
12 Trave	15	13	50	5			
13 Pilas.	16	17	1	1			
14 Pilas.	17	18	1	6	000001		
15 Trave	18	19	50	5			
16 Trave	20	18	50	5			
17 Pilas.	21	22	1	1			
18 Pilas.	22	23	1	6	000001		
19 Trave	23	24	50	5			
20 Trave	25	23	50	5			
21 Pilas.	26	27	1	1			
22 Pilas.	27	28	1	6	000001		
23 Trave	28	29	50	5			
24 Trave	30	28	50	5			
25 Pilas.	31	32	1	1			
26 Pilas.	32	33	1	6	000001		
27 Trave	33	34	50	5			
28 Trave	35	33	50	5			
29 Pilas.	36	37	1	1			
30 Pilas.	37	38	1	6	000001		
31 Trave	38	39	50	5			
32 Trave	40	38	50	5			
33 Pilas.	41	42	1	1			
34 Pilas.	42	43	1	6	000001		
35 Trave	43	44	50	5			
36 Trave	45	43	50	5			
37Trave f.	1	46	1	2		1.00	1.00
38Trave f.	1	6	1	1		1.00	1.00
39Trave f.	6	11	1	1		1.00	1.00
40Trave f.	11	16	1	1		1.00	1.00
41Trave f.	16	21	1	1		1.00	1.00
42Trave f.	21	26	1	1		1.00	1.00
43Trave f.	26	31	1	1		1.00	1.00
44Trave f.	31	36	1	1		1.00	1.00
45Trave f.	36	41	1	1		1.00	1.00
46Trave f.	41	112	1	2		1.00	1.00
47Trave f.	31	113	1	3		1.00	1.00
48Trave f.	21	114	1	3		1.00	1.00
49Trave f.	11	115	1	3		1.00	1.00
50 Trave	2	47	50	4	000001		
51 Trave	7	49	50	4	000001		
52 Trave	12	51	50	4	000001		
53 Trave	17	53	50	4	000001		
54 Trave	22	55	50	4	000001		
55 Trave	27	57	50	4	000001		
56 Trave	32	59	50	4	000001		
57 Trave	37	116	50	4	000001		
58 Trave	47	48	50	4			
59 Trave	48	7	50	4	000001		
60 Trave	49	50	50	4			
61 Trave	50	12	50	4	000001		
62 Trave	51	52	50	4			
63 Trave	52	17	50	4	000001		
64 Trave	53	54	50	4			
65 Trave	54	22	50	4	000001		
66 Trave	55	56	50	4			
67 Trave	56	27	50	4	000001		
68 Trave	57	58	50	4			
69 Trave	58	32	50	4	000001		
70 Trave	59	60	50	4			
71 Trave	60	37	50	4	000001		
72 Pilas.	47	61	1	6	000001		
73 Trave	61	62	50	5			
74 Trave	63	61	50	5			
75 Pilas.	48	64	1	6	000001		
76 Trave	64	65	50	5			
77 Trave	66	64	50	5			
78 Pilas.	49	67	1	6	000001		
79 Trave	67	68	50	5			
80 Trave	69	67	50	5			
81 Pilas.	50	70	1	6	000001		
82 Trave	70	71	50	5			
83 Trave	72	70	50	5			
84 Pilas.	51	73	1	6	000001		
85 Trave	73	74	50	5			
86 Trave	75	73	50	5			

87 Pilas.	52	76	1	6	000001
88 Trave	76	77	50	5	
89 Trave	78	76	50	5	
90 Pilas.	53	79	1	6	000001
91 Trave	79	80	50	5	
92 Trave	81	79	50	5	
93 Pilas.	54	82	1	6	000001
94 Trave	82	83	50	5	
95 Trave	84	82	50	5	
96 Pilas.	55	85	1	6	000001
97 Trave	85	86	50	5	
98 Trave	87	85	50	5	
99 Pilas.	56	88	1	6	000001
100 Trave	88	89	50	5	
101 Trave	90	88	50	5	
102 Pilas.	57	91	1	6	000001
103 Trave	91	92	50	5	
104 Trave	93	91	50	5	
105 Pilas.	58	94	1	6	000001
106 Trave	94	95	50	5	
107 Trave	96	94	50	5	
108 Pilas.	59	97	1	6	000001
109 Trave	97	98	50	5	
110 Trave	99	97	50	5	
111 Pilas.	60	100	1	6	000001
112 Trave	100	101	50	5	
113 Trave	102	100	50	5	
114 Pilas.	116	103	1	6	000001
115 Trave	103	104	50	5	
116 Trave	105	103	50	5	
117 Pilas.	117	106	1	6	000001
118 Trave	106	107	50	5	
119 Trave	108	106	50	5	
120 Pilas.	118	109	1	6	000001
121 Trave	109	110	50	5	
122 Trave	111	109	50	5	
123 Trave	116	117	50	4	
124 Trave	117	118	50	4	
125 Trave	118	42	50	4	000001

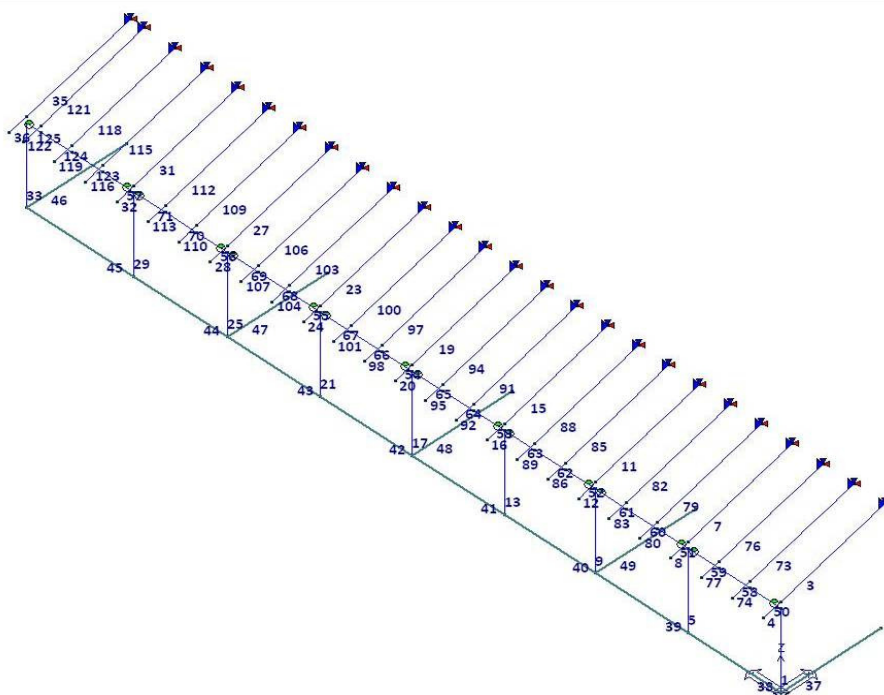


Figura 09 - Tettoia: numerazione degli elementi

III.4.3. Metodo di analisi

[NTC § 10.2- NTC § 7.3.3.2]

É stata eseguita un'analisi statica lineare di cui si riassumono brevemente i dati.

Tabella 36 - Tettoia: periodo fondamentale di vibrazione della costruzione

H	altezza costruzione dallo spiccato delle fondazioni	4,8 m
---	-----------------------------------------------------	-------

C_1	coefficiente per telai in c.a.	0,075
T_1	periodo fondamentale = $C_1 \cdot H^{3/4}$	0,244 s

Ne consegue la corrispondente ordinata dello spettro di risposta elastica come calcolata nelle tabelle seguenti, considerando che $T_B < T_1 < T_C$ allo SLV.

Tabella 37 - Tettoia: spettro di risposta elastico orizzontale per il periodo fondamentale allo SLV

a_g	S	η	F_0	T_C	$S_e(T_1)$
0,037	1,80	1	2,640	0,650	0,174

Per lo SLV l'ordinata dello spettro di progetto si ottiene riducendo quella elastica del fattore di struttura $q = 1,5$.

III.4.4. Casi di carico

Il software permette l'organizzazione dei carichi analizzati al precedente § 15 in casi di carico, da intendersi come "scatole" nelle quali riporre i carichi appartenenti ad un medesimo tipo e per i quali si voglia la contemporaneità di azione nelle diverse combinazioni definite. Nella tabella seguente sono riportati i casi di carico definiti.

Tabella 38 - Tettoia: casi di carico

CDC	Tipo	Sigla Id	Note
1	Ggk	CDC=Ggk (peso proprio della struttura)	
2	Gsk	CDC=G1sk (permanente solai-coperture)	
3	Qnk	CDC=Qnk (carico da neve)	
4	Esk	CDC=Es (statico SLU) $\alpha=0.0$ (ecc. +)	partecipazione:1.00 per 1 CDC=Ggk (peso proprio della struttura)
			partecipazione:1.00 per 2 CDC=G1sk (permanente solai-coperture)
			partecipazione:1.00 per 3 CDC=Qnk (carico da neve)
5	Esk	CDC=Es (statico SLU) $\alpha=90.00$ (ecc. +)	come precedente CDC sismico
6	Esk	CDC=Es (statico SLU) verticale	come precedente CDC sismico
7	Esk	CDC=Es (statico SLD) $\alpha=0.0$ (ecc. +)	come precedente CDC sismico
8	Esk	CDC=Es (statico SLD) $\alpha=90.00$ (ecc. +)	come precedente CDC sismico
9	Esk	CDC=Es (statico SLD) verticale	come precedente CDC sismico

III.4.5. Combinazioni di carico

Il programma combina in diversi casi di carico nelle combinazioni di carico previste dalla normativa. La descrizione delle combinazioni è articolata in due tabelle: la prima riporta l'elenco delle combinazioni adottate, la seconda riporta i pesi che i diversi casi di carico assumono in ciascuna combinazione.

Tabella 39 - Tettoia: combinazioni di carico

Cmb	Tipo	Sigla Id
1	SLU	Comb. SLU A1 1
1	SLU	Comb. SLU A1 1
2	SLE(r)	Comb. SLE(rara) 2
3	SLE(f)	Comb. SLE(freq.) 3
4	SLE(p)	Comb. SLE(perm.) 4
5	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 5
6	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 6
7	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 7
8	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 8
9	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 9
10	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 10
11	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 11

Cmb	Tipo	Sigla Id
12	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 12
13	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 13
14	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 14
15	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 15
16	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 16
17	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 17
18	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 18
19	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 19
20	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 20
21	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 21
22	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 22
23	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 23
24	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 24
25	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 25
26	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 26
27	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 27
28	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 28
29	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 29
30	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 30
31	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 31
32	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 32
33	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 33
34	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 34
35	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 35
36	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 36
37	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 37
38	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 38
39	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 39
40	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 40
41	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 41
42	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 42
43	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 43
44	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 44
45	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 45
46	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 46
47	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 47
48	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 48
49	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 49
50	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 50
51	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 51
52	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 52

Tabella 40 - Tettoia: pesi delle CDC nelle diverse Cmb

Cmb	CDC 1/15...	CDC 2/16...	CDC 3/17...	CDC 4/18...	CDC 5/19...	CDC 6/20...	CDC 7/21...	CDC 8/22...	CDC 9/23...	CDC 10/24..	CDC 11/25..	CDC 12/26..	CDC 13/27..	CDC 14/28...
1	1.30	1.30	1.50	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0					
2	1.00	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0					
3	1.00	1.00	0.20	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0					
4	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0					
5	1.00	1.00	0.0	-1.00	-0.30	-0.30	0.0	0.0	0.0					
6	1.00	1.00	0.0	-1.00	-0.30	0.30	0.0	0.0	0.0					
7	1.00	1.00	0.0	-1.00	0.30	-0.30	0.0	0.0	0.0					
8	1.00	1.00	0.0	-1.00	0.30	0.30	0.0	0.0	0.0					

Cmb	CDC 1/15...	CDC 2/16...	CDC 3/17...	CDC 4/18...	CDC 5/19...	CDC 6/20...	CDC 7/21...	CDC 8/22...	CDC 9/23...	CDC 10/24..	CDC 11/25..	CDC 12/26..	CDC 13/27..	CDC 14/28...
9	1.00	1.00	0.0	1.00	-0.30	-0.30	0.0	0.0	0.0					
10	1.00	1.00	0.0	1.00	-0.30	0.30	0.0	0.0	0.0					
11	1.00	1.00	0.0	1.00	0.30	-0.30	0.0	0.0	0.0					
12	1.00	1.00	0.0	1.00	0.30	0.30	0.0	0.0	0.0					
13	1.00	1.00	0.0	-0.30	-1.00	-0.30	0.0	0.0	0.0					
14	1.00	1.00	0.0	-0.30	-1.00	0.30	0.0	0.0	0.0					
15	1.00	1.00	0.0	-0.30	1.00	-0.30	0.0	0.0	0.0					
16	1.00	1.00	0.0	-0.30	1.00	0.30	0.0	0.0	0.0					
17	1.00	1.00	0.0	0.30	-1.00	-0.30	0.0	0.0	0.0					
18	1.00	1.00	0.0	0.30	-1.00	0.30	0.0	0.0	0.0					
19	1.00	1.00	0.0	0.30	1.00	-0.30	0.0	0.0	0.0					
20	1.00	1.00	0.0	0.30	1.00	0.30	0.0	0.0	0.0					
21	1.00	1.00	0.0	-0.30	-0.30	-1.00	0.0	0.0	0.0					
22	1.00	1.00	0.0	-0.30	-0.30	1.00	0.0	0.0	0.0					
23	1.00	1.00	0.0	-0.30	0.30	-1.00	0.0	0.0	0.0					
24	1.00	1.00	0.0	-0.30	0.30	1.00	0.0	0.0	0.0					
25	1.00	1.00	0.0	0.30	-0.30	-1.00	0.0	0.0	0.0					
26	1.00	1.00	0.0	0.30	-0.30	1.00	0.0	0.0	0.0					
27	1.00	1.00	0.0	0.30	0.30	-1.00	0.0	0.0	0.0					
28	1.00	1.00	0.0	0.30	0.30	1.00	0.0	0.0	0.0					
29	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	-1.00	-0.30	-0.30					
30	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	-1.00	-0.30	0.30					
31	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	-1.00	0.30	-0.30					
32	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	-1.00	0.30	0.30					
33	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	-0.30	-0.30					
34	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	-0.30	0.30					
35	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.30	-0.30					
36	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.30	0.30					
37	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.30	-1.00	-0.30					
38	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.30	-1.00	0.30					
39	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.30	1.00	-0.30					
40	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.30	1.00	0.30					
41	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.30	-1.00	-0.30					
42	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.30	-1.00	0.30					
43	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.30	1.00	-0.30					
44	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.30	1.00	0.30					
45	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.30	-0.30	-1.00					
46	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.30	-0.30	1.00					
47	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.30	0.30	-1.00					
48	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.30	0.30	1.00					
49	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.30	-0.30	-1.00					
50	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.30	-0.30	1.00					
51	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.30	0.30	-1.00					
52	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.30	0.30	1.00					

III.4.6. Analisi strutturali: risultati nodali

Il controllo dei risultati delle analisi condotte, per quanto concerne i nodi strutturali, è possibile in relazione alle tabelle sotto riportate.

- Una *prima tabella* riporta per ogni nodo e per ogni combinazione (o caso di carico) gli spostamenti nodali.
- Una *seconda tabella* riporta per ogni nodo a cui sia associato un vincolo rigido e/o elastico o una fondazione speciale e per ogni combinazione (o caso di carico) i valori delle azioni esercitate dalla struttura sui vincoli (reazioni vincolari cambiate di segno).
- Una *terza tabella*, infine riassume per ogni nodo le sei combinazioni in cui si attingono i valori minimi e massimi della reazione Fz, della reazione Mx e della reazione My.

Nodo	Cmb	Traslazione X	Traslazione Y cm	Traslazione Z cm	Rotazione X cm	Rotazione Y	Rotazione Z
1	1	0.01	-3.12e-04	-0.28	-1.25e-04	-4.61e-04	-9.35e-06
1	2	8.27e-03	-2.16e-04	-0.21	-8.69e-05	-3.36e-04	-6.65e-06
1	3	6.28e-03	-9.50e-05	-0.18	-3.89e-05	-2.40e-04	-3.83e-06
1	4	5.78e-03	-6.46e-05	-0.17	-2.69e-05	-2.16e-04	-3.13e-06
1	5	5.75e-03	-2.24e-03	-0.17	1.17e-05	-2.21e-04	2.56e-06
1	6	5.73e-03	-2.24e-03	-0.17	1.20e-05	-2.20e-04	2.58e-06
1	7	5.15e-03	2.11e-03	-0.16	-6.18e-05	-2.02e-04	-8.25e-06
1	8	5.13e-03	2.11e-03	-0.16	-6.16e-05	-2.01e-04	-8.23e-06
1	9	6.44e-03	-2.24e-03	-0.17	7.86e-06	-2.31e-04	1.97e-06
1	10	6.42e-03	-2.24e-03	-0.17	8.11e-06	-2.30e-04	1.99e-06
1	11	5.84e-03	2.11e-03	-0.17	-6.57e-05	-2.12e-04	-8.84e-06

REGIONE PIEMONTE
COMUNE DI VERCELLI

EX MACELLO
RELAZIONE STRUTTURALE PRELIMINARE

1	12	5.82e-03	2.11e-03	-0.17	-6.55e-05	-2.11e-04	-8.82e-06
1	13	6.70e-03	-7.32e-03	-0.18	9.62e-05	-2.47e-04	1.50e-05
1	14	6.67e-03	-7.32e-03	-0.18	9.65e-05	-2.46e-04	1.50e-05
1	15	4.69e-03	7.19e-03	-0.16	-1.49e-04	-1.83e-04	-2.11e-05
1	16	4.67e-03	7.19e-03	-0.16	-1.49e-04	-1.82e-04	-2.11e-05
1	17	6.90e-03	-7.32e-03	-0.18	9.51e-05	-2.50e-04	1.48e-05
1	18	6.88e-03	-7.32e-03	-0.18	9.53e-05	-2.49e-04	1.48e-05
1	19	4.90e-03	7.19e-03	-0.16	-1.50e-04	-1.86e-04	-2.13e-05
1	20	4.87e-03	7.19e-03	-0.16	-1.50e-04	-1.85e-04	-2.12e-05
1	21	6.02e-03	-2.24e-03	-0.17	1.01e-05	-2.26e-04	2.33e-06
1	22	5.94e-03	-2.24e-03	-0.17	1.09e-05	-2.22e-04	2.39e-06
1	23	5.42e-03	2.11e-03	-0.16	-6.35e-05	-2.07e-04	-8.48e-06
1	24	5.34e-03	2.11e-03	-0.16	-6.27e-05	-2.03e-04	-8.42e-06
1	25	6.23e-03	-2.24e-03	-0.17	8.93e-06	-2.29e-04	2.16e-06
1	26	6.15e-03	-2.24e-03	-0.17	9.76e-06	-2.25e-04	2.22e-06
1	27	5.62e-03	2.11e-03	-0.17	-6.46e-05	-2.10e-04	-8.66e-06
1	28	5.55e-03	2.11e-03	-0.16	-6.38e-05	-2.06e-04	-8.60e-06
1	29	5.76e-03	-1.57e-03	-0.17	0.0	-2.19e-04	0.0
1	30	5.75e-03	-1.57e-03	-0.17	0.0	-2.19e-04	0.0
1	31	5.34e-03	1.44e-03	-0.16	-5.11e-05	-2.06e-04	-6.67e-06
1	32	5.33e-03	1.44e-03	-0.16	-5.09e-05	-2.06e-04	-6.66e-06
1	33	6.24e-03	-1.57e-03	-0.17	-2.80e-06	-2.27e-04	0.0
1	34	6.23e-03	-1.57e-03	-0.17	-2.67e-06	-2.26e-04	0.0
1	35	5.82e-03	1.44e-03	-0.17	-5.37e-05	-2.13e-04	-7.08e-06
1	36	5.81e-03	1.44e-03	-0.17	-5.36e-05	-2.13e-04	-7.07e-06
1	37	6.41e-03	-5.09e-03	-0.17	5.84e-05	-2.37e-04	9.40e-06
1	38	6.40e-03	-5.09e-03	-0.17	5.85e-05	-2.37e-04	9.41e-06
1	39	5.02e-03	4.96e-03	-0.16	-1.11e-04	-1.93e-04	-1.56e-05
1	40	5.01e-03	4.96e-03	-0.16	-1.11e-04	-1.93e-04	-1.55e-05
1	41	6.56e-03	-5.09e-03	-0.18	5.76e-05	-2.40e-04	9.28e-06
1	42	6.55e-03	-5.09e-03	-0.17	5.77e-05	-2.39e-04	9.29e-06
1	43	5.17e-03	4.96e-03	-0.16	-1.12e-04	-1.95e-04	-1.57e-05
1	44	5.16e-03	4.96e-03	-0.16	-1.12e-04	-1.95e-04	-1.57e-05
1	45	5.94e-03	-1.57e-03	-0.17	-1.20e-06	-2.23e-04	0.0
1	46	5.90e-03	-1.57e-03	-0.17	0.0	-2.21e-04	0.0
1	47	5.52e-03	1.44e-03	-0.16	-5.21e-05	-2.09e-04	-6.83e-06
1	48	5.49e-03	1.44e-03	-0.16	-5.17e-05	-2.08e-04	-6.80e-06
1	49	6.08e-03	-1.57e-03	-0.17	-2.01e-06	-2.25e-04	0.0
1	50	6.05e-03	-1.57e-03	-0.17	-1.59e-06	-2.23e-04	0.0
1	51	5.67e-03	1.44e-03	-0.17	-5.29e-05	-2.12e-04	-6.95e-06
1	52	5.63e-03	1.44e-03	-0.17	-5.25e-05	-2.10e-04	-6.92e-06
2	1	0.08	7.44e-03	-0.28	2.64e-05	5.55e-04	-2.28e-04
2	2	0.06	5.27e-03	-0.21	1.79e-05	4.11e-04	-1.62e-04
2	3	0.05	2.91e-03	-0.18	5.42e-06	3.28e-04	-9.32e-05
2	4	0.05	2.32e-03	-0.17	2.30e-06	3.07e-04	-7.60e-05
2	5	0.05	-0.03	-0.17	9.76e-05	3.11e-04	-6.15e-05
2	6	0.05	-0.03	-0.17	9.76e-05	3.10e-04	-6.10e-05
2	7	0.04	0.03	-0.16	-9.49e-05	2.96e-04	-8.14e-05
2	8	0.04	0.03	-0.16	-9.50e-05	2.95e-04	-8.09e-05
2	9	0.05	-0.03	-0.17	9.96e-05	3.18e-04	-7.10e-05
2	10	0.05	-0.03	-0.17	9.96e-05	3.17e-04	-7.06e-05
2	11	0.05	0.03	-0.17	-9.30e-05	3.03e-04	-9.09e-05
2	12	0.05	0.03	-0.17	-9.30e-05	3.02e-04	-9.05e-05
2	13	0.05	-0.09	-0.18	3.23e-04	3.31e-04	-4.16e-05
2	14	0.05	-0.09	-0.18	3.23e-04	3.30e-04	-4.12e-05
2	15	0.04	0.09	-0.16	-3.19e-04	2.81e-04	-1.08e-04
2	16	0.04	0.09	-0.16	-3.19e-04	2.80e-04	-1.07e-04
2	17	0.05	-0.09	-0.18	3.24e-04	3.33e-04	-4.45e-05
2	18	0.05	-0.09	-0.18	3.24e-04	3.32e-04	-4.41e-05
2	19	0.04	0.09	-0.16	-3.18e-04	2.83e-04	-1.11e-04
2	20	0.04	0.09	-0.16	-3.18e-04	2.83e-04	-1.10e-04
2	21	0.05	-0.03	-0.17	9.84e-05	3.15e-04	-6.53e-05
2	22	0.05	-0.03	-0.17	9.82e-05	3.11e-04	-6.39e-05
2	23	0.04	0.03	-0.16	-9.42e-05	3.00e-04	-8.52e-05
2	24	0.04	0.03	-0.16	-9.44e-05	2.97e-04	-8.38e-05
2	25	0.05	-0.03	-0.17	9.90e-05	3.17e-04	-6.82e-05
2	26	0.05	-0.03	-0.17	9.88e-05	3.14e-04	-6.67e-05
2	27	0.05	0.03	-0.17	-9.36e-05	3.02e-04	-8.81e-05
2	28	0.05	0.03	-0.16	-9.38e-05	2.99e-04	-8.66e-05
2	29	0.05	-0.02	-0.17	6.83e-05	3.09e-04	-6.59e-05
2	30	0.05	-0.02	-0.17	6.83e-05	3.09e-04	-6.57e-05
2	31	0.04	0.02	-0.16	-6.50e-05	2.99e-04	-7.97e-05
2	32	0.04	0.02	-0.16	-6.51e-05	2.99e-04	-7.94e-05
2	33	0.05	-0.02	-0.17	6.97e-05	3.14e-04	-7.25e-05
2	34	0.05	-0.02	-0.17	6.96e-05	3.14e-04	-7.23e-05
2	35	0.05	0.02	-0.17	-6.37e-05	3.04e-04	-8.63e-05
2	36	0.05	0.02	-0.17	-6.37e-05	3.04e-04	-8.61e-05
2	37	0.05	-0.06	-0.17	2.24e-04	3.23e-04	-5.22e-05
2	38	0.05	-0.06	-0.17	2.24e-04	3.23e-04	-5.19e-05
2	39	0.04	0.07	-0.16	-2.20e-04	2.89e-04	-9.80e-05
2	40	0.04	0.07	-0.16	-2.20e-04	2.89e-04	-9.78e-05
2	41	0.05	-0.06	-0.18	2.25e-04	3.25e-04	-5.41e-05
2	42	0.05	-0.06	-0.18	2.25e-04	3.24e-04	-5.39e-05
2	43	0.04	0.07	-0.16	-2.20e-04	2.91e-04	-1.00e-04
2	44	0.04	0.07	-0.16	-2.20e-04	2.90e-04	-9.98e-05
2	45	0.05	-0.02	-0.17	6.88e-05	3.12e-04	-6.85e-05
2	46	0.05	-0.02	-0.17	6.87e-05	3.10e-04	-6.77e-05
2	47	0.05	0.02	-0.17	-6.45e-05	3.02e-04	-8.22e-05
2	48	0.05	0.02	-0.17	-6.46e-05	3.00e-04	-8.15e-05
2	49	0.05	-0.02	-0.17	6.92e-05	3.13e-04	-7.05e-05
2	50	0.05	-0.02	-0.17	6.91e-05	3.12e-04	-6.97e-05
2	51	0.05	0.02	-0.17	-6.41e-05	3.03e-04	-8.42e-05
2	52	0.05	0.02	-0.17	-6.42e-05	3.01e-04	-8.35e-05
3	1	0.09	6.76e-03	-0.28	2.63e-05	2.44e-03	-2.28e-04
3	2	0.07	4.81e-03	-0.21	1.79e-05	1.70e-03	-1.62e-04
3	3	0.06	2.77e-03	-0.18	5.41e-06	8.05e-04	-9.31e-05
3	4	0.05	2.26e-03	-0.17	2.30e-06	5.81e-04	-7.59e-05
3	5	0.05	-0.03	-0.17	9.76e-05	5.84e-04	-6.14e-05
3	6	0.05	-0.03	-0.17	9.76e-05	5.86e-04	-6.09e-05
3	7	0.05	0.03	-0.16	-9.49e-05	6.01e-04	-8.14e-05

REGIONE PIEMONTE
COMUNE DI VERCELLI

EX MACELLO
RELAZIONE STRUTTURALE PRELIMINARE

3	8	0.05	0.03	-0.16	-9.50e-05	6.02e-04	-8.09e-05
3	9	0.06	-0.03	-0.17	9.96e-05	5.59e-04	-7.09e-05
3	10	0.06	-0.03	-0.17	9.95e-05	5.60e-04	-7.05e-05
3	11	0.05	0.03	-0.17	-9.30e-05	5.76e-04	-9.09e-05
3	12	0.05	0.03	-0.17	-9.30e-05	5.77e-04	-9.05e-05
3	13	0.06	-0.10	-0.18	3.23e-04	5.55e-04	-4.13e-05
3	14	0.06	-0.10	-0.18	3.23e-04	5.57e-04	-4.09e-05
3	15	0.05	0.10	-0.16	-3.19e-04	6.12e-04	-1.08e-04
3	16	0.05	0.10	-0.16	-3.19e-04	6.13e-04	-1.08e-04
3	17	0.06	-0.10	-0.18	3.24e-04	5.48e-04	-4.42e-05
3	18	0.06	-0.10	-0.18	3.24e-04	5.49e-04	-4.38e-05
3	19	0.05	0.10	-0.16	-3.18e-04	6.04e-04	-1.11e-04
3	20	0.05	0.10	-0.16	-3.18e-04	6.06e-04	-1.11e-04
3	21	0.05	-0.03	-0.17	9.84e-05	5.73e-04	-6.52e-05
3	22	0.05	-0.03	-0.17	9.82e-05	5.79e-04	-6.37e-05
3	23	0.05	0.03	-0.16	-9.42e-05	5.90e-04	-8.52e-05
3	24	0.05	0.03	-0.16	-9.44e-05	5.96e-04	-8.38e-05
3	25	0.06	-0.03	-0.17	9.90e-05	5.65e-04	-6.81e-05
3	26	0.06	-0.03	-0.17	9.88e-05	5.71e-04	-6.66e-05
3	27	0.05	0.03	-0.17	-9.36e-05	5.82e-04	-8.81e-05
3	28	0.05	0.03	-0.17	-9.38e-05	5.88e-04	-8.66e-05
3	29	0.05	-0.02	-0.17	6.83e-05	5.83e-04	-6.58e-05
3	30	0.05	-0.02	-0.17	6.83e-05	5.84e-04	-6.56e-05
3	31	0.05	0.02	-0.16	-6.50e-05	5.95e-04	-7.97e-05
3	32	0.05	0.02	-0.16	-6.51e-05	5.96e-04	-7.94e-05
3	33	0.06	-0.02	-0.17	6.96e-05	5.66e-04	-7.24e-05
3	34	0.06	-0.02	-0.17	6.96e-05	5.66e-04	-7.22e-05
3	35	0.05	0.02	-0.17	-6.37e-05	5.77e-04	-8.63e-05
3	36	0.05	0.02	-0.17	-6.37e-05	5.78e-04	-8.61e-05
3	37	0.06	-0.07	-0.18	2.24e-04	5.63e-04	-5.19e-05
3	38	0.06	-0.07	-0.17	2.24e-04	5.64e-04	-5.17e-05
3	39	0.05	0.07	-0.16	-2.20e-04	6.02e-04	-9.82e-05
3	40	0.05	0.07	-0.16	-2.20e-04	6.03e-04	-9.79e-05
3	41	0.06	-0.07	-0.18	2.25e-04	5.58e-04	-5.39e-05
3	42	0.06	-0.07	-0.18	2.25e-04	5.59e-04	-5.37e-05
3	43	0.05	0.07	-0.16	-2.20e-04	5.97e-04	-1.00e-04
3	44	0.05	0.07	-0.16	-2.20e-04	5.98e-04	-9.99e-05
3	45	0.05	-0.02	-0.17	6.88e-05	5.76e-04	-6.84e-05
3	46	0.05	-0.02	-0.17	6.87e-05	5.79e-04	-6.76e-05
3	47	0.05	0.02	-0.17	-6.45e-05	5.88e-04	-8.22e-05
3	48	0.05	0.02	-0.17	-6.46e-05	5.90e-04	-8.15e-05
3	49	0.06	-0.02	-0.17	6.92e-05	5.71e-04	-7.04e-05
3	50	0.05	-0.02	-0.17	6.91e-05	5.74e-04	-6.96e-05
3	51	0.05	0.02	-0.17	-6.41e-05	5.82e-04	-8.42e-05
3	52	0.05	0.02	-0.17	-6.42e-05	5.85e-04	-8.35e-05
4	1	0.0	0.0	0.0	0.0	-4.15e-03	8.77e-05
4	2	0.0	0.0	0.0	0.0	-2.98e-03	6.22e-05
4	3	0.0	0.0	0.0	0.0	-1.83e-03	3.49e-05
4	4	0.0	0.0	0.0	0.0	-1.55e-03	2.81e-05
4	5	0.0	0.0	0.0	0.0	-1.55e-03	1.58e-04
4	6	0.0	0.0	0.0	0.0	-1.55e-03	1.57e-04
4	7	0.0	0.0	0.0	0.0	-1.54e-03	1.06e-04
4	8	0.0	0.0	0.0	0.0	-1.54e-03	1.07e-04
4	9	0.0	0.0	0.0	0.0	-1.56e-03	1.63e-04
4	10	0.0	0.0	0.0	0.0	-1.56e-03	1.63e-04
4	11	0.0	0.0	0.0	0.0	-1.55e-03	1.01e-04
4	12	0.0	0.0	0.0	0.0	-1.55e-03	1.01e-04
4	13	0.0	0.0	0.0	0.0	-1.58e-03	4.67e-04
4	14	0.0	0.0	0.0	0.0	-1.58e-03	4.67e-04
4	15	0.0	0.0	0.0	0.0	-1.52e-03	4.13e-04
4	16	0.0	0.0	0.0	0.0	-1.52e-03	4.13e-04
4	17	0.0	0.0	0.0	0.0	-1.58e-03	4.69e-04
4	18	0.0	0.0	0.0	0.0	-1.58e-03	4.69e-04
4	19	0.0	0.0	0.0	0.0	-1.52e-03	4.11e-04
4	20	0.0	0.0	0.0	0.0	-1.52e-03	4.11e-04
4	21	0.0	0.0	0.0	0.0	-1.56e-03	1.60e-04
4	22	0.0	0.0	0.0	0.0	-1.56e-03	1.59e-04
4	23	0.0	0.0	0.0	0.0	-1.54e-03	1.04e-04
4	24	0.0	0.0	0.0	0.0	-1.54e-03	1.05e-04
4	25	0.0	0.0	0.0	0.0	-1.56e-03	1.61e-04
4	26	0.0	0.0	0.0	0.0	-1.56e-03	1.61e-04
4	27	0.0	0.0	0.0	0.0	-1.54e-03	1.03e-04
4	28	0.0	0.0	0.0	0.0	-1.54e-03	1.03e-04
4	29	0.0	0.0	0.0	0.0	-1.55e-03	1.18e-04
4	30	0.0	0.0	0.0	0.0	-1.55e-03	1.18e-04
4	31	0.0	0.0	0.0	0.0	-1.54e-03	6.50e-05
4	32	0.0	0.0	0.0	0.0	-1.54e-03	6.51e-05
4	33	0.0	0.0	0.0	0.0	-1.56e-03	1.21e-04
4	34	0.0	0.0	0.0	0.0	-1.56e-03	1.21e-04
4	35	0.0	0.0	0.0	0.0	-1.55e-03	6.14e-05
4	36	0.0	0.0	0.0	0.0	-1.55e-03	6.15e-05
4	37	0.0	0.0	0.0	0.0	-1.57e-03	3.32e-04
4	38	0.0	0.0	0.0	0.0	-1.57e-03	3.32e-04
4	39	0.0	0.0	0.0	0.0	-1.53e-03	2.77e-04
4	40	0.0	0.0	0.0	0.0	-1.53e-03	2.77e-04
4	41	0.0	0.0	0.0	0.0	-1.57e-03	3.33e-04
4	42	0.0	0.0	0.0	0.0	-1.57e-03	3.33e-04
4	43	0.0	0.0	0.0	0.0	-1.53e-03	2.76e-04
4	44	0.0	0.0	0.0	0.0	-1.53e-03	2.76e-04
4	45	0.0	0.0	0.0	0.0	-1.56e-03	1.19e-04
4	46	0.0	0.0	0.0	0.0	-1.55e-03	1.19e-04
4	47	0.0	0.0	0.0	0.0	-1.54e-03	6.37e-05
4	48	0.0	0.0	0.0	0.0	-1.54e-03	6.40e-05
4	49	0.0	0.0	0.0	0.0	-1.56e-03	1.20e-04
4	50	0.0	0.0	0.0	0.0	-1.56e-03	1.20e-04
4	51	0.0	0.0	0.0	0.0	-1.55e-03	6.26e-05
4	52	0.0	0.0	0.0	0.0	-1.54e-03	6.29e-05
5	1	0.04	0.02	-0.13	2.63e-05	2.38e-03	-2.28e-04
5	2	0.03	0.02	-0.11	1.79e-05	1.66e-03	-1.62e-04
5	3	0.04	8.63e-03	-0.13	5.41e-06	7.79e-04	-9.31e-05

REGIONE PIEMONTE
COMUNE DI VERCELLI

EX MACELLO
RELAZIONE STRUTTURALE PRELIMINARE

5	4	0.04	6.99e-03	-0.13	2.30e-06	5.59e-04	-7.59e-05
5	5	0.04	-0.02	-0.13	9.70e-05	5.64e-04	-5.94e-05
5	6	0.04	-0.02	-0.13	9.69e-05	5.66e-04	-5.89e-05
5	7	0.04	0.04	-0.13	-9.43e-05	5.81e-04	-8.34e-05
5	8	0.04	0.04	-0.13	-9.43e-05	5.83e-04	-8.29e-05
5	9	0.05	-0.02	-0.14	9.89e-05	5.36e-04	-6.89e-05
5	10	0.05	-0.02	-0.14	9.89e-05	5.38e-04	-6.85e-05
5	11	0.04	0.04	-0.13	-9.23e-05	5.53e-04	-9.29e-05
5	12	0.04	0.04	-0.13	-9.24e-05	5.55e-04	-9.25e-05
5	13	0.05	-0.09	-0.15	3.21e-04	5.34e-04	-3.47e-05
5	14	0.05	-0.09	-0.15	3.21e-04	5.36e-04	-3.43e-05
5	15	0.04	0.10	-0.12	-3.17e-04	5.91e-04	-1.15e-04
5	16	0.04	0.10	-0.12	-3.17e-04	5.93e-04	-1.14e-04
5	17	0.05	-0.09	-0.15	3.21e-04	5.26e-04	-3.76e-05
5	18	0.05	-0.09	-0.15	3.21e-04	5.28e-04	-3.72e-05
5	19	0.04	0.10	-0.12	-3.16e-04	5.82e-04	-1.18e-04
5	20	0.04	0.10	-0.12	-3.16e-04	5.84e-04	-1.17e-04
5	21	0.04	-0.02	-0.14	9.77e-05	5.52e-04	-6.32e-05
5	22	0.04	-0.02	-0.14	9.76e-05	5.58e-04	-6.18e-05
5	23	0.04	0.04	-0.13	-9.35e-05	5.69e-04	-8.72e-05
5	24	0.04	0.04	-0.13	-9.37e-05	5.75e-04	-8.58e-05
5	25	0.04	-0.02	-0.14	9.83e-05	5.43e-04	-6.61e-05
5	26	0.04	-0.02	-0.14	9.81e-05	5.50e-04	-6.46e-05
5	27	0.04	0.04	-0.13	-9.30e-05	5.60e-04	-9.01e-05
5	28	0.04	0.04	-0.13	-9.31e-05	5.67e-04	-8.86e-05
5	29	0.04	-0.01	-0.13	6.78e-05	5.63e-04	-6.44e-05
5	30	0.04	-0.01	-0.13	6.78e-05	5.64e-04	-6.42e-05
5	31	0.04	0.03	-0.13	-6.46e-05	5.74e-04	-8.10e-05
5	32	0.04	0.03	-0.13	-6.46e-05	5.75e-04	-8.08e-05
5	33	0.04	-0.01	-0.14	6.92e-05	5.43e-04	-7.10e-05
5	34	0.04	-0.01	-0.14	6.92e-05	5.44e-04	-7.08e-05
5	35	0.04	0.03	-0.13	-6.32e-05	5.55e-04	-8.77e-05
5	36	0.04	0.03	-0.13	-6.32e-05	5.56e-04	-8.74e-05
5	37	0.05	-0.06	-0.14	2.23e-04	5.42e-04	-4.74e-05
5	38	0.04	-0.06	-0.14	2.23e-04	5.43e-04	-4.71e-05
5	39	0.04	0.07	-0.13	-2.19e-04	5.81e-04	-1.03e-04
5	40	0.04	0.07	-0.12	-2.19e-04	5.82e-04	-1.03e-04
5	41	0.05	-0.06	-0.14	2.23e-04	5.36e-04	-4.93e-05
5	42	0.05	-0.06	-0.14	2.23e-04	5.37e-04	-4.91e-05
5	43	0.04	0.07	-0.13	-2.18e-04	5.75e-04	-1.05e-04
5	44	0.04	0.07	-0.13	-2.18e-04	5.76e-04	-1.04e-04
5	45	0.04	-0.01	-0.14	6.83e-05	5.55e-04	-6.70e-05
5	46	0.04	-0.01	-0.14	6.83e-05	5.58e-04	-6.63e-05
5	47	0.04	0.03	-0.13	-6.41e-05	5.66e-04	-8.36e-05
5	48	0.04	0.03	-0.13	-6.42e-05	5.70e-04	-8.29e-05
5	49	0.04	-0.01	-0.14	6.88e-05	5.49e-04	-6.90e-05
5	50	0.04	-0.01	-0.14	6.87e-05	5.52e-04	-6.82e-05
5	51	0.04	0.03	-0.13	-6.37e-05	5.61e-04	-8.56e-05
5	52	0.04	0.03	-0.13	-6.38e-05	5.64e-04	-8.49e-05
6	1	0.01	-2.81e-04	-0.38	-8.36e-05	5.17e-05	-5.91e-06
6	2	9.99e-03	-1.96e-04	-0.28	-5.89e-05	4.02e-05	-4.11e-06
6	3	7.15e-03	-8.95e-05	-0.22	-3.10e-05	4.26e-05	-1.86e-06
6	4	6.44e-03	-6.30e-05	-0.20	-2.40e-05	4.32e-05	-1.29e-06
6	5	5.95e-03	-2.26e-03	-0.20	-6.83e-06	3.71e-05	-2.15e-06
6	6	5.93e-03	-2.26e-03	-0.20	-6.67e-06	3.72e-05	-2.14e-06
6	7	5.96e-03	2.14e-03	-0.20	-3.97e-05	4.08e-05	0.0
6	8	5.94e-03	2.14e-03	-0.20	-3.95e-05	4.09e-05	0.0
6	9	6.95e-03	-2.26e-03	-0.21	-8.52e-06	4.55e-05	-2.36e-06
6	10	6.92e-03	-2.26e-03	-0.21	-8.36e-06	4.55e-05	-2.35e-06
6	11	6.96e-03	2.13e-03	-0.21	-4.14e-05	4.91e-05	0.0
6	12	6.93e-03	2.13e-03	-0.21	-4.12e-05	4.92e-05	0.0
6	13	6.29e-03	-7.38e-03	-0.20	3.09e-05	3.58e-05	-4.47e-06
6	14	6.26e-03	-7.38e-03	-0.20	3.11e-05	3.58e-05	-4.46e-06
6	15	6.32e-03	7.26e-03	-0.20	-7.86e-05	4.80e-05	1.94e-06
6	16	6.30e-03	7.26e-03	-0.20	-7.85e-05	4.81e-05	1.95e-06
6	17	6.59e-03	-7.39e-03	-0.20	3.04e-05	3.83e-05	-4.54e-06
6	18	6.56e-03	-7.39e-03	-0.20	3.06e-05	3.83e-05	-4.52e-06
6	19	6.62e-03	7.26e-03	-0.21	-7.91e-05	5.05e-05	1.88e-06
6	20	6.60e-03	7.26e-03	-0.21	-7.90e-05	5.06e-05	1.89e-06
6	21	6.33e-03	-2.26e-03	-0.20	-7.61e-06	4.00e-05	-2.24e-06
6	22	6.24e-03	-2.26e-03	-0.20	-7.07e-06	4.02e-05	-2.20e-06
6	23	6.34e-03	2.13e-03	-0.20	-4.05e-05	4.37e-05	0.0
6	24	6.25e-03	2.14e-03	-0.20	-3.99e-05	4.39e-05	0.0
6	25	6.63e-03	-2.26e-03	-0.21	-8.12e-06	4.25e-05	-2.30e-06
6	26	6.54e-03	-2.26e-03	-0.20	-7.58e-06	4.27e-05	-2.27e-06
6	27	6.64e-03	2.13e-03	-0.21	-4.10e-05	4.62e-05	0.0
6	28	6.55e-03	2.13e-03	-0.20	-4.04e-05	4.64e-05	0.0
6	29	6.10e-03	-1.58e-03	-0.20	-1.21e-05	3.90e-05	-1.89e-06
6	30	6.09e-03	-1.58e-03	-0.20	-1.20e-05	3.90e-05	-1.88e-06
6	31	6.11e-03	1.46e-03	-0.20	-3.49e-05	4.16e-05	0.0
6	32	6.10e-03	1.46e-03	-0.20	-3.48e-05	4.16e-05	0.0
6	33	6.79e-03	-1.59e-03	-0.21	-1.33e-05	4.48e-05	-2.03e-06
6	34	6.78e-03	-1.58e-03	-0.21	-1.32e-05	4.48e-05	-2.03e-06
6	35	6.80e-03	1.46e-03	-0.21	-3.60e-05	4.73e-05	0.0
6	36	6.78e-03	1.46e-03	-0.21	-3.60e-05	4.73e-05	0.0
6	37	6.33e-03	-5.13e-03	-0.20	1.40e-05	3.80e-05	-3.49e-06
6	38	6.32e-03	-5.13e-03	-0.20	1.41e-05	3.81e-05	-3.49e-06
6	39	6.36e-03	5.01e-03	-0.20	-6.18e-05	4.65e-05	0.0
6	40	6.34e-03	5.01e-03	-0.20	-6.17e-05	4.66e-05	0.0
6	41	6.54e-03	-5.13e-03	-0.20	1.37e-05	3.98e-05	-3.54e-06
6	42	6.53e-03	-5.13e-03	-0.20	1.38e-05	3.98e-05	-3.53e-06
6	43	6.56e-03	5.01e-03	-0.21	-6.22e-05	4.83e-05	0.0
6	44	6.55e-03	5.01e-03	-0.21	-6.21e-05	4.83e-05	0.0
6	45	6.36e-03	-1.58e-03	-0.20	-1.26e-05	4.10e-05	-1.94e-06
6	46	6.31e-03	-1.58e-03	-0.20	-1.23e-05	4.11e-05	-1.93e-06
6	47	6.37e-03	1.46e-03	-0.20	-3.54e-05	4.35e-05	0.0
6	48	6.32e-03	1.46e-03	-0.20	-3.51e-05	4.36e-05	0.0
6	49	6.56e-03	-1.58e-03	-0.21	-1.30e-05	4.27e-05	-1.99e-06
6	50	6.52e-03	-1.58e-03	-0.20	-1.27e-05	4.28e-05	-1.97e-06
6	51	6.57e-03	1.46e-03	-0.21	-3.57e-05	4.53e-05	0.0

...omissis...

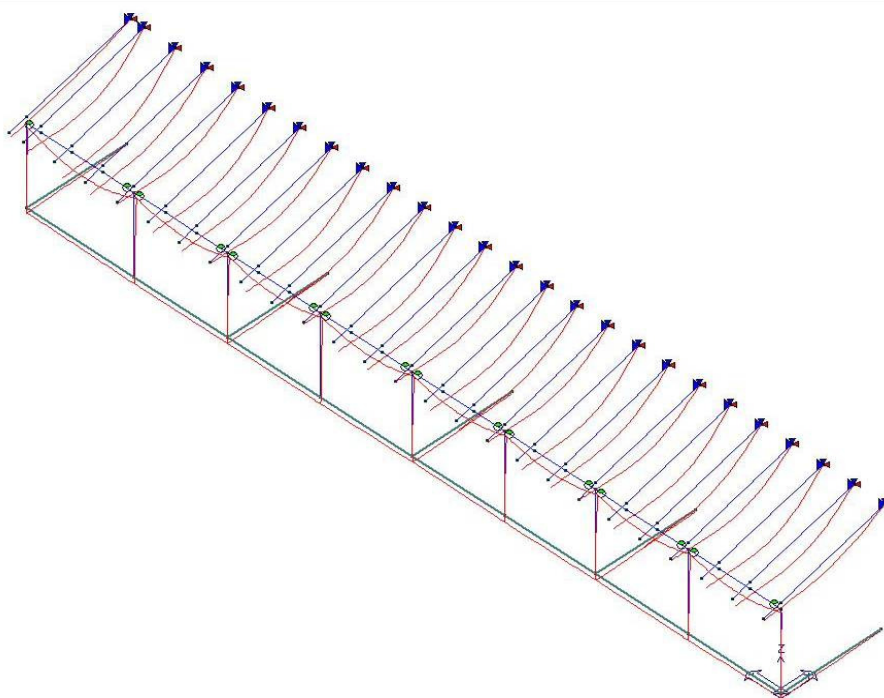


Figura 10 - Tettoia: deformata per carichi totali (Cmb 2)

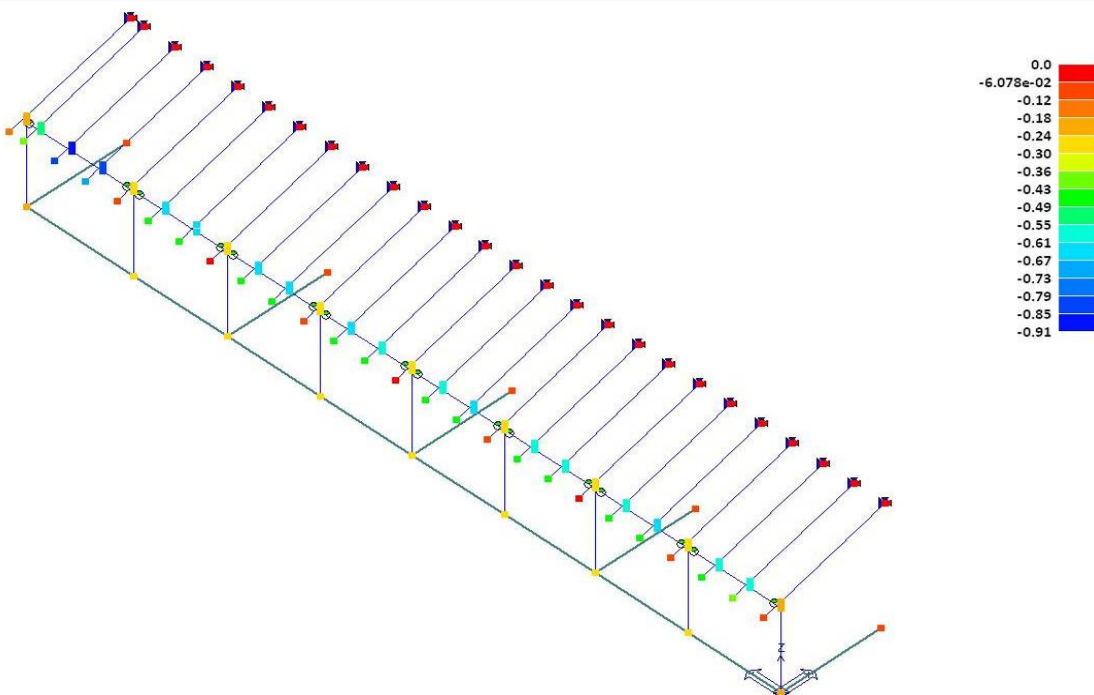


Figura 11 - Tettoia: traslazione nodale per carichi totali (Cmb 2)

III.4.7. Analisi strutturali: risultati elementi tipo trave

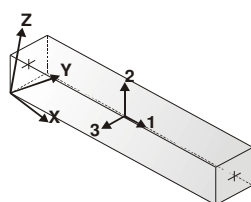
Il controllo dei risultati delle analisi condotte, per quanto concerne gli elementi tipo trave, è possibile in relazione alle tabelle sotto riportate. Gli elementi vengono suddivisi, in relazione alle proprietà in elementi:

- tipo pilastro

- tipo trave in elevazione
- tipo trave in fondazione

Per ogni elemento, e per ogni combinazione (o caso di carico) vengono riportati i risultati più significativi. Per gli elementi tipo *pilastro* sono riportati in tabella i seguenti valori:

<i>Pilas.</i>	<i>numero dell'elemento pilastro</i>
<i>Cmb</i>	<i>combinazione in cui si verificano i valori riportati</i>
<i>M3 mx/mn</i>	<i>momento flettente in campata M3 max (prima riga) / min (seconda riga)</i>
<i>M2 mx/mn</i>	<i>momento flettente in campata M2 max (prima riga) / min (seconda riga)</i>
<i>D2/D3</i>	<i>freccia massima in direzione 2 (prima riga) / direzione 3 (seconda riga)</i>
<i>Q2/Q3</i>	<i>carico totale in direzione 2 (prima riga) / direzione 3 (seconda riga)</i>
<i>Pos.</i>	<i>ascissa del punto iniziale e finale dell'elemento</i>
<i>N, V2, ecc..</i>	<i>sei componenti di sollecitazione al piede ed in sommità dell'elemento</i>



orientamento elementi 2D
non verticali



orientamento elementi 2D
verticali

Per gli elementi tipo *trave in elevazione* sono riportati, oltre al numero dell'elemento, i medesimi risultati visti per i pilastri.

Per gli elementi tipo *trave in fondazione* (trave f.) sono riportati, oltre al numero dell'elemento, i medesimi risultati visti per i pilastri e la massima pressione sul terreno.

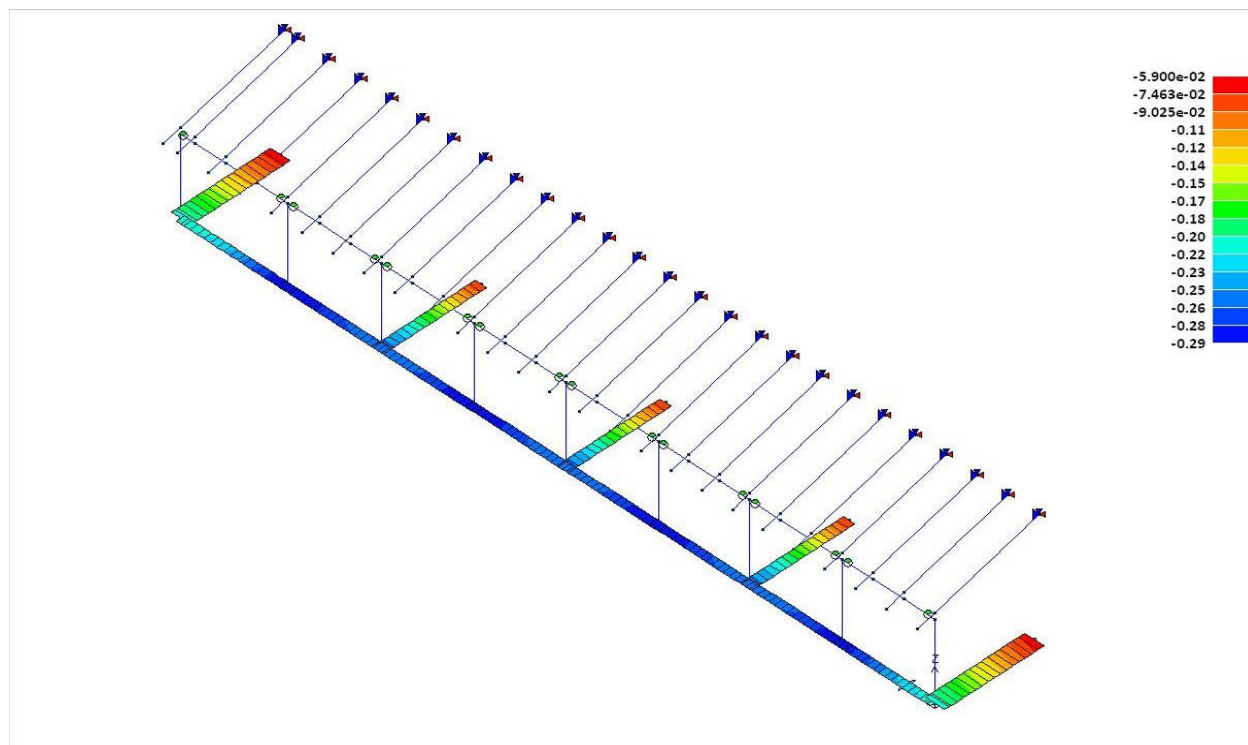


Figura 12 - Tettoia: pressione travi di fondazione per carichi totali (Cmb 2)

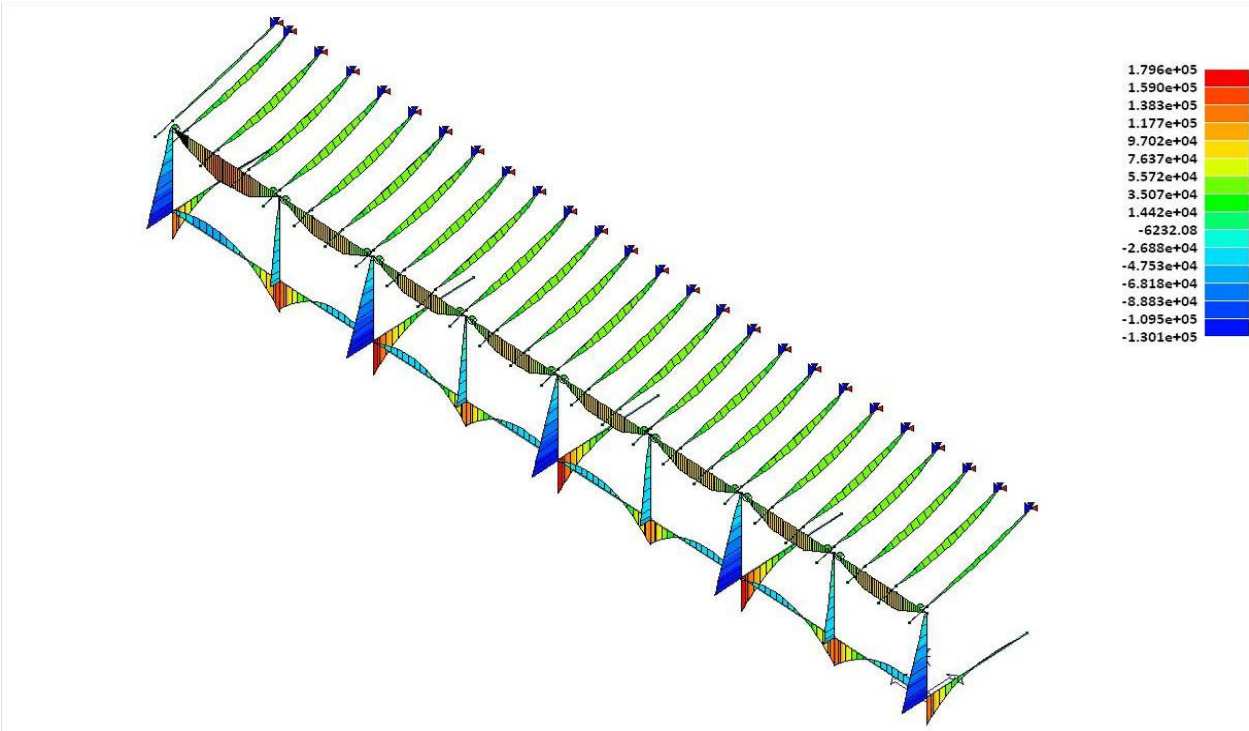


Figura 13 - Tettoia: diagramma di momento flettente allo SLU (Cmb 1)

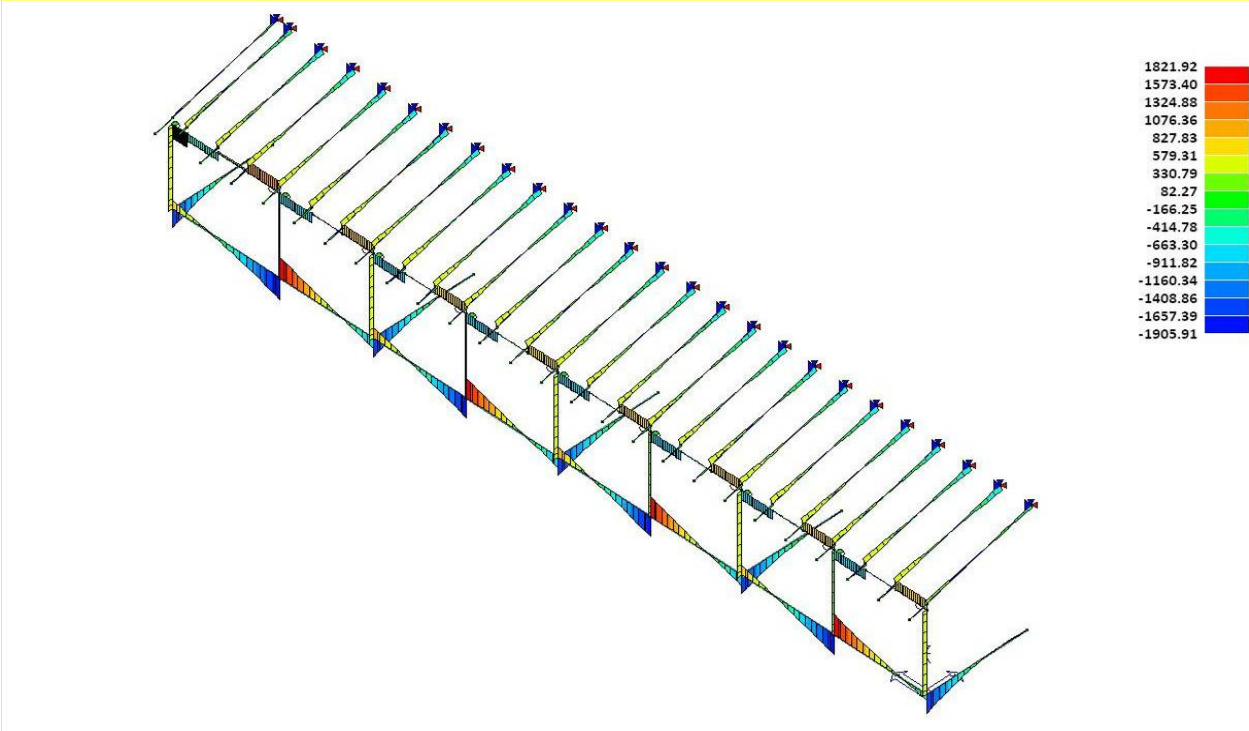


Figura 14 - Tettoia: diagramma di taglio allo SLU (Cmb 1)

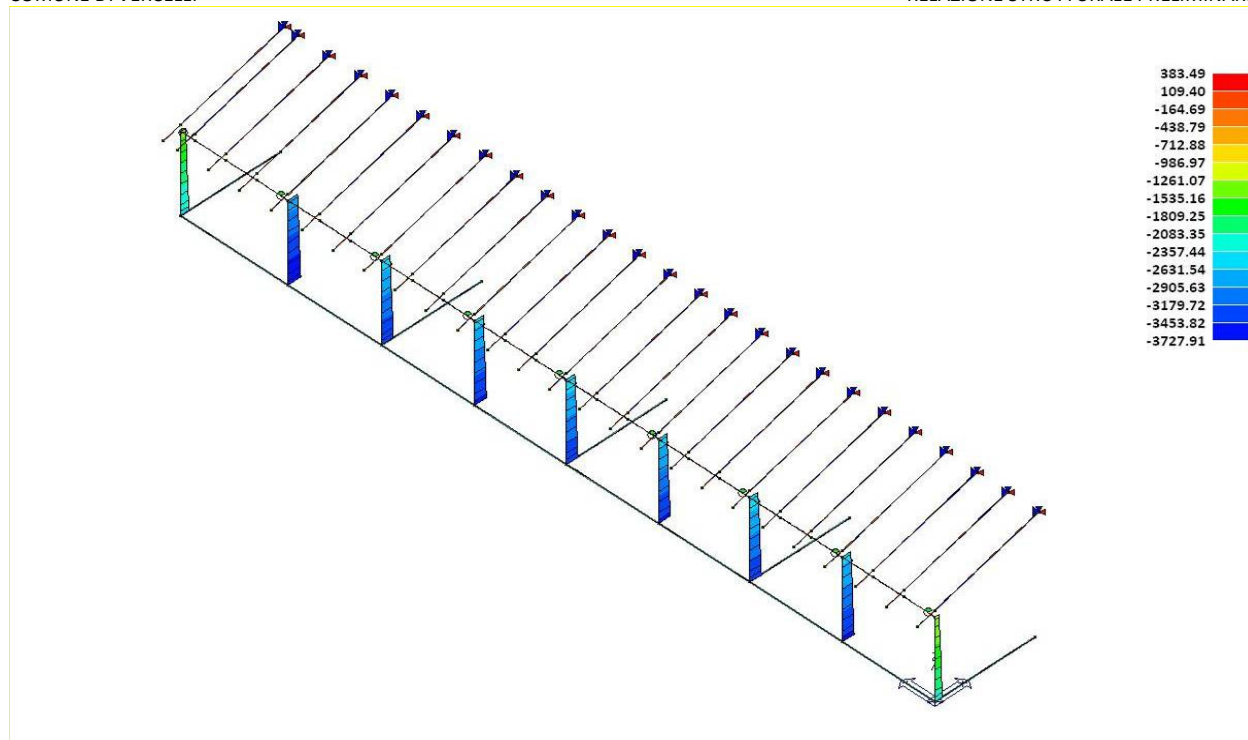


Figura 15 - Tettoia: diagramma di sforzo normale allo SLU (Cmb 1)

III.4.8. Verifiche strutturali: elementi in c.a.

In tabella vengono riportati per ogni elemento il numero dello stesso ed il codice di verifica.

Per la progettazione con il metodo degli stati limite vengono riportati il rapporto x/d , le verifiche per sollecitazioni proporzionali e la verifica per compressione media con l'indicazione delle combinazioni in cui si sono attinti i rispettivi valori.

Per gli elementi tipo pilastro sono riportati numero e diametro dei ferri di vertice, numero e diametro di ferri disposti lungo i lati L1 (paralleli alla base della sezione) e lungo i lati L2 (paralleli all'altezza della sezione). Per gli elementi tipo trave sono riportati infine le quantità di armatura inferiore e superiore. I simboli utilizzati hanno il significato riportato in tabella.

<i>r. snell.</i>	<i>Rapporto λ su λ^*: valore superiore a 1 per elementi snelli, caso in cui viene effettuata la verifica con il metodo diretto dello stato di equilibrio</i>
<i>Verifica(verif.)</i>	<i>rapporto S_d/S_u con sollecitazioni ultime proporzionali o a sforzo normale costante: valore minore o uguale a 1 per verifica positiva</i>
<i>ver.sis</i>	<i>rapporto N_d/N_u con N_u calcolato come al punto 7.4.4.2.2.1; valore minore o uguale a 1 per verifica positiva</i>
<i>ver.V/T</i>	<i>rapporto S_d/S_u con sollecitazioni taglianti e torcenti proporzionali valore minore o uguale a 1 per verifica positiva</i>
<i>x/d</i>	<i>rapporto tra posizione dell'asse neutro e altezza utile alla rottura della sezione (per sola flessione)</i>

Per gli elementi progettati secondo il criterio della gerarchia delle resistenze (pilastri e travi) si riporta una ulteriore tabella dei risultati.

<i>M negativo i</i>	<i>Valore del momento resistente negativo (positivo) all'estremità iniziale i (finale f) della trave</i>
<i>V M-i M+f</i>	<i>Taglio generato dai momenti resistenti negativo i e positivo f (positivo i e negativo f)</i>
<i>V totale</i>	<i>Massimo valore assoluto ottenuto per combinazione del taglio isostatico e dei tagli concomitanti (p.to 7.4.4.1.1.)</i>
<i>Verif. V</i>	<i>Rapporto tra il taglio massimo e V_{r1} (p.to 7.4.4.1.2.2);</i>
<i>Sovr. 2-2 i</i>	<i>Sovreresistenza del pilastro (come da formula 7.4.4). Rapporto tra i momenti resistenti delle travi e dei pilastri. Il valore del fattore rispettivamente per il momento 2-2 (3-3) alla base i ed alla sommità f del pilastro deve essere maggiore del γ_{Rd} adottato</i>

<i>M 2-2 i</i>	<i>Valore del momento resistente rispettivamente per 2-2 (3-3) alla base i ed alla sommità f del pilastro (massimo momento in presenza dello sforzo normale di calcolo)</i>
<i>Luce per V</i>	<i>Luce di calcolo per la definizione del taglio (generato dai momenti resistenti)</i>
<i>V M2-2</i>	<i>Valore del taglio generato dai momenti resistenti 2-2 (3-3)</i>

Per i nodi trave-pilastro viene riportata la seguente tabella relativa al calcolo delle armature di confinamento e alla verifica di resistenza del nodo (richiesta solo per strutture in classe di duttilità alta); le caselle vuote indicano parametri non riportati in quanto non necessari.

<i>Stato</i>	<i>Esito della verifica (come da formula 7.4.8) per resistenza a compressione del nodo (solo CDA)</i>
<i>I 7.4.29</i>	<i>Passo delle staffe di confinamento come richiesto dalla formula 7.4.29</i>
<i>Bj2(3)</i>	<i>Dimensione del nodo per il taglio in direzione 2 (3)</i>
<i>Hjc2(2)</i>	<i>Distanza tra le giaciture di armatura del pilastro per il taglio in direzione 2 (3)</i>
<i>V. 7.4.8</i>	<i>Rapporto tra il taglio Vjbd e il taglio resistente come da formula 7.4.8 (solo CDA)</i>
<i>I 7.4.10</i>	<i>Passo delle staffe valutato in funzione della formula 7.4.10 (solo CDA)</i>

Pilas.Note	Stato	Quota cm	%Af	M_P= 1 r. snell.	X=0.0 Armat. long.	Y=0.0 verif.	ver.sis	Staffe L=cm	ver. V/T	Rif. cmb
1 s=1,m=1	ok,ok	0.0	1.37	0.20	4d14 2+2 d14	0.18	0.01	2+2d8/10 L=60	0.28	1,11,19
		166.5	1.37	0.20	4d14 2+2 d14	0.09	9.49e-03	2+2d8/15 L=213	0.28	1,11,19
[b=1.0;1.0]		333.0	1.37	0.20	4d14 2+2 d14	0.01	4.95e-03	2+2d8/10 L=60	0.28	1,11,19
Pilas.Note	Stato	Quota	%Af	M_P= 4 r. snell.	X=0.0 Armat. long.	Y=333.0 verif.	ver.sis	Staffe	ver. V/T	Rif. cmb
5 s=1,m=1	ok,ok	0.0	1.37	0.26	4d14 2+2 d14	0.07	0.02	2+2d8/10 L=60	0.25	17,11,17
		166.5	1.37	0.26	4d14 2+2 d14	0.04	0.012+2d8/15 L=213	0.25	1,11,17	
[b=1.0;1.0]		333.0	1.37	0.26	4d14 2+2 d14	0.02	0.01	2+2d8/10 L=60	0.25	1,11,17
Pilas.Note	Stato	Quota	%Af	M_P= 7 r. snell.	X=0.0 Armat. long.	Y=664.8 verif.	ver.sis	Staffe	ver. V/T	Rif. cmb
9 s=1,m=1	ok,ok	0.0	1.37	0.25	4d14 2+2 d14	0.17	0.02	2+2d8/10 L=60	0.26	1,9,17
		166.5	1.37	0.25	4d14 2+2 d14	0.09	0.012+2d8/15 L=213	0.26	1,9,17	
[b=1.0;1.0]		333.0	1.37	0.25	4d14 2+2 d14	0.02	9.87e-03	2+2d8/10 L=60	0.26	1,9,17
Pilas.Note	Stato	Quota	%Af	M_P= 10 r. snell.	X=0.0 Armat. long.	Y=992.9 verif.	ver.sis	Staffe	ver. V/T	Rif. cmb
13s=1,m=1	ok,ok	0.0	1.37	0.26	4d14 2+2 d14	0.07	0.02	2+2d8/10 L=60	0.25	19,11,19
		166.5	1.37	0.26	4d14 2+2 d14	0.04	0.012+2d8/15 L=213	0.25	1,11,19	
[b=1.0;1.0]		333.0	1.37	0.26	4d14 2+2 d14	0.02	0.01	2+2d8/10 L=60	0.25	1,11,19
Pilas.Note	Stato	Quota	%Af	M_P= 13 r. snell.	X=0.0 Armat. long.	Y=1322.6 verif.	ver.sis	Staffe	ver. V/T	Rif. cmb
17s=1,m=1	ok,ok	0.0	1.37	0.25	4d14 2+2 d14	0.17	0.02	2+2d8/10 L=60	0.26	1,9,19
		166.5	1.37	0.25	4d14 2+2 d14	0.09	0.012+2d8/15 L=213	0.26	1,9,19	
[b=1.0;1.0]		333.0	1.37	0.25	4d14 2+2 d14	0.02	9.80e-03	2+2d8/10 L=60	0.26	1,9,19
Pilas.Note	Stato	Quota	%Af	M_P= 16 r. snell.	X=0.0 Armat. long.	Y=1652.4 verif.	ver.sis	Staffe	ver. V/T	Rif. cmb
21s=1,m=1	ok,ok	0.0	1.37	0.26	4d14 2+2 d14	0.06	0.02	2+2d8/10 L=60	0.25	19,9,19
		166.5	1.37	0.26	4d14 2+2 d14	0.04	0.012+2d8/15 L=213	0.25	1,9,19	
[b=1.0;1.0]		333.0	1.37	0.26	4d14 2+2 d14	0.02	0.01	2+2d8/10 L=60	0.25	1,9,19
Pilas.Note	Stato	Quota	%Af	M_P= 19 r. snell.	X=0.0 Armat. long.	Y=1985.6 verif.	ver.sis	Staffe	ver. V/T	Rif. cmb
25s=1,m=1	ok,ok	0.0	1.37	0.25	4d14 2+2 d14	0.17	0.02	2+2d8/10 L=60	0.26	1,9,17
		166.5	1.37	0.25	4d14 2+2 d14	0.09	0.012+2d8/15 L=213	0.26	1,9,17	
[b=1.0;1.0]		333.0	1.37	0.25	4d14 2+2 d14	0.02	9.86e-03	2+2d8/10 L=60	0.26	1,9,17
Pilas.Note	Stato	Quota	%Af	M_P= 22 r. snell.	X=0.0 Armat. long.	Y=2321.3 verif.	ver.sis	Staffe	ver. V/T	Rif. cmb
29s=1,m=1	ok,ok	0.0	1.37	0.26	4d14 2+2 d14	0.07	0.02	2+2d8/10 L=60	0.26	19,9,19
		166.5	1.37	0.26	4d14 2+2 d14	0.04	0.022+2d8/15 L=213	0.26	1,9,19	
[b=1.0;1.0]		333.0	1.37	0.26	4d14 2+2 d14	0.02	0.01	2+2d8/10 L=60	0.26	1,9,19
Pilas.Note	Stato	Quota	%Af	M_P= 26 r. snell.	X=0.0 Armat. long.	Y=2706.8 verif.	ver.sis	Staffe	ver. V/T	Rif. cmb
33s=1,m=1	ok,ok	0.0	1.37	0.21	4d14 2+2 d14	0.17	0.01	2+2d8/10 L=60	0.29	1,9,17
		166.5	1.37	0.21	4d14 2+2 d14	0.09	0.012+2d8/15 L=213	0.29	1,9,17	
[b=1.0;1.0]		333.0	1.37	0.21	4d14 2+2 d14	0.01	5.84e-03	2+2d8/10 L=60	0.29	1,9,17

Pilas.	%Af	r. snell.	verif.	ver.sis	ver. V/T
	1.37	0.26	0.18	0.02	0.29

Pilas.sovr. Xi	sovr. Xf	sovr. Yi	sovr. Yf	M 2-2 i daN cm	M 2-2 f daN cm	M 3-3 i daN cm	M 3-3 f daN cm	Luce per V cm	V M2-2 daN	V M3-3 daN
1 0.0	0.0	0.0	0.0	5.900e+05	5.818e+05	5.900e+05	5.818e+05	303.50	4276.57	4276.57
5 0.0	0.0	0.0	0.0	5.948e+05	5.866e+05	5.948e+05	5.866e+05	306.00	4276.56	4276.56
9 0.0	0.0	0.0	0.0	5.944e+05	5.862e+05	5.944e+05	5.862e+05	303.50	4308.76	4308.76
13 0.0	0.0	0.0	0.0	5.947e+05	5.865e+05	5.947e+05	5.865e+05	306.00	4275.52	4275.52
17 0.0	0.0	0.0	0.0	5.944e+05	5.862e+05	5.944e+05	5.862e+05	303.50	4308.32	4308.32
21 0.0	0.0	0.0	0.0	5.947e+05	5.865e+05	5.947e+05	5.865e+05	306.00	4275.55	4275.55
25 0.0	0.0	0.0	0.0	5.944e+05	5.862e+05	5.944e+05	5.862e+05	303.50	4308.68	4308.68
29 0.0	0.0	0.0	0.0	5.954e+05	5.873e+05	5.954e+05	5.873e+05	306.00	4280.95	4280.95
33 0.0	0.0	0.0	0.0	5.908e+05	5.826e+05	5.908e+05	5.826e+05	303.50	4282.39	4282.39

Pilas.	M 2-2 i 5.954e+05	M 2-2 f 5.873e+05	M 3-3 i 5.954e+05	M 3-3 f 5.873e+05	V M2-2 4308.76	V M3-3 4308.76
--------	----------------------	----------------------	----------------------	----------------------	-------------------	-------------------

NodoStato	Pilas.	Diam st mm	I 7.4.29 cm	n. br. 2	Bj2 cm	Hjc2 cm	n. br. 3	Bj3 cm	Hjc3 cm	V. 7.4.8	I 7.4.10	Rif. cmb
2	1	8	10.0	2	30.0		2	30.0				
7	5	8	10.0	2	30.0		2	30.0				
12	9	8	10.0	2	30.0		2	30.0				
17	13	8	10.0	2	30.0		2	30.0				
22	17	8	10.0	2	30.0		2	30.0				
27	21	8	10.0	2	30.0		2	30.0				
32	25	8	10.0	2	30.0		2	30.0				
37	29	8	10.0	2	30.0		2	30.0				

42	33	8	10.0	2	30.0	2	30.0							
Nodo		I 7.4.29 10.00					V. 7.4.8		I 7.4.10					
TraveNote	Pos. cm	%Af	Af inf.	Af. sup	x/d	verif.	M _T = 10 ver. V/T	Z=0.0 Af V	N=1 Af T	N=46 Staffe L=cm	Scorr. P	Af long.	Rif. cmb	
37 ok,ok	0.0	0.31	7.6	7.6	0.11	0.16	0.04	0.6	0.02d8/5	L=50	0.0	0.0	1,1	
s=2,m=1	178.5	0.31	7.6	7.6	0.11	6.86e-04	5.43e-03	7.07e-02	0.02d8/8	L=257	0.0	0.0	1,1	
	357.0	0.31	7.6	7.6	0.11	3.46e-04	5.59e-04	9.08e-06	0.02d8/5	L=50	0.0	0.0	1,1	
TraveNote		Pos.	%Af	Af inf.	Af. sup	x/d	verif.	ver. V/T	Af V	Af T	Staffe	Scorr. P	Af long.	Rif. cmb
38 ok,ok	0.0	0.34	3.1	3.1	0.13	0.10	0.16	0.2	0.02d8/5	L=50	0.0	0.0	17,1	
s=1,m=1	166.5	0.34	3.1	3.1	0.13	0.10	0.16	0.2	0.02d8/20	L=233	0.0	0.0	1,1	
	333.0	0.34	3.1	3.1	0.13	0.51	0.23	0.8	0.02d8/5	L=50	0.0	0.0	1,1	
39 ok,ok	0.0	0.34	3.1	3.1	0.13	0.47	0.23	0.7	0.02d8/5	L=50	0.0	0.0	1,1	
s=1,m=1	165.9	0.34	3.1	3.1	0.13	0.11	0.15	0.2	0.02d8/20	L=232	0.0	0.0	1,1	
	331.8	0.34	3.1	3.1	0.13	0.10	0.18	0.4	0.02d8/5	L=50	0.0	0.0	17,1	
40 ok,ok	0.0	0.34	3.1	3.1	0.13	0.10	0.19	0.4	0.02d8/5	L=50	0.0	0.0	19,1	
s=1,m=1	164.1	0.34	3.1	3.1	0.13	0.12	0.15	0.1	0.02d8/20	L=228	0.0	0.0	1,1	
	328.2	0.34	3.1	3.1	0.13	0.44	0.23	0.7	0.02d8/5	L=50	0.0	0.0	1,1	
41 ok,ok	0.0	0.34	3.1	3.1	0.13	0.45	0.23	0.8	0.02d8/5	L=50	0.0	0.0	1,1	
s=1,m=1	164.9	0.34	3.1	3.1	0.13	0.12	0.15	0.2	0.02d8/20	L=230	0.0	0.0	1,1	
	329.7	0.34	3.1	3.1	0.13	0.09	0.18	0.4	0.02d8/5	L=50	0.0	0.0	13,1	
42 ok,ok	0.0	0.34	3.1	3.1	0.13	0.09	0.19	0.4	0.02d8/5	L=50	0.0	0.0	19,1	
s=1,m=1	164.9	0.34	3.1	3.1	0.13	0.12	0.15	0.1	0.02d8/20	L=230	0.0	0.0	1,1	
	329.7	0.34	3.1	3.1	0.13	0.44	0.23	0.7	0.02d8/5	L=50	0.0	0.0	1,1	
43 ok,ok	0.0	0.34	3.1	3.1	0.13	0.45	0.23	0.8	0.02d8/5	L=50	0.0	0.0	1,1	
s=1,m=1	166.6	0.34	3.1	3.1	0.13	0.12	0.15	0.1	0.02d8/20	L=233	0.0	0.0	1,1	
	333.3	0.34	3.1	3.1	0.13	0.10	0.19	0.4	0.02d8/5	L=50	0.0	0.0	13,1	
44 ok,ok	0.0	0.34	3.1	3.1	0.13	0.10	0.19	0.4	0.02d8/5	L=50	0.0	0.0	19,1	
s=1,m=1	167.8	0.34	3.1	3.1	0.13	0.11	0.16	0.2	0.02d8/20	L=236	0.0	0.0	1,1	
	335.7	0.34	3.1	3.1	0.13	0.50	0.24	0.8	0.02d8/5	L=50	0.0	0.0	1,1	
45 ok,ok	0.0	0.34	3.1	3.1	0.13	0.56	0.23	0.8	0.02d8/5	L=50	0.0	0.0	1,1	
s=1,m=1	192.7	0.34	3.1	3.1	0.13	0.15	0.14	0.2	0.02d8/20	L=285	0.0	0.0	1,1	
	385.5	0.34	3.1	3.1	0.13	0.10	0.17	0.3	0.02d8/5	L=50	0.0	0.0	14,1	
TraveNote		Pos.	%Af	Af inf.	Af. sup	x/d	verif.	ver. V/T	N=41 Af V	N=112 Af T	Staffe	Scorr. P	Af long.	Rif. cmb
46 ok,ok	0.0	0.31	7.6	7.6	0.11	0.16	0.04	0.6	0.02d8/5	L=50	0.0	0.0	1,1	
s=2,m=1	178.5	0.31	7.6	7.6	0.11	8.14e-04	5.16e-03	7.01e-02	0.02d8/8	L=257	0.0	0.0	1,1	
	357.0	0.31	7.6	7.6	0.11	3.46e-04	9.81e-04	9.13e-06	0.02d8/5	L=50	0.0	0.0	1,1	
TraveNote		Pos.	%Af	Af inf.	Af. sup	x/d	verif.	ver. V/T	N=31 Af V	N=113 Af T	Staffe	Scorr. P	Af long.	Rif. cmb
47 ok,ok	0.0	0.33	4.6	4.6	0.12	0.33	0.06	0.6	0.02d8/5	L=50	0.0	0.0	1,1	
s=3,m=1	178.5	0.33	4.6	4.6	0.12	0.03	0.01	0.1	0.02d8/15	L=257	0.0	0.0	1,1	
	357.0	0.33	4.6	4.6	0.12	4.34e-04	4.17e-04	3.44e-06	0.02d8/5	L=50	0.0	0.0	1,19	
TraveNote		Pos.	%Af	Af inf.	Af. sup	x/d	verif.	ver. V/T	N=21 Af V	N=114 Af T	Staffe	Scorr. P	Af long.	Rif. cmb
48 ok,ok	0.0	0.33	4.6	4.6	0.12	0.33	0.06	0.6	0.02d8/5	L=50	0.0	0.0	1,1	
s=3,m=1	178.5	0.33	4.6	4.6	0.12	0.03	0.01	0.1	0.02d8/15	L=257	0.0	0.0	1,1	
	357.0	0.33	4.6	4.6	0.12	4.47e-04	3.94e-04	3.39e-06	0.02d8/5	L=50	0.0	0.0	1,19	
TraveNote		Pos.	%Af	Af inf.	Af. sup	x/d	verif.	ver. V/T	N=11 Af V	N=115 Af T	Staffe	Scorr. P	Af long.	Rif. cmb
49 ok,ok	0.0	0.33	4.6	4.6	0.12	0.33	0.06	0.6	0.02d8/5	L=50	0.0	0.0	1,1	
s=3,m=1	178.5	0.33	4.6	4.6	0.12	0.03	0.01	0.1	0.02d8/15	L=257	0.0	0.0	1,1	
	357.0	0.33	4.6	4.6	0.12	4.51e-04	4.02e-04	3.31e-06	0.02d8/5	L=50	0.0	0.0	1,20	
Trave		%Af	Af inf.	Af. sup	x/d	verif.	ver. V/T	Af V	Af T		Scorr. P	Af long.		
		0.34	7.62	7.62	0.13	0.56	0.24	0.82	0.0		0.0	0.0		

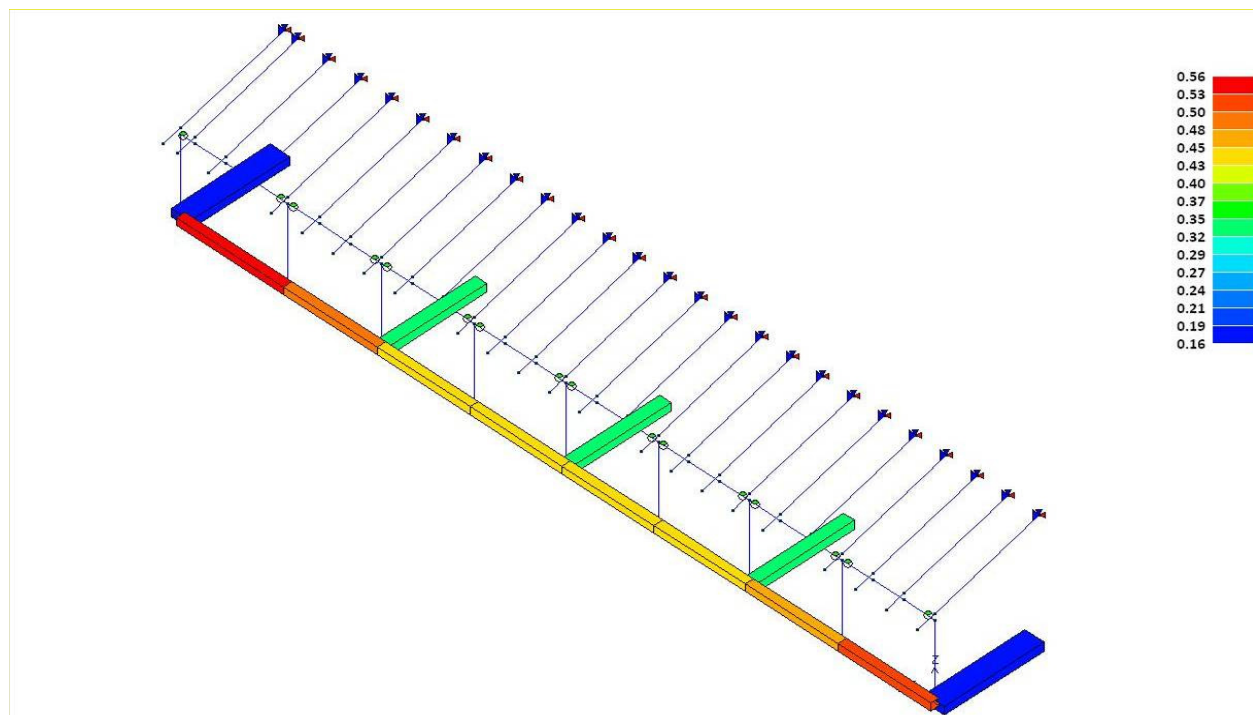


Figura 16 - Tettoia: mappa cromatica delle verifiche per tensioni normali nelle travi di fondazione

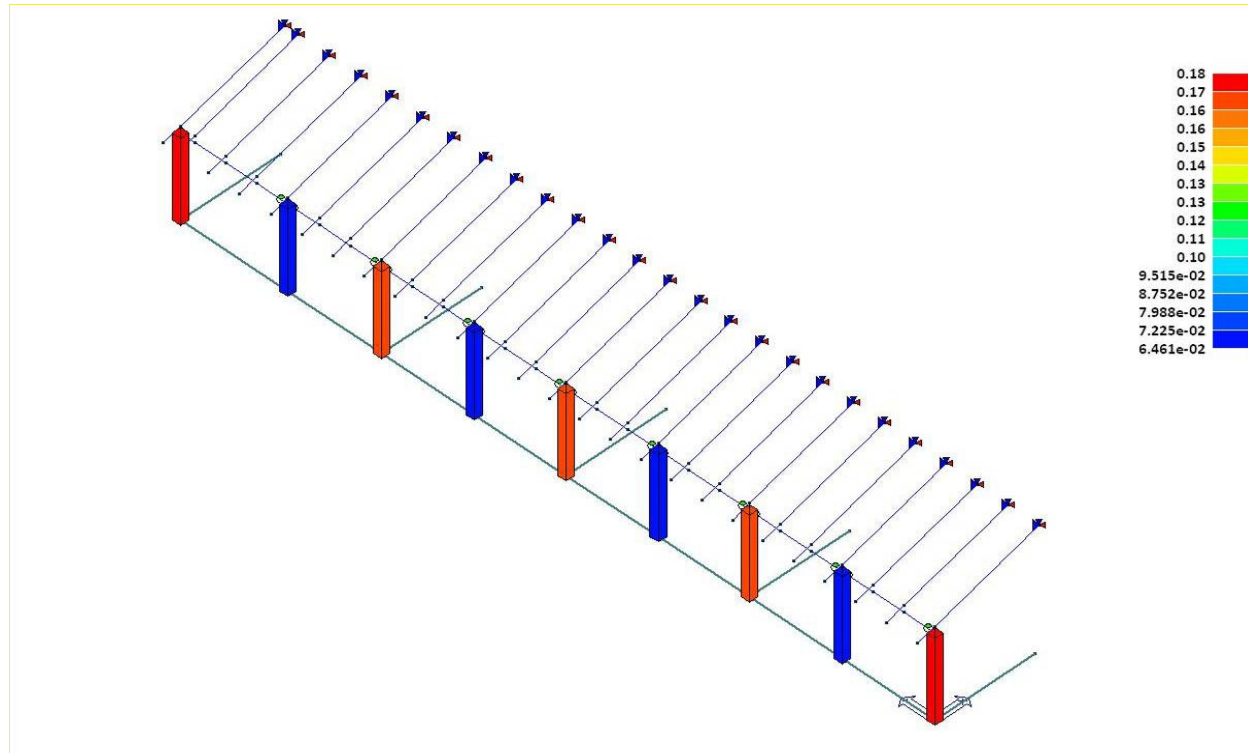


Figura 17 - Tettoia: mappa cromatica delle verifiche per tensioni normali nei pilastri

III.4.9. Verifiche strutturali: travi lignee di copertura

Si riassumono nel seguito le ipotesi alla base delle verifiche di sicurezza condotte nei confronti degli stati limite per l'orditura principale della copertura in legno lamellare.

Tabella 41 - Tettoia: classe di servizio del legno lamellare

Classe di servizio	Descrizione
2	É caratterizzata da un'umidità del materiale in equilibrio con l'ambiente a una temperatura di 20°C e un'umidità relativa dell'aria circostante che superi l'85% solo per poche settimane l'anno.

Tabella 42 - Tettoia: valori di k_{mod} e k_{def} per legno lamellare incollato

Materiale	Classe Servizio	Classe di durata del carico					k_{def}
		Perm.	Lunga	Media	Breve	Istant.	
L.L. incollato GL28h	2	0,60	0,70	0,80	0,90	1,00	0,80

Seguono tabulati di calcolo.

Elem.	Numero dell'elemento
Tipo	Codice di individuazione del tipo di elemento: trave (T) pilastro (P) asta (A)
Stato	Codice della verifica: ok verificato, NV non verificato
Note	Numero della sezione (s) e del materiale (m) dell'archivio
Ver N+/M	Verifica come da formule 4.4.6a e 4.4.6b per tensoflessione I valori di K_m utilizzati nelle formule sono definiti dal paragrafo 4.4.8.1.6 (0,7 per sezioni trasversali rettangolari; 1 per altre sezioni trasversali)
Ver N-/M	Verifica come da formule 4.4.7a e 4.4.7b per pressoflessione I valori di K_m utilizzati nelle formule sono definiti dal paragrafo 4.4.8.1.6 (0,7 per sezioni trasversali rettangolari; 1 per altre sezioni trasversali)

<i>Ver V/T</i>	<i>Verifica come da formula 4.4.10 (taglio torsione) con interazione ottenuta per quadratura del termine di taglio</i>
<i>Ver N(s)</i>	<i>Verifica instabilità come da formula 4.4.13</i>
<i>Kcy(z)</i>	<i>Fattore di instabilità utilizzato nella formula 4.4.13. Per elementi con snellezza relativa $\leq 0,3$ $Kcy(z)$ è posto = 1 , altrimenti $Kcy(z)$ viene definito dalla 4.4.15</i>
<i>Ver M(s)</i>	<i>Verifica come da formula 4.4.11 (effettuata in entrambi i piani principali) per instabilità laterale</i>
<i>Kcrit (y) / (z)</i>	<i>Fattore di instabilità laterale utilizzato nella formula 4.4.11 rispettivamente per la flessione y e z. $Kcrit (y) / (z)$ viene definito dalla 4.4.12</i>
<i>w_{net R}</i>	<i>Massima deformazione in combinazione rara (F frequente, P quasi permanente)</i>
<i>w_{net Ri}</i>	<i>Massima deformazione in combinazione rara (F frequente, P quasi permanente) valutata a tempo infinito</i>
<i>kdef</i>	<i>Fattore di deformazione dell' elemento</i>
<i>Rif. cmb</i>	<i>Numero della combinazione in cui si è attinto il valore riportato per le verifiche</i>

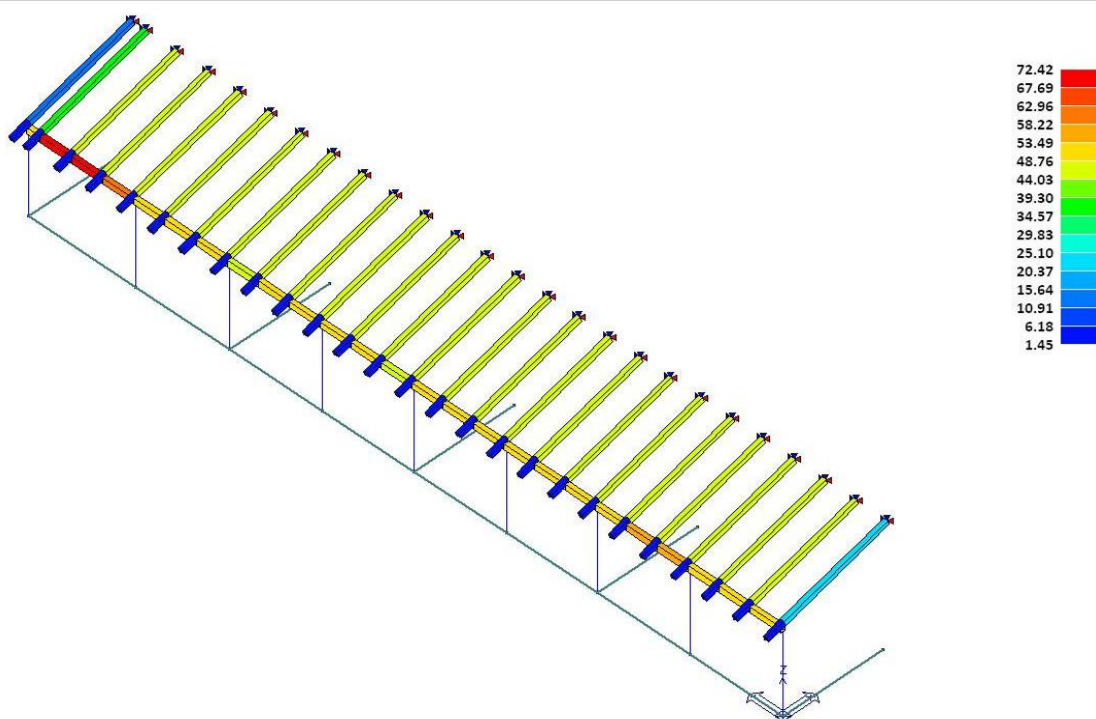



Figura 18 - Tettoia: mappa cromatica dello sfruttamento degli elementi lignei di copertura


III.5. Impalcato spogliatoi

III.5.1. Trave metallica principale


Si riportano le verifiche condotte per la trave principale metallica HEB 260.


 ArcelorMittal <i>ArcelorMittal Beams Calculator v2.02</i>		Studio ing. Violetto	
		Project name : EX MACELLO - VERCELLI	
		Project reference :	
		Beam reference : TRAVE ACCIAIO SOPRA SPOGLIATOI	
DATA			
General parameters		COMPOSITE BEAM	
Main span		L = 7.370 m	
Intermediate beam			
Width on the left	L₁ = 3.300 m	Max. participating width	L₁ = 1.650 m
Width on the right	L₂ = 3.300 m	Max. participating width	L₂ = 1.650 m
Slab			
Slab with special configuration		Total thickness = 8.50 cm	
		Haunch height = 3.50 cm	
Section		HE 260 B - S275	
	h_t = 260.0 mm	A = 118.44 cm²	
	b_f = 260.0 mm	A_v = 37.59 cm²	
	t_w = 10.0 mm	I_y = 14919.43 cm⁴	
	t_f = 17.5 mm	I_z = 5134.52 cm⁴	
	r = 24.0 mm	I_t = 123.78 cm⁴	
		I_w = 753651.10 cm⁶	
		W_{el.y} = 1147.65 cm³	
		W_{pl.y} = 1282.91 cm³	
Materials			
Steel	E = 210000 N/mm²		
	ρ = 7850 kg/m³		
Steel grade S275	f_y = 265 N/mm²		
Concrete slabConcrete slab C25/30			
	f_{ck} = 25 N/mm²		
	E_{cm} = 31476 N/mm²		
Modular ratio for LONG TERM	C_{eq} = 21.66		
Modular ratio for SHORT TERM	C_{eq} = 6.67		
Density of the concrete (slab)	ρ = 25.00 kN/m³		
Reinforcement steel	f_{yk} = 500 N/mm²		
Connection		Connectors TRW Nelson KB 3/4"-60	
	φ = 19.0 mm		
	h = 60.0 mm		
	f_y = 350.0 N/mm²		
	f_u = 450.0 N/mm²		
Main span	L = 2.00 m e = 0.15 m n = 1 row(s)		
Date : 19/07/2012		Page 1 / 10	
User's name : PLV			
H:\...\STRUTTURE\TRAVE SPOGLIATOI..PMX			


pagina 64 di 101


 ArcelorMittal <i>ArcelorMittal Beams Calculator v2.02</i>	Studio ing. Violetto	
	Project name : EX MACELLO - VERCELLI	
	Project reference :	
	Beam reference : TRAVE ACCIAIO SOPRA SPOGLIATOI	
<p><u>Combinations of actions</u></p> <p>ULS combination (construction stage) $1.35 G + 1.50 Q_c$</p> <p>ULS combination(s) $1.35 G + 1.50 Q_1$</p> <p>SLS combination(s) $G + Q_1$</p>		
Date : 19/07/2012	User's name : PLV	
	H:\...\STRUTTURE\TRAVE SPOGLIATOI\..PMX	
Page 3 / 10		

pagina 66 di 101

 ArcelorMittal <i>ArcelorMittal Beams Calculator v2.02</i>	Studio ing. Violetto														
	Project name : EX MACELLO - VERCELLI														
	Project reference :														
	Beam reference : TRAVE ACCIAIO SOPRA SPOGLIATOI														
<p style="text-align: center;"><u>Serviceability Limit States</u> (CONSTRUCTION stage)</p> <p><u>Deflections per load case</u></p> <table> <tr> <td>Case 'Dead weight'</td> <td>Span</td> <td>$v_{max} =$</td> <td>9.0 mm (L / 818)</td> </tr> <tr> <td>Case 'Construction load' (Q_c)</td> <td>Span</td> <td>$v_{max} =$</td> <td>3.0 mm (L / 2429)</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Total deflection</td> <td>$v_{max} =$</td> <td>12.0 mm (L / 612)</td> </tr> </table>				Case 'Dead weight'	Span	$v_{max} =$	9.0 mm (L / 818)	Case 'Construction load' (Q_c)	Span	$v_{max} =$	3.0 mm (L / 2429)		Total deflection	$v_{max} =$	12.0 mm (L / 612)
Case 'Dead weight'	Span	$v_{max} =$	9.0 mm (L / 818)												
Case 'Construction load' (Q_c)	Span	$v_{max} =$	3.0 mm (L / 2429)												
	Total deflection	$v_{max} =$	12.0 mm (L / 612)												
Date : 19/07/2012	User's name : PLV		Page 5 / 10												
	H:\...\STRUTTURE\TRAVE SPOGLIATOI\..PMX														

 ArcelorMittal <i>ArcelorMittal Beams Calculator v2.02</i>		Studio ing. Violetto	
		Project name : EX MACELLO - VERCELLI	
		Project reference :	
		Beam reference : TRAVE ACCIAIO SOPRA SPOGLIATOI	
<u>FINAL stage</u>			
<u>Participating width</u>		on left support	1.382 m
		L / 4 (= 1.843 m)	1.843 m
		3 L / 4 (= 5.528 m)	1.843 m
		on right support	1.382 m
<u>Moments of inertia</u>		...at mid-span	
Long-term	26305 cm ⁴		
Short-term	38222 cm ⁴		
Resistance of the connectors		P _{Rd} =	61.78 kN (Zone 1)
		P _{Rd} =	61.78 kN (Zone 2)
		P _{Rd} =	61.78 kN (Zone 3)
Verification of the degree of connection			
Minimum degree of connection = 0.400			
F _{Steel}	=	3138.78 kN	
F _{Concrete}	=	1305.10 kN	
Degree of connection = 0.899 > 0.400			
The degree of connection is calculated for the section with maximum bending moment			
Plastic resistance with partial connection			
Plastic shear force resistance	V _{pl.Rd} =	575.19 kN (η = 1.20)	
No risk of shear buckling (h _w / t _w < 72 ε / η)			
ULS combination : 1.35 G + 1.50 Q₁			
Load arrangement n° 1	Support reactions	R _{V1} =	81.30 kN
		R _{V2} =	81.30 kN
Calculation of the transverse reinforcement ratio of slab : 2.80 cm ² /m (0.56 %)			
M _{Ed,max(+)} = 149.80 kN.m	M _{Ed,max(-)} = 0.00 kN.m	Γ _M =	0.323
V _{Ed,max} = -81.31 kN		Γ _V =	0.141
		Γ _{MV} =	0.323
		Γ _{Vh} =	0.956
Date : 19/07/2012	User's name : PLV		Page 6 / 10
	H:\... \STRUTTURE\TRAVE SPOGLIATOI..PMX		

 ArcelorMittal <i>ArcelorMittal Beams Calculator v2.02</i>	Studio ing. Violetto																
	Project name : EX MACELLO - VERCELLI																
	Project reference :																
	Beam reference : TRAVE ACCIAIO SOPRA SPOGLIATOI																
<p>Transverse reinforcement of slab</p> <p>Minimum transverse reinforcement ratio according to EC4 = 0.20 %</p> <p>Reinforcement ratio = $2.80 \text{ cm}^2/\text{m}$ (0.56 %)</p> <table> <tr> <td>Plastic moment in span</td> <td>$M_{pl,Rd} =$</td> <td>467.41 kN.m</td> </tr> <tr> <td>Maximum criterion for bending resistance</td> <td>$\Gamma_{M,max} =$</td> <td>0.323</td> </tr> <tr> <td>Maximum criterion for shear force resistance</td> <td>$\Gamma_{V,max} =$</td> <td>0.141</td> </tr> <tr> <td>Maximum criterion for bending moment - shear force interaction</td> <td>$\Gamma_{MV,max} =$</td> <td>0.323</td> </tr> <tr> <td>Maximum criterion for longitudinal shear force resistance of slab</td> <td>$\Gamma_{Vh,max} =$</td> <td>0.956</td> </tr> </table>			Plastic moment in span	$M_{pl,Rd} =$	467.41 kN.m	Maximum criterion for bending resistance	$\Gamma_{M,max} =$	0.323	Maximum criterion for shear force resistance	$\Gamma_{V,max} =$	0.141	Maximum criterion for bending moment - shear force interaction	$\Gamma_{MV,max} =$	0.323	Maximum criterion for longitudinal shear force resistance of slab	$\Gamma_{Vh,max} =$	0.956
Plastic moment in span	$M_{pl,Rd} =$	467.41 kN.m															
Maximum criterion for bending resistance	$\Gamma_{M,max} =$	0.323															
Maximum criterion for shear force resistance	$\Gamma_{V,max} =$	0.141															
Maximum criterion for bending moment - shear force interaction	$\Gamma_{MV,max} =$	0.323															
Maximum criterion for longitudinal shear force resistance of slab	$\Gamma_{Vh,max} =$	0.956															
Date : 19/07/2012	User's name : PLV H:\...\STRUTTURE\TRAVE SPOGLIATOI\..PMX	Page 7 / 10															

 ArcelorMittal <i>ArcelorMittal Beams Calculator v2.02</i>	Studio ing. Violetto																						
	Project name : EX MACELLO - VERCELLI																						
	Project reference :																						
	Beam reference : TRAVE ACCIAIO SOPRA SPOGLIATOI																						
<p style="text-align: center;"><u>Serviceability Limit States</u></p> <p><u>Deflections per load case</u></p> <table> <tr> <td>Case 'Dead weight'</td> <td>$V_{max} = 9.0 \text{ mm (L / 818)}$</td> </tr> <tr> <td>Case 'Other permanent loads'</td> <td>$V_{max} = 4.9 \text{ mm (L / 1509)}$</td> </tr> <tr> <td>Case 'Q₁'</td> <td>$V_{max} = 1.5 \text{ mm (L / 4840)}$</td> </tr> <tr> <td>Case 'Shrinkage'</td> <td>$V_{max} = 4.1 \text{ mm (L / 1792)}$</td> </tr> </table> <p><u>Deflections per combination</u></p> <table> <tr> <td>Combination 'G + Q₁'</td> <td>$V_{max} = 15.4 \text{ mm (L / 478)}$</td> </tr> </table> <p><u>Estimation of the first natural frequency</u></p> <table> <tr><td>G + 0.00 Q₁ : 6.99 Hz</td></tr> <tr><td>G + 0.10 Q₁ : 6.88 Hz</td></tr> <tr><td>G + 0.20 Q₁ : 6.78 Hz</td></tr> <tr><td>G + 0.30 Q₁ : 6.68 Hz</td></tr> <tr><td>G + 0.40 Q₁ : 6.59 Hz</td></tr> <tr><td>G + 0.50 Q₁ : 6.50 Hz</td></tr> <tr><td>G + 0.60 Q₁ : 6.41 Hz</td></tr> <tr><td>G + 0.70 Q₁ : 6.33 Hz</td></tr> <tr><td>G + 0.80 Q₁ : 6.25 Hz</td></tr> <tr><td>G + 0.90 Q₁ : 6.17 Hz</td></tr> <tr><td>G + 1.00 Q₁ : 6.09 Hz</td></tr> </table> <p>Resistance criteria satisfied in the CONSTRUCTION stage</p> <p>Resistance criteria satisfied in the FINAL stage</p>			Case 'Dead weight'	$V_{max} = 9.0 \text{ mm (L / 818)}$	Case 'Other permanent loads'	$V_{max} = 4.9 \text{ mm (L / 1509)}$	Case 'Q ₁ '	$V_{max} = 1.5 \text{ mm (L / 4840)}$	Case 'Shrinkage'	$V_{max} = 4.1 \text{ mm (L / 1792)}$	Combination 'G + Q ₁ '	$V_{max} = 15.4 \text{ mm (L / 478)}$	G + 0.00 Q ₁ : 6.99 Hz	G + 0.10 Q ₁ : 6.88 Hz	G + 0.20 Q ₁ : 6.78 Hz	G + 0.30 Q ₁ : 6.68 Hz	G + 0.40 Q ₁ : 6.59 Hz	G + 0.50 Q ₁ : 6.50 Hz	G + 0.60 Q ₁ : 6.41 Hz	G + 0.70 Q ₁ : 6.33 Hz	G + 0.80 Q ₁ : 6.25 Hz	G + 0.90 Q ₁ : 6.17 Hz	G + 1.00 Q ₁ : 6.09 Hz
Case 'Dead weight'	$V_{max} = 9.0 \text{ mm (L / 818)}$																						
Case 'Other permanent loads'	$V_{max} = 4.9 \text{ mm (L / 1509)}$																						
Case 'Q ₁ '	$V_{max} = 1.5 \text{ mm (L / 4840)}$																						
Case 'Shrinkage'	$V_{max} = 4.1 \text{ mm (L / 1792)}$																						
Combination 'G + Q ₁ '	$V_{max} = 15.4 \text{ mm (L / 478)}$																						
G + 0.00 Q ₁ : 6.99 Hz																							
G + 0.10 Q ₁ : 6.88 Hz																							
G + 0.20 Q ₁ : 6.78 Hz																							
G + 0.30 Q ₁ : 6.68 Hz																							
G + 0.40 Q ₁ : 6.59 Hz																							
G + 0.50 Q ₁ : 6.50 Hz																							
G + 0.60 Q ₁ : 6.41 Hz																							
G + 0.70 Q ₁ : 6.33 Hz																							
G + 0.80 Q ₁ : 6.25 Hz																							
G + 0.90 Q ₁ : 6.17 Hz																							
G + 1.00 Q ₁ : 6.09 Hz																							
Date : 19/07/2012	User's name : PLV																						
	H:\...\STRUTTURE\TRAVE SPOGLIATOI..PMX																						
Page 8 / 10																							

III.5.2. Trave lignea secondaria

Si riportano le verifiche condotte per le travi secondarie in legno lamellare.

Tipologia

Tipo di orditura: Semplice (solo travi principali)

Assito: Carotato

Geometria

Trave principale in legno:

Base della sezione: $b = 140 \text{ mm}$

Altezza della sezione: $h = 200 \text{ mm}$

Interasse tra le travi principali: $i = 1000 \text{ mm}$

Luce di calcolo delle travi: $l = 3300 \text{ mm}$

Soletta in calcestruzzo:

Spessore: $s = 50 \text{ mm}$

Distanza tra soletta e trave (travetti + assito): $t = 35 \text{ mm}$

Larghezza efficace della soletta: $b_{\text{eff}} = 619 \text{ mm}$

Altri componenti:

- spessore: $s_a = 35 \text{ mm}$

Isolante: spessore: $s_i = 0 \text{ mm}$

Legno

Specie e classe di resistenza: Legno lamellare di conifera omogeneo e combinato (EN 1194) [CNR DT 206/2007] GL24c

Classe di servizio: 1

Resistenza a flessione $f_{mk} = 24 \text{ N/mm}^2$

Resistenza a trazione parallela alla fibratura $f_{t0k} = 14 \text{ N/mm}^2$

Resistenza a compressione parallela alla fibratura $f_{c0k} = 21 \text{ N/mm}^2$

Resistenza a taglio $f_{vk} = 2.2 \text{ N/mm}^2$

Massa volumica $\rho_k = 350 \text{ kg/m}^3$ (Peso specifico = 3.5 kN/m^3)

Coefficiente parziale per le proprietà dei materiali: $\gamma_M = 1.45$

Le **classi di durata del carico** considerate sono due:

1) permanente (per combinazioni di carico comprendenti i soli permanenti): $k_{\text{mod}} = 0.6$

2) media durata (per combinazioni di carico comprendenti tutti i carichi, permanenti e variabili): $k_{\text{mod}} = 0.8$

Le **resistenze di progetto** si distinguono fra i due casi di classi di durata del carico:

(trazione e compressione: parallele alla fibratura)

1) permanente: $k_{\text{mod}} / \gamma_M = 0.6/1.45 = 0.414$

da cui:

resistenza a flessione di progetto: $f_{md} = 9.93 \text{ N/mm}^2$

resistenza a trazione di progetto: $f_{td} = 5.79 \text{ N/mm}^2$

resistenza a compressione di progetto: $f_{cd} = 8.69 \text{ N/mm}^2$

resistenza a taglio di progetto: $f_{vd} = 0.91 \text{ N/mm}^2$

2) media durata: $k_{\text{mod}} / \gamma_M = 0.8/1.45 = 0.552$

da cui:

resistenza a flessione di progetto: $f_{md} = 13.24 \text{ N/mm}^2$

resistenza a trazione di progetto: $f_{td} = 7.72 \text{ N/mm}^2$

resistenza a compressione di progetto: $f_{cd} = 11.59 \text{ N/mm}^2$

resistenza a taglio di progetto: $f_{vd} = 1.21 \text{ N/mm}^2$

Moduli elastici:

Modulo elastico medio parallelo alle fibre:

$E_{0,\text{mean}} = 11600 \text{ N/mm}^2$

Modulo di taglio medio:

$G_{\text{mean}} = 590 \text{ N/mm}^2$

Viscosità:

$$k_{def} = 0.6$$

Fattore di riduzione del modulo di elasticità del legno per tenere conto degli effetti a lunga durata ($t=\infty$):
 $1/(1 + k_{def}) = 0.625$

Questo fattore di riduzione si applica anche alla rigidezza della connessione per le verifiche a lungo termine.

Calcestruzzo

Peso specifico (=peso volumico) del calcestruzzo: 25 kN/m^3

Classe di resistenza: C25/30

Resistenza caratteristica a compressione: $f_{ck} = 25 \text{ N/mm}^2$

$$\alpha_{cc} = 0.85$$

Coefficiente parziale di sicurezza: $\gamma_c = 1.5$

Resistenza di calcolo a compressione:

$$f_{cd} = \alpha_{cc} f_{ck} / \gamma_c = 0.85 * 25 / 1.5 = 14.17 \text{ N/mm}^2$$

Resistenza caratteristica a trazione: $f_{ctk} = 1.8 \text{ N/mm}^2$

Resistenza di calcolo a trazione:

$$f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_c = 1.20 \text{ N/mm}^2$$

Modulo elastico:

Modulo elastico $E_{cm} = 31476 \text{ N/mm}^2$

Viscosità:

Tempo di messa in carico (termine della maturazione): 28 giorni

Umidità relativa dell'atmosfera: 55%

$$A_c = 50 * 619 \text{ mm}^2$$

$u = 619 \text{ mm}$, da cui: $h_0 = 100 \text{ mm}$

Coefficiente di viscosità: $\phi = 2.93$

Fattore di riduzione del modulo di elasticità del calcestruzzo per tenere degli effetti a lunga durata ($t=\infty$):
 $1 / (1 + \phi) = 0.254$

Connessione

Barre di armatura ad aderenza migliorata di tipo B450C (§11.3.2.1):

resistenza caratteristica allo snervamento: $f_{yk} = 450 \text{ N/mm}^2$

resistenza caratteristica a rottura: $f_{uk} = 540 \text{ N/mm}^2$

Travi principali

Diametro dei connettori: $\Phi = 12 \text{ mm}$

Interasse dei connettori: $s_{min} = 100 \text{ mm}$ (agli appoggi), $s_{max} = 250 \text{ mm}$ in mezzzeria

Accoppiamento barre: no

Profondità di infissione dei connettori nel legno: $l_w = 100 \text{ mm}$

Profondità di infissione dei connettori nel calcestruzzo: $l_c = 30 \text{ mm}$

Lunghezza dei connettori: $l_b = l_w + t + l_c = 165 \text{ mm}$

Rigidezze:

$$K_{ser} \text{ (SLE)} = 7857 \text{ N/mm}$$

$$K_u \text{ (SLU)} = 5238 \text{ N/mm}$$

Resistenza:

$$F_{v,Rk} = 12889 \text{ N}$$

Scorrimento massimo allo stato limite ultimo:

$$\delta_{c,lim} = F / K_u = 1 \text{ mm}$$

Il valore di progetto della resistenza a taglio della connessione è quindi dato da:

$$F_{v,Rd} = k_{mod} * F_{v,Rk} / \gamma_M = k_{mod} * 12889 / 1.45$$

e quindi, per i due valori di riferimento di k_{mod} , relativi rispettivamente ai carichi permanente e di media durata:

$$\text{permanente: } k_{mod} = 0.6 \Rightarrow F_{v,Rd} = 5333 \text{ N}$$

$$\text{media durata: } k_{mod} = 0.8 \Rightarrow F_{v,Rd} = 7111 \text{ N}$$

Carichi

Carichi permanenti G_1

$$G_1 = 2.03 \text{ kN/m}^2$$

Per SLU: $\gamma_{G1} = 1.3$

Carichi permanenti non strutturali G_2

$$G_2 = 0.5 \text{ kN/m}^2$$

Per SLU: $\gamma_{G2} = 1.5$

Carichi variabili Q_k :

Ambiente ad uso residenziale

$$Q_k = 1 \text{ kN/m}^2$$

$$\psi_2 = 0$$

Per SLU: $\gamma_Q = 1.5$

Limiti di deformabilità

Per la verifica della freccia f si considerano le seguenti limitazioni (l = luce della trave o del travetto):

- verifica a tempo 0: $f \leq (1/300) l$

- verifica a tempo ∞ : $f \leq (1/200) l$

Risultati Solaio n° 1

Coefficienti di sicurezza: Riepilogo

- 1.312** Scorrimento della connessione, CC1, $t=\infty$
- 1.590** Scorrimento della connessione, CC2, $t=\infty$
- 1.811** Scorrimento della connessione, CC1, $t=0$
- 2.406** Resistenza della connessione, CC1, $t=\infty$
- 2.458** Resistenza della connessione, CC1, $t=0$
- 2.590** Resistenza della connessione, CC2, $t=\infty$
- 2.612** Scorrimento della connessione, CC2, $t=0$
- 2.660** Resistenza della connessione, CC2, $t=0$
- 2.778** Trazione all'intradosso del legno, CC1, $t=\infty$
- 2.941** Trazione all'intradosso del legno, CC1, $t=0$
- 2.941** Trazione all'intradosso del legno, CC2, $t=\infty$
- 3.226** Trazione all'intradosso del legno, CC2, $t=0$
- 3.985** Taglio nel legno, CC1, $t=\infty$
- 4.127** Taglio nel legno, CC1, $t=0$
- 4.191** Taglio nel legno, CC2, $t=\infty$
- 4.466** Taglio nel legno, CC2, $t=0$
- 4.606** Freccia della sezione composta trave-cls $t=\infty$
- 4.704** Freccia della sezione composta trave-cls $t=0$
- 4.821** Compressione nel cls (estradosso soletta), CC1, $t=0$
- 6.470** Compressione nel cls (estradosso soletta), CC1, $t=\infty$
- 6.955** Compressione nel cls (estradosso soletta), CC2, $t=0$
- >> 1** Compressione nel cls (estradosso soletta), CC2, $t=\infty$

SEZIONE COMPOSTA TRAVE PRINCIPALE - SOLETTA IN CLS: VERIFICHE DI RESISTENZA (SLU)

Combinazione di Carico 1 (media durata: tutti carichi)

Verifica a tempo $t=0$

I parametri dei componenti del sistema misto legno e calcestruzzo sono riferiti al materiale indicato dal pedice:

I contributi lineari di carico di tipo permanente e variabile sono i seguenti:

$$G_1 = 2.03 \text{ kN/m}^2$$

$$G_2 = 0.5 \text{ kN/m}^2$$

$$Q_k = 1 \text{ kN/m}^2$$

Per lo Stato Limite Ultimo (i = interasse travi):

$$q_{d,SLU} = (\gamma_{G1} G_1 + \gamma_{G2} G_2 + \gamma_Q Q_k) * i = 4.89 \text{ kN/m}$$

Rigidezze flessionali

- ipotesi di rigidezza della connessione nulla:

$$E_1 J_1 = 2.029546E+11 \text{ Nmm}^2$$

$$E_2 J_2 = 1.082667E+12 \text{ Nmm}^2$$

$$(EJ)_0 = \sum E_i J_i = E_1 J_1 + E_2 J_2 = 1.285621E+12 \text{ Nmm}^2$$

- ipotesi di rigidezza della connessione infinita:

coordinata y : da intradosso trave

area e posizione baricentro delle sezioni dei singoli elementi:

$$A_1 = 30950 \text{ mm}^2, y_1 = 260 \text{ mm}$$

$$A_2 = 28000 \text{ mm}^2, y_2 = 100 \text{ mm}$$

posizione baricentro sezione globale:

$$y_{G\infty} = (\sum E_i A_i y_i) / (\sum E_i A_i) = 220 \text{ mm}$$

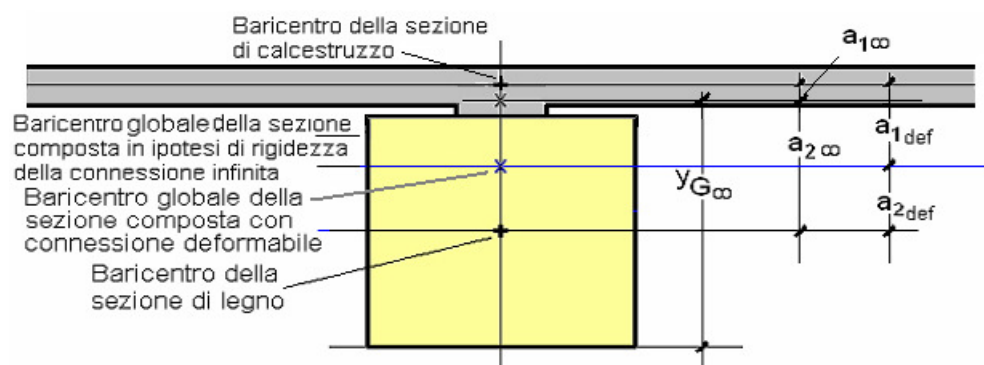
distanza dei baricentri dei singoli elementi da quello dell'intera sezione:

$$a_1 = h_2 + d - y_{G\infty} = 40 \text{ mm}$$

$$a_2 = y_{G\infty} - h_2/2 = 120 \text{ mm}$$

distanza tra i baricentri geometrici delle sezioni dei due componenti:

$$a = a_1 + a_2 = 160 \text{ mm}$$



In fig.: Parametri statici per la sezione composta in legno-calcestruzzo

$$(EJ)_\infty = \sum E_i J_i + \sum E_i A_i a_i^2 = 7.521433E+12 \text{ Nmm}^2$$

- determinazione della rigidità efficace:

$$s_{eq} = 138 \text{ mm}, K = K_u = 5238 \text{ N/mm}$$

$$\gamma_2 = 1$$

$$\gamma_1 = [1 + \pi^2 E_1 A_1 s_{eq} / (K l^2)]^{-1} = 0.041$$

distanze tra i baricentri geometrici delle sezioni 1 e 2 e il baricentro globale della sezione composta con connessione deformabile:

$$a_2 = a / [1 + (E_2 A_2) / (\gamma_1 E_1 A_1)] = 18 \text{ mm}$$

$$a_1 = a - a_2 = 142 \text{ mm}$$

rigidità efficace del sistema:

$$(EJ)_{eff} = \sum E_i J_i + (\sum \gamma_i E_i A_i a_i^2) = 2.200474E+12 \text{ Nmm}^2$$

efficienza della connessione:

$$\eta = [(EJ)_{eff} - (EJ)_0] / [(EJ)_\infty - (EJ)_0] = 0.15$$

SOLLECITAZIONI DI PROGETTO

Momento in mezzera:

$$M_d = q_{d,SLU} * l^2 / 8 = 6655151 \text{ Nmm}$$

Taglio agli appoggi:

$$V_d = q_{d,SLU} * l / 2 = 8067 \text{ N}$$

VERIFICA DEL CALCESTRUZZO

$$N_{1,d} = [(\gamma_1 E_1 a_1 A_1) / (EJ)_{eff}] * M_d = 17293 \text{ N}$$

$$M_{1,d} = [(EJ)_1 / (EJ)_{eff}] * M_d = 613819 \text{ Nmm}$$

Verifica di compressione al lembo compresso (estradosso della soletta)

$$\sigma_{\max,1} = (N_{1,d} / A_1) + (M_{1,d} / W_e) = 2.94 \text{ N/mm}^2 < 14.17 \text{ N/mm}^2$$

$$\Rightarrow \eta_{01} = 14.17/2.94 = \mathbf{4.821}$$

[η_{01} : CC 1, $t=0$, compressione per pressoflessione nel cls al lembo compresso (estradosso soletta)]

Posizione dell'asse neutro nella sezione di calcestruzzo

$$x_c = h / (1 + |\sigma_{\min,1}|/\sigma_{\max,1}) = 31 \text{ mm} < 50 \text{ mm}$$

VERIFICA DEL LEGNO

$$N_{2,d} = [(\gamma_2 E_2 a_2 A_2) / (EJ)_{\text{eff}}] * M_d = 17293 \text{ N}$$

$$M_{2,d} = [(EJ)_2 / (EJ)_{\text{eff}}] * M_d = 3274435 \text{ Nmm}$$

Verifica a tensoflessione

$$W_2 = b_2 h_2^2 / 6 = 933333 \text{ mm}^3$$

$$\sigma_{n,2} = (N_{2,d} / A_2) = 0.62 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{m,2} = (M_{2,d} / W_2) = 3.51 \text{ N/mm}^2$$

La formula di verifica è la seguente:

$$(\sigma_{n,2} / f_{td}) + (\sigma_{m,2} / f_{md}) = 0.34 < 1$$

$$\Rightarrow \eta_{06} = 1/0.34 = \mathbf{2.941}$$

[η_{06} : CC 1, $t=0$, trazione per tensoflessione nel legno al lembo teso (intradosso trave)]

Verifica a taglio

$$x_l = h_2/2 + a_2 = 118 \text{ mm}$$

$$\tau_2 = 0.5 x_l^2 * [E_2 / (EJ)_{\text{eff}}] * V_d = 0.29 \text{ N/mm}^2 < 1.21 \text{ N/mm}^2$$

$$\Rightarrow \eta_{07} = 1.21/0.29 = \mathbf{4.127}$$

[η_{07} : CC 1, $t=0$, taglio nel legno]

VERIFICA DELLA CONNESSIONE

Verifica di resistenza

$$F = [(\gamma_1 E_1 A_1 a_1 s_{eq}) / (EJ)_{\text{eff}}] * V_d = 2893 \text{ N}$$

$$F_{v,Sd} = 2893 < F_{v,Rd} = 7111 \text{ N}$$

$$\Rightarrow \eta_{08} = 7111/2893 = \mathbf{2.458}$$

[η_{08} : CC 1, $t=0$, resistenza della connessione]

Verifica di scorrimento

$$\delta_{c,lim} = \max\{1 \text{ mm}, L/4000\} = 1 \text{ mm}$$

Deve essere:

$$\delta_c = F / K_{u,\infty} \leq \delta_{c,lim}$$

$$\text{Si ha: } \delta_c = 2893 / 5238 = 0.55 \text{ mm} < 1 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow \eta_{09} = 1/0.55 = \mathbf{1.811}$$

[η_{09} : CC 1, $t=0$, scorrimento della connessione]

SEZIONE COMPOSTA TRAVE PRINCIPALE - SOLETTA IN CLS: VERIFICHE DI RESISTENZA (SLU)

Combinazione di Carico 1 (media durata: tutti carichi)

Verifica a tempo $t=\infty$

I parametri dei componenti del sistema misto legno e calcestruzzo sono riferiti al materiale indicato dal pedice:
1 = calcestruzzo, 2 = legno.

I contributi lineari di carico di tipo permanente e variabile sono i seguenti:

$$G_1 = 2.03 \text{ kN/m}^2$$

$$G_2 = 0.5 \text{ kN/m}^2$$

$$Q_k = 1 \text{ kN/m}^2$$

Per lo Stato Limite Ultimo (i = interasse travi):

$$q_{d,SLU} = (\gamma_{G1} G_1 + \gamma_{G2} G_2 + \gamma_Q * Q_k) * i = 4.89 \text{ kN/m}$$

I parametri di rigidezza dei materiali devono essere modificati per tenere conto degli effetti della viscosità (comportamento a lungo termine).

I valori di calcolo si possono ottenere dalla media delle caratteristiche elastiche intere e ridotte pesata in funzione della durata del carico (per il carico variabile Q_k , ψ_2 rappresenta la quota parte di carico quasi permanente, da considerare quindi ai fini della effetti della viscosità):

$$E_{1\infty} = E_1 * \frac{\frac{(\gamma_{G1} G_1 + \gamma_{G2} G_2 + \psi_2 \gamma_Q Q_k)}{(1 + \varphi)} + \frac{(1 - \psi_2) \gamma_Q Q_k}{1}}{(\gamma_{G1} G_1 + \gamma_{G2} G_2 + \gamma_Q Q_k)}$$

$$E_{2\infty} = E_2 * \frac{\frac{(\gamma_{G1} G_1 + \gamma_{G2} G_2 + \psi_2 \gamma_Q Q_k)}{(1 + k_{def})} + \frac{(1 - \psi_2) \gamma_Q Q_k}{1}}{(\gamma_{G1} G_1 + \gamma_{G2} G_2 + \gamma_Q Q_k)}$$

Pertanto:

$$E_{1\infty} = 31476 * 0.4832 = 15209 \text{ N/mm}^2$$

$$E_{2\infty} = 11600 * 0.7401 = 8585 \text{ N/mm}^2$$

Rigidezze flessionali

- ipotesi di rigidezza della connessione nulla:

$$E_1 J_1 = 9.806669E+10 \text{ Nmm}^2$$

$$E_2 J_2 = 8.012321E+11 \text{ Nmm}^2$$

$$(EJ)_0 = \sum E_i J_i = E_1 J_1 + E_2 J_2 = 8.992988E+11 \text{ Nmm}^2$$

- ipotesi di rigidezza della connessione infinita:

coordinata y : da intradosso trave

area e posizione baricentro delle sezioni dei singoli elementi:

$$A_1 = 30950 \text{ mm}^2, y_1 = 260 \text{ mm}$$

$$A_2 = 28000 \text{ mm}^2, y_2 = 100 \text{ mm}$$

posizione baricentro sezione globale:

$$y_{G\infty} = (\sum E_i A_i y_i) / (\sum E_i A_i) = 206 \text{ mm}$$

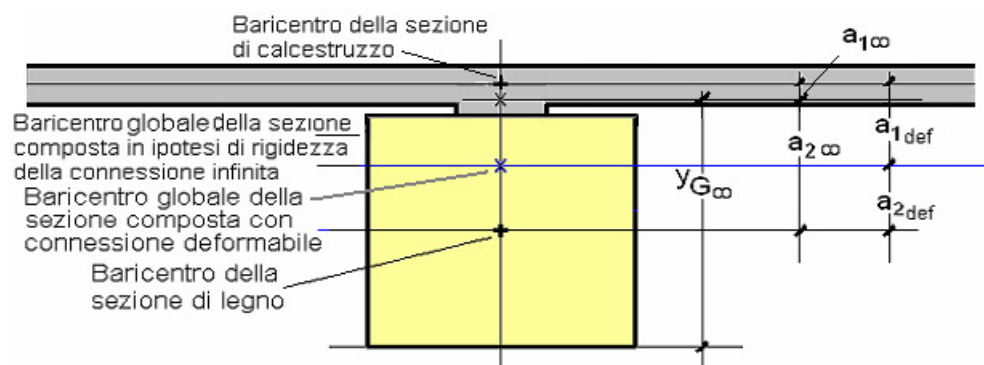
distanza dei baricentri dei singoli elementi da quello dell'intera sezione:

$$a_1 = h_2 + d - y_{G\infty} = 54 \text{ mm}$$

$$a_2 = y_{G\infty} - h_2/2 = 106 \text{ mm}$$

distanza tra i baricentri geometrici delle sezioni dei due componenti:

$$a = a_1 + a_2 = 160 \text{ mm}$$



In fig.: Parametri statici per la sezione composta in legno-calcestruzzo

$$(EJ)_\infty = \sum E_i J_i + \sum E_i A_i a_i^2 = 4.972707E+12 \text{ Nmm}^2$$

- determinazione della rigidezza efficace:

il coefficiente correttivo per la viscosità, sopra calcolato, relativo al modulo di elasticità del legno (0.7401), viene applicato anche alla rigidezza della connessione:

$$s_{eq} = 138 \text{ mm}, K_{u,\infty} = 0.7401 * K_u = 3876 \text{ N/mm}$$

$$\gamma_2 = 1$$

$$\gamma_1 = [1 + \pi^2 E_1 A_1 s_{eq} / (K l^2)]^{-1} = 0.062$$

distanze tra i baricentri geometrici delle sezioni 1 e 2 e il baricentro globale della sezione composta con connessione deformabile:

$$a_2 = a / [1 + (E_2 A_2) / (\gamma_1 E_1 A_1)] = 17 \text{ mm}$$

$$a_1 = a - a_2 = 143 \text{ mm}$$

rigidezza efficace del sistema:

$$(EJ)_{eff} = \sum E_i J_i + (\sum \gamma_i E_i A_i a_i^2) = 1.56339E+12 \text{ Nmm}^2$$

efficienza della connessione:

$$\eta = [(EJ)_{eff} - (EJ)_0] / [(EJ)_\infty - (EJ)_0] = 0.16$$

SOLLECITAZIONI DI PROGETTO

Momento in mezzzeria:

$$M_d = q_{d,SLU} * l^2 / 8 = 6655151 \text{ Nmm}$$

Taglio agli appoggi:

$$V_d = q_{d,SLU} * l / 2 = 8067 \text{ N}$$

VERIFICA DEL CALCESTRUZZO

$$N_{1,d} = [(\gamma_1 E_1 a_1 A_1) / (EJ)_{eff}] * M_d = 17668 \text{ N}$$

$$M_{1,d} = [(EJ)_1 / (EJ)_{eff}] * M_d = 417457 \text{ Nmm}$$

Verifica di compressione al lembo compresso (estradosso della soletta)

$$\sigma_{max,1} = (N_{1,d} / A_1) + (M_{1,d} / W_e) = 2.19 \text{ N/mm}^2 < 14.17 \text{ N/mm}^2$$

$$\Rightarrow \eta_{01} = 14.17 / 2.19 = \mathbf{6.470}$$

[η_{10} : CC 1, $t=0$, compressione per pressoflessione nel cls al lembo compresso (estradosso soletta)]

Posizione dell'asse neutro nella sezione di calcestruzzo

$$x_c = h / (1 + |\sigma_{min,1}| / \sigma_{max,1}) = 34 \text{ mm} < 50 \text{ mm}$$

VERIFICA DEL LEGNO

$$N_{2,d} = [(\gamma_2 E_2 a_2 A_2) / (EJ)_{eff}] * M_d = 17668 \text{ N}$$

$$M_{2,d} = [(EJ)_2 / (EJ)_{eff}] * M_d = 3410743 \text{ Nmm}$$

Verifica a tensoflessione

$$W_2 = b_2 h_2^2 / 6 = 933333 \text{ mm}^3$$

$$\sigma_{n,2} = (N_{2,d} / A_2) = 0.63 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{m,2} = (M_{2,d} / W_2) = 3.65 \text{ N/mm}^2$$

La formula di verifica è la seguente:

$$(\sigma_{n,2} / f_{td}) + (\sigma_{m,2} / f_{md}) = 0.36 < 1$$

$$\Rightarrow \eta_{15} = 1 / 0.36 = \mathbf{2.778}$$

[η_{15} : CC 1, $t=0$, trazione per tensoflessione nel legno al lembo teso (intradosso trave)]

Verifica a taglio

$$x_l = h_2 / 2 + a_2 = 117 \text{ mm}$$

$$\tau_2 = 0.5 x_l^2 * [E_2 / (EJ)_{eff}] * V_d = 0.3 \text{ N/mm}^2 < 1.21 \text{ N/mm}^2$$

$$\Rightarrow \eta_{16} = 1.21 / 0.3 = \mathbf{3.985}$$

[η_{16} : CC 1, $t=0$, taglio nel legno]

VERIFICA DELLA CONNESSIONE

Verifica di resistenza

$$F = [(\gamma_1 E_1 A_1 a_1 s_{eq}) / (EJ)_{eff}] * V_d = 2956 \text{ N}$$

$$F_{v,Sd} = 2956 < F_{v,Rd} = 7111 \text{ N}$$

$$\Rightarrow \eta_{17} = 7111 / 2956 = \mathbf{2.406}$$

[η_{17} : CC 1, $t=0$, resistenza della connessione]

Verifica di scorrimento

$$\delta_{c,lim} = \max\{1 \text{ mm.}, L/4000\} = 1 \text{ mm}$$

Deve essere:

$$\delta_c = F / K_{u,\infty} \leq \delta_{c,lim}$$

$$\text{Si ha: } \delta_c = 2956 / 3876 = 0.76 \text{ mm} < 1 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow \eta_{18} = 1 / 0.76 = \mathbf{1.312}$$

[η_{18} : CC 1, $t=0$, scorrimento della connessione]

SEZIONE COMPOSTA TRAVE PRINCIPALE - SOLETTA IN CLS:

VERIFICHE DI RESISTENZA (SLU)

Combinazione di Carico 2 (lunga durata: solo carichi permanenti)

Verifica a tempo $t=0$

I parametri dei componenti del sistema misto legno e calcestruzzo sono riferiti al materiale indicato dal pedice:

1 = calcestruzzo, 2 = legno.

I contributi lineari di carico di tipo permanente e variabile sono i seguenti:

$$G_1 = 2.03 \text{ kN/m}^2$$

$$G_2 = 0.5 \text{ kN/m}^2$$

$$Q_k = 1 \text{ kN/m}^2$$

Per lo Stato Limite Ultimo (i = interasse travi):

$$q_{d,SLU} = (\gamma_{G1} G_1 + \gamma_{G2} G_2 + \gamma_Q * Q_k) * i = 3.39 \text{ kN/m}$$

Rigidezze flessionali

- ipotesi di rigidezza della connessione nulla:

$$E_1 J_1 = 2.029546E+11 \text{ Nmm}^2$$

$$E_2 J_2 = 1.082667E+12 \text{ Nmm}^2$$

$$(EJ)_0 = \sum E_i J_i = E_1 J_1 + E_2 J_2 = 1.285621E+12 \text{ Nmm}^2$$

- ipotesi di rigidezza della connessione infinita:

coordinata y: da intradosso trave

area e posizione baricentro delle sezioni dei singoli elementi:

$$A_1 = 30950 \text{ mm}^2, y_1 = 260 \text{ mm}$$

$$A_2 = 28000 \text{ mm}^2, y_2 = 100 \text{ mm}$$

posizione baricentro sezione globale:

$$y_{G\infty} = (\sum E_i A_i y_i) / (\sum E_i A_i) = 220 \text{ mm}$$

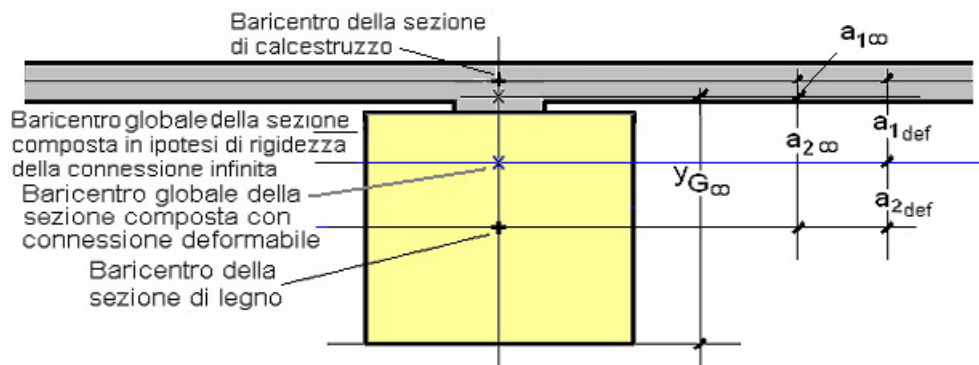
distanza dei baricentri dei singoli elementi da quello dell'intera sezione:

$$a_1 = h_2 + d - y_{G\infty} = 40 \text{ mm}$$

$$a_2 = y_{G\infty} - h_2/2 = 120 \text{ mm}$$

distanza tra i baricentri geometrici delle sezioni dei due componenti:

$$a = a_1 + a_2 = 160 \text{ mm}$$



In fig.: Parametri statici per la sezione composta in legno-calcestruzzo

$$(EJ)_{\infty} = \sum E_i J_i + \sum E_i A_i a_i^2 = 7.521433E+12 \text{ Nmm}^2$$

- determinazione della rigidezza efficace:

$$s_{eq} = 138 \text{ mm}, K = K_u = 5238 \text{ N/mm}$$

$$\gamma_2 = 1$$

$$\gamma_1 = [1 + \pi^2 E_1 A_1 s_{eq} / (K l^2)]^{-1} = 0.041$$

distanze tra i baricentri geometrici delle sezioni 1 e 2 e il baricentro globale della sezione composta con connessione deformabile:

$$a_2 = a / [1 + (E_2 A_2) / (\gamma_1 E_1 A_1)] = 18 \text{ mm}$$

$$a_1 = a - a_2 = 142 \text{ mm}$$

rigidezza efficace del sistema:

$$(EJ)_{eff} = \sum E_i J_i + (\sum \gamma_i E_i A_i a_i^2) = 2.200474E+12 \text{ Nmm}^2$$

efficienza della connessione:

$$\eta = [(EJ)_{eff} - (EJ)_0] / [(EJ)_{\infty} - (EJ)_0] = 0.15$$

SOLLECITAZIONI DI PROGETTO

Momento in mezzera:

$$M_d = q_{d,SLU} * l^2 / 8 = 4613276 \text{ Nmm}$$

Taglio agli appoggi:

$$V_d = q_{d,SLU} * l / 2 = 5592 \text{ N}$$

VERIFICA DEL CALCESTRUZZO

$$N_{1,d} = [(\gamma_1 E_1 a_1 A_1) / (EJ)_{eff}] * M_d = 11987 \text{ N}$$

$$M_{1,d} = [(EJ)_1 / (EJ)_{eff}] * M_d = 425493 \text{ Nmm}$$

Verifica di compressione al lembo compresso (estradosso della soletta)

$$\sigma_{max,1} = (N_{1,d} / A_1) + (M_{1,d} / W_e) = 2.04 \text{ N/mm}^2 < 14.17 \text{ N/mm}^2$$

$$\Rightarrow \eta_{01} = 14.17/2.04 = \mathbf{6.955}$$

[η_{19} : CC 1, $t=0$, compressione per pressoflessione nel cls al lembo compresso (estradosso soletta)]

Posizione dell'asse neutro nella sezione di calcestruzzo

$$x_c = h / (1 + |\sigma_{min,1}| / \sigma_{max,1}) = 31 \text{ mm} < 50 \text{ mm}$$

VERIFICA DEL LEGNO

$$N_{2,d} = [(\gamma_2 E_2 a_2 A_2) / (EJ)_{eff}] * M_d = 11987 \text{ N}$$

$$M_{2,d} = [(EJ)_2 / (EJ)_{eff}] * M_d = 2269802 \text{ Nmm}$$

Verifica a tensoflessione

$$W_2 = b_2 h_2^2 / 6 = 933333 \text{ mm}^3$$

$$\sigma_{n,2} = (N_{2,d} / A_2) = 0.43 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{m,2} = (M_{2,d} / W_2) = 2.43 \text{ N/mm}^2$$

La formula di verifica è la seguente:

$$(\sigma_{n,2} / f_{td}) + (\sigma_{m,2} / f_{md}) = 0.31 < 1$$

$$\Rightarrow \eta_{24} = 1/0.31 = \mathbf{3.226}$$

[η_{24} : CC 1, $t=0$, trazione per tensoflessione nel legno al lembo teso (intradosso trave)]

Verifica a taglio

$$x_l = h_2/2 + a_2 = 118 \text{ mm}$$

$$\tau_2 = 0.5 x_l^2 * [E_2 / (EJ)_{eff}] * V_d = 0.2 \text{ N/mm}^2 < 0.91 \text{ N/mm}^2$$

$$\Rightarrow \eta_{25} = 0.91/0.2 = \mathbf{4.466}$$

[η_{25} : CC 1, $t=0$, taglio nel legno]

VERIFICA DELLA CONNESSIONE

Verifica di resistenza

$$F = [(\gamma_1 E_1 A_1 a_1 s_{eq}) / (EJ)_{eff}] * V_d = 2005 \text{ N}$$

$$F_{v,Sd} = 2005 < F_{v,Rd} = 7111 \text{ N}$$

$$\Rightarrow \eta_{26} = 7111/2005 = \mathbf{2.660}$$

[η_{26} : CC 1, $t=0$, resistenza della connessione]

Verifica di scorrimento

$$\delta_{c,lim} = \max\{1 \text{ mm}, L/4000\} = 1 \text{ mm}$$

Deve essere:

$$\delta_c = F / K_{u,\infty} \leq \delta_{c,lim}$$

$$\text{Si ha: } \delta_c = 2005 / 5238 = 0.38 \text{ mm} < 1 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow \eta_{27} = 1/0.38 = \mathbf{2.612}$$

[η_{27} : CC 1, $t=0$, scorrimento della connessione]

SEZIONE COMPOSTA TRAVE PRINCIPALE - SOLETTA IN CLS:

VERIFICHE DI RESISTENZA (SLU)

Combinazione di Carico 2 (lunga durata: solo carichi permanenti)

Verifica a tempo $t=\infty$

I parametri dei componenti del sistema misto legno e calcestruzzo sono riferiti al materiale indicato dal pedice:
1 = calcestruzzo, 2 = legno.

I contributi lineari di carico di tipo permanente e variabile sono i seguenti:

$$G_1 = 2.03 \text{ kN/m}^2$$

$$G_2 = 0.5 \text{ kN/m}^2$$

$$Q_k = 1 \text{ kN/m}^2$$

Per lo Stato Limite Ultimo (i = interasse travi):

$$q_{d,SLU} = (\gamma_{G1} G_1 + \gamma_{G2} G_2 + \gamma_Q Q_k) * i = 3.39 \text{ kN/m}$$

I parametri di rigidezza dei materiali devono essere modificati per tenere conto degli effetti della viscosità (comportamento a lungo termine).

I valori di calcolo si possono ottenere dalla media delle caratteristiche elastiche intere e ridotte pesata in funzione della durata del carico (per il carico variabile Q_k , ψ_2 rappresenta la quota parte di carico quasi permanente, da considerare quindi ai fini della effetti della viscosità):

$$E_{1\infty} = E_1 * \frac{\frac{(\gamma_{G1} G_1 + \gamma_{G2} G_2 + \psi_2 \gamma_Q Q_k)}{(1 + \varphi)} + \frac{(1 - \psi_2) \gamma_Q Q_k}{1}}{(\gamma_{G1} G_1 + \gamma_{G2} G_2 + \gamma_Q Q_k)}$$

$$E_{2\infty} = E_2 * \frac{\frac{(\gamma_{G1} G_1 + \gamma_{G2} G_2 + \psi_2 \gamma_Q Q_k)}{(1 + k_{def})} + \frac{(1 - \psi_2) \gamma_Q Q_k}{1}}{(\gamma_{G1} G_1 + \gamma_{G2} G_2 + \gamma_Q Q_k)}$$

Pertanto:

$$E_{1\infty} = 31476 * 0.2545 = 8009 \text{ N/mm}^2$$

$$E_{2\infty} = 11600 * 0.625 = 7250 \text{ N/mm}^2$$

Rigidezze flessionali

- ipotesi di rigidezza della connessione nulla:

$$E_1 J_1 = 5.16424E+10 \text{ Nmm}^2$$

$$E_2 J_2 = 6.766667E+11 \text{ Nmm}^2$$

$$(EJ)_0 = \sum E_i J_i = E_1 J_1 + E_2 J_2 = 7.28309E+11 \text{ Nmm}^2$$

- ipotesi di rigidezza della connessione infinita:

coordinata y: da intradosso trave

area e posizione baricentro delle sezioni dei singoli elementi:

$$A_1 = 30950 \text{ mm}^2, y_1 = 260 \text{ mm}$$

$$A_2 = 28000 \text{ mm}^2, y_2 = 100 \text{ mm}$$

posizione baricentro sezione globale:

$$y_{G\infty} = (\sum E_i A_i y_i) / (\sum E_i A_i) = 188 \text{ mm}$$

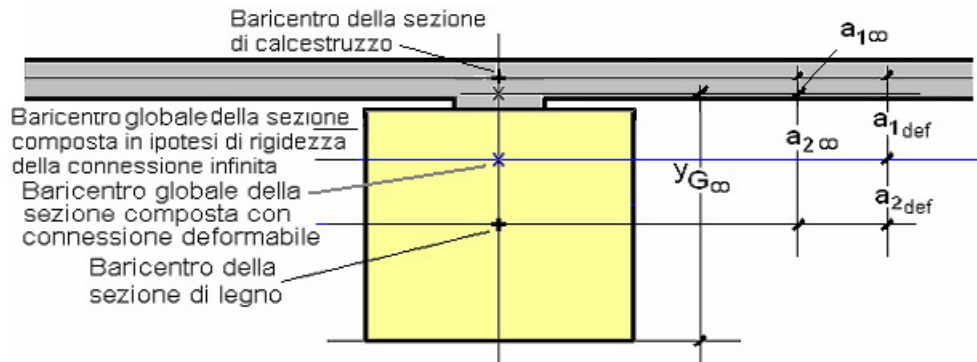
distanza dei baricentri dei singoli elementi da quello dell'intera sezione:

$$a_1 = h_2 + d - y_{G\infty} = 72 \text{ mm}$$

$$a_2 = y_{G\infty} - h_2/2 = 88 \text{ mm}$$

distanza tra i baricentri geometrici delle sezioni dei due componenti:

$$a = a_1 + a_2 = 160 \text{ mm}$$



In fig.: Parametri statici per la sezione composta in legno-calcestruzzo

$$(EJ)_{\infty} = \sum E_i J_i + \sum E_i A_i a_i^2 = 3.585369E+12 \text{ Nmm}^2$$

- determinazione della rigidezza efficace:

il coefficiente correttivo per la viscosità, sopra calcolato, relativo al modulo di elasticità del legno (0.625), viene applicato anche alla rigidezza della connessione:

$$s_{eq} = 138 \text{ mm}, K_{u,\infty} = 0.625 * K_u = 3274 \text{ N/mm}$$

$$\gamma_2 = 1$$

$$\gamma_1 = [1 + \pi^2 E_1 A_1 s_{eq} / (K l^2)]^{-1} = 0.096$$

distanze tra i baricentri geometrici delle sezioni 1 e 2 e il baricentro globale della sezione composta con connessione deformabile:

$$a_2 = a / [1 + (E_2 A_2) / (\gamma_1 E_1 A_1)] = 17 \text{ mm}$$

$$a_1 = a - a_2 = 143 \text{ mm}$$

rigidezza efficace del sistema:

$$(EJ)_{eff} = \sum E_i J_i + (\sum \gamma_i E_i A_i a_i^2) = 1.271096E+12 \text{ Nmm}^2$$

efficienza della connessione:

$$\eta = [(EJ)_{eff} - (EJ)_0] / [(EJ)_{\infty} - (EJ)_0] = 0.19$$

SOLLECITAZIONI DI PROGETTO

Momento in mezzera:

$$M_d = q_{d,SLU} * l^2 / 8 = 4613276 \text{ Nmm}$$

Taglio agli appoggi:

$$V_d = q_{d,SLU} * l / 2 = 5592 \text{ N}$$

VERIFICA DEL CALCESTRUZZO

$$N_{1,d} = [(\gamma_1 E_1 a_1 A_1) / (EJ)_{eff}] * M_d = 12312 \text{ N}$$

$$M_{1,d} = [(EJ)_1 / (EJ)_{eff}] * M_d = 187429 \text{ Nmm}$$

Verifica di compressione al lembo compresso (estradosso della soletta)

$$\sigma_{max,1} = (N_{1,d} / A_1) + (M_{1,d} / W_e) = 1.12 \text{ N/mm}^2 < 14.17 \text{ N/mm}^2$$

$$\Rightarrow \eta_{01} = 14.17 / 1.12 = \mathbf{12.598}$$

[η_{28} : CC 1, t=0, compressione per pressoflessione nel cls al lembo compresso (estradosso soletta)]

Posizione dell'asse neutro nella sezione di calcestruzzo

$$x_c = h / (1 + |\sigma_{\min,1}|/\sigma_{\max,1}) = 39 \text{ mm} < 50 \text{ mm}$$

VERIFICA DEL LEGNO

$$N_{2,d} = [(\gamma_2 E_2 a_2 A_2) / (EJ)_{\text{eff}}] * M_d = 12312 \text{ N}$$

$$M_{2,d} = [(EJ)_2 / (EJ)_{\text{eff}}] * M_d = 2455872 \text{ Nmm}$$

Verifica a tensoflessione

$$W_2 = b_2 h_2^2 / 6 = 933333 \text{ mm}^3$$

$$\sigma_{n,2} = (N_{2,d} / A_2) = 0.44 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{m,2} = (M_{2,d} / W_2) = 2.63 \text{ N/mm}^2$$

La formula di verifica è la seguente:

$$(\sigma_{n,2} / f_{td}) + (\sigma_{m,2} / f_{md}) = 0.34 < 1$$

$$\Rightarrow \eta_{33} = 1/0.34 = \mathbf{2.941}$$

[η_{33} : CC 1, $t=0$, trazione per tensoflessione nel legno al lembo teso (intradosso trave)]

Verifica a taglio

$$x_l = h_2/2 + a_2 = 117 \text{ mm}$$

$$\tau_2 = 0.5 x_l^2 * [E_2 / (EJ)_{\text{eff}}] * V_d = 0.22 \text{ N/mm}^2 < 0.91 \text{ N/mm}^2$$

$$\Rightarrow \eta_{34} = 0.91/0.22 = \mathbf{4.191}$$

[η_{34} : CC 1, $t=0$, taglio nel legno]

VERIFICA DELLA CONNESSIONE

Verifica di resistenza

$$F = [(\gamma_1 E_1 A_1 a_1 s_{eq}) / (EJ)_{\text{eff}}] * V_d = 2060 \text{ N}$$

$$F_{v,Sd} = 2060 < F_{v,Rd} = 7111 \text{ N}$$

$$\Rightarrow \eta_{35} = 7111/2060 = \mathbf{2.590}$$

[η_{35} : CC 1, $t=0$, resistenza della connessione]

Verifica di scorrimento

$$\delta_{c,lim} = \max\{1 \text{ mm.}, L/4000\} = 1 \text{ mm}$$

Deve essere:

$$\delta_c = F / K_{u,\infty} \leq \delta_{c,lim}$$

$$\text{Si ha: } \delta_c = 2060 / 3274 = 0.63 \text{ mm} < 1 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow \eta_{36} = 1/0.63 = \mathbf{1.590}$$

[η_{36} : CC 1, $t=0$, scorrimento della connessione]

SEZIONE COMPOSTA TRAVE PRINCIPALE - SOLETTA IN CLS: VERIFICHE DI DEFORMABILITA' (SLE)

VERIFICA A TEMPO $t=0$

Determinazione della rigidità efficace:

$$K = K_{ser} = 7857 \text{ N/mm}$$

$$\gamma_2 = 1$$

$$\gamma_1 = [1 + \pi^2 E_1 A_1 s_{eq} / (K l^2)]^{-1} = 0.061$$

distanze tra i baricentri geometrici delle sezioni 1 e 2 e il baricentro globale della sezione composta con connessione deformabile:

$$a_2 = a / [1 + (E_2 A_2) / (\gamma_1 E_1 A_1)] = 25 \text{ mm}$$

$$a_1 = a - a_2 = 135 \text{ mm}$$

rigidità efficace del sistema:

$$(EJ)_{\text{eff}} = \Sigma E_i J_i + (\Sigma \gamma_i E_i A_i a_i^2) = 2.564117E+12 \text{ Nmm}^2$$

Questa rigidità efficace compete quindi allo stato limite di esercizio a tempo 0, e si indica anche con il seguente simbolo:

$$(EJ)_{\text{eff,ser,t=0}} = 2.564117E+12 \text{ Nmm}^2$$

Efficienza della connessione:

$$\eta = [(EJ)_{\text{eff}} - (EJ)_0] / [(EJ)_{\infty} - (EJ)_0] = 0.21$$

VERIFICA DELLA FRECCIA

La freccia viene calcolata suddivisa nei singoli contributi dei carichi permanenti e dei carichi variabili; per tenere conto della deformabilità a taglio si applica, a favore di sicurezza, un fattore moltiplicativo pari a 1.10 (incremento del 10%).

I singoli contributi di carico, utilizzati per la combinazione rara, sono i seguenti:

$g_1 = 2.03 \cdot 1000 = 2.03 \text{ kN/m}$ (si osservi che l'unità di misura kN/m ha lo stesso ordine dell'unità N/mm, usata nell'espressione della freccia)

$g_2 = 0.5 \cdot 1000 = 0.5 \text{ kN/m}$

$q_k = 1 \cdot 1000 = 1 \text{ kN/m}$

Per il calcolo della freccia istantanea viene utilizzata la rigidezza efficace in condizioni iniziali $(EJ)_{\text{eff,ser,t=0}}$:

$f_{G1,ist} = 1.10 \cdot (5/384) g_1 \cdot l^4 / (EJ)_{\text{eff,ser,t=0}} = 1.10 \cdot (5/384) \cdot 2.03 \cdot 3300^4 / (2.564117E+12) = 1.34 \text{ mm}$

$f_{G2,ist} = 1.10 \cdot (5/384) g_2 \cdot l^4 / (EJ)_{\text{eff,ser,t=0}} = 1.10 \cdot (5/384) \cdot 0.5 \cdot 3300^4 / (2.564117E+12) = 0.33 \text{ mm}$

$f_{Q,ist} = 1.10 \cdot (5/384) q_k \cdot l^4 / (EJ)_{\text{eff,ser,t=0}} = 1.10 \cdot (5/384) \cdot 1 \cdot 3300^4 / (2.564117E+12) = 0.66 \text{ mm}$

Risulta pertanto, essendo $l=3300 \text{ mm}$:

$f_{ist} = 1.34 + 0.33 + 0.66 = 2.34 \text{ mm} = (1/1411) l < (1/300) l = 11 \text{ mm}$

$\Rightarrow \eta_{37} = 11/2.34 = 4.704$

$[\eta_{37}: \text{trave, } t=0, \text{ freccia}]$

VERIFICA A TEMPO $t=\infty$

La deformazione finale è data dalla somma di due contributi:

(i) la deformazione a lungo termine dovuta al carico quasi permanente, utilizzando valori ridotti dei moduli di elasticità;

(ii) la deformazione istantanea dovuta alla quota 'non quasi permanente' del carico variabile: $Q_k \cdot (1-\psi_2)$, utilizzando valori non ridotti dei moduli di elasticità.

Per quanto riguarda il contributo (ii), la rigidezza efficace è già stata calcolata e vale:

$(EJ)_{\text{eff,ser,t=0}} = 2.564117E+12 \text{ Nmm}^2$

Per (i) si deve ricalcolare la rigidezza efficace, tenendo conto della riduzione dovuta alla viscosità.

I moduli di elasticità del calcestruzzo e del legno, ridotti per tenere conto della deformazione a lungo termine, sono i seguenti:

$E_{1\infty} = E_1 / (1+\varphi) = 8009 \text{ N/mm}^2$

$E_{2\infty} = E_2 / (1+k_{\text{def}}) = 7250 \text{ N/mm}^2$

$E_1 J_1 = 5.16424E+10 \text{ Nmm}^2$

$E_2 J_2 = 6.766667E+11 \text{ Nmm}^2$

$(EJ)_0 = \Sigma E_i J_i = E_1 J_1 + E_2 J_2 = 7.28309E+11 \text{ Nmm}^2$

$(EJ)_{\infty} = \Sigma E_i J_i + \Sigma E_i A_i a_i^2 = 3.585369E+12 \text{ Nmm}^2$

Il coefficiente correttivo per la viscosità del legno: $1/(1+k_{\text{def}})=0.625$ viene applicato, come già noto, anche alla rigidezza della connessione:

$K = K_{\text{ser}} = 4911 \text{ N/mm}$

Si ha:

$\gamma_2 = 1$

$\gamma_1 = [1 + \pi^2 E_1 A_1 s_{\text{eq}} / (K l^2)]^{-1} = 0.137$

distanze tra i baricentri geometrici delle sezioni 1 e 2 e il baricentro globale della sezione composta con connessione deformabile:

$a_2 = a / [1 + (E_2 A_2) / (\gamma_1 E_1 A_1)] = 23 \text{ mm}$

$a_1 = a - a_2 = 137 \text{ mm}$

rigidezza efficace del sistema:

$(EJ)_{\text{eff}} = \Sigma E_i J_i + (\Sigma \gamma_i E_i A_i a_i^2) = 1.47186E+12 \text{ Nmm}^2$

Questa rigidezza efficace compete quindi allo stato limite di esercizio a tempo ∞ , e si indica anche con il seguente simbolo:

$(EJ)_{\text{eff,ser,t}=\infty} = 1.47186E+12 \text{ Nmm}^2$

Efficienza della connessione:

$\eta = [(EJ)_{\text{eff}} - (EJ)_0] / [(EJ)_{\infty} - (EJ)_0] = 0.26$

VERIFICA DELLA FRECCIA

La freccia a lungo termine assume la seguente espressione:

$\alpha (g_1 + g_2 + \psi_2 q_k) / (EJ)_{\text{eff,ser,t}=\infty} + \alpha (1-\psi_2) (q_k / (EJ)_{\text{eff,ser,t=0}})$

dove $\alpha = 1.10 \cdot (5/384) \cdot l^4$

I singoli contributi di carico, utilizzati per la combinazione rara, sono i seguenti:

$g_1 = 2.03 \cdot 1000 = 2.03 \text{ kN/m}$ (si osservi che l'unità di misura kN/m ha lo stesso ordine dell'unità N/mm, usata nell'espressione della freccia)

$g_2 = 0.5 \cdot 1000 = 0.5 \text{ kN/m}$

$q_k = 1 \cdot 1000 = 1 \text{ kN/m}$

La freccia finale è dunque espressa dalle seguenti relazioni:

(i) freccia a lungo termine dovuta al carico quasi permanente:

$$f_{G1,fin} = 1.10 * (5/384) g_1 * l^4 / (EJ)_{eff,ser,t=\infty} = 1.10 * (5/384) * 2.03 * 3300^4 / (1.47186E+12) = 2.34 \text{ mm}$$

$$f_{G2,fin} = 1.10 * (5/384) g_2 * l^4 / (EJ)_{eff,ser,t=\infty} = 1.10 * (5/384) * 0.5 * 3300^4 / (1.47186E+12) = 0.58 \text{ mm}$$

$$f_{Q,fin} = 1.10 * (5/384) * l^4 * \psi_2 q_k / (EJ)_{eff,ser,t=\infty} = 1.10 * (5/384) * 3300^4 * 0.1 / (1.47186E+12) = 0 \text{ mm}$$

(ii) freccia istantanea dovuta alla quota 'non quasi permanente' del carico variabile:

$$f_{Q,ist} = 1.10 * (5/384) * l^4 * (1 - \psi_2) q_k / (EJ)_{eff,ser,t=0} = 1.10 * (5/384) * 3300^4 * 1.1 / (2.564117E+12) = 0.66 \text{ mm}$$

Risulta pertanto, essendo $l=3300$ mm:


$$f_{fin} = 2.34 + 0.58 + 0 + 0.66 = 3.58 \text{ mm} = (1/921) l < (1/200) l = 16.5 \text{ mm}$$


$$\Rightarrow \eta_{38} = 16.5 / 3.58 = \mathbf{4.606}$$

$[\eta_{38}: \text{trave}, t=\infty, \text{freccia}]$

III.5.3. Trave metallica lato ascensore

Si riportano le verifiche condotte per la trave principale metallica HEA 220.

 ArcelorMittal <i>ArcelorMittal Beams Calculator v2.02</i>		Studio ing. Violetto	
		Project name : EX MACELLO - VERCELLI	
		Project reference :	
		Beam reference : Trave fronte ascensore	
DATA			
General parameters		COMPOSITE BEAM	
Main span		L = 4.000 m	
Intermediate beam			
Width on the left	L ₁ = 1.400 m	Max. participating width	L ₁ = 0.700 m
Width on the right	L ₂ = 1.400 m	Max. participating width	L ₂ = 0.700 m
Slab			
Slab with special configuration	Total thickness = 8.00 cm		
	Haunch height = 3.50 cm		
Section		HE 220 A - S275	
	h _t = 210.0 mm	A =	64.34 cm ²
	b _f = 220.0 mm	A _v =	20.67 cm ²
	t _w = 7.0 mm	I _y =	5409.70 cm ⁴
	t _f = 11.0 mm	I _z =	1954.56 cm ⁴
	r = 18.0 mm	I _t =	28.46 cm ⁴
		I _w =	193266.10 cm ⁶
		W _{el.y} =	515.21 cm ³
		W _{pl.y} =	568.46 cm ³
Materials			
Steel	E = 210000 N/mm ²		
	ρ = 7850 kg/m ³		
Steel grade S275	f _y = 275 N/mm ²		
Concrete slabConcrete slab C25/30			
	f _{ck} = 25 N/mm ²		
	E _{cm} = 31476 N/mm ²		
Modular ratio for LONG TERM	C _{eq} = 21.76		
Modular ratio for SHORT TERM	C _{eq} = 6.67		
Density of the concrete (slab)	ρ = 25.00 kN/m ³		
Reinforcement steel	f _{yk} = 500 N/mm ²		
Connection		Connectors TRW Nelson KB 3/4"-60	
	φ = 19.0 mm		
	h = 60.0 mm		
	f _y = 350.0 N/mm ²		
	f _u = 450.0 N/mm ²		
Main span	L = 4.00 m e = 0.20 m n = 1 row(s)		
Date : 19/07/2012	User's name : PLV		Page 1 / 9
	H:\...\STRUTTURE\VERIFICHE\1223_TRAVE ASCENSORE.PMX		

 ArcelorMittal <i>ArcelorMittal Beams Calculator v2.02</i>	Studio ing. Violetto	
	Project name : EX MACELLO - VERCELLI	
	Project reference :	
	Beam reference : Trave fronte ascensore	

Total number of connectors : 20

Lateral restraint of the beam - The beam is laterally restrained at supports

Propping in the construction stage No propping

Loads

Loads at construction stage

Permanent loads (g)	Dead weight of the profile	0.50 kN/m
	Dead weight of the slab (1.13 kN/m ²)	1.58 kN/m
Construction load (Q_c)	Q _c = 0.75 kN/m ²	1.05 kN/m

Loads at final stage

Permanent loads	Dead weight of the profile	0.50 kN/m
	Dead weight of the slab (1.13 kN/m ²)	1.58 kN/m
Span	Surface load = 0.80 kN/m ²	
Live load case n° 1 (ψ₀ = 0.70)		
Span	Surface load = 2.00 kN/m ²	

Partial Safety Factors


Permanent loads	γ _{G,sup} = 1.35	Structural steel	γ _{M0} = 1.00
	γ _{G,inf} = 1.00	Structural steel (instabilities)	γ _{M1} = 1.00
Live loads	γ _Q = 1.50	Concrete	γ _c = 1.50
		Reinforcement bars	γ _s = 1.15
		Connectors	γ _v = 1.25

Combinations of actions


ULS combination (construction stage)	1.35 G + 1.50 Q _c
ULS combination(s)	1.35 G + 1.50 Q ₁
SLS combination(s)	G + Q ₁


Date : 19/07/2012	User's name : PLV	Page 2 / 9
	H:\...\STRUTTURE\VERIFICHE\1223_TRAVE ASCENSORE.PMX	

pagina 86 di 101

 ArcelorMittal <i>ArcelorMittal Beams Calculator v2.02</i>		Studio ing. Violetto													
		Project name : EX MACELLO - VERCELLI													
		Project reference :													
		Beam reference : Trave fronte ascensore													
<p align="center"><u>Serviceability Limit States</u> (CONSTRUCTION stage)</p> <p><u>Deflections per load case</u></p> <table> <tr> <td>Case 'Dead weight'</td> <td>Span</td> <td>$v_{max} =$</td> <td>0.6 mm (L / 6560)</td> </tr> <tr> <td>Case 'Construction load' (Q_c)</td> <td>Span</td> <td>$v_{max} =$</td> <td>0.3 mm</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Total deflection</td> <td>$v_{max} =$</td> <td>0.9 mm (L / 4357)</td> </tr> </table>				Case 'Dead weight'	Span	$v_{max} =$	0.6 mm (L / 6560)	Case 'Construction load' (Q_c)	Span	$v_{max} =$	0.3 mm		Total deflection	$v_{max} =$	0.9 mm (L / 4357)
Case 'Dead weight'	Span	$v_{max} =$	0.6 mm (L / 6560)												
Case 'Construction load' (Q_c)	Span	$v_{max} =$	0.3 mm												
	Total deflection	$v_{max} =$	0.9 mm (L / 4357)												
Date : 19/07/2012		User's name : PLV H:\...\STRUTTURE\VERIFICHE\1223_TRAVE ASCENSORE.PMX													
		Page 4 / 9													

pagina 88 di 101

 ArcelorMittal <i>ArcelorMittal Beams Calculator v2.02</i>		Studio ing. Violetto	
		Project name : EX MACELLO - VERCELLI	
		Project reference :	
		Beam reference : Trave fronte ascensore	
Transverse reinforcement of slab Minimum transverse reinforcement ratio according to EC4 = 0.20 % Reinforcement ratio = $2.78 \text{ cm}^2/\text{m}$ (0.62 %)			
Plastic moment in span		$M_{pl.Rd} =$	216.26 kN.m
Maximum criterion for bending resistance		$\Gamma_{M,max} =$	0.080
Maximum criterion for shear force resistance		$\Gamma_{V,max} =$	0.052
Maximum criterion for bending moment - shear force interaction		$\Gamma_{MV,max} =$	0.080
Maximum criterion for longitudinal shear force resistance of slab		$\Gamma_{Vh,max} =$	1.030 > 1 !
Date : 19/07/2012		User's name : PLV	Page 6 / 9
		HA:\STRUTTURE\VERIFICHE\1223_TRAVE ASCENSORE.PMX	

 ArcelorMittal <i>ArcelorMittal Beams Calculator v2.02</i>	Studio ing. Violetto	
	Project name : EX MACELLO - VERCELLI	
	Project reference :	
	Beam reference : Trave fronte ascensore	
<u>Serviceability Limit States</u>		
<u>Deflections per load case</u>		
Case 'Dead weight'	$V_{max} =$	0.6 mm (L / 6560)
Case 'Other permanent loads'	$V_{max} =$	0.2 mm
Case 'Q ₁ '	$V_{max} =$	0.3 mm
Case 'Shrinkage'	$V_{max} =$	1.4 mm (L / 2813)
<u>Deflections per combination</u>		
Combination ' G + Q ₁ '	$V_{max} =$	1.1 mm (L / 3705)
<u>Estimation of the first natural frequency</u>		
	G + 0.00 Q ₁	30.33 Hz
	G + 0.10 Q ₁	29.09 Hz
	G + 0.20 Q ₁	27.98 Hz
	G + 0.30 Q ₁	27.00 Hz
	G + 0.40 Q ₁	26.11 Hz
	G + 0.50 Q ₁	25.30 Hz
	G + 0.60 Q ₁	24.56 Hz
	G + 0.70 Q ₁	23.89 Hz
	G + 0.80 Q ₁	23.26 Hz
	G + 0.90 Q ₁	22.69 Hz
	G + 1.00 Q ₁	22.15 Hz
Resistance criteria satisfied in the CONSTRUCTION stage		
Some resistance criteria are not satisfied in the FINAL stage !		
Date : 19/07/2012	User's name : PLV	Page 7 / 9
	H:\... \STRUTTURE\VERIFICHE\1223_TRAVE ASCENSORE.PMX	

III.6. Copertura: arcarecci

III.6.1. Generalità

Si riassumono nel seguito le ipotesi alla base delle verifiche di sicurezza condotte nei confronti de-
pagina 90 di 101

gli stati limite per l'orditura secondaria delle coperture in legno.

Tabella 43 - Copertura: classe di servizio del legno

Classe di servizio	Descrizione
2	É caratterizzata da un'umidità del materiale in equilibrio con l'ambiente a una temperatura di 20°C e un'umidità relativa dell'aria circostante che superi l'85% solo per poche settimane l'anno.

Tabella 44 - Copertura: valori di k_{mod} e k_{def} per legno

Materiale	Classe Servizio	Classe di durata del carico					k_{def}
		Perm.	Lunga	Media	Breve	Istant.	
Legno massiccio	2	0,60	0,70	0,80	0,90	1,00	0,80

Tabella 45 - Copertura: geometria

Descrizione	B [mm]	H [mm]	L_1 [mm]	L_2 [mm]	L_{sb} [mm]	L_{tot} [mm]
Arcareccio	140	160	3'400	-	-	3'400

Dove L_1 , L_2 , L_{sb} e L_{tot} sono rispettivamente le luci delle diverse campate, dell'eventuale sbalzo e la lunghezza complessiva dell'elemento. Segue tabella riassuntiva delle principali caratteristiche di sollecitazione per le combinazioni di stato limite.

III.6.2. Caratteristiche di sollecitazione

Segue tabella riassuntiva delle caratteristiche di sollecitazione e deformazione dedotte dalle analisi eseguite.

Tabella 46 - Copertura: caratteristiche di sollecitazione allo SLU e deformata allo SLE

Descrizione	$M_{sd 2-2}$ [kNm]	$M_{sd 3-3}$ [kNm]	$V_{sd 2-2}$ [kN]	$V_{sd 3-3}$ [kN]	δ [mm]
Arcareccio	1,6	3,5	4,1	1,9	5,5

Dove $M_{sd|2-2}$, $M_{sd|3-3}$ e $V_{sd|2-2}$, $V_{sd|3-3}$ sono rispettivamente i massimi momenti intorno agli assi principali (asse 3 parallelo alla base della sezione trasversale) e di taglio massimi di calcolo allo SLU, mentre δ è la traslazione massima in mezzera trave per carichi totali allo SLE a $t=0$.

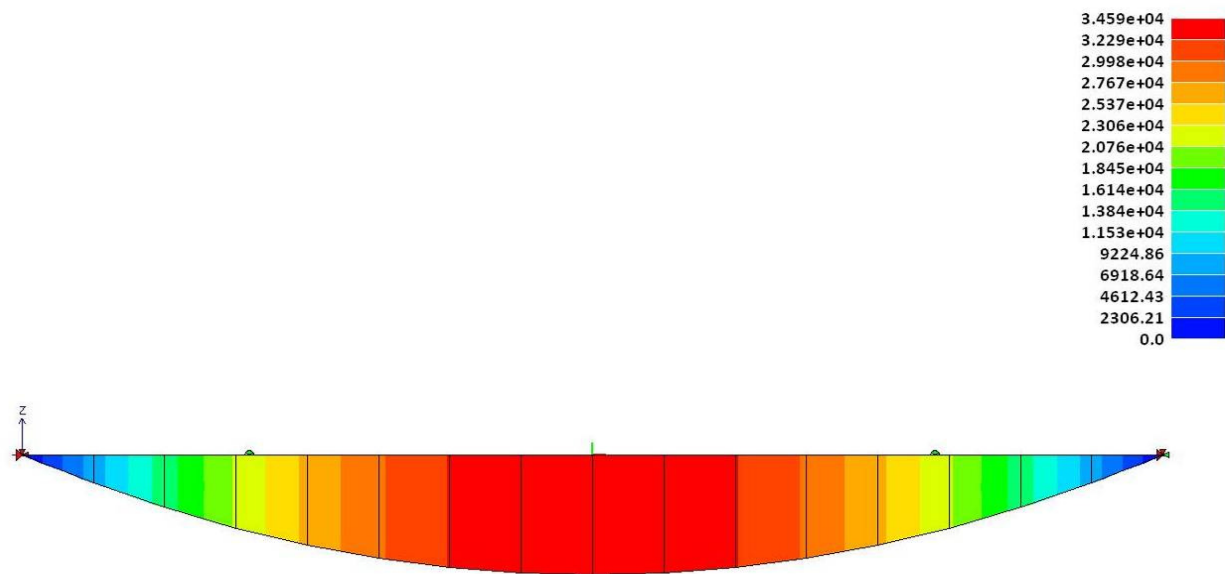


Figura 19 - Copertura: diagramma di momento flettente M3-3 per carichi totali allo SLU



Figura 20 - Copertura: diagramma di momento flettente M2-2 per carichi totali allo SLU

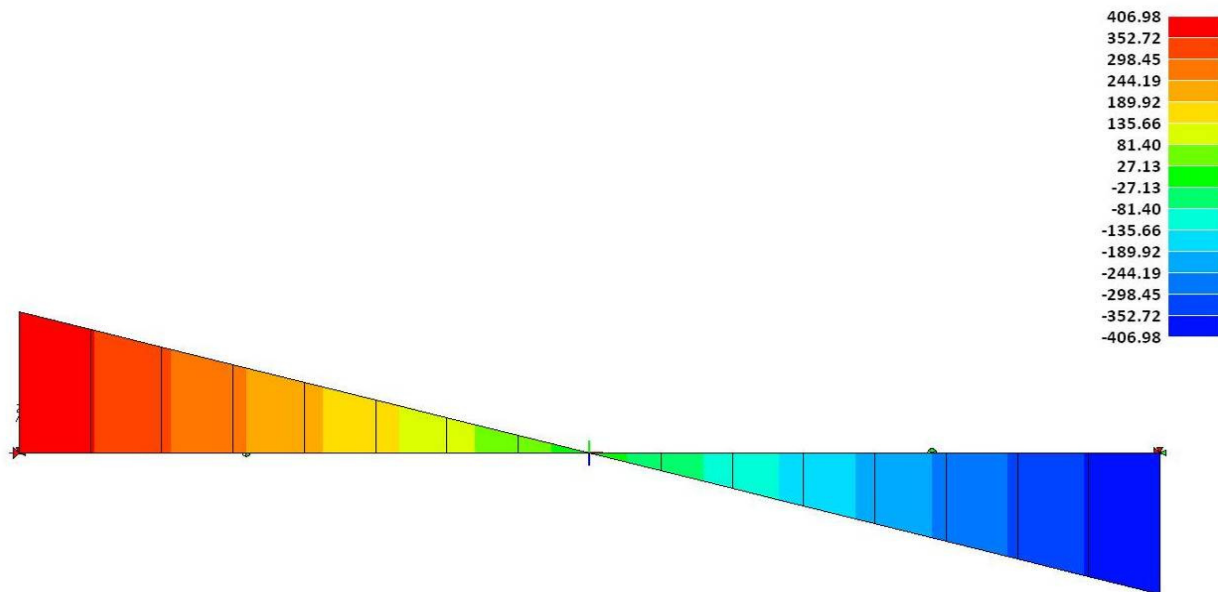


Figura 21 - Copertura: diagramma di taglio V2-2 per carichi totali allo SLU

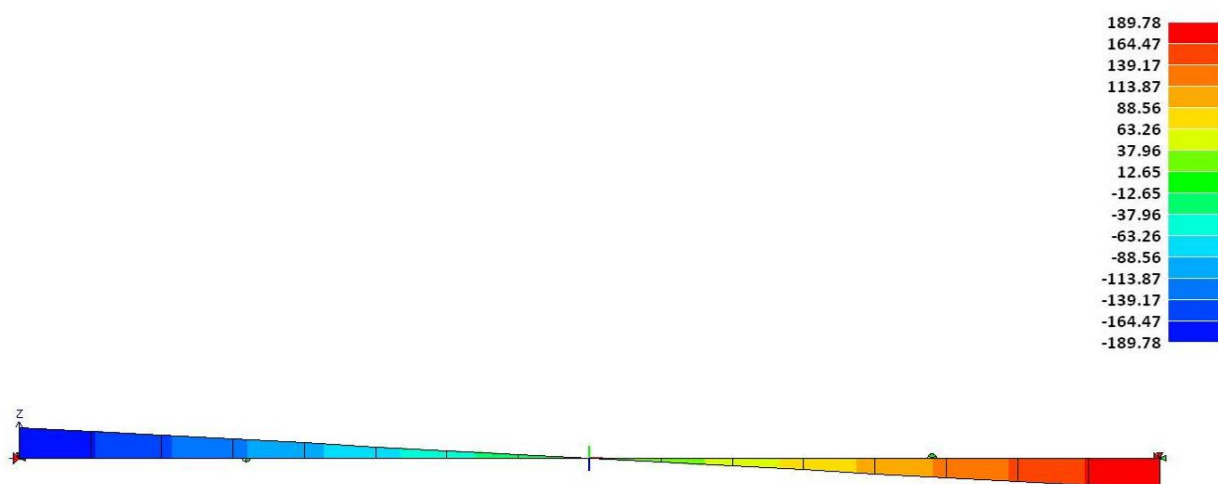


Figura 22 - Copertura: diagramma di taglio V3-3 per carichi totali allo SLU

III.6.3. Verifiche di sicurezza allo SLU

[NTC § 4.4.8.1.6 - NTC § 4.4.8.1.9]

Seguono mappe cromatiche delle verifiche di sicurezza agli SLU. Le verifiche sono soddisfatte per valori dei coefficienti ≤ 1 .

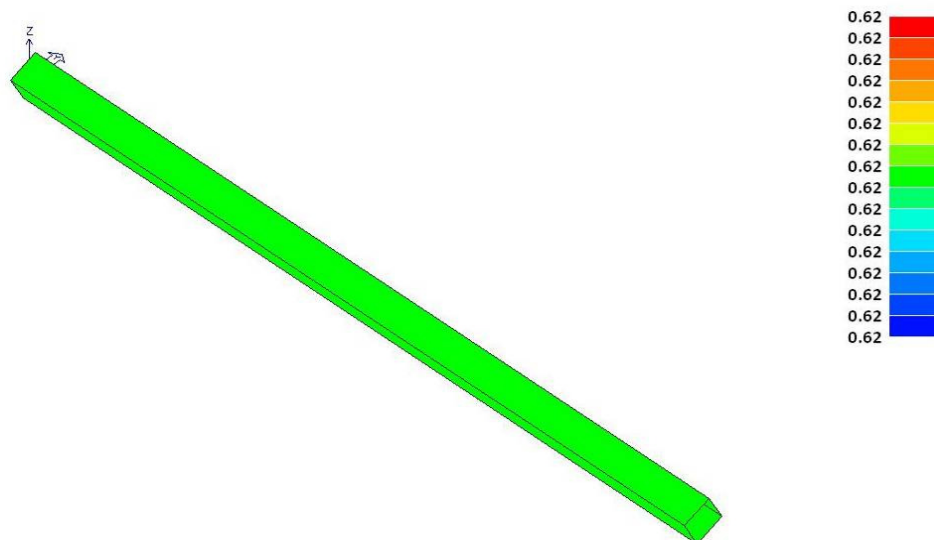


Figura 23 - Copertura: mappa cromatica della verifica per azioni normali

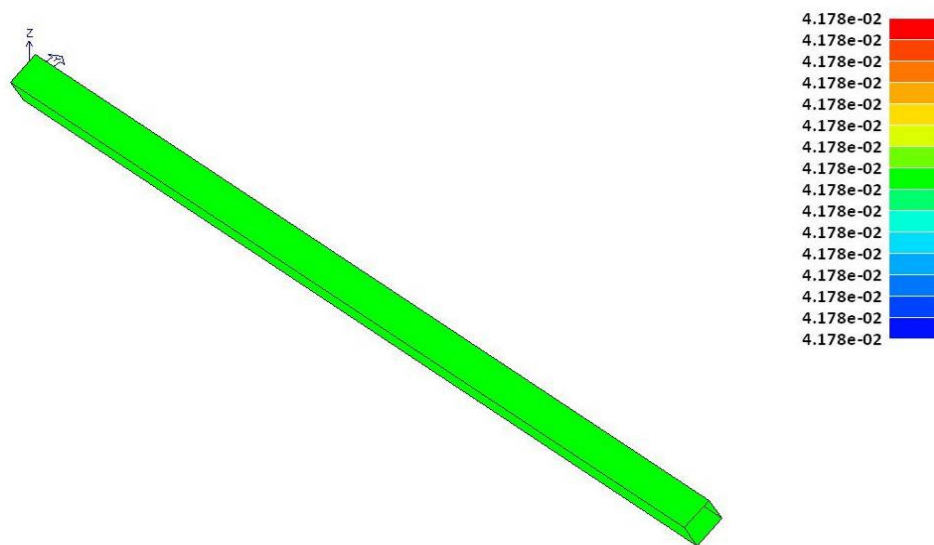


Figura 24 - Copertura: mappa cromatica della verifica per azioni tangenziali

III.7. Scala metallica

III.7.1. Modellazione della struttura: sezioni

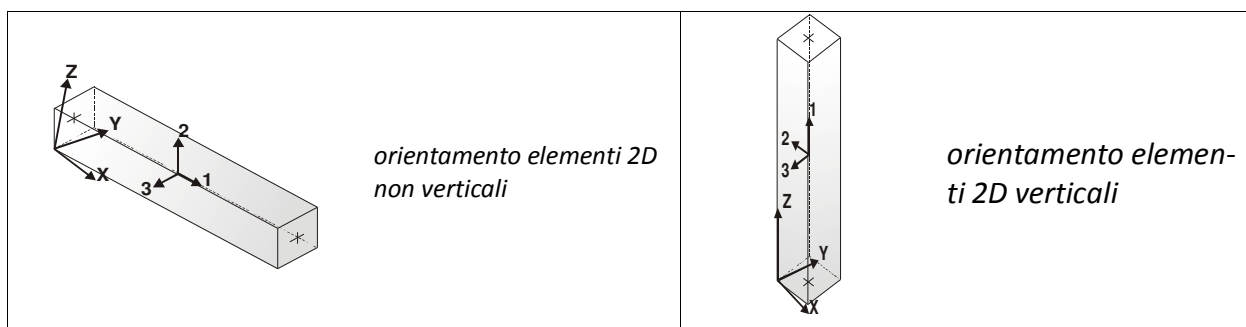
Tabella 47 - Scala metallica: tabella sezioni elementi

Id	Tipo	Area	A V2	A V3	Jt	J 2-2	J 3-3	W 2-2	W 3-3	Wp 2-2	Wp 3-3
		cm2	cm2	cm2	cm4	cm4	cm4	cm3	cm3	cm3	cm3
1	Rett.: b=1.00 h=28.00	28.00	23.33	23.33	9.12	2.33	1829.33	4.67	130.67	7.00	196.00

III.7.2. Modellazione della struttura: elementi D2

Il programma utilizza per la modellazione elementi a due nodi denominati in generale travi.

Ogni elemento trave è individuato dal nodo iniziale e dal nodo finale. Ogni elemento è caratterizzato da un insieme di proprietà riportate in tabella che ne completano la modellazione.



In particolare per ogni elemento viene indicato in tabella:

Elem.	numero dell'elemento
Note	codice di comportamento: trave, trave di fondazione, pilastro, asta, asta tesa, asta compressa
Nodo I (J)	numero del nodo iniziale (finale)
Mat.	codice del materiale assegnato all'elemento
Sez.	codice della sezione assegnata all'elemento
Rotaz.	valore della rotazione dell'elemento, attorno al proprio asse, nel caso in cui l'orientamento di default non sia adottabile; l'orientamento di default prevede per gli elementi non verticali l'asse 2 contenuto nel piano verticale e l'asse 3 orizzontale, per gli elementi verticali l'asse 2 diretto secondo X negativo e l'asse 3 diretto secondo Y negativo
Svincolo I (J)	codici di svincolo per le azioni interne; i primi sei codici si riferiscono al nodo iniziale, i restanti sei al nodo finale (il valore 1 indica che la relativa azione interna non è attiva)
Wink V	cost. di sottofondo (coef. di Winkler) per la modellazione della trave su suolo elastico
Wink O	cost. di sottofondo (coef. di Winkler) per la modellazione del suolo elastico orizzontale

Elem.	Note	Nodo I	Nodo J	Mat.	Sez.	Rotaz. gradi	Svincolo I	Svincolo J	Wink V/O daN/cm3
1	Trave	2	1	10	1				
2	Trave	1	4	10	1				
3	Trave	4	3	10	1			000001	
4	Trave	1	5	10	1				
5	Trave	6	5	10	1				
6	Trave	5	8	10	1				
7	Trave	8	7	10	1				

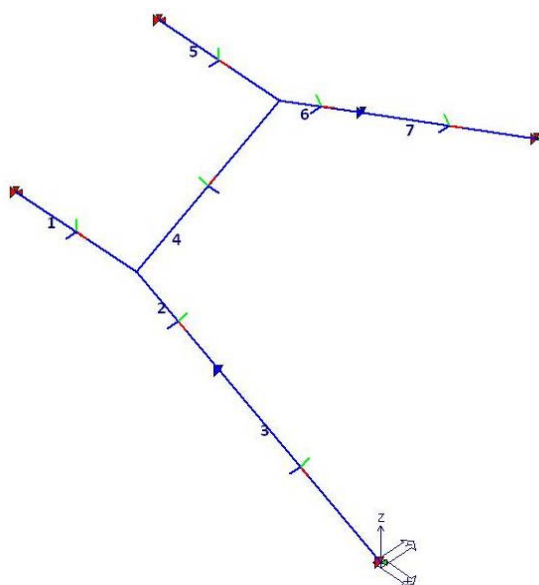


Figura 25 - Scala metallica: numerazione degli elementi

III.7.3. Casi di carico

Il software permette l'organizzazione dei carichi analizzati al precedente § 15 in casi di carico, da intendersi come “scatole” nelle quali riporre i carichi appartenenti ad un medesimo tipo e per i quali si voglia la contemporaneità di azione nelle diverse combinazioni definite. Nella tabella seguente sono riportati i casi di carico definiti.

Tabella 48 - Scala metallica: casi di carico

CDC	Tipo	Sigla Id	Note
1	Ggk	CDC=Ggk (peso proprio della struttura)	
2	Gk	CDC=G1k (permanente generico)	D2 :da 1 a 7 Azione : DG:Fzi=-0.48 Fzf=-0.48 _Gk
3	Qk	CDC=Qk (variabile generico)	D2 :da 1 a 7 Azione : DG:Fzi=-2.40 Fzf=-2.40 _Qk

III.7.4. Combinazioni di carico

Il programma combina in diversi casi di carico nelle combinazioni di carico previste dalla normativa. La descrizione delle combinazioni è articolata in due tabelle: la prima riporta l'elenco delle combinazioni adottate, la seconda riporta i pesi che i diversi casi di carico assumono in ciascuna combinazione.

Tabella 49 - Scala metallica: combinazioni di carico

Cmb	Tipo	Sigla Id
1	SLU	Comb. SLU A1 1
2	SLE(r)	Comb. SLE(rara) 2
3	SLE(f)	Comb. SLE(freq.) 3
4	SLE(p)	Comb. SLE(perm.) 4
5	SLE(p)	Comb. SLE(perm.) 5

Tabella 50 - Scala metallica: pesi delle CDC nelle diverse Cmb

Cmb	CDC 1/15...	CDC 2/16...	CDC 3/17...	CDC 4/18...	CDC 5/19...	CDC 6/20...	CDC 7/21...	CDC 8/22...	CDC 9/23...	CDC 10/24...	CDC 11/25...	CDC 12/26...	CDC 13/27...	CDC 14/28...
1	1.30	1.50	1.50											
2	1.00	1.00	1.00											
3	1.00	1.00	0.70											
4	1.00	1.00	0.0											
5	1.00	1.00	0.60											

III.7.5. Analisi strutturali: risultati nodali

Il controllo dei risultati delle analisi condotte, per quanto concerne i nodi strutturali, è possibile in relazione alle tabelle sotto riportate.

- Una *prima tabella* riporta per ogni nodo e per ogni combinazione (o caso di carico) gli spostamenti nodali.
- Una *seconda tabella* riporta per ogni nodo a cui sia associato un vincolo rigido e/o elastico o una fondazione speciale e per ogni combinazione (o caso di carico) i valori delle azioni esercitate dalla struttura sui vincoli (reazioni vincolari cambiate di segno).
- Una *terza tabella*, infine riassume per ogni nodo le sei combinazioni in cui si attingono i valori minimi e massimi della reazione Fz, della reazione Mx e della reazione My.

Nodo	Cmb	Traslazione X cm	Traslazione Y cm	Traslazione Z cm	Rotazione X	Rotazione Y	Rotazione Z
1	1	0.0	3.22e-03	-0.02	-2.14e-04	-4.61e-05	2.36e-05
1	2	0.0	2.17e-03	-0.01	-1.44e-04	-3.10e-05	1.59e-05
1	3	0.0	1.66e-03	-8.27e-03	-1.10e-04	-2.38e-05	1.22e-05
1	4	0.0	4.89e-04	-2.43e-03	-3.25e-05	-7.00e-06	3.59e-06
1	5	0.0	1.50e-03	-7.43e-03	-9.93e-05	-2.14e-05	1.10e-05
2	1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	1	8.71e-03	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	2	5.86e-03	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	3	4.50e-03	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	4	1.32e-03	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	5	4.05e-03	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4	1	8.46e-03	0.0	0.0	-1.16e-04	-9.00e-05	5.94e-05
4	2	5.69e-03	0.0	0.0	-7.83e-05	-6.06e-05	4.00e-05
4	3	4.37e-03	0.0	0.0	-6.01e-05	-4.65e-05	3.07e-05

REGIONE PIEMONTE
COMUNE DI VERCELLI

EX MACELLO
RELAZIONE STRUTTURALE PRELIMINARE

4	4	1.29e-03	0.0	0.0	-1.77e-05	-1.37e-05	9.02e-06
4	5	3.93e-03	0.0	0.0	-5.41e-05	-4.18e-05	2.76e-05
5	1	0.0	3.53e-03	-0.02	2.06e-04	-4.40e-05	2.23e-05
5	2	0.0	2.37e-03	-0.01	1.39e-04	-2.96e-05	1.50e-05
5	3	0.0	1.82e-03	-8.54e-03	1.07e-04	-2.27e-05	1.15e-05
5	4	0.0	5.36e-04	-2.51e-03	3.14e-05	-6.68e-06	3.39e-06
5	5	0.0	1.64e-03	-7.68e-03	9.59e-05	-2.04e-05	1.04e-05
6	1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
6	2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
6	3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
6	4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
6	5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
7	1	-8.72e-03	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
7	2	-5.87e-03	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
7	3	-4.51e-03	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
7	4	-1.33e-03	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
7	5	-4.05e-03	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
8	1	-8.60e-03	0.0	0.0	1.18e-04	-1.10e-04	5.38e-05
8	2	-5.79e-03	0.0	0.0	7.96e-05	-7.38e-05	3.62e-05
8	3	-4.44e-03	0.0	0.0	6.11e-05	-5.66e-05	2.78e-05
8	4	-1.31e-03	0.0	0.0	1.80e-05	-1.67e-05	8.17e-06
8	5	-3.99e-03	0.0	0.0	5.50e-05	-5.09e-05	2.50e-05

Nodo	Traslazione X	Traslazione Y	Traslazione Z	Rotazione X	Rotazione Y	Rotazione Z
	-8.72e-03	0.0	-0.02	-2.14e-04	-1.10e-04	0.0
	8.71e-03	3.53e-03	0.0	2.06e-04	0.0	5.94e-05

Nodo	Cmb	Azione X daN	Azione Y daN	Azione Z daN	Azione RX daN cm	Azione RY daN cm	Azione RZ daN cm
2	1	0.09	0.05	-681.70	-12.75	2.896e+04	4.33
2	2	0.06	0.04	-458.81	-8.58	1.949e+04	2.92
2	3	0.04	0.03	-352.24	-6.59	1.496e+04	2.24
2	4	0.01	8.35e-03	-103.58	-1.94	4399.71	0.66
2	5	0.04	0.03	-316.71	-5.92	1.345e+04	2.01
3	1	0.0	-3.93e-03	-297.85	-4.30	0.0	2.68
3	2	0.0	-2.64e-03	-200.46	-2.89	0.0	1.81
3	3	0.0	-2.03e-03	-153.90	-2.22	0.0	1.39
3	4	0.0	-5.97e-04	-45.26	-0.65	0.0	0.41
3	5	0.0	-1.82e-03	-138.38	-2.00	0.0	1.25
4	1	0.0	-0.07	-1307.61	0.0	0.0	0.0
4	2	0.0	-0.04	-880.06	0.0	0.0	0.0
4	3	0.0	-0.03	-675.65	0.0	0.0	0.0
4	4	0.0	-9.97e-03	-198.68	0.0	0.0	0.0
4	5	0.0	-0.03	-607.51	0.0	0.0	0.0
6	1	-0.09	0.07	-690.29	12.32	2.955e+04	5.03
6	2	-0.06	0.05	-464.59	8.29	1.989e+04	3.38
6	3	-0.04	0.03	-356.68	6.36	1.527e+04	2.60
6	4	-0.01	0.01	-104.88	1.87	4490.23	0.76
6	5	-0.04	0.03	-320.71	5.72	1.373e+04	2.34
7	1	0.0	-6.78e-03	-404.99	3.88	-1.027e+04	2.65
7	2	0.0	-4.56e-03	-272.57	2.61	-6912.17	1.78
7	3	0.0	-3.50e-03	-209.26	2.01	-5306.66	1.37
7	4	0.0	-1.03e-03	-61.53	0.59	-1560.47	0.40
7	5	0.0	-3.15e-03	-188.16	1.80	-4771.49	1.23
8	1	0.0	-0.05	-1254.76	0.0	0.0	0.0
8	2	0.0	-0.03	-844.49	0.0	0.0	0.0
8	3	0.0	-0.02	-648.34	0.0	0.0	0.0
8	4	0.0	-6.95e-03	-190.65	0.0	0.0	0.0
8	5	0.0	-0.02	-582.96	0.0	0.0	0.0

Nodo	Azione X	Azione Y	Azione Z	Azione RX	Azione RY	Azione RZ
	-0.09	-0.07	-1307.61	-12.75	-1.027e+04	0.0
	0.09	0.07	-45.26	12.32	2.955e+04	5.03

Nodo	Cmb	Azione X daN	Azione Y daN	Azione Z daN	Azione RX daN cm	Azione RY daN cm	Azione RZ daN cm
2	1	0.09	0.05	-681.70	-12.75	2.896e+04	4.33
	4	0.01	8.35e-03	-103.58	-1.94	4399.71	0.66
	1	0.09	0.05	-681.70	-12.75	2.896e+04	4.33
	4	0.01	8.35e-03	-103.58	-1.94	4399.71	0.66
	4	0.01	8.35e-03	-103.58	-1.94	4399.71	0.66
	1	0.09	0.05	-681.70	-12.75	2.896e+04	4.33
3	1	0.0	-3.93e-03	-297.85	-4.30	0.0	2.68
	4	0.0	-5.97e-04	-45.26	-0.65	0.0	0.41
	1	0.0	-3.93e-03	-297.85	-4.30	0.0	2.68
	4	0.0	-5.97e-04	-45.26	-0.65	0.0	0.41
	1	0.0	-3.93e-03	-297.85	-4.30	0.0	2.68
	4	0.0	-5.97e-04	-45.26	-0.65	0.0	0.41
4	1	0.0	-0.07	-1307.61	0.0	0.0	0.0
	4	0.0	-9.97e-03	-198.68	0.0	0.0	0.0
	1	0.0	-0.07	-1307.61	0.0	0.0	0.0
	1	0.0	-0.07	-1307.61	0.0	0.0	0.0
	1	0.0	-0.07	-1307.61	0.0	0.0	0.0
	1	0.0	-0.07	-1307.61	0.0	0.0	0.0
6	1	-0.09	0.07	-690.29	12.32	2.955e+04	5.03
	4	-0.01	0.01	-104.88	1.87	4490.23	0.76
	4	-0.01	0.01	-104.88	1.87	4490.23	0.76
	1	-0.09	0.07	-690.29	12.32	2.955e+04	5.03
	4	-0.01	0.01	-104.88	1.87	4490.23	0.76
	1	-0.09	0.07	-690.29	12.32	2.955e+04	5.03
7	1	0.0	-6.78e-03	-404.99	3.88	-1.027e+04	2.65
	4	0.0	-1.03e-03	-61.53	0.59	-1560.47	0.40
	4	0.0	-1.03e-03	-61.53	0.59	-1560.47	0.40
	1	0.0	-6.78e-03	-404.99	3.88	-1.027e+04	2.65
	1	0.0	-6.78e-03	-404.99	3.88	-1.027e+04	2.65
	4	0.0	-1.03e-03	-61.53	0.59	-1560.47	0.40
8	1	0.0	-0.05	-1254.76	0.0	0.0	0.0
	4	0.0	-6.95e-03	-190.65	0.0	0.0	0.0
	1	0.0	-0.05	-1254.76	0.0	0.0	0.0
	1	0.0	-0.05	-1254.76	0.0	0.0	0.0

1	0.0	-0.05	-1254.76	0.0	0.0	0.0
1	0.0	-0.05	-1254.76	0.0	0.0	0.0

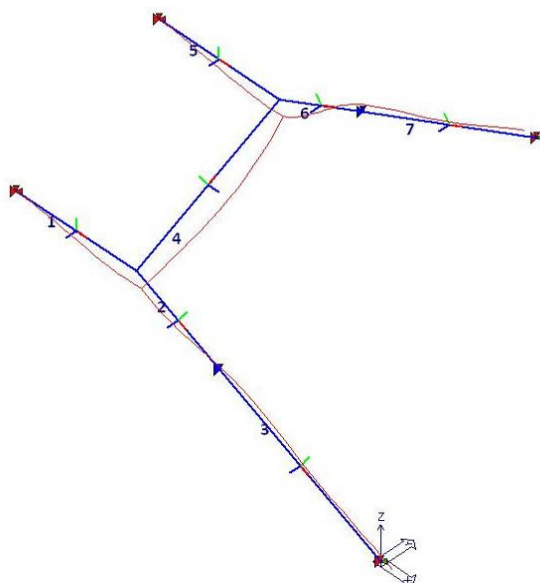


Figura 26 - Scala metallica: deformata per carichi totali (Cmb 2)

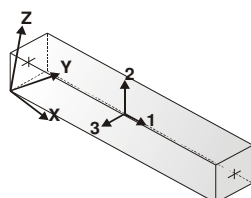
III.7.6. Analisi strutturali: risultati elementi tipo trave

Il controllo dei risultati delle analisi condotte, per quanto concerne gli elementi tipo trave, è possibile in relazione alle tabelle sotto riportate. Gli elementi vengono suddivisi, in relazione alle proprietà in elementi:

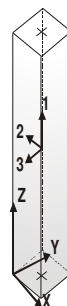
- tipo pilastro
- tipo trave in elevazione
- tipo trave in fondazione

Per ogni elemento, e per ogni combinazione (o caso di carico) vengono riportati i risultati più significativi. Per gli elementi tipo *pilastro* sono riportati in tabella i seguenti valori:

<i>Pilas.</i>	<i>numero dell'elemento pilastro</i>
<i>Cmb</i>	<i>combinazione in cui si verificano i valori riportati</i>
<i>M3 mx/mn</i>	<i>momento flettente in campata M3 max (prima riga) / min (seconda riga)</i>
<i>M2 mx/mn</i>	<i>momento flettente in campata M2 max (prima riga) / min (seconda riga)</i>
<i>D2/D3</i>	<i>freccia massima in direzione 2 (prima riga) / direzione 3 (seconda riga)</i>
<i>Q2/Q3</i>	<i>carico totale in direzione 2 (prima riga) / direzione 3 (seconda riga)</i>
<i>Pos.</i>	<i>ascissa del punto iniziale e finale dell'elemento</i>
<i>N, V2, ecc..</i>	<i>sei componenti di sollecitazione al piede ed in sommità dell'elemento</i>



orientamento elementi 2D
non verticali



orientamento elementi 2D
verticali

Per gli elementi tipo *trave in elevazione* sono riportati, oltre al numero dell'elemento, i medesimi risultati visti per i pilastri.

Trave	Cmb	M3 mx/mn daN cm	M2 mx/mn daN cm	D 2 / D 3 cm	Q 2 / Q 3 daN	Pos. cm	N daN	V 2 daN	V 3 daN	T daN cm	M 2 daN cm	M 3 daN cm
-------	-----	--------------------	--------------------	-----------------	------------------	------------	----------	------------	------------	-------------	---------------	---------------

REGIONE PIEMONTE
COMUNE DI VERCELLI

EX MACELLO

RELAZIONE STRUTTURALE PRELIMINARE

1	1	2.011e+04	2.46	-0.02	-568.89	0.0	0.09	681.70	0.05	-12.75	-4.33	-2.896e+04
		-2.896e+04	-4.33	-3.22e-03	0.0	123.5	0.09	112.81	0.05	-12.75	2.46	2.011e+04
1	2	1.354e+04	1.65	-0.01	-382.88	0.0	0.06	458.81	0.04	-8.58	-2.92	-1.949e+04
		-1.949e+04	-2.92	-2.17e-03	0.0	123.5	0.06	75.93	0.04	-8.58	1.65	1.354e+04
1	3	1.039e+04	1.27	-8.28e-03	-293.95	0.0	0.04	352.24	0.03	-6.59	-2.24	-1.496e+04
		-1.496e+04	-2.24	-1.66e-03	0.0	123.5	0.04	58.29	0.03	-6.59	1.27	1.039e+04
1	4	3055.74	0.37	-2.44e-03	-86.44	0.0	0.01	103.58	8.35e-03	-1.94	-0.66	-4399.71
		-4399.71	-0.66	-4.89e-04	0.0	123.5	0.01	17.14	8.35e-03	-1.94	0.37	3055.74
1	5	9343.65	1.14	-7.45e-03	-264.30	0.0	0.04	316.71	0.03	-5.92	-2.01	-1.345e+04
		-1.345e+04	-2.01	-1.50e-03	0.0	123.5	0.04	52.41	0.03	-5.92	1.14	9343.65
2	1	2.012e+04	-0.50	-0.02	-395.83	0.0	-135.02	-241.98	0.07	5.06	-7.34	2.012e+04
		-2.318e+04	-7.34	-3.22e-03	0.0	98.4	-355.88	-637.81	0.07	5.06	-0.50	-2.318e+04
2	2	1.354e+04	-0.33	-0.01	-266.41	0.0	-90.87	-162.86	0.05	3.41	-4.94	1.354e+04
		-1.560e+04	-4.94	-2.17e-03	0.0	98.4	-239.52	-429.26	0.05	3.41	-0.33	-1.560e+04
2	3	1.039e+04	-0.26	-9.35e-03	-204.53	0.0	-69.76	-125.03	0.04	2.62	-3.79	1.039e+04
		-1.198e+04	-3.79	-1.66e-03	0.0	98.4	-183.88	-329.56	0.04	2.62	-0.26	-1.198e+04
2	4	3056.31	-0.08	-2.75e-03	-60.14	0.0	-20.51	-36.77	0.01	0.77	-1.12	3056.31
		-3521.60	-1.12	-4.89e-04	0.0	98.4	-54.07	-96.91	0.01	0.77	-0.08	-3521.60
2	5	9345.37	-0.23	-8.41e-03	-183.90	0.0	-62.73	-112.42	0.03	2.35	-3.41	9345.37
		-1.077e+04	-3.41	-1.50e-03	0.0	98.4	-165.34	-296.32	0.03	2.35	-0.23	-1.077e+04
3	1	8354.12	0.25	-4.57e-03	-764.18	0.0	281.26	504.08	3.93e-03	5.06	-0.50	-2.318e+04
		-2.318e+04	-0.50	1.35e-04	0.0	190.0	-145.13	-260.10	3.93e-03	5.06	0.25	0.0
3	2	5622.57	0.17	-3.07e-03	-514.32	0.0	189.30	339.26	2.64e-03	3.41	-0.33	-1.560e+04
		-1.560e+04	-0.33	9.11e-05	0.0	190.0	-97.68	-175.06	2.64e-03	3.41	0.17	0.0
3	3	4316.60	0.13	-2.36e-03	-394.86	0.0	145.33	260.46	2.03e-03	2.62	-0.26	-1.198e+04
		-1.198e+04	-0.26	6.99e-05	0.0	190.0	-74.99	-134.40	2.03e-03	2.62	0.13	0.0
3	4	1269.33	0.04	-6.94e-04	-116.11	0.0	42.73	76.59	5.97e-04	0.77	-0.08	-3521.60
		-3521.60	-0.08	2.06e-05	0.0	190.0	-22.05	-39.52	5.97e-04	0.77	0.04	0.0
3	5	3881.28	0.12	-2.12e-03	-355.03	0.0	130.67	234.19	1.82e-03	2.35	-0.23	-1.077e+04
		-1.077e+04	-0.23	6.29e-05	0.0	190.0	-67.43	-120.84	1.82e-03	2.35	0.12	0.0
4	1	1.431e+04	7.40	-0.01	-677.04	0.0	-193.46	338.53	-0.09	0.05	7.40	-20.75
		-20.75	-7.27	-7.09e-04	0.0	169.3	193.42	-338.51	-0.09	0.05	-7.27	-19.33
4	2	9630.06	4.98	-7.64e-03	-455.67	0.0	-130.21	227.84	-0.06	0.03	4.98	-13.96
		-13.96	-4.90	-4.77e-04	0.0	169.3	130.18	-227.83	-0.06	0.03	-4.90	-13.01
4	3	7393.26	3.82	-5.87e-03	-349.83	0.0	-99.96	174.92	-0.04	0.03	3.82	-10.72
		-10.72	-3.76	-3.67e-04	0.0	169.3	99.94	-174.91	-0.04	0.03	-3.76	-9.99
4	4	2174.05	1.12	-1.73e-03	-102.87	0.0	-29.39	51.44	-0.01	7.66e-03	1.12	-3.15
		-3.15	-1.11	-1.08e-04	0.0	169.3	29.39	-51.43	-0.01	7.66e-03	-1.11	-2.94
4	5	6647.66	3.44	-5.28e-03	-314.55	0.0	-89.88	157.28	-0.04	0.02	3.44	-9.64
		-9.64	-3.38	-3.30e-04	0.0	169.3	89.86	-157.27	-0.04	0.02	-3.38	-8.98
5	1	2.058e+04	3.26	-0.02	-568.89	0.0	-0.09	690.29	0.07	12.32	-5.03	-2.955e+04
		-2.955e+04	-5.03	-3.53e-03	0.0	123.5	-0.09	121.41	0.07	12.32	3.26	2.058e+04
5	2	1.385e+04	2.19	-0.01	-382.88	0.0	-0.06	464.59	0.05	8.29	-3.38	-1.989e+04
		-1.989e+04	-3.38	-2.37e-03	0.0	123.5	-0.06	81.71	0.05	8.29	2.19	1.385e+04
5	3	1.063e+04	1.68	-8.55e-03	-293.95	0.0	-0.04	356.68	0.03	6.36	-2.60	-1.527e+04
		-1.527e+04	-2.60	-1.82e-03	0.0	123.5	-0.04	62.73	0.03	6.36	1.68	1.063e+04
5	4	3126.49	0.50	-2.51e-03	-86.44	0.0	-0.01	104.88	0.01	1.87	-0.76	-4490.23
		-4490.23	-0.76	-5.36e-04	0.0	123.5	-0.01	18.45	0.01	1.87	0.50	3126.49
5	5	9559.97	1.51	-7.69e-03	-264.30	0.0	-0.04	320.71	0.03	5.72	-2.34	-1.373e+04
		-1.373e+04	-2.34	-1.64e-03	0.0	123.5	-0.04	56.41	0.03	5.72	1.51	9559.97
6	1	2.058e+04	-0.92	-0.02	-395.96	0.0	128.87	-235.52	0.05	-4.68	-6.07	2.058e+04
		-2.190e+04	-6.07	-3.53e-03	0.0	98.0	345.53	-631.48	0.05	-4.68	-0.92	-2.190e+04
6	2	1.385e+04	-0.62	-0.01	-266.49	0.0	86.73	-158.51	0.04	-3.15	-4.09	1.385e+04
		-1.474e+04	-4.09	-2.37e-03	0.0	98.0	232.55	-425.00	0.04	-3.15	-0.62	-1.474e+04
6	3	1.063e+04	-0.48	-9.63e-03	-204.59	0.0	66.59	-121.69	0.03	-2.42	-3.14	1.063e+04
		-1.132e+04	-3.14	-1.82e-03	0.0	98.0	178.53	-326.29	0.03	-2.42	-0.48	-1.132e+04
6	4	3127.03	-0.14	-2.83e-03	-60.16	0.0	19.58	-35.78	7.98e-03	-0.71	-0.92	3127.03
		-3327.83	-0.92	-5.36e-04	0.0	98.0	52.50	-95.95	7.98e-03	-0.71	-0.14	-3327.83
6	5	9561.62	-0.43	-8.66e-03	-183.96	0.0	59.87	-109.42	0.02	-2.17	-2.82	9561.62
		-1.018e+04	-2.82	-1.64e-03	0.0	98.0	160.53	-293.38	0.02	-2.17	-0.43	-1.018e+04
7	1	5346.28	0.46	-1.99e-03	-824.56	0.0	-256.77	469.28	6.78e-03	-4.68	-0.92	-2.190e+04
		-2.190e+04	-0.92	2.89e-04	0.0	204.1	194.40	-355.28	6.78e-03	-4.68	0.46	-1.027e+04
7	2	3598.21	0.31	-1.34e-03	-554.95	0.0	-172.82	315.84	4.56e-03	-3.15	-0.62	-1.474e+04
		-1.474e+04	-0.62	1.95e-04	0.0	204.1	130.84	-239.12	4.56e-03	-3.15	0.31	-6912.17
7	3	2762.44	0.24	-1.03e-03	-426.05	0.0	-132.68	242.48	3.50e-03	-2.42	-0.48	-1.132e+04
		-1.132e+04	-0.48	1.50e-04	0.0	204.1	100.45	-183.58	3.50e-03	-2.42	0.24	-5306.66
7	4	812.32	0.07	-3.03e-04	-125.28	0.0	-39.01	71.30	1.03e-03	-0.71	-0.14	-3327.83
		-3327.83	-0.14	4.40e-05	0.0	204.1	29.54	-53.98	1.03e-03	-0.71	0.07	-1560.47
7	5	2483.85	0.21	-9.27e-04	-383.09	0.0	-119.30	218.02	3.15e-03	-2.17	-0.43	-1.018e+04
		-1.018e+04	-0.43	1.34e-04	0.0	204.1	90.32	-165.06	3.15e-03	-2.17	0.21	-4771.49
Trave		M3 mx/mn	M2 mx/mn	D 2 / D 3	Q 2 / Q 3	N		V 2	V 3	T		
		-2.955e+04	-7.34	-0.02	-824.56	-355.88		-637.81	-0.09	-12.75		
		2.058e+04	7.40	2.89e-04	0.0	345.53		690.29	0.07	12.32		

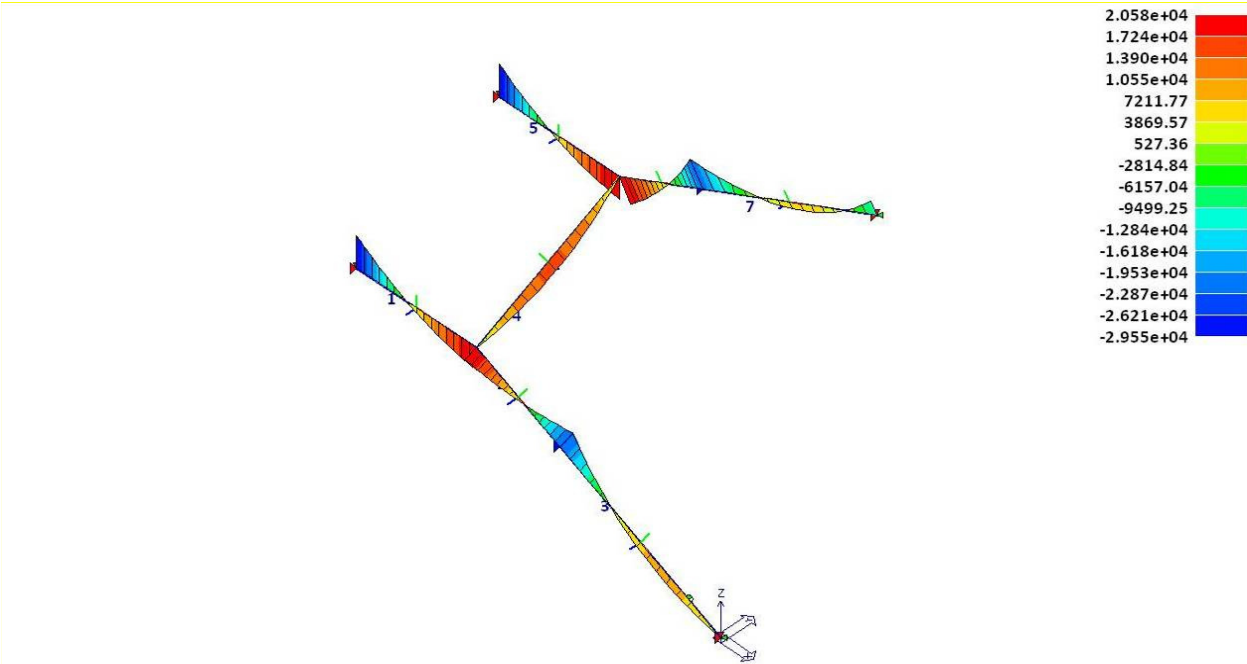


Figura 27 - Scala metallica: diagramma di momento flettente allo SLU (Cmb 1)

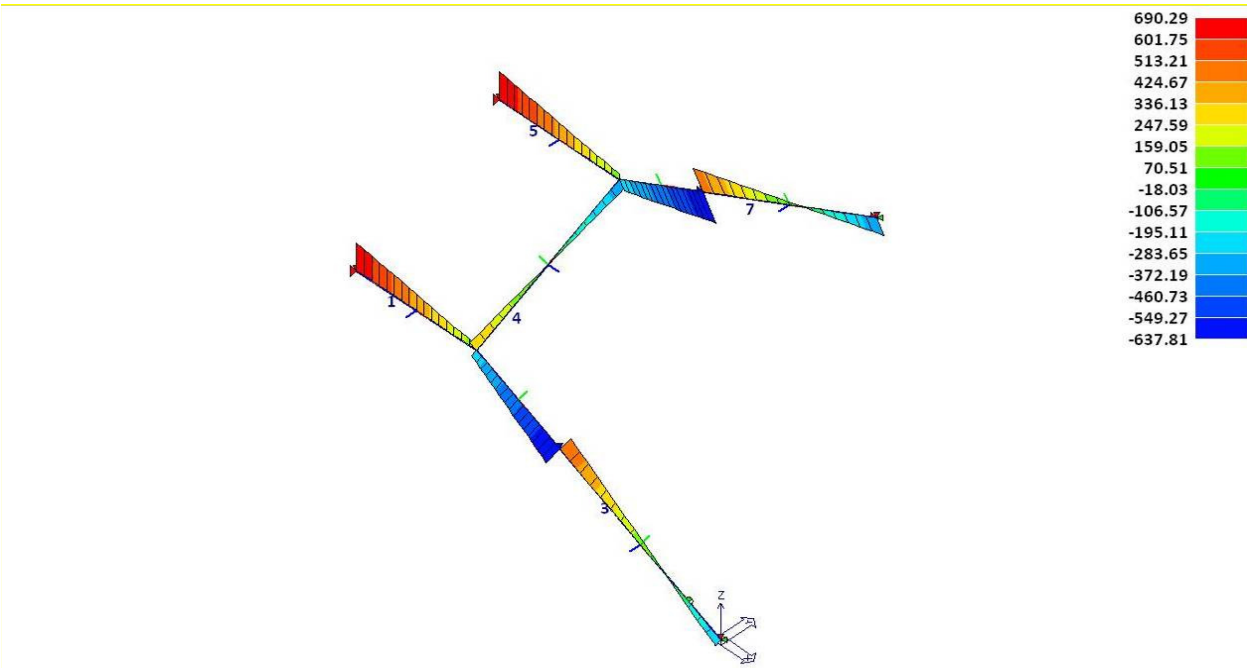


Figura 28 - Scala metallica: diagramma di taglio allo SLU (Cmb 1)

III.7.7. Verifiche di sicurezza
[NTC § 4.2.4.1.3.2 - Circ. C4.2.4.1.3.4.1]

a) *Instabilità flessio-torsionale*

$$M_{Ed} / M_{b,Rd} \leq 1 \quad (f3)$$

dove:

M_{Ed} massimo momento flettente di calcolo
 $M_{b,Rd}$ momento resistente di progetto per instabilità

Per le verifiche di cui alla (f1) si ha:

Tabella 51 - Scala metallica: instabilità flessio-torsionale

χ_{LT}	fattore di riduzione per instabilità	0,25
-------------	--------------------------------------	------

$W_{\text{eff},y}$	modulo di resistenza efficace	130'700 mm ³
f_{yk}	tensione di snervamento	235 N/mm ²
γ_{M1}	coefficiente parziale di sicurezza	1,10
$M_{b,Rd}$	momento resistente di progetto = $0,25 \cdot 130'700 \cdot 235 / 1,10 \cdot 10^{-6}$	7,0 kNm

Ne deriva:

$$M_{Ed} / M_{b,Rd} \leq 1 \rightarrow (=3,0/7,0) 0,43 < 1 \text{ verificato} \quad (v1)$$