



# ROMA CAPITALE MUNICIPIO I

REALIZZAZIONE DI OPERA PUBBLICA  
STRUTTURA DI SERVIZI SOCIO-ASSISTENZIALI  
DEDICATA AI GIOVANI DIVERSAMENTE ABILI  
ALL'INTERNO DI UN COMPLESSO IMMOBILIARE SITO IN ROMA,  
VIA BONCOMPAGNI

PROGETTO DEFINITIVO

Ai sensi dell'art. 24 e seguenti DPR 207/2010  
P.d.R. approvato con delibera A.C. N.55 del 16/09/2014

## NUOVI TIPI

TITOLO ELABORATO

## RELAZIONE E CALCOLO DELLE STRUTTURE

PROPRIETA':  
Fondo UniCredito Immobiliare Uno

PROPONENTI  
Torre SGR S.p.A.  
Via Mario Carucci, 131  
Roma, Italia

R.U.P.P.  
Ing. Lorenzo Coletta

PROJECT MANAGEMENT :

**ROBUR PM S.r.l.**  
Via del Caucaso, 49  
00144 Roma, Italia



PROGETTAZIONE ARCHITETTONICA :

**I.S.I. ENGINEERING S.r.l.**  
Via Capo Miseno, 11  
00141 Roma, Italia  
Arch. Paolo Moreno Cavatton  
C.F. : CVT PMR 59M09 F148X

Gruppo di progettazione  
Arch. Odile Grégoire  
Ing. Valentino Ruspi

PROGETTAZIONE IMPIANTI E STRUTTURE :

**TECNIC Consulting Engineers S.p.A.**  
Via Panama 86/A  
00198 Roma, Italia  
Arch. Annamaria Di Fabio

Gruppo di progettazione  
Ing. Angelo Ciavarella  
Ing. Francesco Volonno  
Ing. Chiara Giuggioli  
Arch. Dimitris Xydadis

REVISIONE 01	01-07-2015	NUOVI TIPI
*****	*****	*****
*****	*****	*****
*****	*****	*****
*****	*****	*****
*****	*****	*****
*****	*****	*****
N.	DATA	OGGETTO

DIREZIONE LAVORI  
Arch. Paolo Moreno Cavatton  
C.F. : CVT PMR 59M09 F148X



ELABORATO

# RLZ-STR

DATA

29/01/2015

## INDICE

<b>1</b>	<b>PREMESSA</b> .....	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>NORME E SPECIFICHE</b> .....	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>UNITÀ DI MISURA</b> .....	<b>3</b>
<b>4</b>	<b>MATERIALI</b> .....	<b>4</b>
4.1	ACCIAIO PER BARRE D'ARMATURA .....	4
4.2	ACCIAIO STRUTTURALE .....	4
4.3	CALCESTRUZZO PER GLI ELEMENTI STRUTTURALI PRIMARI .....	4
<b>5</b>	<b>DESCRIZIONE DELLE STRUTTURE</b> .....	<b>5</b>
<b>6</b>	<b>COMPORAMENTO STRUTTURALE</b> .....	<b>6</b>
<b>7</b>	<b>ANALISI DEI CARICHI</b> .....	<b>7</b>
7.1	AZIONE DELLA NEVE .....	7
7.2	PESI PROPRI E CARICHI ACCIDENTALI.....	8
<b>8</b>	<b>AZIONE SISMICA</b> .....	<b>9</b>
8.1	CLASSIFICAZIONE SISMICA DEL TERRENO DI FONDAZIONE .....	9
8.2	CLASSE D'USO E VITA NOMINALE DELLA STRUTTURA .....	9
8.3	CATEGORIA TOPOGRAFICA .....	9
8.4	SPETTRO DI PROGETTO DELLE COMPONENTI ORIZZONTALI PER LO STATO LIMITE DI SALVAGUARDIA DELLA VITA UMANA (SLV).....	10
<b>9</b>	<b>AZIONE TERMICA</b> .....	<b>12</b>
<b>10</b>	<b>COMBINAZIONI DI CARICO</b> .....	<b>12</b>
10.1	STATO LIMITE ULTIMO .....	12
10.2	ANALISI SISMICA .....	14
<b>11</b>	<b>RISPOSTA MODALE DELLA STRUTTURA</b> .....	<b>15</b>
<b>12</b>	<b>CONSIDERAZIONI PRELIMINARI IN MERITO ALLA VERIFICA DEI NUOVI ELEMENTI STRUTTURALI AFFERENTI AL CORPO A</b> .....	<b>16</b>
12.1	PILASTRI.....	16
12.2	TRAVI .....	17
12.3	SOLAI .....	20
12.4	CONSIDERAZIONI PRELIMINARI IN MERITO AGLI SPOSTAMENTI DEL CORPO A.....	21

Relazione e calcolo delle Strutture

<b>13</b>	<b>CONSIDERAZIONI PRELIMINARI IN MERITO ALLA VERIFICA DELLE STRUTTURE ESISTENTI E DEGLI EVENTUALI NUOVI ELEMENTI STRUTTURALI DI RINFORZO PER L'INSTALLAZIONE DELLE NUOVE STRUTTURE DEL CORPO A .....</b>	<b>23</b>
13.1	PILASTRO 3.....	23
13.2	PILASTRO 5.....	26
13.3	PILASTRO 9.....	28
13.4	PILASTRO 11.....	30
13.5	PILASTRO 19.....	32
13.6	PILASTRO 21.....	34
13.7	PILASTRO 41.....	35
13.8	PILASTRO 42.....	37
13.9	PILASTRI 43,15 .....	38
<b>14</b>	<b>CONSIDERAZIONI PRELIMINARI IN MERITO ALLA VERIFICA DEI NUOVI ELEMENTI STRUTTURALI AFFERENTI AL CORPO B.....</b>	<b>40</b>
14.1	ASTE AFFERENTI ALLA STRUTTURA RETICOLARE E ALLE STRUTTURE DI COMPLETAMENTO DEI SOLAI ALLE NUOVE QUOTE DI PROGETTO 40	
14.2	SOLAI .....	43
14.3	CONSIDERAZIONI PRELIMINARI IN MERITO AGLI SPOSTAMENTI DEL CORPO B .....	45

## 1 PREMESSA

La presente relazione costituisce il rapporto di calcolo delle strutture dell'opera pubblica ricadente nell'attuale complesso immobiliare sito in Roma, Via Boncompagni 71, per il Progetto Definitivo elaborato nell'ambito del Piano di Recupero dello stesso complesso immobiliare allo scopo di realizzare un intervento atto alla valorizzazione dello stesso. In particolare, il presente documento contiene la relazione tecnico-illustrativa dei calcoli e delle verifiche delle strutture di progetto di nuova costruzione e delle strutture esistenti interessate dalla realizzazione delle nuove strutture appunto.

## 2 NORME E SPECIFICHE

La presente relazione è stata redatta tenendo in considerazione la normativa seguente:

D.M. 14/01/2008	“Nuove norme tecniche per le costruzioni”
DPR 06/06/2001 n°308	“Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia di edilizia” (ex leggi 05/11/71 n°1086 e 02/02/74 n° 64)

## 3 UNITÀ DI MISURA

Nei calcoli si farà uso delle seguenti unità di misura:

- per i carichi:  $\text{kN/m}^2$  e  $\text{kN/m}$
- per i momenti:  $\text{kN} \times \text{m}$
- per i tagli e sforzi normali:  $\text{kN}$
- per le tensioni:  $\text{N/mm}^2$

## 4 MATERIALI

### 4.1 Acciaio per barre d'armatura

Per quanto riguarda l'acciaio d'armatura, che caratterizza le strutture esistenti che sosterranno l'inserimento di quelle di nuova realizzazione, la verifica della documentazione di progetto esistente, con conferma da parte dei risultati delle indagini strutturali fin qui eseguite sul complesso immobiliare, ha permesso di stabilire la presenza di una tipologia affine per caratteristiche meccaniche alla FeB38k:

- tensione di rottura a trazione:  $f_t = 375 \text{ N/mm}^2$
- tensione di snervamento:  $f_y = 326,1 \text{ N/mm}^2$
- modulo elastico:  $E_s = 200.000 \text{ N/mm}^2$

### 4.2 Acciaio strutturale

I calcoli e le verifiche preliminari delle strutture hanno portato alla scelta, per i profili metallici che rappresentano la parte di nuova realizzazione del progetto strutturale in questione, dell'acciaio strutturale di tipologia S355:

- tensione di rottura a trazione:  $f_t = 510 \text{ N/mm}^2$
- tensione di snervamento:  $f_y = 355 \text{ N/mm}^2$
- modulo elastico:  $E_s = 200.000 \text{ N/mm}^2$

### 4.3 Calcestruzzo per gli elementi strutturali primari

Per quanto riguarda il calcestruzzo che caratterizza le strutture esistenti che sosterranno l'inserimento di quelle di nuova realizzazione, la verifica della documentazione di progetto esistente, con conferma da parte dei risultati delle indagini strutturali fin qui eseguite sul complesso immobiliare, ha permesso di stabilire la presenza di una tipologia affine per caratteristiche meccaniche alla C30/37:

**Relazione e calcolo delle Strutture**

- resistenza caratteristica cubica a compressione:  $R_{ck} = 37 \text{ N/mm}^2$
- resistenza caratteristica cilindrica a compressione:  $f_{ck} = 30 \text{ N/mm}^2$
- resistenza di calcolo a compressione:  $f_{cd} = 17 \text{ N/mm}^2$
- modulo elastico:  $E_c = 32.837 \text{ N/mm}^2$

## **5 DESCRIZIONE DELLE STRUTTURE**

Il calcolo preliminare delle strutture riguarda il progetto e la verifica delle nuove strutture, da integrare alle strutture esistenti allo scopo di rispondere alle scelte effettuate in ambito architettonico, e le verifiche delle strutture esistenti stesse, nel contesto della reciproca interazione fra costruito e nuova realizzazione.

L'impianto strutturale esistente è rappresentato da un telaio spaziale in cemento armato realizzato sia in interrato che in fuori terra, caratterizzato da una forma semichiusa intorno ad una corte interna: secondo le prescrizioni dettate dalla NTC 2008, la struttura è da considerarsi irregolare sia in pianta sia in altezza.

L'integrazione dell'opera pubblica al complesso strutturale, necessaria per rispondere alle scelte effettuate in ambito architettonico, è sita all'angolo via Boncompagni/via Puglie e consiste essenzialmente nella sostituzione di una porzione dell'esistente con una nuova struttura vincolata sull'esistente al livello -1.00 [m] e giuntata lateralmente.

Per la realizzazione della trasformazione strutturale sono necessarie demolizioni localizzate che interessano elementi alle quote -0.05[m] e +2.60[m].

La nuova struttura, da realizzarsi con profilati metallici in acciaio strutturale e solai in lamiera grecata collaborante, avrà come quota calpestio -0.45[m] e come copertura +2.60[m].

L'interfaccia fra costruito e nuova realizzazione è realizzata dall'ancoraggio degli elementi strutturali verticali della nuova struttura fondamentalmente su elementi principali (travi, pareti e pilastri) esistenti. Laddove emerso dalle verifiche strutturali, ed in particolare nei punti in cui gli appoggi risultano essere secondari o terziari (travi a spessore o solai) si rende necessario rinforzare gli stessi con piastre metalliche imbullonate sulle facce estradossali e/o intradossali

degli elementi da rinforzare o da rinforzare su facce estradossali con profilati metallici tipo HEM di varia altezza.

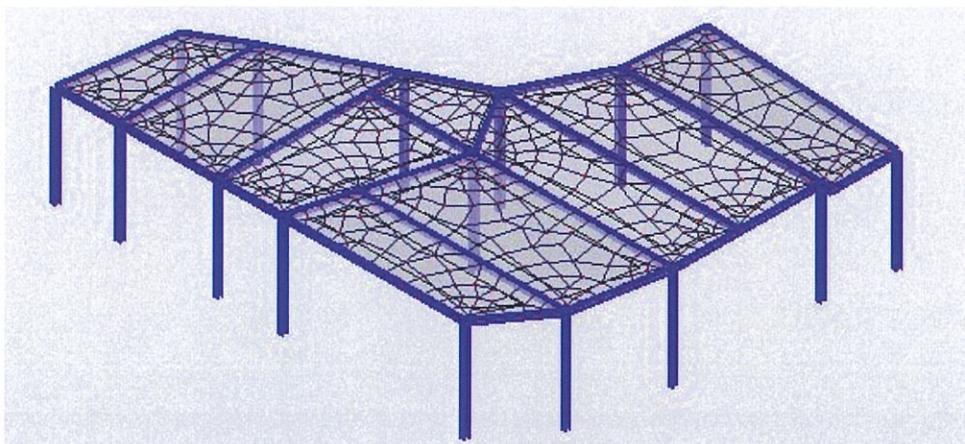
## 6 COMPORTAMENTO STRUTTURALE

Il comportamento strutturale è stato valutato in via preliminare ipotizzando le effettive condizioni di carico in esercizio, le prescrizioni ed i coefficienti di sicurezza indicati dalla normativa vigente.

L'impianto strutturale comprendente le strutture esistenti e quelle di progetto è stato calcolato e verificato utilizzando il "Metodo semiprobabilistico agli Stati Limite Ultimi", in base ai valori massimi delle caratteristiche di sollecitazione ricavate secondo le usuali formule della Scienza delle Costruzioni.

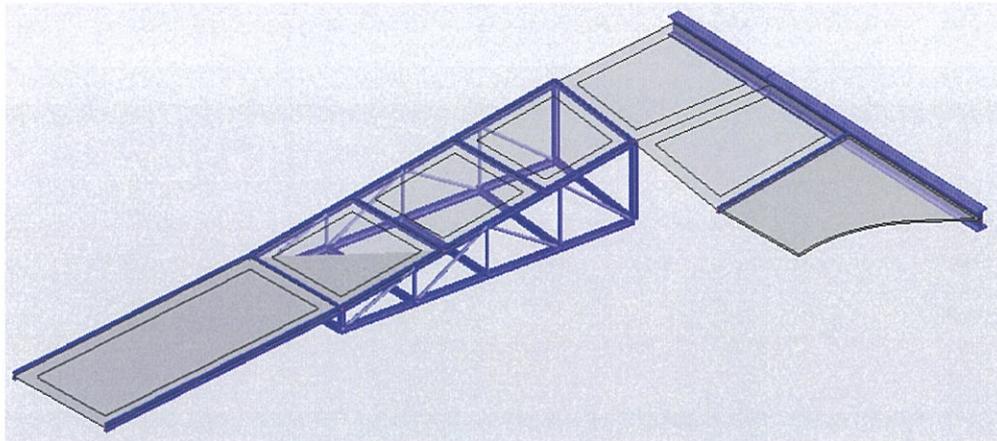
Gli elementi strutturali sono stati dimensionati su ipotesi di comportamento di tipo elastico lineare, valutandone contemporaneamente resistenza e deformabilità.

Il calcolo e la verifica della struttura sono stati realizzati attraverso l'elaborazione di un modello di calcolo della struttura, comprendente le strutture esistenti e quelle di progetto, ottenuto mediante un opportuno software agli elementi finiti (Autodesk Robot Structural Analysis Professional 2014). Nelle immagine successive sono riportate le rappresentazioni tridimensionali delle nuove strutture necessarie alla realizzazione dell'Opera Pubblica, distinguibili in Corpo A (parte di struttura da realizzare nel cortile interno dell'edificio) e Corpo B (nuovo sistema travi solai da realizzarsi per consentire l'ingresso all'Opera Pubblica da Via Puglie) :



Modello del Corpo A

Relazione e calcolo delle Strutture



Modello del Corpo B

## 7 ANALISI DEI CARICHI

### 7.1 Azione della neve

Il comune di Roma, secondo il D.M. 14/01/2008, cap. 3.4, risulta ricadere in **ZONA III**.

La quota sul livello del mare è posta a 60,73 m s.l.m.

Il carico provocato dalla neve sulle coperture viene valutato mediante la seguente espressione:

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

dove:

- $q_s$  è il carico neve sulla copertura;
- $\mu_i$  è il coefficiente di forma della copertura. Per coperture piane  $\mu_i$  è pari a 0,8;
- $q_{sk}$  è il valore caratteristico di riferimento del carico da neve al suolo. In zona III, per un'altitudine  $a_s \leq 200$  m si ottiene

$$q_{sk} = 0,60 \text{ KN/mq}$$

- $C_E$  è il coefficiente di esposizione. Per aree in cui non è presente una significativa rimozione di neve sulla costruzione prodotta dal vento, a causa del terreno, altre costruzioni o alberi  $C_E = 1$

Relazione e calcolo delle Strutture

- $C_t$  è il coefficiente termico che può essere utilizzato per tener conto della riduzione del carico da neve a causa dello scioglimento della stessa causata dalla perdita di calore della costruzione. Tale coefficiente tiene conto delle proprietà di isolamento termico del materiale utilizzato in copertura. In assenza di uno specifico e documentato studio deve essere utilizzato  $C_t = 1$

Si ottiene:

$$q_s = \mu_i \cdot q_{sk} \cdot C_E \cdot C_t = 0,8 \cdot 0,60 \cdot 1 \cdot 1 \cong 0,5 \frac{kN}{m^2}$$

## 7.2 Pesì propri e carichi accidentali

Si riportano di seguito i carichi permanenti e accidentali per unità di superficie o per unità di volume, ricavati a partire dalla preesistente relazione di calcolo e dalle scelte progettuali adottate, ed i valori definiti dalle norme tecniche attualmente vigenti:

<b>Solaio (da relazione preesistente)</b>	<b>5,00 kN/mq</b>
<b>Solai di progetto (copertura)</b>	<b>Da Robot</b>
<b>Incidenza tramezzi di progetto</b>	<b>1,00 kN/mq</b>
<b>Pavimentazione + Massetto + (Intonaco) (da relazione preesistente)</b>	<b>0,90 kN/mq</b>
<b>Pavimentazione + Soffitti di progetto al finito</b>	<b>1,00 kN/mq</b>
<b>Pavimentazione + Fotovoltaico di progetto al finito</b>	<b>1,00 kN/mq</b>
<b>Accidentali (NTC 2008, Cat. C3)</b>	<b><math>Q_{ntc} = 5,00</math> kN/mq</b>
<b>Accidentali (NTC 2008, copertura Cat. H1)</b>	<b><math>Q_{ntc} = 0,50</math> kN/mq</b>
<b>Neve (NTC 2008)</b>	<b><math>N = 0,5</math> kN/mq</b>

## 8 AZIONE SISMICA

L'azione sismica è stata introdotta nei modelli di calcolo, secondo quanto indicato nelle norme tecniche vigenti, mediante uno spettro di risposta di progetto, valutato sulla base della classificazione sismica del Comune di Roma, delle caratteristiche geomorfologiche dei terreni di fondazione e delle caratteristiche strutturali e di importanza dell'edificio.

Inoltre, in base a quanto prescritto dalle norme nazionali e regionali vigenti, per la struttura in esame si considera la sola componente orizzontale dell'azione sismica.

### 8.1 Classificazione sismica del terreno di fondazione

Sulla base di quanto riportato nella Relazione Geologica del Piano di Recupero e secondo quanto previsto nel DM 14/01/2008 l'edificio in esame sorge su un terreno di fondazione di **categoria 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  $N_{SPT,30} < 15$  nei terreni a grana grossa e  $c_{u,30} < 70$  kPa nei terreni a grana fina).

### 8.2 Classe d'uso e vita nominale della struttura

Secondo le prescrizioni del D.M. 14/01/2008, la vita nominale della struttura è pari al numero di anni durante i quali la struttura deve poter essere usata allo scopo per il quale è stata destinata; si è ipotizzato un valore per la vita nominale  $V_N$  maggiore o uguale a 50 anni.

La costruzione in oggetto appartiene alla classe II, per cui il valore  $C_U$  è pari a 1.

Dai dati su esposti risulta che la vita di riferimento  $V_R$  della struttura è pari 50 anni.

### 8.3 Categoria topografica

Secondo le prescrizioni del D.M. 14/01/2008 riportate in tabella 3.2.IV, l'edificio in oggetto ricade nella categoria topografica T1, ossia superficie pianeggiante.

#### 8.4 Spettro di progetto delle componenti orizzontali per lo Stato Limite di salvaguardia della Vita umana (SLV)

Secondo quanto riportato nel DM 14/01/2008, lo spettro di progetto delle componenti orizzontali allo Stato Limite di Salvaguardia della Vita, è stato determinato secondo le seguenti relazioni:

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

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

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

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

dove:

- S è il fattore che tiene conto della categoria del suolo di fondazione
- $T_B$ ,  $T_C$ ,  $T_D$  sono i periodi che separano i diversi rami dello spettro, dipendenti dalla categoria del suolo di fondazione
- q è il fattore di struttura

Sulla base della classificazione sismica del suolo di fondazione (categoria D) sono stati determinati i valori del fattore S e dei periodi  $T_B$ ,  $T_C$  e  $T_D$ :

S [I]	$T_B$ [sec]	$T_C$ [sec]	$T_D$ [sec]
1,8	0,232	0,695	2,023

Tabella 2. Periodi fondamentali per la definizione dello spettro di progetto orizzontale SLV

Da un'analisi preliminare sui modi propri di vibrazione della struttura, che verranno più avanti illustrati, è parso opportuno adottare un fattore di struttura da riferire, secondo quanto riportato

Relazione e calcolo delle Strutture

nel D.M. 14/01/2008 al capitolo 7, ad un sistema costruttivo per il fabbricato in esame classificabile come "strutture intelaiate".

Secondo quanto riportato il fattore di struttura è ottenibile mediante la seguente relazione:

$$q = q_o \cdot K_R$$

dove:

- $q_o$  è legato alla tipologia strutturale
- $K_R$  è un fattore che dipende dalle caratteristiche di regolarità dell'edificio

Considerando, in ragione della tipologia strutturale adottata, per la struttura in esame una capacità dissipativa bassa, si adotta per essa una in classe di duttilità altrettanto bassa (CD"B"), onde il fattore  $q_o$  pari a:

$$q_o = 4$$

Il fabbricato in esame è da ritenere regolare in altezza, pertanto si assume  $K_R = 1$

Il fattore di struttura assume pertanto il valore di:

$$q = q_o \cdot K_R = 4$$

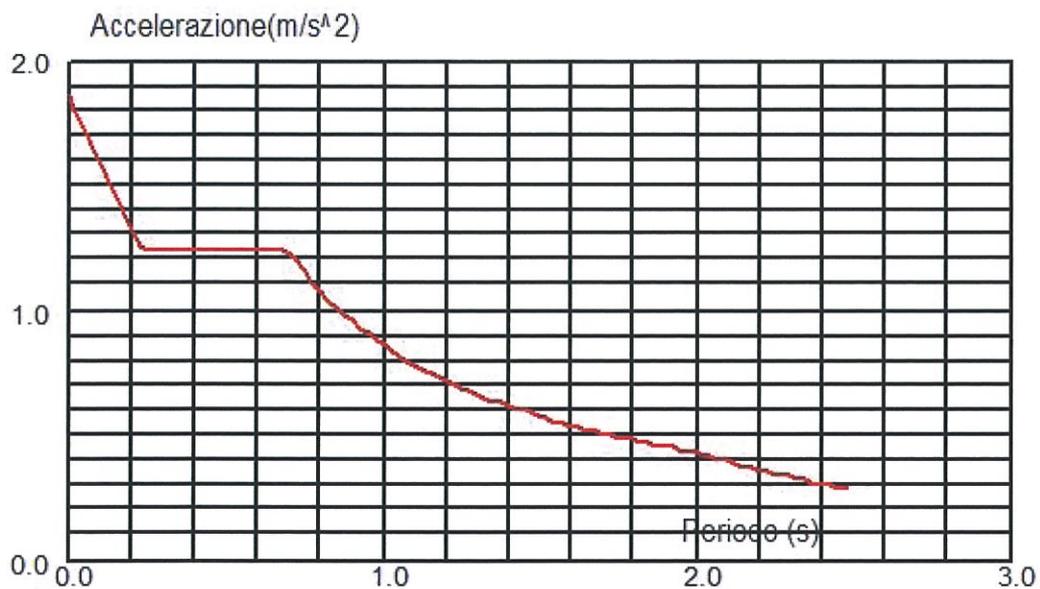


Figura 2. Spettro di progetto SLV delle componenti orizzontali

## 9 AZIONE TERMICA

Nella determinazione delle azioni termiche agenti sull'edificio sono state considerate le seguenti variazioni stagionali di temperatura agenti nel piano della sezione degli elementi strutturali considerati:

- $\Delta t = \pm 25^{\circ}C$  per la copertura
- $\Delta t = \pm 15^{\circ}C$  per gli elementi interni

## 10 COMBINAZIONI DI CARICO

I calcoli e le verifiche della struttura sono stati condotti sia secondo le prescrizioni dettate dal D.M. 14/01/08: le azioni vengono combinate secondo condizioni di carico tali da risultare più sfavorevoli ai fini delle singole verifiche, ed in particolare, con l'adozione del criterio degli Stati Limite nella normativa attuale, tenendo conto della ridotta probabilità di intervento simultaneo di tutte le azioni con i rispettivi valori più gravosi.

### 10.1 Stato limite Ultimo

Le verifiche agli stati limite sono state eseguite per tutte le più gravose condizioni di carico che possono agire sulla struttura, valutando gli effetti delle combinazioni definite al punto 2.5.3 del D.M. 14/01/2008.

I calcoli e le verifiche strutturali hanno permesso nello specifico di effettuare delle valutazioni sullo stato limite di resistenza della struttura (**STR**), così come prescritto dalle norme tecniche vigenti.

La Tabella 2.6.I, e le successive Tabelle 5.1.V e 5.2.V riportate nel D.M. su citato, forniscono i valori dei coefficienti parziali delle azioni da assumere per la determinazione degli effetti delle azioni nelle verifiche agli stati limite ultimi.

Ai fini delle verifiche degli stati limite ultimi si definiscono le seguenti combinazioni delle azioni:

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

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

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

Relazione e calcolo delle Strutture

$$E + G1 + G2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots$$

I valori dei coefficienti di combinazione sono indicati nella Tabella 2.5.I del D.M. di cui sopra, riportata di seguito:

**Tabella 2.5.I – Valori dei coefficienti di combinazione**

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

Si riporta di seguito la Tabella 2.6.I contenete i valori dei coefficienti parziali per le azioni e per l'effetto delle azioni:

**Tabella 2.6.I – Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni nelle verifiche SLU**

		Coefficiente $\gamma_F$	EQU	A1 STR	A2 GEO
Carichi permanenti	favorevoli	$\gamma_{G1}$	0,9	1,0	1,0
	sfavorevoli		1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti non strutturali <sup>(1)</sup>	favorevoli	$\gamma_{G2}$	0,0	0,0	0,0
	sfavorevoli		1,5	1,5	1,3
Carichi variabili	favorevoli	$\gamma_{Qi}$	0,0	0,0	0,0
	sfavorevoli		1,5	1,5	1,3

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

## 10.2 Analisi sismica

L'azione sismica è valutata secondo quanto indicato nei paragrafi 3.2 e 7.4 del DM LL.PP. 14/01/2008.

Come indicato in precedenza, la categoria del suolo di fondazione è stata assunta pari a D, sulla base delle indagini disponibili relative alla caratterizzazione del suolo effettuate sullo stesso sito.

Le azioni sismiche di progetto sono state assunte sulla base dei seguenti parametri spettrali:

- Categoria del suolo di fondazione: D
- Categoria Topografica: T1
- Coefficiente di smorzamento viscoso ( $\xi$ ): 5%
- Fattore di smorzamento viscoso equivalente ( $\eta$ ): 1

Secondo quanto prescritto dalle NTC 2008 al punto 3.2.4 ai fini del calcolo delle forze sismiche sono state considerate le masse, sia traslazionali che rotazionali, associate ai seguenti carichi gravitazionali:

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

dove:

$G_1$   $G_2$  sono i carichi gravitazionali connessi ai carichi permanenti;

$Q_k$  sono i carichi variabili;

$\psi_2$  è un coefficiente definito in tabella 2.5.I della norma di combinazione dei carichi variabili, che tiene conto della probabilità che il valore quasi - permanente dei carichi variabili sia effettivamente presente in occasione del sisma a tutti i piani dell'edificio, nonché per considerare la possibilità di una non completa partecipazione di tali carichi nel determinare le forze sismiche.

Dunque al peso sismico del generico impalcato contribuiscono i carichi permanenti (solaio, ossatura strutturale, scale, tamponature esterne) nella loro totalità, nonché i carichi variabili in un'aliquota funzione del coefficiente suddetto.

Le azioni sismiche dovranno poi essere combinate secondo quanto descritto al capitolo 7 del D.M. 14/01/2008 e con i carichi verticali secondo la formula 2.5.5 del D.M. su citato.

## 11 RISPOSTA MODALE DELLA STRUTTURA

Vengono di seguito riportate i risultati relativi all'analisi dei modi propri di vibrazione della struttura.

Nella tabella successiva sono riportati in dettaglio i fattori di partecipazione modale (percentuale di massa eccitata dal modo di vibrare) relativi alle rototraslazioni orizzontali lungo X e Y e alla rototraslazioni lungo l'asse verticale Z.

Modo	Frequenza (Hz)	Periodo (sec)	Mas_mod.UX (%)	Mas_mod.UY (%)	Mas_mod.UZ (%)
1	1,79	0,56	96,44	3,50	0,01
2	2,25	0,44	99,83	93,84	0,01
3	2,84	0,35	99,95	99,96	0,02

Tabella 4. Risposta modale della struttura

Il periodo del primo modo di vibrazione è pari a  $T = 0,56$  secondi.

Esso risulta caratterizzato da una massa partecipante prevalente in direzione X con componenti in direzione Y e Z trascurabili.

Il periodo del secondo modo di vibrazione è pari a  $T = 0,44$  secondi.

Questo modo di vibrazione risulta caratterizzato da entrambe le componenti rototraslazionali X e Y con componente Z trascurabile.

Il periodo del terzo modo di vibrazione è pari a  $T = 0,35$  secondi.

Anche questo modo di vibrazione risulta caratterizzato da entrambe le componenti rototraslazionali X e Y con componente Z trascurabile.

Pertanto, la struttura risulta caratterizzata da un comportamento rototraslazionale nelle direzioni di piano X e Y piuttosto omogeneo in entrambe le direzioni.

Relazione e calcolo delle Strutture

**12 CONSIDERAZIONI PRELIMINARI IN MERITO ALLA VERIFICA DEI NUOVI ELEMENTI STRUTTURALI AFFERENTI AL CORPO A**

**12.1 Pilastri**

Dalle analisi condotte sui nuovi elementi strutturali primari identificabili come pilastri, sono stati calcolati e verificati mediante l'analisi del profilato metallico che li caratterizza, ossia HEA180 di acciaio di classe s355. Le verifiche, sia le statiche sia le sismiche ai sensi delle norme tecniche attualmente in vigore, risultano soddisfatte come riportato nelle tabelle che seguono e in uno degli estratti dei risultati delle analisi e delle verifiche per una delle colonne più significative analizzate:

Barra	Profilato	Materiale	Lay	Laz	Resist.	Condizione	Ratio(uy)	Cond.(uy)	Ratio(uz)	Cond.(uz)	Ratio(vx)	Cond.(vx)	Ratio(vy)	Cond.(vy)
1 Colonna_1	HEA 180	S 355	48.36	79.67	0.21	35 SLV 1 * X 0.3 *	-	-	-	-	0.39	32 Sismica NTC 200	0.31	33 Sismica NTC 200
2 Colonna_2	HEA 180	S 355	48.36	79.67	0.24	35 SLV 1 * X 0.3 *	-	-	-	-	0.39	32 Sismica NTC 200	0.23	33 Sismica NTC 200
3 Colonna_3	HEA 180	S 355	48.36	79.67	0.21	35 SLV 1 * X 0.3 *	-	-	-	-	0.39	32 Sismica NTC 200	0.30	33 Sismica NTC 200
4 Colonna_4	HEA 180	S 355	48.36	79.67	0.20	35 SLV 1 * X 0.3 *	-	-	-	-	0.40	32 Sismica NTC 200	0.21	33 Sismica NTC 200
5 Colonna_5	HEA 180	S 355	48.36	79.67	0.20	35 SLV 1 * X 0.3 *	-	-	-	-	0.40	32 Sismica NTC 200	0.16	33 Sismica NTC 200
6 Colonna_6	HEA 180	S 355	48.36	79.67	0.20	35 SLV 1 * X 0.3 *	-	-	-	-	0.40	32 Sismica NTC 200	0.28	33 Sismica NTC 200
7 Colonna_7	HEA 180	S 355	48.36	79.67	0.20	35 SLV 1 * X 0.3 *	-	-	-	-	0.40	32 Sismica NTC 200	0.30	33 Sismica NTC 200
8 Colonna_8	HEA 180	S 355	48.36	79.67	0.21	35 SLV 1 * X 0.3 *	-	-	-	-	0.39	32 Sismica NTC 200	0.21	33 Sismica NTC 200
9 Colonna_9	HEA 180	S 355	48.36	79.67	0.18	35 SLV 1 * X 0.3 *	-	-	-	-	0.40	32 Sismica NTC 200	0.15	33 Sismica NTC 200
10 Colonna_10	HEA 180	S 355	48.36	79.67	0.22	35 SLV 1 * X 0.3 *	-	-	-	-	0.39	32 Sismica NTC 200	0.15	33 Sismica NTC 200
11 Colonna_11	HEA 180	S 355	48.36	79.67	0.21	35 SLV 1 * X 0.3 *	-	-	-	-	0.39	32 Sismica NTC 200	0.23	33 Sismica NTC 200
34 Colonna_34	HEA 180	S 355	48.36	79.67	0.20	35 SLV 1 * X 0.3 *	-	-	-	-	0.39	32 Sismica NTC 200	0.16	33 Sismica NTC 200
35 Colonna_35	HEA 180	S 355	48.36	79.67	0.23	39 SLV 0.3 * X 1 *	-	-	-	-	0.39	32 Sismica NTC 200	0.30	33 Sismica NTC 200
36 Colonna_36	HEA 180	S 355	48.36	79.67	0.27	1 G1	-	-	-	-	0.39	32 Sismica NTC 200	0.23	33 Sismica NTC 200
38 Colonna_38	HEA 180	S 355	48.36	79.67	0.20	35 SLV 1 * X 0.3 *	-	-	-	-	0.39	32 Sismica NTC 200	0.19	33 Sismica NTC 200
39 Colonna_39	HEA 180	S 355	48.36	79.67	0.20	35 SLV 1 * X 0.3 *	-	-	-	-	0.40	32 Sismica NTC 200	0.19	33 Sismica NTC 200

NORMA: UNI-EN 1993-1:2005/NA:2007/AC:2009, Eurocode 3: Design of steel structures.

TIPO DI ANALISI: Verifica delle barre

GRUPPO:

BARRA: 1 Colonna\_1

PUNTO: 1

COORDINATA: x = 0.00 L = 0.00 m

CARICHI:

Condizione di carico decisiva: 35 SLV 1 \* X 0.3 \* Y 0.3 \* Z 32\*1.00+(33+34)\*0.30

MATERIALE:

S 355 ( S 355 ) fy = 355.00 MPa



PARAMETRI DELLA SEZIONE: HEA 180

h=17.1 cm	gM0=1.05	gM1=1.05	
b=18.0 cm	Ay=37.98 cm <sup>2</sup>	Az=14.52 cm <sup>2</sup>	Ax=45.30 cm <sup>2</sup>
tw=0.6 cm	Iy=2510.00 cm <sup>4</sup>	Iz=925.00 cm <sup>4</sup>	Ix=11.38 cm <sup>4</sup>
tf=0.9 cm	Wply=324.85 cm <sup>3</sup>	Wplz=156.49 cm <sup>3</sup>	

AZIONI INTERNE E CARICO LIMITE:

N <sub>Ed</sub> = 7.46 kN	My <sub>Ed</sub> = -8.48 kN*m	Mz <sub>Ed</sub> = 8.66 kN*m	Vy <sub>Ed</sub> = 4.63 kN
N <sub>c,Rd</sub> = 1531.57 kN	My <sub>Ed,max</sub> = -8.48 kN*m	Mz <sub>Ed,max</sub> = 8.66 kN*m	Vy <sub>T,Rd</sub> = 741.32 kN
N <sub>b,Rd</sub> = 789.68 kN	My <sub>c,Rd</sub> = 109.83 kN*m	Mz <sub>c,Rd</sub> = 52.91 kN*m	Vz <sub>Ed</sub> = 4.07 kN
	MN <sub>y,Rd</sub> = 109.83 kN*m	MN <sub>z,Rd</sub> = 52.91 kN*m	Vz <sub>T,Rd</sub> = 283.42 kN
			Tt <sub>Ed</sub> = 0.00 kN*m
			Classe della sezione = 2

Relazione e calcolo delle Strutture

PARAMETRI DI SVERGOLAMENTO:

	rispetto all'asse y:		rispetto all'asse z:
Ly = 3.60 m	Lam_y = 0.63	Lz = 3.60 m	Lam_z = 1.04
Lcr,y = 3.60 m	Xy = 0.82	Lcr,z = 3.60 m	Xz = 0.52
Lamy = 48.36	kzy = 0.49	Lamz = 79.67	kzz = 0.99

FORMULE DI VERIFICA:

Controllo di resistenza della sezione:

$N_{Ed}/N_{c,Rd} = 0.00 < 1.00$  (6.2.4.(1))  
 $(M_{y,Ed}/M_{N,y,Rd})^2 + (M_{z,Ed}/M_{N,z,Rd})^2 = 0.17 < 1.00$  (6.2.9.1.(6))  
 $V_{y,Ed}/V_{y,T,Rd} = 0.01 < 1.00$  (6.2.6-7)  
 $V_{z,Ed}/V_{z,T,Rd} = 0.01 < 1.00$  (6.2.6-7)  
 $Tau_{y,Ed}/(f_y/(\sqrt{3} * gM0)) = 0.00 < 1.00$  (6.2.6)  
 $Tau_{z,Ed}/(f_y/(\sqrt{3} * gM0)) = 0.00 < 1.00$  (6.2.6)

Controllo della stabilità globale della barra:

$Lambda_{y} = 48.36 < Lambda_{max} = 210.00$      $Lambda_{z} = 79.67 < Lambda_{max} = 210.00$     STABILE  
 $N_{Ed}/(X_y * N_{Rk}/gM1) + k_{yy} * M_{y,Ed,max}/(XLT * M_{y,Rk}/gM1) + k_{yz} * M_{z,Ed,max}/(M_{z,Rk}/gM1) = 0.19 < 1.00$  (6.3.3.(4))  
 $N_{Ed}/(X_z * N_{Rk}/gM1) + k_{zy} * M_{y,Ed,max}/(XLT * M_{y,Rk}/gM1) + k_{zz} * M_{z,Ed,max}/(M_{z,Rk}/gM1) = 0.21 < 1.00$  (6.3.3.(4))

SPOSTAMENTI LIMITE

 Flessioni Analisi non effettuata

 Spostamenti  
 $v_x = 0.9 \text{ cm} < v_{x,max} = L/150.00 = 2.4 \text{ cm}$     Verifica effettuata  
 Condizione di carico decisiva: 32 Sismica NTC 2008 SLV Direzione\_X  
 $v_y = 0.7 \text{ cm} < v_{y,max} = L/150.00 = 2.4 \text{ cm}$     Verifica effettuata  
 Condizione di carico decisiva: 33 Sismica NTC 2008 SLV Direzione\_Y

**Profilato corretto !!!**

12.2 Travi

Dalle analisi condotte sui nuovi elementi strutturali primari identificabili come travi, sono stati calcolati e verificati mediante l'analisi dei profilati metallici che li caratterizzano, ossia IPE200 e IPE 240 di acciaio di classe s355. Le verifiche, sia le statiche sia le sismiche ai sensi delle norme tecniche attualmente in vigore, risultano soddisfatte come riportato nelle tabelle che seguono e in due degli estratti dei risultati delle analisi e delle verifiche per due delle travi più significative analizzate:

Barra	Profilato	Materiale	Lay	Laz	Resist.	Condizione	Ratio(uy)	Cond.(uy)	Ratio(uz)	Cond.(uz)	Ratio(vx)	Cond.(vx)	Ratio(vy)	Cond.(vy)
12 Trave_12	IPE 200	S 355	47.14	174.38	0.36	5 T	0.00	33 Sismica NTC 200	0.05	1 G1	-	-	-	-
13 Trave_13	IPE 200	S 355	27.55	101.92	0.24	5 T	0.00	5 T	0.01	5 T	-	-	-	-
14 Trave_14	IPE 200	S 355	41.69	154.20	0.29	5 T	0.00	5 T	0.02	1 G1	-	-	-	-
15 Trave_15	IPE 200	S 355	78.24	289.41	0.42	5 T	0.00	5 T	0.11	1 G1	-	-	-	-
16 Trave_16	IPE 200	S 355	31.17	115.31	0.25	5 T	0.00	5 T	0.02	1 G1	-	-	-	-
17 Trave_17	IPE 200	S 355	39.62	147.29	0.32	5 T	0.00	5 T	0.03	1 G1	-	-	-	-
18 Trave_18	IPE 200	S 355	85.93	317.84	0.47	5 T	0.00	26 SLD 0.3 * X 1 *	0.14	1 G1	-	-	-	-
19 Trave_19	IPE 200	S 355	34.20	126.52	0.27	5 T	0.00	5 T	0.01	1 G1	-	-	-	-
20 Trave_20	IPE 240	S 355	73.07	270.48	0.38	5 T	0.00	5 T	0.15	1 G1	-	-	-	-
21 Trave_21	IPE 240	S 355	71.11	283.25	0.39	5 T	0.00	26 SLD 0.3 * X 1 *	0.16	1 G1	-	-	-	-
22 Trave_22	IPE 200	S 355	30.94	114.44	0.28	5 T	0.00	5 T	0.03	1 G1	-	-	-	-
23 Trave_23	IPE 200	S 355	24.06	89.01	0.23	5 T	0.00	5 T	0.00	5 T	-	-	-	-
24 Trave_24	IPE 200	S 355	79.48	294.01	0.51	5 T	0.01	33 Sismica NTC 200	0.12	1 G1	-	-	-	-
25 Trave_25	IPE 200	S 355	66.78	247.02	0.45	5 T	0.00	33 Sismica NTC 200	0.12	1 G1	-	-	-	-
26 Trave_26	IPE 200	S 355	33.69	124.61	0.28	5 T	0.00	33 Sismica NTC 200	0.02	1 G1	-	-	-	-
33 Trave_33	IPE 200	S 355	58.80	217.51	0.39	5 T	0.01	33 Sismica NTC 200	0.08	1 G1	-	-	-	-
37 Trave_37	IPE 200	S 355	38.85	143.71	0.32	5 T	0.00	5 T	0.02	1 G1	-	-	-	-
40 Trave_40	IPE 200	S 355	46.53	172.13	0.32	5 T	0.00	5 T	0.03	1 G1	-	-	-	-
41 Trave_41	IPE 200	S 355	27.72	102.53	0.26	5 T	0.00	5 T	0.02	1 G1	-	-	-	-
42 Trave_42	IPE 200	S 355	103.43	382.61	0.48	5 T	0.00	26 SLD 0.3 * X 1 *	0.11	1 G1	-	-	-	-
43 Trave_43	IPE 200	S 355	89.71	331.83	0.48	5 T	0.00	26 SLD 0.3 * X 1 *	0.08	1 G1	-	-	-	-
44 Trave_44	IPE 200	S 355	45.23	167.29	0.33	5 T	0.00	33 Sismica NTC 200	0.02	1 G1	-	-	-	-
45 Trave_45	IPE 240	S 355	3.85	14.24	0.07	5 T	0.01	5 T	0.02	45 Sismica NTC 200	-	-	-	-
46 Trave_46	IPE 200	S 355	28.35	104.86	0.26	5 T	0.00	5 T	0.01	33 Sismica NTC 200	-	-	-	-
47 Trave_47	IPE 200	S 355	63.46	234.75	0.41	5 T	0.00	33 Sismica NTC 200	0.10	1 G1	-	-	-	-

Relazione e calcolo delle Strutture

**NORMA:** UNI-EN 1993-1:2005/NA:2007/AC:2009, Eurocode 3: Design of steel structures.  
**TIPO DI ANALISI:** Verifica delle barre

**GRUPPO:**

**BARRA:** 19 Trave\_19

**PUNTO:** 3

**COORDINATA:** x = 0.39 L = 1.09 m

**CARICHI:**

Condizione di carico decisiva: 5 T

**MATERIALE:**

S 355 (S 355)  $f_y = 355.00$  MPa



**PARAMETRI DELLA SEZIONE: IPE 200**

h=20.0 cm	gM0=1.05	gM1=1.05	
b=10.0 cm	Ay=19.60 cm <sup>2</sup>	Az=14.02 cm <sup>2</sup>	Ax=28.50 cm <sup>2</sup>
tw=0.6 cm	Iy=1943.00 cm <sup>4</sup>	Iz=142.00 cm <sup>4</sup>	Ix=5.17 cm <sup>4</sup>
tf=0.9 cm	Wply=220.64 cm <sup>3</sup>	Wplz=44.61 cm <sup>3</sup>	

**AZIONI INTERNE E CARICO LIMITE:**

N <sub>Ed</sub> = 104.34 kN	My <sub>Ed</sub> = 3.34 kN*m	Mz <sub>Ed</sub> = -0.55 kN*m	Vy <sub>Ed</sub> = 0.04 kN
N <sub>c,Rd</sub> = 963.57 kN	My <sub>Ed,max</sub> = 3.38 kN*m	Mz <sub>Ed,max</sub> = -0.78 kN*m	Vy <sub>T,Rd</sub> = 382.49 kN
N <sub>b,Rd</sub> = 963.57 kN	My <sub>c,Rd</sub> = 74.60 kN*m	Mz <sub>c,Rd</sub> = 15.08 kN*m	Vz <sub>Ed</sub> = 0.24 kN
	MN <sub>y,Rd</sub> = 74.60 kN*m	MN <sub>z,Rd</sub> = 15.08 kN*m	Vz <sub>T,Rd</sub> = 273.58 kN
	Mb <sub>Rd</sub> = 30.81 kN*m		Tt <sub>Ed</sub> = 0.00 kN*m
			Classe della sezione = 1



**PARAMETRI D'INSTABILITA' FLESSO-TORSIONALE:**

z = 1.00	Mcr = 43.60 kN*m	Curva <sub>LT</sub> - b	XLT = 0.41
L <sub>cr,upp</sub> = 2.82 m	Lam <sub>LT</sub> = 1.34	fi <sub>LT</sub> = 1.59	XLT <sub>mod</sub> = 0.41

**FORMULE DI VERIFICA:**

**Controllo di resistenza della sezione:**

$$N_{Ed}/N_{c,Rd} = 0.11 < 1.00 \quad (6.2.4.(1))$$

$$(M_{y,Ed}/M_{N,y,Rd})^{2.00} + (M_{z,Ed}/M_{N,z,Rd})^{1.00} = 0.04 < 1.00 \quad (6.2.9.1.(6))$$

$$V_{y,Ed}/V_{y,T,Rd} = 0.00 < 1.00 \quad (6.2.6-7)$$

$$V_{z,Ed}/V_{z,T,Rd} = 0.00 < 1.00 \quad (6.2.6-7)$$

$$\tau_{u,ty,Ed}/(f_y/(\sqrt{3}) * gM0) = 0.00 < 1.00 \quad (6.2.6)$$

$$\tau_{u,tz,Ed}/(f_y/(\sqrt{3}) * gM0) = 0.00 < 1.00 \quad (6.2.6)$$

**Controllo della stabilità globale della barra:**

$$M_{y,Ed,max}/M_{b,Rd} = 0.11 < 1.00 \quad (6.3.2.1.(1))$$

$$N_{Ed}/(X_y * N_{Rk}/gM1) + k_{yy} * M_{y,Ed,max}/(XLT * M_{y,Rk}/gM1) + k_{yz} * M_{z,Ed,max}/(M_{z,Rk}/gM1) = 0.27 < 1.00 \quad (6.3.3.(4))$$

$$N_{Ed}/(X_z * N_{Rk}/gM1) + k_{zy} * M_{y,Ed,max}/(XLT * M_{y,Rk}/gM1) + k_{zz} * M_{z,Ed,max}/(M_{z,Rk}/gM1) = 0.27 < 1.00 \quad (6.3.3.(4))$$

**SPOSTAMENTI LIMITE**



**Flessioni**

$$u_y = 0.0 \text{ cm} < u_{y \text{ max}} = L/200.00 = 1.4 \text{ cm}$$

Verifica effettuata

Condizione di carico decisiva: 5 T

$$u_z = 0.0 \text{ cm} < u_{z \text{ max}} = L/200.00 = 1.4 \text{ cm}$$

Verifica effettuata

Condizione di carico decisiva: 1 G1



**Spostamenti** Analisi non effettuata

**Profilato corretto !!!**

Relazione e calcolo delle Strutture

**NORMA:** UNI-EN 1993-1:2005/NA:2007/AC:2009, Eurocode 3: Design of steel structures.  
**TIPO DI ANALISI:** Verifica delle barre

**GRUPPO:**

**BARRA:** 20 Trave\_20

**PUNTO:** 1

**COORDINATA:** x = 0.41 L = 2.98 m

**CARICHI:**

Condizione di carico decisiva: 5 T

**MATERIALE:**

S 355 ( S 355 )  $f_y = 355.00$  MPa



**PARAMETRI DELLA SEZIONE: IPE 240**

h=24.0 cm	gM0=1.05	gM1=1.05	
b=12.0 cm	Ay=27.30 cm <sup>2</sup>	Az=19.13 cm <sup>2</sup>	Ax=39.10 cm <sup>2</sup>
tw=0.6 cm	Iy=3892.00 cm <sup>4</sup>	Iz=284.00 cm <sup>4</sup>	Ix=9.28 cm <sup>4</sup>
tf=1.0 cm	Wply=366.65 cm <sup>3</sup>	Wplz=73.92 cm <sup>3</sup>	

**AZIONI INTERNE E CARICO LIMITE:**

N <sub>Ed</sub> = 138.38 kN	M <sub>y,Ed</sub> = 5.70 kN*m	M <sub>z,Ed</sub> = -0.90 kN*m	V <sub>y,Ed</sub> = 0.01 kN
N <sub>c,Rd</sub> = 1321.95 kN	M <sub>y,Ed,max</sub> = 5.75 kN*m	M <sub>z,Ed,max</sub> = -0.92 kN*m	V <sub>y,T,Rd</sub> = 532.79 kN
N <sub>b,Rd</sub> = 1321.95 kN	M <sub>y,c,Rd</sub> = 123.96 kN*m	M <sub>z,c,Rd</sub> = 24.99 kN*m	V <sub>z,Ed</sub> = -0.11 kN
	M <sub>N,y,Rd</sub> = 123.96 kN*m	M <sub>N,z,Rd</sub> = 24.99 kN*m	V <sub>z,T,Rd</sub> = 373.36 kN
	M <sub>b,Rd</sub> = 23.73 kN*m		T <sub>t,Ed</sub> = -0.00 kN*m
			Classe della sezione = 1



**PARAMETRI D'INSTABILITA' FLESSO-TORSIONALE:**

z = 1.00	M <sub>cr</sub> = 29.42 kN*m	Curva <sub>LT</sub> - b	XLT = 0.19
L <sub>cr,upp</sub> = 7.29 m	Lam <sub>LT</sub> = 2.10	fi <sub>LT</sub> = 3.04	XLT <sub>mod</sub> = 0.19

**FORMULE DI VERIFICA:**

*Controllo di resistenza della sezione:*

$$N_{Ed}/N_{c,Rd} = 0.10 < 1.00 \quad (6.2.4.(1))$$

$$(M_{y,Ed}/M_{N,y,Rd})^{2.00} + (M_{z,Ed}/M_{N,z,Rd})^{1.00} = 0.04 < 1.00 \quad (6.2.9.1.(6))$$

$$V_{y,Ed}/V_{y,T,Rd} = 0.00 < 1.00 \quad (6.2.6-7)$$

$$V_{z,Ed}/V_{z,T,Rd} = 0.00 < 1.00 \quad (6.2.6-7)$$

$$\tau_{xy,Ed}/(f_y/(\sqrt{3}) \cdot gM0) = 0.00 < 1.00 \quad (6.2.6)$$

$$\tau_{xz,Ed}/(f_y/(\sqrt{3}) \cdot gM0) = 0.00 < 1.00 \quad (6.2.6)$$

*Controllo della stabilità globale della barra:*

$$M_{y,Ed,max}/M_{b,Rd} = 0.24 < 1.00 \quad (6.3.2.1.(1))$$

$$N_{Ed}/(X_y \cdot N_{Rk}/gM1) + k_{yy} \cdot M_{y,Ed,max}/(XLT \cdot M_{y,Rk}/gM1) + k_{yz} \cdot M_{z,Ed,max}/(M_{z,Rk}/gM1) = 0.38 < 1.00 \quad (6.3.3.(4))$$

$$N_{Ed}/(X_z \cdot N_{Rk}/gM1) + k_{zy} \cdot M_{y,Ed,max}/(XLT \cdot M_{y,Rk}/gM1) + k_{zz} \cdot M_{z,Ed,max}/(M_{z,Rk}/gM1) = 0.38 < 1.00 \quad (6.3.3.(4))$$

**SPOSTAMENTI LIMITE**



*Flessioni*

$$u_y = 0.0 \text{ cm} < u_{y,max} = L/200.00 = 3.6 \text{ cm}$$

Verifica effettuata

Condizione di carico decisiva: 5 T

$$u_z = 0.5 \text{ cm} < u_{z,max} = L/200.00 = 3.6 \text{ cm}$$

Verifica effettuata

Condizione di carico decisiva: 1 G1



*Spostamenti. Analisi non effettuata*

**Profilato corretto !!!**

Relazione e calcolo delle Strutture

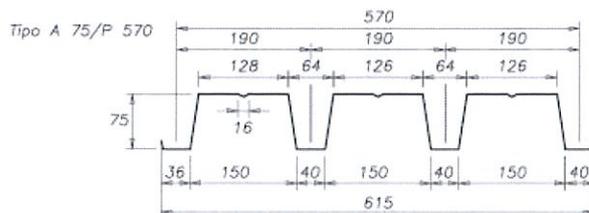
### 12.3 Solai

Dalle analisi condotte sui nuovi elementi strutturali primari identificabili come solai, sono stati calcolati e verificati mediante l'analisi della tipologia di solaio adottata, un solaio in lamiera grecata con lamiera tipo A75/P570, di spessore lamiera 15 mm altezza lamiera 75mm e soletta di completamento per una altezza di 12 cm, armata in entrambe le direzione nel piano orizzontale secondo gli assi ortogonale e parallelo alla direzione della grecatura della lamiera, a creare un pacchetto solaio di altezza totale pari a 22,5 cm. I materiali impiegati sono per la lamiera grecata l'acciaio s355, per il calcestruzzo il C28/35 e per le barre di armatura della soletta di completamento l'acciaio B450C.

Si riporta uno stralcio di un documento di letteratura da cui si evince che per i carichi in gioco le tipologie strutturali risultano verificate:

**Altezza e dimensione dei solai.** Nel caso corrente di una struttura di solaio con sovraccarico utile di  $2,5 \text{ kN/m}^2$  e carichi permanenti non strutturali di  $2,0 \text{ kN/m}^2$ , rispettando contemporaneamente la limitazione di resistenza e di deformazione elastica ( $1/500$  della luce per effetto del solo sovraccarico), si ha:

Tipo lamiera	Altezza della lamiera (mm)	Altezza totale della soletta (cm)	Peso totale della soletta ( $\text{kN/m}^2$ )	Luce massima $L$ (m)
A55/P600	55	9	1,65	$\leq 2,80$
A55/P600	55	10	1,90	2,80–3,20
A55/P600	55	11	1,15	3,20–3,40
A55/P600	55	12	2,40	3,40–3,60
A75/P570	75	13	2,00	$\leq 3,40$
A75/P570	75	14	2,25	3,40–3,80
A75/P570	75	15	2,50	3,80–4,20



Caratteristiche statiche della sezione

Spessore	mm	0,6	0,7	0,8	1,0	1,2	1,5
Peso	$\text{kg/m}^2$	6,25	9,85	11,00	13,75	16,50	20,65
Peso	$\text{kg/ml}$	4,71	5,50	6,28	7,85	9,42	11,77
J	$\text{cm}^4/\text{m}$	76,63	96,29	111,84	142,94	174,14	220,57
W	$\text{cm}^3/\text{m}$	20,88	22,74	26,19	32,83	40,15	51,44

Relazione e calcolo delle Strutture

Si riporta comunque di seguito uno stralcio delle verifiche, sia le statiche sia le sismiche ai sensi delle norme tecniche attualmente in vigore, con l'indicazione dell'armatura di rinforzo massima e minima nella soletta di completamento nelle condizioni più gravose emerse:

	[-]Ax Principale (cm2/m)	[-]Ay Perpendicolare	[+]Ax Principale (cm2/m)	[+]Ay Perpendicolare
<b>MAX</b>	26,07	71,54	38,59	59,17
<b>Pannello</b>	64	64	63	64
<b>Nodo</b>	2	22	20	22
<b>MIN</b>	0,0	0,72	1,73	1,57
<b>Pannello</b>	62	59	56	56
<b>Nodo</b>	26	14	45	45

#### 12.4 CONSIDERAZIONI PRELIMINARI IN MERITO AGLI SPOSTAMENTI DEL CORPO A

La normativa italiana attualmente in vigore (NTC 2008) prescrive limiti, nel caso di struttura in acciaio, in merito agli spostamenti verticali ed orizzontali, come riportato nelle tabelle 4.2.X e 4.2.XI e figure 4.2.1 e 4.2.2:

Tabella 4.2.X Limiti di deformabilità per gli elementi di impalcato delle costruzioni ordinarie

Elementi strutturali	Limiti superiori per gli spostamenti verticali	
	$\frac{\delta_{max}}{L}$	$\frac{\delta_2}{L}$
Coperture in generale	$\frac{1}{200}$	$\frac{1}{250}$
Coperture praticabili	$\frac{1}{250}$	$\frac{1}{300}$
Solai in generale	$\frac{1}{250}$	$\frac{1}{300}$
Solai o coperture che reggono intonaco o altro materiale di finitura fragile o tramezzi non flessibili	$\frac{1}{250}$	$\frac{1}{350}$
Solai che supportano colonne	$\frac{1}{400}$	$\frac{1}{500}$
Nei casi in cui lo spostamento può compromettere l'aspetto dell'edificio	$\frac{1}{250}$	

*In caso di specifiche esigenze tecniche e/o funzionali tali limiti devono essere opportunamente ridotti.*

Relazione e calcolo delle Strutture

$$\delta_{\text{tot}} = \delta_1 + \delta_2 \quad (4.2.55)$$

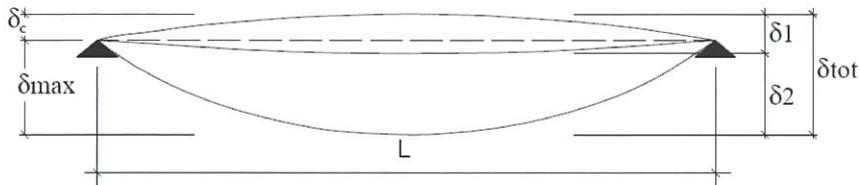


Figura 4.2.1 - Definizione degli spostamenti verticali per le verifiche in esercizio

Tabella 4.2.XI Limiti di deformabilità per costruzioni ordinarie soggette ad azioni orizzontali

Tipologia dell'edificio	Limiti superiori per gli spostamenti orizzontali	
	$\frac{\delta}{h}$	$\frac{\Delta}{H}$
Edifici industriali monopiano senza carroponte	$\frac{1}{150}$	/
Altri edifici monopiano	$\frac{1}{300}$	/
Edifici multipiano	$\frac{1}{300}$	$\frac{1}{500}$

In caso di specifiche esigenze tecniche e/o funzionali tali limiti devono essere opportunamente ridotti.

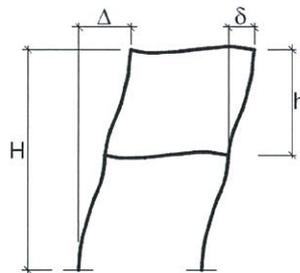


Figura 4.2.2 - Definizione degli spostamenti orizzontali per le verifiche in esercizio

Dalle analisi preliminari effettuate risulta che le verifiche dei limiti di spostamento verticale e orizzontale per le strutture del corpo A risultano soddisfatte, come si evince dai valori riportati nella tabella che segue:

	UX (cm)	UY (cm)	UZ (cm)	RX (Rad)	RY (Rad)	RZ (Rad)
<b>MAX</b>	1,0	0,8	0,1	0,002	0,003	0,000
<b>Nodo</b>	927	48	949	638	992	18
<b>Condiz.</b>	35 (C) (CQC)	39 (C) (CQC)	5	1	1	39 (C) (CQC)
<b>Modo</b>						
<b>MIN</b>	-0,1	-0,7	-0,6	-0,002	-0,003	-0,000
<b>Nodo</b>	22	48	1040	606	1010	18
<b>Condiz.</b>	30 (C) (CQC)	41 (C) (CQC)	1	1	1	41 (C) (CQC)
<b>Modo</b>						

**Relazione e calcolo delle Strutture**

Pertanto, alla luce dei risultati emersi, a favore di sicurezza ma con la giusta ponderazione, si adotta in via preliminare un giunto sismico di separazione di ampiezza pari a 10 cm fra la parte residua di strutture per l'Opera Pubblica (ossia per il Corpo A) che hanno un estremo globale di spostamento lungo la direzione orizzontale di 1 cm di spostamento e l'ampliamento di progetto previsto al Primo Piano secondo quanto riportato nel Piano di Recupero, che si stima inferiore ai 10 cm.

**13 CONSIDERAZIONI PRELIMINARI IN MERITO ALLA VERIFICA DELLE STRUTTURE ESISTENTI E DEGLI EVENTUALI NUOVI ELEMENTI STRUTTURALI DI RINFORZO PER L'INSTALLAZIONE DELLE NUOVE STRUTTURE DEL CORPO A**

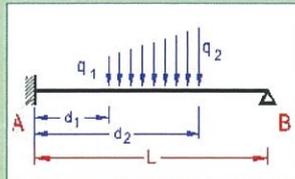
Sono state eseguite le verifiche preliminari delle strutture esistenti interessate dalla realizzazione delle nuove strutture, e, laddove emerso necessario nelle analisi, il predimensionamento degli elementi di rinforzo. Si riportano di seguito, per le varie posizioni individuate numericamente come da elaborati strutturali di progetto, le suddette verifiche. Il pilastro in posizione 40 infine risulta imbullonato su una colonna di grosso diametro, pertanto risulta ragionevole escludere una verifica a pressoflessione della colonna esistente data l'esiguità dei carichi aggiunti ad esso dalle nuove strutture dell'opera pubblica.

**13.1 Pilastro 3**

In posizione 3 il nuovo pilastro viene realizzato mediante imbullonatura al sottostante muro esistente: dalle analisi emergerebbe che per consentire l'intervento il muro esistente necessiterebbe di un rinforzo sulla faccia estradossale, quella di imbullonatura del nuovo pilastro, mediante una piastra di acciaio s355 di spessore di 6,9 mm, larghezza 30 cm e lunghezza di circa 8m, come riportato negli elaborati progetto. Si riporta di seguito le verifiche effettuate a tal riguardo mediante il software Gelfi:

Relazione e calcolo delle Strutture

**Titolo:** Verifica trave appoggio colonne 3



**Vincoli:**  
 App. - App.  
 Inc. - Inc.  
 Inc. - App.  
 Mensola  
 Fondazione

**N° Carichi dist. TRAPEZI** 1 Zoom  
 kN/m

N°	q1	q2	d1	d2
1	296	296	0	8

**N° Carichi CONCENTRATI** 3 Zoom  
 kN

N°	F	d
1	1.517	3,08
2	68	5,12
3	783	6,83

**N° Coppie CONCENTRATE** 1 Zoom  
 kNm

N°	W	d
1	2,86	5,12

**Risultati**

**Reazioni vincolari**

MA	kNm	MB	
	-5.221		0
RA	kN	RB	
	2.908		1.828

**Φ<sub>A</sub>** [rad] 0      **Φ<sub>B</sub>** 267,7

**max M+** 2.721      **x max M+** 4,72

**max M-** -5.221      **x max M-** 0

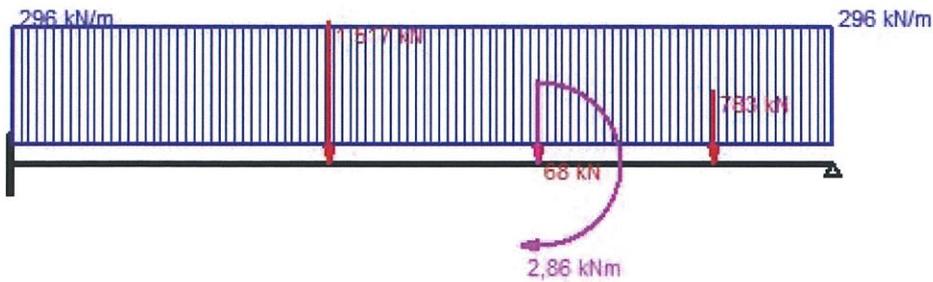
**f max** m 564,2      **x f max** 4,56

**Risultati all'ascissa x**

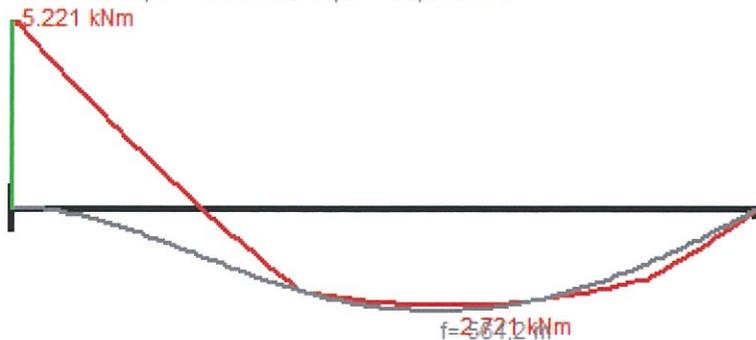
x	M(x)	V(x)	f(x)
0	-5.221	2.908	0

**Diagrammi**  
 Visualizza  
 M    V    C   Stampa

**N° sezioni di calcolo** 100      **Calcola**



File : 3 campata - Verifica trave appoggio colonne 3  
 Luce = 8 m ; E = 32.000 MPa ; J = 80,14 cm<sup>4</sup>



Relazione e calcolo delle Strutture

**Titolo :** Verifica sezione più sollecitata trave appoggio pilastro 3

**N° Vertici** 4 **Zoom** **N° barre** 6 **Zoom**

N°	x [cm]	y [cm]
1	0	0
2	30	0
3	30	400
4	0	400

N°	As [cm²]	x [cm]	y [cm]
1	5,09	15	395
2	7,63	5	300
3	7,63	25	300
4	7,70	5	200
5	7,70	25	200
6	22,90	15	5

**Sollecitazioni**  
 S.L.U. **Metodo n**

$N_{Ed}$  0 kN  
 $M_{xEd}$  2721 kNm  
 $M_{yEd}$  0 kNm

**P.to applicazione N**  
 Centro  Baricentro cls  
 Coord.[cm] xN 0 yN 0

**Materiali**  
 B450C C25/30  
 $\epsilon_{su}$  67,5%  $\epsilon_{c2}$  2%  
 $f_{yd}$  391,3 N/mm²  $\epsilon_{cu}$  3,5%  
 $E_s$  200.000 N/mm²  $f_{cd}$  14,17  
 $E_s/E_c$  15  $f_{cc}/f_{cd}$  0,8  
 $\epsilon_{syd}$  1,957%  $\sigma_{c,adm}$  9,75  
 $\sigma_{s,adm}$  255 N/mm²  $\tau_{co}$  0,6  
 $\tau_{c1}$  1,829

**P.to rottura**  
 Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

$M_{xRd}$  4.897 kNm  
 $\sigma_c$  -14,17 N/mm²  
 $\sigma_s$  391,3 N/mm²  
 $\epsilon_c$  3,5%  
 $\epsilon_s$  21,61%  
 d 395 cm  
 x 55,06 x/d 0,1394  
 $\delta$  0,7

**Tipo Sezione**  
 Rettan.re  Trapezi  
 a T  Circolare  
 Rettangoli  Coord.

**Metodo di calcolo**  
 S.L.U.+  S.L.U.-  
 Metodo n

**Tipo flessione**  
 Retta  Deviata

**Calcola MRd** **Dominio M-N**  
 $L_0$  0 cm **Col. modello**  
 Precompresso

**Titolo :** Verifica sezione più sollecitata trave appoggio pilastro 3

**N° Vertici** 4 **Zoom** **N° barre** 7 **Zoom**

N°	x [cm]	y [cm]
1	0	0
2	30	0
3	30	400
4	0	400

N°	As [cm²]	x [cm]	y [cm]
3	7,63	25	300
4	7,70	5	200
5	7,70	25	200
6	22,90	15	5
7	18,85	15	395

**Sollecitazioni**  
 S.L.U. **Metodo n**

$N_{Ed}$  0 kN  
 $M_{xEd}$  -5221 kNm  
 $M_{yEd}$  0 kNm

**P.to applicazione N**  
 Centro  Baricentro cls  
 Coord.[cm] xN 0 yN 0

**Materiali**  
 B450C C25/30  
 $\epsilon_{su}$  67,5%  $\epsilon_{c2}$  2%  
 $f_{yd}$  391,3 N/mm²  $\epsilon_{cu}$  3,5%  
 $E_s$  200.000 N/mm²  $f_{cd}$  14,17  
 $E_s/E_c$  15  $f_{cc}/f_{cd}$  0,8  
 $\epsilon_{syd}$  1,957%  $\sigma_{c,adm}$  9,75  
 $\sigma_{s,adm}$  255 N/mm²  $\tau_{co}$  0,6  
 $\tau_{c1}$  1,829

**P.to rottura**  
 Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

$M_{xRd}$  -6.466 kNm  
 $\sigma_c$  -14,17 N/mm²  
 $\sigma_s$  391,3 N/mm²  
 $\epsilon_c$  3,5%  
 $\epsilon_s$  34,94%  
 d 395 cm  
 x 35,97 x/d 0,09106  
 $\delta$  0,7

**Tipo Sezione**  
 Rettan.re  Trapezi  
 a T  Circolare  
 Rettangoli  Coord.

**Metodo di calcolo**  
 S.L.U.+  S.L.U.-  
 Metodo n

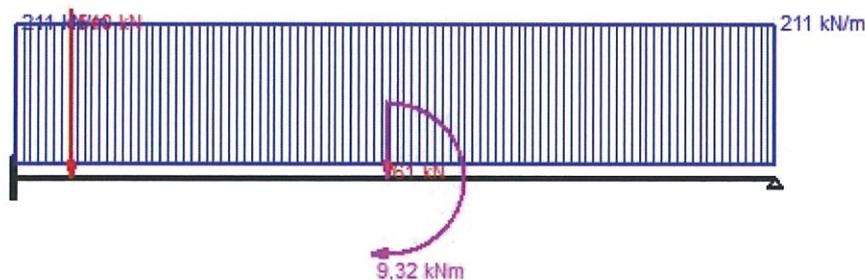
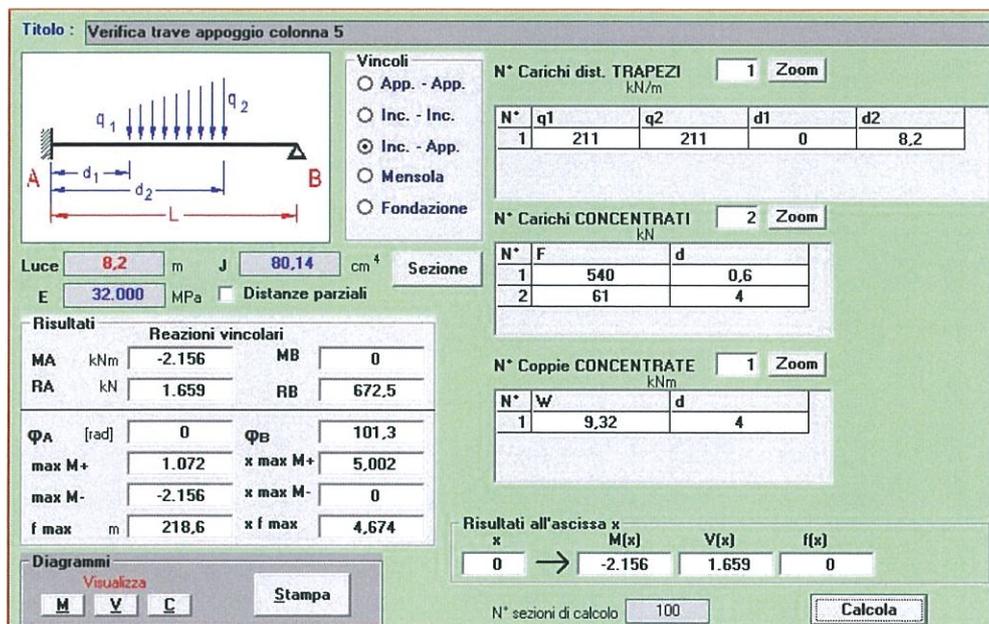
**Tipo flessione**  
 Retta  Deviata

**Calcola MRd** **Dominio M-N**  
 $L_0$  0 cm **Col. modello**  
 Precompresso

Relazione e calcolo delle Strutture

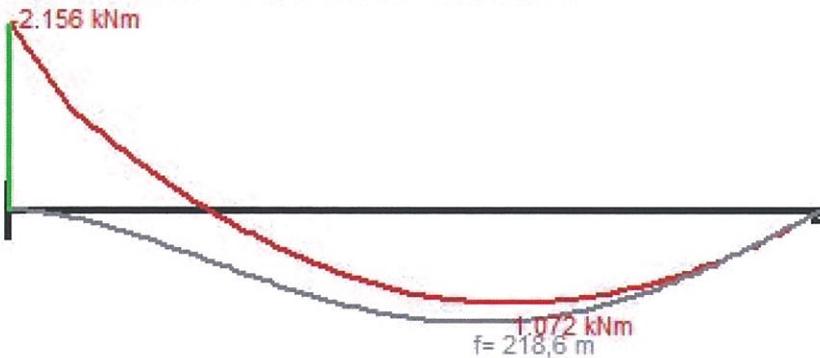
13.2 Pilastro 5

In posizione 5 il nuovo pilastro viene realizzato mediante imbullonatura al sottostante muro esistente: dalle analisi emergerebbe che per consentire l'intervento il muro esistente necessiterebbe di un rinforzo sulla faccia estradossale, quella di imbullonatura del nuovo pilastro, mediante una piastra di acciaio s355 di spessore di 6,9 mm, larghezza 30 cm e lunghezza 8m, come riportato negli elaborati progetto. I pilastri in posizione 1, 13 e 44 risultano anch'essi verificati perché imbullonati su muri esistenti equivalenti a quello interessato dal pilastro in posizione 5 ma in condizione statiche più favorevoli. Si riporta di seguito le verifiche effettuate a tal riguardo mediante il software Gelfi:



Relazione e calcolo delle Strutture

File : 3 campata - Verifica trave appoggio colonna 5  
 Luce = 8,2 m ; E = 32.000 MPa ; J = 80,14 cm<sup>4</sup>



**Titolo :** Verifica sezione più sollecitata trave appoggio pilastro 5

**N° Vertici** 4 **Zoom** **N° barre** 4 **Zoom**

N°	x [cm]	y [cm]
1	0	0
2	30	0
3	30	400
4	0	400

N°	As [cm <sup>2</sup> ]	x [cm]	y [cm]
1	5,09	15	395
2	7,63	5	300
3	7,63	25	300
4	17,81	15	5

**Sollecitazioni**  
 S.L.U. **Metodo n**

**N<sub>Ed</sub>** 0 **0** kN  
**M<sub>xEd</sub>** -2156 **0** kNm  
**M<sub>yEd</sub>** 0 **0**

**P.to applicazione N**  
 Centro  Baricentro cls  
 Coord.[cm] xN 0 yN 0

**Tipo rottura**  
 Lato acciaio - Acciaio snervato

**Materiali**  
**B450C** **C25/30**  
 $\epsilon_{su}$  67,5 ‰  $\epsilon_{c2}$  2 ‰  
 $f_{yd}$  391,3 N/mm<sup>2</sup>  $\epsilon_{cu}$  3,5 ‰  
 $E_s$  200.000 N/mm<sup>2</sup>  $f_{cd}$  14,17 ‰  
 $E_s/E_c$  15  $f_{cc}/f_{cd}$  0,8  
 $\epsilon_{syd}$  1,957 ‰  $\sigma_{c,adm}$  9,75  
 $\sigma_{s,adm}$  255 N/mm<sup>2</sup>  $\tau_{co}$  0,6  
 $\tau_{c1}$  1,829

**M<sub>xRd</sub>** -2.539 kNm  
 $\sigma_c$  -14,17 N/mm<sup>2</sup>  
 $\sigma_s$  391,3 N/mm<sup>2</sup>  
 $\epsilon_c$  2,119 ‰  
 $\epsilon_s$  67,5 ‰  
 d 395 cm  
 x 12,02 x/d 0,03043  
 $\delta$  0,7

**Tipo Sezione**  
 Rettan.re  Trapezi  
 a T  Circolare  
 Rettangoli  Coord.

**Metodo di calcolo**  
 S.L.U.+  S.L.U.-  
 Metodo n

**Tipo flessione**  
 Retta  Deviata

**N° rett.** 100  
**Calcola MRd** **Dominio M-N**  
**L<sub>0</sub>** 0 cm **Col. modello**  
 Precompresso

Relazione e calcolo delle Strutture

**Titolo:** Verifica sezione più sollecitata trave appoggio pilastro 5

N° Vertici: 4 Zoom N° barre: 4 Zoom

N°	x [cm]	y [cm]
1	0	0
2	30	0
3	30	400
4	0	400

N°	As [cm²]	x [cm]	y [cm]
1	5,09	15	395
2	7,63	5	300
3	7,63	25	300
4	17,81	15	5

Sollecitazioni: S.L.U. Metodo n

N<sub>Ed</sub>: 0 kN  
 M<sub>xEd</sub>: 1072 kNm  
 M<sub>yEd</sub>: 0 kNm

P.to applicazione N: Centro Baricentro cls  
 Coord. [cm]: xN 0, yN 0

Tipo rottura: Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

M<sub>xRd</sub>: 3.195 kNm

Materiali: B450C C25/30

ε<sub>su</sub>: 67,5 ‰ ε<sub>c2</sub>: 2 ‰  
 f<sub>yd</sub>: 391,3 N/mm² ε<sub>cu</sub>: 3,5 ‰  
 E<sub>s</sub>: 200.000 N/mm² f<sub>cd</sub>: 14,17 ‰  
 E<sub>s</sub>/E<sub>c</sub>: 15 f<sub>cc</sub>/f<sub>cd</sub>: 0,8 ‰  
 ε<sub>syd</sub>: 1,957 ‰ σ<sub>c,adm</sub>: 9,75 ‰  
 σ<sub>s,adm</sub>: 255 N/mm² τ<sub>co</sub>: 0,6 ‰  
 τ<sub>c1</sub>: 1,829 ‰

σ<sub>c</sub>: -14,17 N/mm²  
 σ<sub>s</sub>: 391,3 N/mm²  
 ε<sub>c</sub>: 3,5 ‰  
 ε<sub>s</sub>: 40,08 ‰  
 d: 395 cm  
 x: 31,72 x/d: 0,08031  
 δ: 0,7

Tipo Sezione: Rettan.re Trapezi  
 a T Circolare  
 Rettangoli Coord.

Metodo di calcolo: S.L.U. + S.L.U. -  
 Tipo flessione: Retta Deviata

N° rett.: 100  
 Calcola MRd Dominio M-N  
 L<sub>0</sub>: 0 cm Col. modello  
 Precompresso

13.3 Pilastro 9

In posizione 9 il nuovo pilastro viene realizzato mediante imbullonatura alla sottostante trave esistente: dalle analisi emergerebbe che per consentire l'intervento non sarebbero necessari specifici interventi di rinforzo della trave esistente. I pilastri in posizione 17 e 7 risultano anch'essi verificati perché imbullonati su travi esistenti equivalenti a quella interessata dal pilastro in posizione 9 ma in condizione statiche più favorevoli. Si riporta di seguito le verifiche effettuate a tal riguardo mediante il software Gelfi:

**Titolo:** Verifica trave appoggiata colonna 9

Vincoli: App. - App.  
 Inc. - Inc.  
 Inc. - App.  
 Mensola  
 Fondazione

N° Carichi dist. TRAPEZI: 1 Zoom  
 kN/m

N°	q1	q2	d1	d2
1	283	283	0	11

N° Carichi CONCENTRATI: 1 Zoom  
 kN

N°	F	d
1	33,88	7

N° Coppie CONCENTRATE: 1 Zoom  
 kNm

N°	W	d
1	6,93	7

Risultati Reazioni vincolari

MA	kNm	0	MB	0
RA	kN	1.568	RB	1.579

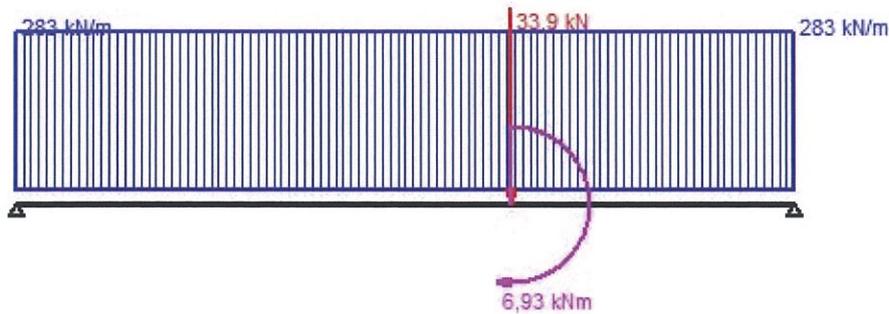
Φ<sub>A</sub> [rad]: 1,590E+09 Φ<sub>B</sub>: 1,595E+09  
 max M+: 4,345 x max M+: 5,5  
 max M-: 0 x max M-: 0  
 f max: 5,476E+09 x f max: 5,5

Diagrammi: Visualizza M V C Stampa

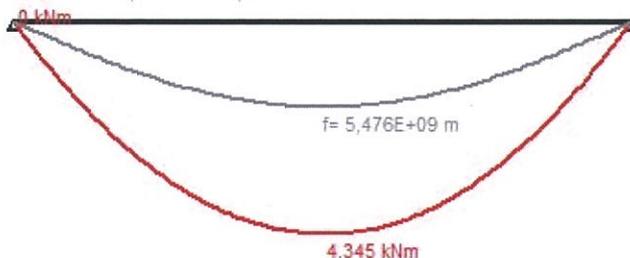
Risultati all'ascissa x: M(x) V(x) f(x)  
 0 → 0 1.568 0

N° sezioni di calcolo: 100 Calcola

Relazione e calcolo delle Strutture



File : 9 campata - Verifica trave appoggiata colonna 9  
 Luce = 11 m ; E = 1 MPa ; J = 1 cm<sup>4</sup>



**Titolo :** Verifica sezione più sollecitata trave appoggio colonna 9

**N° Vertici** 4 **Zoom** **N° barre** 4 **Zoom**

N°	x [cm]	y [cm]
1	0	0
2	35	0
3	35	185
4	0	185

N°	As [cm²]	x [cm]	y [cm]
1	28,27	17,5	180
2	8,04	5	92,5
3	8,04	30	92,5
4	84,83	17,5	5

**Sollecitazioni**  
 S.L.U. Metodo n

**N<sub>Ed</sub>** 0 kN  
**M<sub>xEd</sub>** 4345 kNm  
**M<sub>yEd</sub>** 0

**Tipo rottura**  
 Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

**M<sub>xRd</sub>** 4.934 kNm

**Materiali**  
 FeB38k C30/37

$\epsilon_{su}$  67.5 ‰  $\epsilon_{c2}$  2 ‰  
 $f_{yd}$  326.1 N/mm<sup>2</sup>  $\epsilon_{cu}$  3.5 ‰  
 $E_s$  200.000 N/mm<sup>2</sup>  $f_{cd}$  17  
 $E_s/E_c$  15  $f_{cc}/f_{cd}$  0.8  
 $\epsilon_{syd}$  1.631 ‰  $\sigma_{c,adm}$  11.5  
 $\sigma_{s,adm}$  215 N/mm<sup>2</sup>  $\tau_{co}$  0.6933  
 $\tau_{c1}$  2.029

**Tipo Sezione**  
 Rettan.re  Trapezi  
 a T  Circolare  
 Rettangoli  Coord.

**Metodo di calcolo**  
 S.L.U.+  S.L.U.-  
 Metodo n

**Tipo flessione**  
 Retta  Deviata

**N° rett.** 100

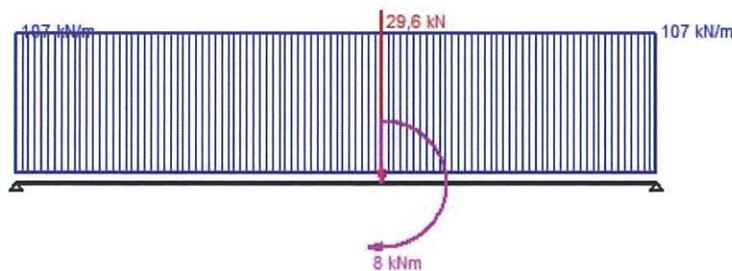
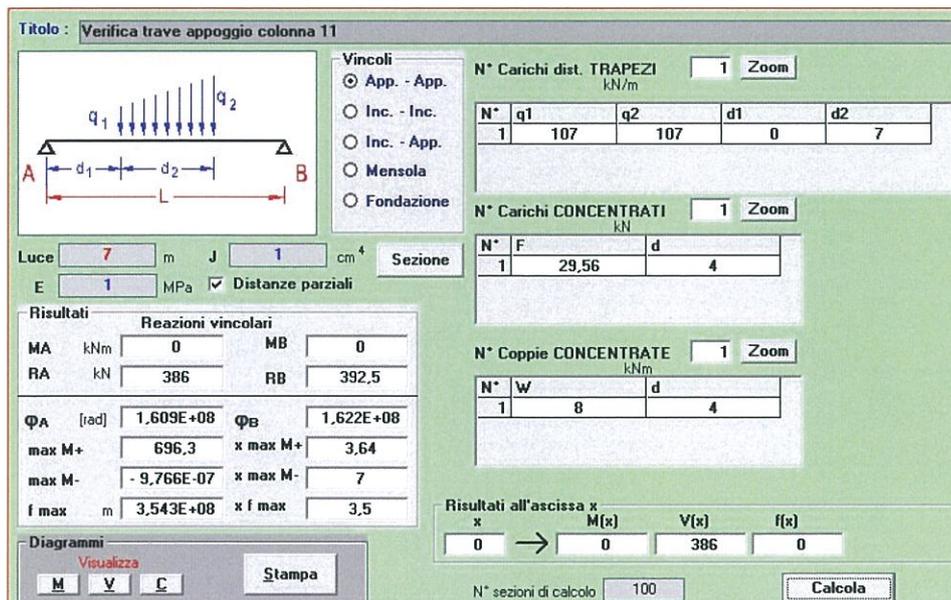
**Calcola MRd** **Dominio M-N**

**Col. modello**

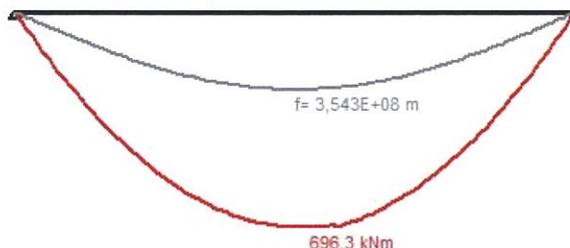
Precompresso

### 13.4 Pilastro 11

In posizione 11 il nuovo pilastro viene realizzato mediante imbullonatura alla sottostante trave esistente: dalle analisi emergerebbe che per consentire l'intervento la trave esistente necessiterebbe di un rinforzo sulla faccia estradossale, quella di imbullonatura del nuovo pilastro, mediante una piastra di acciaio s355 di spessore di 6,9 mm, larghezza 30 cm e lunghezza di circa 7m, come riportato negli elaborati progetto. Si riporta di seguito le verifiche effettuate a tal riguardo mediante il software Gelfi:



File : 11 campata - Verifica trave appoggio colonna 11  
 Luce = 7 m ; E = 1 MPa ; J = 1 cm<sup>4</sup>



Relazione e calcolo delle Strutture

**Titolo :** \_\_\_\_\_

**N° Vertici**  **Zoom** **N° barre**  **Zoom**

N°	x [cm]	y [cm]
1	0	0
2	30	0
3	30	80
4	0	80

N°	As [cm²]	x [cm]	y [cm]
1	14,20	15	75
2	0,79	5	40
3	0,79	25	40
4	15,27	15	5

**Tipologia Sezione**  
 Rettan.re  Trapezi  
 a T  Circolare  
 Rettangoli  Coord.

**Sollecitazioni**  
 S.L.U. **Metodo n**

$N_{Ed}$   kN  
 $M_{xEd}$   kNm  
 $M_{yEd}$   kNm

**P.to applicazione N**  
 Centro  Baricentro cls  
 Coord.[cm] xN  yN

**Tipologia rottura**  
 Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

**Materiali**  
**FeB38k** **C30/37**  
 $\epsilon_{su}$   ‰  $\epsilon_{c2}$   ‰  
 $f_{yd}$   N/mm²  $\epsilon_{cu}$   ‰  
 $E_s$   N/mm²  $f_{cd}$   ‰  
 $E_s/E_c$    $f_{cc}/f_{cd}$   [?]  
 $\epsilon_{syd}$   ‰  $\sigma_{c,adm}$    
 $\sigma_{s,adm}$   N/mm²  $\tau_{co}$    
 $\tau_{c1}$

$M_{xRd}$   kN m  
 $\sigma_c$   N/mm²  
 $\sigma_s$   N/mm²  
 $\epsilon_c$   ‰  
 $\epsilon_s$   ‰  
 d  cm  
 x  x/d   
 $\delta$

**Metodo di calcolo**  
 S.L.U.+  S.L.U.-  
 Metodo n

**Tipologia flessione**  
 Retta  Deviata

**N° rett.**

**Calcola MRd** **Dominio M-N**  
 $L_0$   cm **Col. modello**

Precompresso

**Titolo :** \_\_\_\_\_

**N° Vertici**  **Zoom** **N° barre**  **Zoom**

N°	x [cm]	y [cm]
1	0	0
2	30	0
3	30	80
4	0	80

N°	As [cm²]	x [cm]	y [cm]
1	14,20	15	75
2	0,79	5	40
3	0,79	25	40
4	30,98	15	5

**Tipologia Sezione**  
 Rettan.re  Trapezi  
 a T  Circolare  
 Rettangoli  Coord.

**Sollecitazioni**  
 S.L.U. **Metodo n**

$N_{Ed}$   kN  
 $M_{xEd}$   kNm  
 $M_{yEd}$   kNm

**P.to applicazione N**  
 Centro  Baricentro cls  
 Coord.[cm] xN  yN

**Tipologia rottura**  
 Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

**Materiali**  
**FeB38k** **C30/37**  
 $\epsilon_{su}$   ‰  $\epsilon_{c2}$   ‰  
 $f_{yd}$   N/mm²  $\epsilon_{cu}$   ‰  
 $E_s$   N/mm²  $f_{cd}$   ‰  
 $E_s/E_c$    $f_{cc}/f_{cd}$   [?]  
 $\epsilon_{syd}$   ‰  $\sigma_{c,adm}$    
 $\sigma_{s,adm}$   N/mm²  $\tau_{co}$    
 $\tau_{c1}$

$M_{xRd}$   kN m  
 $\sigma_c$   N/mm²  
 $\sigma_s$   N/mm²  
 $\epsilon_c$   ‰  
 $\epsilon_s$   ‰  
 d  cm  
 x  x/d   
 $\delta$

**Metodo di calcolo**  
 S.L.U.+  S.L.U.-  
 Metodo n

**Tipologia flessione**  
 Retta  Deviata

**N° rett.**

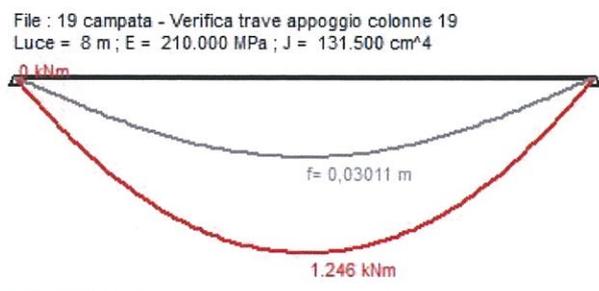
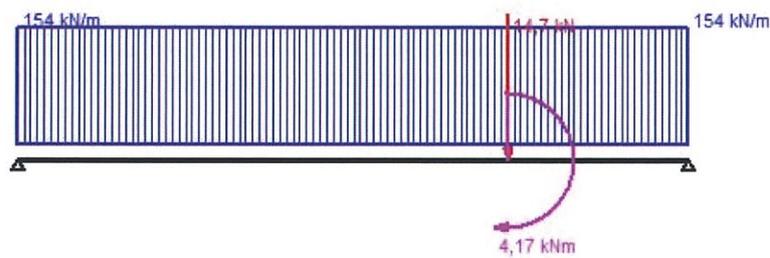
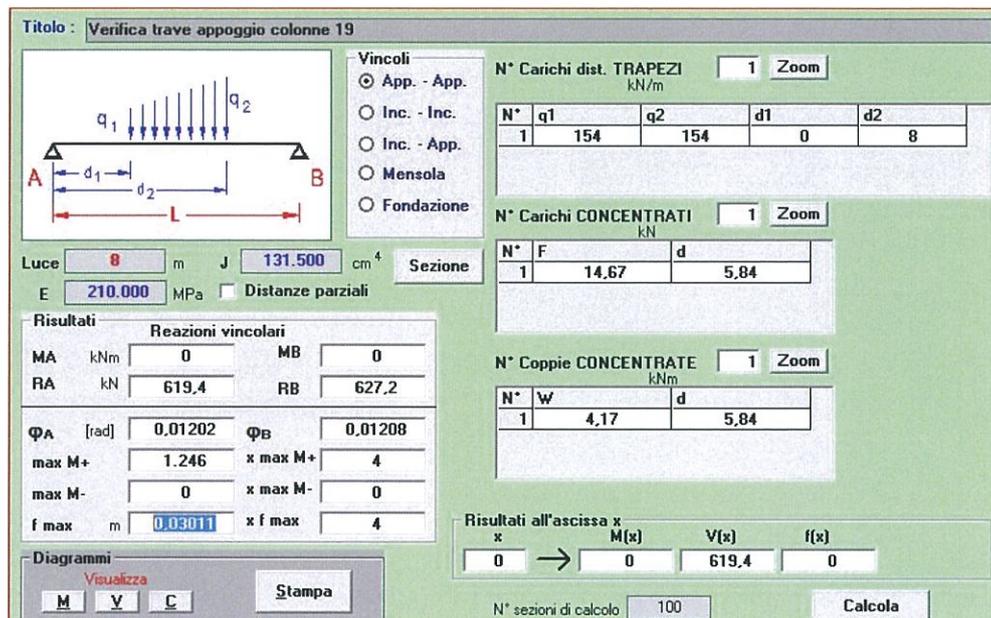
**Calcola MRd** **Dominio M-N**  
 $L_0$   cm **Col. modello**

Precompresso

Relazione e calcolo delle Strutture

13.5 Pilastro 19

In posizione 19 il nuovo pilastro viene realizzato mediante imbullonatura alla sottostante trave esistente: dalle analisi emergerebbe che per consentire l'intervento la trave esistente necessiterebbe di un rinforzo sulla faccia intradossale, opposta a quella di imbullonatura del nuovo pilastro, mediante profilato HEM 450 di acciaio s355 per una lunghezza di circa 8m, come riportato negli elaborati progetto. Si riporta di seguito le verifiche effettuate a tal riguardo mediante il software Gelfi:



Relazione e calcolo delle Strutture

**Titolo :** Verifica sezione più sollecitata trave appoggio colonna 19

**N° Vertici**  **Zoom** **N° barre**  **Zoom**

N°	x [cm]	y [cm]
1	0	0
2	120	0
3	120	40
4	0	40

N°	As [cm²]	x [cm]	y [cm]
1	15,21	60	35
2	15,21	60	5

**Sollecitazioni**  
 S.L.U.  Metodo n

**N<sub>Ed</sub>**  **kN**  
**M<sub>xEd</sub>**  **kNm**  
**M<sub>yEd</sub>**  **kNm**

**P.to applicazione N**  
 Centro  Baricentro cls  
 Coord.[cm] xN  yN

**Tipo rottura**  
 Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

**Materiali**  
 FeB38k  C30/37

$\epsilon_{su}$   %  $\epsilon_{c2}$   %  
 $f_{yd}$   N/mm²  $\epsilon_{cu}$   %  
 $E_s$   N/mm²  $f_{cd}$   %  
 $E_s/E_c$    $f_{cc}/f_{cd}$   ?  
 $\epsilon_{syd}$   %  $\sigma_{c,adm}$   %  
 $\sigma_{s,adm}$   N/mm²  $\tau_{co}$   %  
 $\tau_{c1}$   %

**M<sub>xRd</sub>**  **kNm**  
 $\sigma_c$   N/mm²  
 $\sigma_s$   N/mm²  
 $\epsilon_c$   %  
 $\epsilon_s$   %  
**d**  **cm**  
**x**  **x/d**   
 $\delta$

**Tipo Sezione**  
 Rettan.re  Trapezi  
 a T  Circolare  
 Rettangoli  Coord.

**Metodo di calcolo**  
 S.L.U.+  S.L.U.-  
 Metodo n

**Tipo flessione**  
 Retta  Deviata

**N° rett.**   
**Calcola MRd** **Dominio M-N**  
**L<sub>0</sub>**  **cm** **Col. modello**  
 Precompresso

IPE  IPN  HEAA  HL  
 HEA  IPEA  HEX  UB  
 HEB  IPEO  HD  UC  
 HEM  IPEX  HP  W

Ordina per  Wy  ly  g

Acciaio   $f_y$  (N/mm²)   $f_u$

Lunghezze di libera inflessione [m]  
 $l_{0y}$    $l_{0z}$

**N<sub>Sd</sub>** [kN]

Aggiorna Tabella

designation	g (Kg/m)	h (mm)	b (mm)	tw (mm)	tf (mm)	r1 (mm)
HE 400 M	256.0	432	307	21.00	40.00	27.00
HE 450 M	263.0	478	307	21.00	40.00	27.00
HE 500 M	270.0	524	306	21.00	40.00	27.00
HE 550 M	278.0	572	306	21.00	40.00	27.00
HE 600 M	285.0	620	305	21.00	40.00	27.00
HE 650 M	293.0	668	305	21.00	40.00	27.00
UC 200 M	201.0	210	204	21.00	40.00	27.00

**HE 450 M**

$N_{by,Rd}$  [kN]   $M_{cy,Rd}$  [kNm]   
 $N_{bz,Rd}$  [kN]  ?  $M_{oz,Rd}$  [kNm]  ?  
 $V_{ply,Rd}$  [kN]   $V_{plz,Rd}$  [kN]

$g$  (Kg/m):   
 $h$  (mm):   $r2$  (mm):   
 $b$  (mm):   $A$  (cm²):   $i_y$  (cm):   $i_z$  (cm):   
 $tw$  (mm):   $I_y$  (cm⁴):   $I_z$  (cm⁴):   $I_T$  (cm⁴):   
 $tf$  (mm):   $W_y$  (cm³):   $W_z$  (cm³):   $I_w$  (cm⁶):   
 $r1$  (mm):   $W_{pl,y}$  (cm³):   $W_{pl,z}$  (cm³):

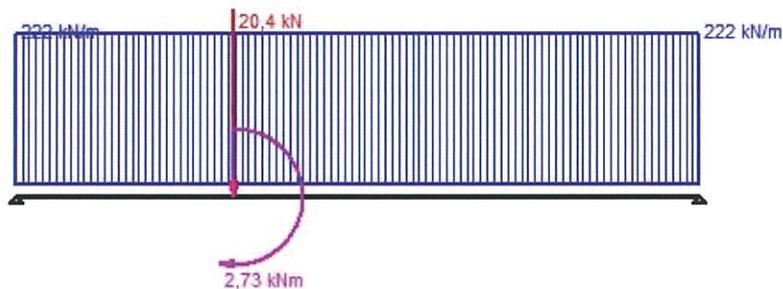
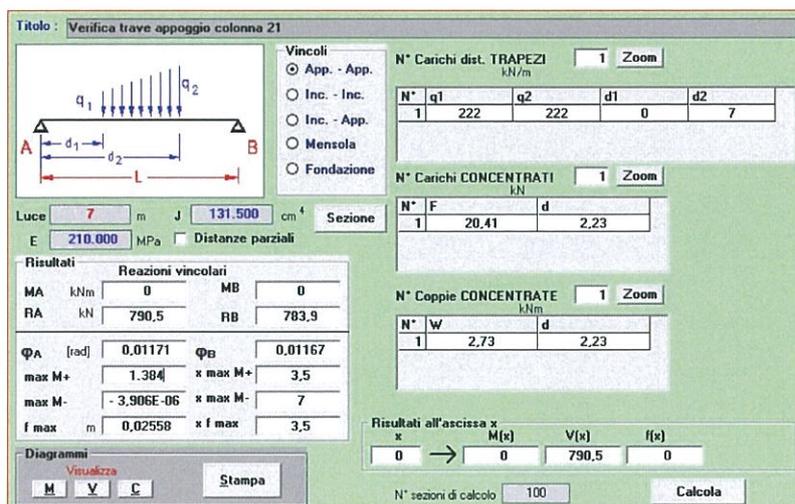
**Classe Sezione**  
 Compressione   
 Flessione My   
 Flessione Mz  ?  
 Presso-Flessione

**Verifiche**

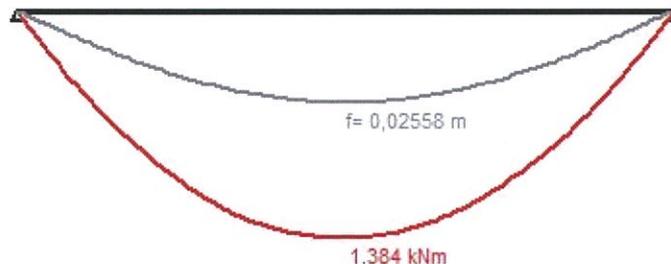
Relazione e calcolo delle Strutture

13.6 Pilastro 21

In posizione 21 il nuovo pilastro viene realizzato mediante imbullonatura al sottostante solaio esistente: dalle analisi emergerebbe che per consentire l'intervento il solaio esistente necessiterebbe di un rinforzo sulla faccia intradossale, opposta a quella di imbullonatura del nuovo pilastro, mediante profilato HEM 450 di acciaio s355 per una lunghezza di circa 7m, come riportato negli elaborati progetto. Si riporta di seguito le verifiche effettuate a tal riguardo mediante il software Gelfi:



File : 21 campata - Verifica trave appoggio colonna 21  
 Luce = 7 m ; E = 210.000 MPa ; J = 131.500 cm<sup>4</sup>



Relazione e calcolo delle Strutture

The screenshot shows a software interface for selecting and calculating structural profiles. At the top, there are checkboxes for various profile types (IPE, IPN, HEAA, HL, HEA, IPEA, HEX, UB, HEB, IPEO, HD, UC, HEM, IPEX, HP, W) and a section for ordering (Wy, ly, g). Material properties are set to Acciaio S355 (Fe510) with  $f_y = 355$  N/mm<sup>2</sup> and  $f_u = 510$  N/mm<sup>2</sup>. A table lists various HE profiles with their dimensions and weights. Below the table, detailed properties for an HE 450 M profile are shown, including weight (263 kg/m), height (478 mm), flange width (307 mm), and various moments and shears. A 'Verifiche' section includes buttons for 'Presso Flessione' and 'Svergolamento'.

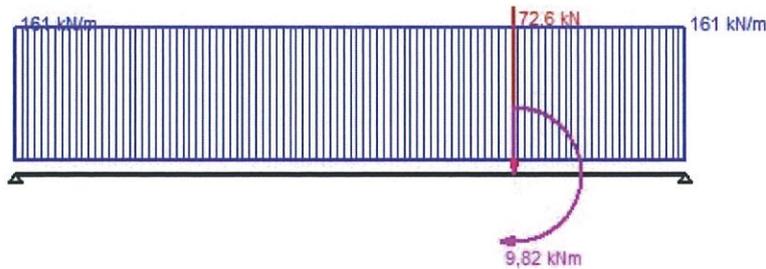
designation	g (Kg/m)	h (mm)	b (mm)	tw (mm)	tf (mm)	r1 (mm)
HE 400 M	256,0	432	307	21,00	40,00	27,00
HE 450 M	263,0	478	307	21,00	40,00	27,00
HE 500 M	270,0	524	306	21,00	40,00	27,00
HE 550 M	278,0	572	306	21,00	40,00	27,00
HE 600 M	285,0	620	305	21,00	40,00	27,00
HE 650 M	293,0	668	305	21,00	40,00	27,00

13.7 Pilastro 41

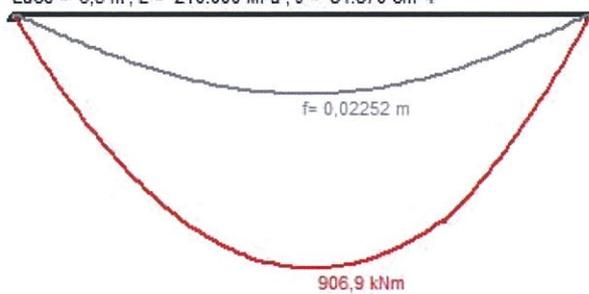
In posizione 41 il nuovo pilastro viene realizzato mediante imbullonatura al sottostante solaio esistente: dalle analisi emergerebbe che per consentire l'intervento il solaio esistente necessiterebbe di un rinforzo sulla faccia intradossale, opposta a quella di imbullonatura del nuovo pilastro, mediante profilato HEM 360 di acciaio s355 per una lunghezza di circa 6,5m, come riportato negli elaborati progetto. Si riporta di seguito le verifiche effettuate a tal riguardo mediante il software Gelfi:

The screenshot shows the 'Verifica trave appoggio colonna 41' window. It includes a diagram of a beam of length L=6.5m supported at points A and B, with two trapezoidal loads q1 and q2. The software displays various input parameters like 'Luce' (6.5 m), 'E' (210.000 MPa), and 'Sezione' (84.870 cm<sup>4</sup>). It also shows a table of results for reactions (MA, RA, MB, RB), moments (ΦA, ΦB), and deflections (f max). A 'Diagrammi' section has buttons for 'Visualizza' and 'Stampa'. At the bottom, there are fields for 'N° sezioni di calcolo' (100) and a 'Calcola' button.

Relazione e calcolo delle Strutture



File : 41 campata - Verifica trave appoggio colonna 41  
 Luce = 6,5 m ; E = 210.000 MPa ; J = 84.870 cm<sup>4</sup>



IPE    IPN    HEAA    HL  
 HEA    IPEA    HEX    UB  
 HEB    IPEO    HD    UC  
 HEM    IPEX    HP    W

Ordina per:  Wy    ly    g

Acciaio: S355 (Fe510)    $f_y$  (N/mm<sup>2</sup>): 355    $f_u$ : 510

Lunghezze di libera inflessione [m]:  $l_{0y}$  0    $l_{0z}$  0

$N_{sd}$  [kN]: 0

Aggiorna Tabella

designation	g (Kg/m)	h (mm)	b (mm)	tw (mm)	tf (mm)	r1 (mm)
HE 340 M	248,0	377	309	21,00	40,00	27,00
HE 360 M	250,0	395	308	21,00	40,00	27,00
HE 400 M	256,0	432	307	21,00	40,00	27,00
HE 450 M	263,0	478	307	21,00	40,00	27,00
HE 500 M	270,0	524	306	21,00	40,00	27,00
HE 550 M	278,0	572	306	21,00	40,00	27,00
HE 600 M	285,0	620	305	21,00	40,00	27,00

File

Plotta

HE 360 M

$N_{by,Rd}$  [kN]: 10.778    $M_{oy,Rd}$  [kNm]: 1.687  
 $N_{bz,Rd}$  [kN]: 10.778    $M_{cz,Rd}$  [kNm]: 656,6  
 $V_{ply,Rd}$  [kN]: 1.999    $V_{plz,Rd}$  [kN]: 4.810

Classe Sezione

Compressione: 1  
 Flessione My: 1  
 Flessione Mz: 1  
 Presso-Flessione: 1

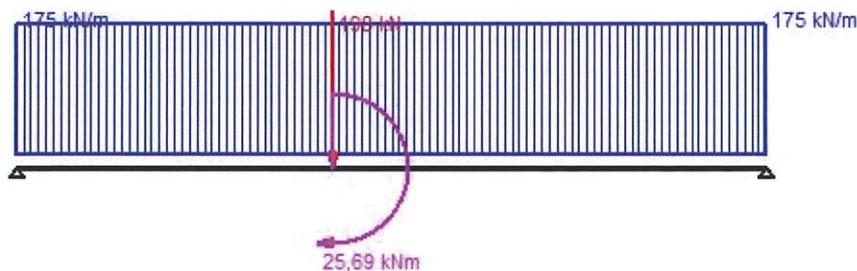
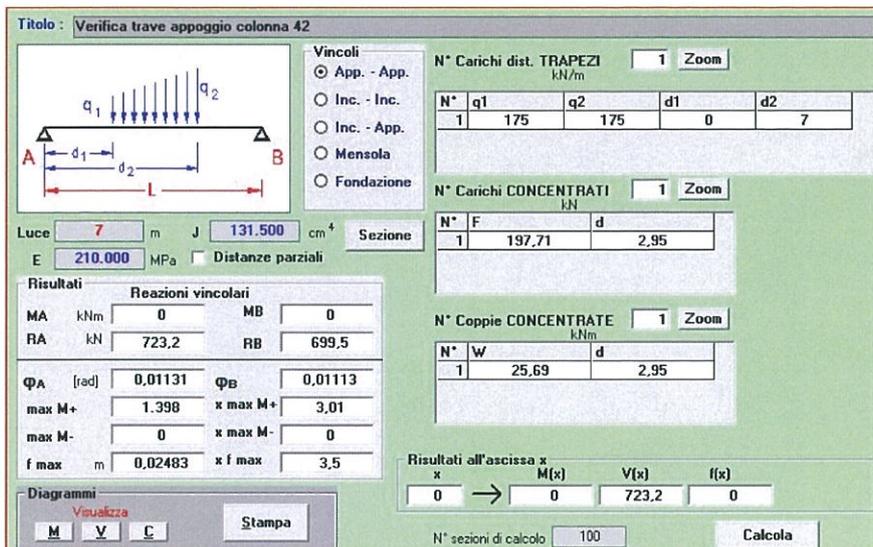
Verifiche

g (Kg/m): 250   h (mm): 395   r2 (mm): 0  
 b (mm): 308   A (cm<sup>2</sup>): 318,8    $i_y$  (cm): 16,32    $i_z$  (cm): 7,83  
 tw (mm): 21    $I_y$  (cm<sup>4</sup>): 84.870    $I_z$  (cm<sup>4</sup>): 19.520    $I_T$  (cm<sup>4</sup>): 1.507  
 tf (mm): 40    $W_y$  (cm<sup>3</sup>): 4.297    $W_z$  (cm<sup>3</sup>): 1.268    $I_w$  (cm<sup>6</sup>): 6.137.000  
 r1 (mm): 27    $W_{pl,y}$  (cm<sup>3</sup>): 4.989    $W_{pl,z}$  (cm<sup>3</sup>): 1.942

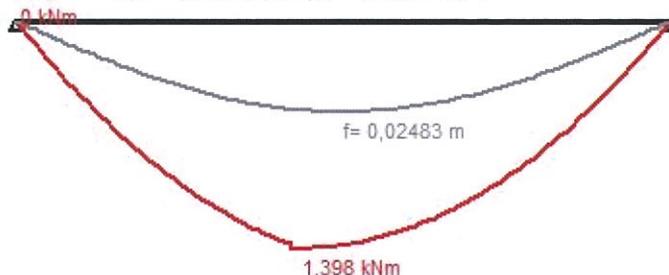
Relazione e calcolo delle Strutture

13.8 Pilastro 42

In posizione 42 il nuovo pilastro viene realizzato mediante imbullonatura al sottostante solaio esistente: dalle analisi emergerebbe che per consentire l'intervento il solaio esistente necessiterebbe di un rinforzo sulla faccia intradossale, opposta a quella di imbullonatura del nuovo pilastro, mediante profilato HEM 450 di acciaio s355 per una lunghezza di circa 7m, come riportato negli elaborati progetto. Si riporta di seguito le verifiche effettuate a tal riguardo mediante il software Gelfi:



File : - Verifica trave appoggio colonna 42  
 Luce = 7 m ; E = 210.000 MPa ; J = 131.500 cm<sup>4</sup>



Relazione e calcolo delle Strutture

Acciaio S355 (Fe510)  $f_y$  (N/mm<sup>2</sup>) 355  $f_u$  510

Lunghezze di libera inflessione (m)  
 $l_{Oy}$  0  $l_{Oz}$  0

Ordina per  
 Wy  
 ly  
 g

Aggiorna Tabella

designation	g (Kg/m)	h (mm)	b (mm)	tw (mm)	tf (mm)	r1 (mm)
HE 300 M	238,0	340	310	21,00	39,00	27,00
HE 320 M	245,0	359	309	21,00	40,00	27,00
HE 340 M	248,0	377	309	21,00	40,00	27,00
HE 360 M	250,0	395	308	21,00	40,00	27,00
HE 400 M	256,0	432	307	21,00	40,00	27,00
HE 450 M	263,0	478	307	21,00	40,00	27,00
UC 600 M	270,0	624	300	21,00	40,00	27,00

HE 450 M  $N_{y,Rd}$  [kN] 11.340  $M_{cy,Rd}$  [kNm] 2.140  
 $N_{bz,Rd}$  [kN] 11.340  $M_{cz,Rd}$  [kNm] 655,6  
 $V_{ply,Rd}$  [kN] 2.338  $V_{plz,Rd}$  [kN] 4.794

g (Kg/m): 263 h (mm): 478 r2 (mm): 0  
 b (mm): 307 A (cm<sup>2</sup>): 335,4  $i_y$  (cm): 19,8  $i_z$  (cm): 7,59  
 tw (mm): 21  $I_y$  (cm<sup>4</sup>): 131.500  $I_z$  (cm<sup>4</sup>): 19.340  $I_T$  (cm<sup>4</sup>): 1.529  
 tf (mm): 40  $W_y$  (cm<sup>3</sup>): 5.501  $W_z$  (cm<sup>3</sup>): 1.260  $I_w$  (cm<sup>6</sup>): 9.251.000  
 r1 (mm): 27  $W_{ply}$  (cm<sup>3</sup>): 6.331  $W_{pl,z}$  (cm<sup>3</sup>): 1.939

Classe Sezione  
 Compressione 1  
 Flessione My 1  
 Flessione Mz 1  
 Presso-Flessione 1

Verifiche

### 13.9 Pilastri 43,15

Nelle posizioni 43 e 15 i nuovi pilastri vengono realizzati mediante imbullonatura al sottostante solaio esistente: dalle analisi emergerebbe che per consentire l'intervento il solaio esistente necessiterebbe di un rinforzo sulla faccia intradossale, opposta a quella di imbullonatura dei nuovi pilastri, mediante profilato HEM 650 di acciaio s355 per una lunghezza di circa 10m, come riportato negli elaborati progetto. Si riporta di seguito le verifiche effettuate a tal riguardo mediante il software Gelfi:

Titolo: Verifica trave appoggio colonne 15,43

Vincoli  
 App. - App.  
 Inc. - Inc.  
 Inc. - App.  
 Mensola  
 Fondazione

N° Carichi dist. TRAPEZI kN/m 1 Zoom

N°	q1	q2	d1	d2
1	159	159	0	10

N° Carichi CONCENTRATI kN 2 Zoom

N°	F	d
1	25,39	4,24
2	15,89	6,8

N° Coppie CONCENTRATE kNm 2 Zoom

N°	w	d
1	5,31	4,24
2	6,18	6,8

Luce 10 m J 281.700 cm<sup>4</sup> Sezione  
 E 210.000 MPa  Distanze parziali

Reazioni vincolari

MA	MB
kNm 0	0

RA	RB
kN 813,6	817,7

$\Phi_A$  [rad] 0,01159  $\Phi_B$  0,01161

max M+	x max M+
2,066	5

max M-	x max M-
0	0

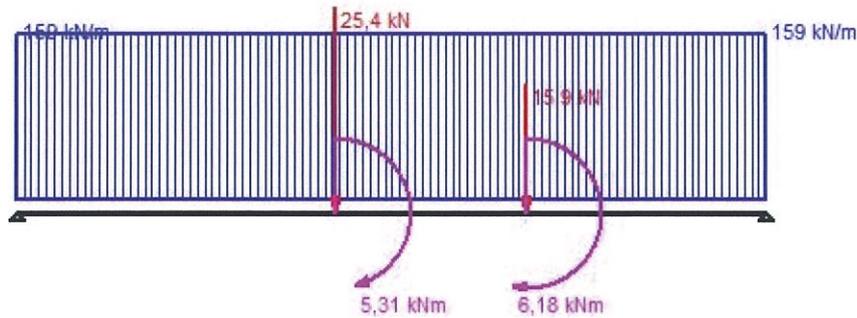
f max	x f max
m 0,03629	5

Diagrammi

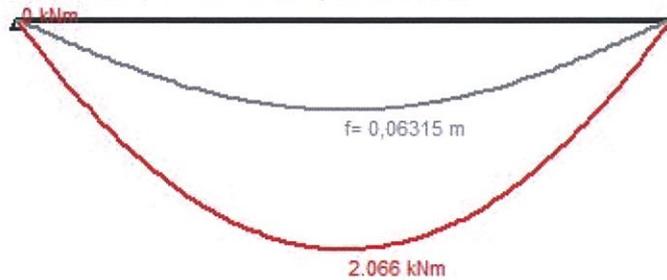
Risultati all'ascissa x  
 x 0  $M(x)$  0  $V(x)$  813,6  $f(x)$  0

N° sezioni di calcolo 100

Relazione e calcolo delle Strutture



File : 43\_15 campata - Verifica trave appoggio colonne 15,43  
 Luce = 10 m ; E = 210.000 MPa ; J = 161.900 cm<sup>4</sup>



IPE    IPN    HEAA    HL  
 HEA    IPEA    HEX    UB  
 HEB    IPEO    HD    UC  
 HEM    IPEX    HP    W

Ordina per:  Wy    ly    g  
 Acciaio: S355 (Fe510)   fy (N/mm2): 355   fu: 510

Lunghezze di libera inflessione [m]:  
 l<sub>Oy</sub>: 0   l<sub>Oz</sub>: 0

N<sub>Sd</sub> [kN]: 0

designation	g (Kg/m)	h (mm)	b (mm)	tw (mm)	tf (mm)	r1 (mm)
HE 400 M	256,0	432	307	21,00	40,00	27,00
HE 450 M	263,0	478	307	21,00	40,00	27,00
HE 500 M	270,0	524	306	21,00	40,00	27,00
HE 550 M	278,0	572	306	21,00	40,00	27,00
HE 600 M	285,0	620	305	21,00	40,00	27,00
<b>HE 650 M</b>	<b>293,0</b>	<b>668</b>	<b>305</b>	<b>21,00</b>	<b>40,00</b>	<b>27,00</b>
UC 700 M	301,0	710	304	21,00	40,00	27,00

HE 650 M   N<sub>by,Rd</sub> [kN]: 12.635   M<sub>cy,Rd</sub> [kNm]: 3.265  
 N<sub>bz,Rd</sub> [kN]: 12.635   M<sub>oz,Rd</sub> [kNm]: 654,6  
 V<sub>ply,Rd</sub> [kN]: 3.117   V<sub>plz,Rd</sub> [kN]: 4.763

g (Kg/m): 293   r2 (mm): 0  
 h (mm): 668   A (cm<sup>2</sup>): 373,7   i<sub>y</sub> (cm): 27,45   i<sub>z</sub> (cm): 7,13  
 b (mm): 305   ly (cm<sup>4</sup>): 281.700   lz (cm<sup>4</sup>): 18.980   I<sub>T</sub> (cm<sup>4</sup>): 1.579  
 tw (mm): 21   Wy (cm<sup>3</sup>): 8.433   Wz (cm<sup>3</sup>): 1.245   I<sub>w</sub> (cm<sup>6</sup>): 18.650.000  
 tf (mm): 40   W<sub>pl,y</sub> (cm<sup>3</sup>): 9.657   W<sub>pl,z</sub> (cm<sup>3</sup>): 1.936  
 r1 (mm): 27

Classe Sezione:  
 Compressione: 1  
 Flessione My: 1  
 Flessione Mz: 1  
 Presso-Flessione: 1

Verifiche:

Relazione e calcolo delle Strutture

## 14 CONSIDERAZIONI PRELIMINARI IN MERITO ALLA VERIFICA DEI NUOVI ELEMENTI STRUTTURALI AFFERENTI AL CORPO B

### 14.1 Aste afferenti alla struttura reticolare e alle strutture di completamento dei solai alle nuove quote di progetto

Dalle analisi condotte sui nuovi elementi strutturali primari afferenti alla struttura reticolare e alle strutture di completamento dei solai alle nuove quote di progetto, sono stati calcolati e verificati mediante l'analisi del profilato metallico che li caratterizza, ossia IPE140, IPE180 e tubolari cilindrici di spessore 5mm e diametro esterno di circa 10cm, tutti di acciaio di classe S355. Le verifiche, sia le statiche sia le sismiche ai sensi delle norme tecniche attualmente in vigore, risultano soddisfatte come riportato nelle tabelle che seguono e degli estratti dei risultati delle analisi e delle verifiche per una delle colonne più significative analizzate:

Barra	Profilato	Materiale	Lay	Laz	Resist.	Condizione	Ratio(uy)	Cond.(uy)	Ratio(uz)	Cond.(uz)
1 Trave_1	OK IPE140	S 355	51.55	178.94	0.04	3 Q	0.00	3 Q	0.02	3 Q
2 Trave_2	OK IPE140	S 355	51.55	178.94	0.03	3 Q	0.00	3 Q	0.02	3 Q
3 Trave_3	OK IPE140	S 355	74.53	258.72	0.06	3 Q	0.00	43 Sismica NTC 200	0.02	3 Q
4 Trave_4	OK IPE140	S 355	51.55	178.94	0.23	3 Q	0.00	3 Q	0.05	3 Q
5 Trave_5	OK IPE140	S 355	52.11	180.90	0.04	3 Q	0.00	3 Q	0.02	3 Q
6 Trave_6	OK IPE180	S 355	130.10	470.15	0.21	3 Q	0.80	27 SLD 0.3 * X 1 *	0.02	3 Q
7 Trave_7	OK IPE180	S 355	128.18	463.19	0.37	3 Q	0.00	3 Q	0.02	3 Q
8 Barra_8	OK IPE180	S 355	7.88	28.48	0.06	3 Q	-	-	-	-
9 Barra_9	OK TRON88x5	S 355	33.46	33.46	0.00	7 S ECC	-	-	-	-
10 Barra_10	OK IPE180	S 355	29.99	108.38	0.00	7 S ECC	-	-	-	-
11 Barra_11	OK TRON88x5	S 355	61.05	61.05	0.03	7 S ECC	-	-	-	-
12 Barra_12	OK TRON88x5	S 355	47.26	47.26	0.00	7 S ECC	-	-	-	-
13 Barra_13	OK TRON88x5	S 355	82.72	82.72	0.09	7 S ECC	-	-	-	-
14 Barra_14	OK TRON88x5	S 355	86.56	86.56	0.01	7 S ECC	-	-	-	-
15 Barra_15	OK TRON88x5	S 355	109.43	109.43	0.22	7 S ECC	-	-	-	-
16 Barra_16	OK TRON88x5	S 355	100.50	100.50	0.13	7 S ECC	-	-	-	-
17 Trave_17	OK IPE180	S 355	135.92	491.16	0.26	3 Q	0.77	27 SLD 0.3 * X 1 *	0.03	3 Q
18 Trave_18	OK IPE180	S 355	134.10	484.60	0.40	3 Q	0.00	3 Q	0.03	3 Q
19 Barra_19	OK IPE180	S 355	7.88	28.48	0.06	3 Q	-	-	-	-
20 Barra_20	OK TRON88x5	S 355	33.46	33.46	0.00	7 S ECC	-	-	-	-
21 Barra_21	OK IPE180	S 355	29.99	108.38	0.00	7 S ECC	-	-	-	-
22 Barra_22	OK TRON88x5	S 355	61.05	61.05	0.03	7 S ECC	-	-	-	-
23 Barra_23	OK TRON88x5	S 355	47.26	47.26	0.00	7 S ECC	-	-	-	-
24 Barra_24	OK TRON88x5	S 355	85.81	85.81	0.10	7 S ECC	-	-	-	-
25 Barra_25	OK TRON88x5	S 355	89.98	89.98	0.01	7 S ECC	-	-	-	-
26 Barra_26	OK TRON88x5	S 355	112.16	112.16	0.24	7 S ECC	-	-	-	-
27 Barra_27	OK TRON88x5	S 355	103.46	103.46	0.15	7 S ECC	-	-	-	-
28 Trave_28	OK IPE180	S 355	39.90	144.19	0.01	7 S ECC	0.00	44 Sismica NTC 200	0.00	7 S ECC
29 Trave_29	OK IPE180	S 355	40.33	145.76	0.01	7 S ECC	0.00	44 Sismica NTC 200	0.00	7 S ECC
30 Trave_30	OK IPE180	S 355	40.15	145.08	0.01	7 S ECC	0.00	27 SLD 0.3 * X 1 *	0.00	7 S ECC
31 Trave_31	OK IPE180	S 355	40.01	144.58	0.01	7 S ECC	0.00	44 Sismica NTC 200	0.00	7 S ECC

Relazione e calcolo delle Strutture

**NORMA:** UNI-EN 1993-1:2005/NA:2007/AC:2009, Eurocode 3: Design of steel structures.  
**TIPO DI ANALISI:** Verifica delle barre

**GRUPPO:**

**BARRA:** 8 Barra\_8

**PUNTO:** 1

**COORDINATA:**  $x = 0.00$   $L = 0.00$  m

**CARICHI:**

Condizione di carico decisiva: 3 Q

**MATERIALE:**

S 355 ( S 355 )  $f_y = 355.00$  MPa



**PARAMETRI DELLA SEZIONE: IPE180**

$h=18.0$ cm	$gM0=1.05$	$gM1=1.05$	
$b=9.1$ cm	$A_y=16.21$ cm <sup>2</sup>	$A_z=11.25$ cm <sup>2</sup>	$A_x=23.95$ cm <sup>2</sup>
$tw=0.5$ cm	$I_y=1316.96$ cm <sup>4</sup>	$I_z=100.85$ cm <sup>4</sup>	$I_x=4.90$ cm <sup>4</sup>
$tf=0.8$ cm	$W_{ply}=166.42$ cm <sup>3</sup>	$W_{plz}=34.60$ cm <sup>3</sup>	

**AZIONI INTERNE E CARICO LIMITE:**

$N_{Ed} = 47.20$  kN

$N_{c,Rd} = 809.65$  kN

$N_{b,Rd} = 758.43$  kN

Classe della sezione = 2

**PARAMETRI DI SVERGOLAMENTO:**



rispetto all'asse y:

$L_y = 0.58$  m  $Lam_y = 0.10$   
 $L_{cr,y} = 0.58$  m  $X_y = 1.00$   
 $Lam_y = 7.88$



rispetto all'asse z:

$L_z = 0.58$  m  $Lam_z = 0.37$   
 $L_{cr,z} = 0.58$  m  $X_z = 0.94$   
 $Lam_z = 28.48$

**FORMULE DI VERIFICA:**

**Controllo di resistenza della sezione:**

$N_{Ed}/N_{c,Rd} = 0.06 < 1.00$  (6.2.4.(1))

**Controllo della stabilità globale della barra:**

$Lambda_y = 7.88 < Lambda_{max} = 210.00$   $Lambda_z = 28.48 < Lambda_{max} = 210.00$  STABILE

$N_{Ed}/N_{b,Rd} = 0.06 < 1.00$  (6.3.1.1.(1))

**Profilato corretto !!!**

Relazione e calcolo delle Strutture

**NORMA:** UNI-EN 1993-1:2005/NA:2007/AC:2009, Eurocode 3: Design of steel structures.  
**TIPO DI ANALISI:** Verifica delle barre

**GRUPPO:**

**BARRA:** 5 Trave\_5

**PUNTO:** 1

**COORDINATA:** x=0.78 L=2.33 m

**CARICHI:**

Condizione di carico decisiva: 3 Q

**MATERIALE:**

S 355 (S 355)  $f_y = 355.00$  MPa



**PARAMETRI DELLA SEZIONE: IPE140**

h=14.0 cm	gM0=1.05	gM1=1.05	
b=7.3 cm	Ay=11.15 cm <sup>2</sup>	Az=7.64 cm <sup>2</sup>	Ax=16.43 cm <sup>2</sup>
tw=0.5 cm	Iy=541.22 cm <sup>4</sup>	Iz=44.92 cm <sup>4</sup>	Ix=2.54 cm <sup>4</sup>
tf=0.7 cm	Wply=88.35 cm <sup>3</sup>	Wplz=19.25 cm <sup>3</sup>	

**AZIONI INTERNE E CARICO LIMITE:**

N <sub>Ed</sub> = 0.17 kN	My <sub>Ed</sub> = 0.28 kN*m	Mz <sub>Ed</sub> = -0.00 kN*m	Vy <sub>Ed</sub> = -0.03 kN
Nc,Rd = 555.36 kN	My <sub>Ed,max</sub> = 0.37 kN*m	Mz <sub>Ed,max</sub> = -0.01 kN*m	Vy,T,Rd = 217.69 kN
Nb,Rd = 555.36 kN	My,c,Rd = 29.87 kN*m	Mz,c,Rd = 6.51 kN*m	Vz <sub>Ed</sub> = -1.30 kN
	MN <sub>y,Rd</sub> = 29.87 kN*m	MN <sub>z,Rd</sub> = 6.51 kN*m	Vz,T,Rd = 149.17 kN
	Mb,Rd = 10.83 kN*m		Tt <sub>Ed</sub> = 0.00 kN*m
			Classe della sezione = 1



z = 1.00  
 Lcr,upp = 2.99 m

**PARAMETRI D'INSTABILITA' FLESSO-TORSIONALE:**

Mcr = 14.90 kN*m	Curva <sub>LT</sub> - b	XLT = 0.36
Lam <sub>LT</sub> = 1.45	fi <sub>LT</sub> = 1.76	XLT <sub>mod</sub> = 0.36

**FORMULE DI VERIFICA:**

**Controllo di resistenza della sezione:**

$$N_{Ed}/N_{c,Rd} = 0.00 < 1.00 \quad (6.2.4.(1))$$

$$(M_{y,Ed}/M_{N,y,Rd})^{2.00} + (M_{z,Ed}/M_{N,z,Rd})^{1.00} = 0.00 < 1.00 \quad (6.2.9.1.(6))$$

$$V_{y,Ed}/V_{y,T,Rd} = 0.00 < 1.00 \quad (6.2.6-7)$$

$$V_{z,Ed}/V_{z,T,Rd} = 0.01 < 1.00 \quad (6.2.6-7)$$

$$\tau_{y,Ed}/(f_y/(\sqrt{3} \cdot gM0)) = 0.00 < 1.00 \quad (6.2.6)$$

$$\tau_{z,Ed}/(f_y/(\sqrt{3} \cdot gM0)) = 0.00 < 1.00 \quad (6.2.6)$$

**Controllo della stabilità globale della barra:**

$$M_{y,Ed,max}/M_{b,Rd} = 0.03 < 1.00 \quad (6.3.2.1.(1))$$

$$N_{Ed}/(X_y \cdot N_{Rk}/gM1) + k_{yy} \cdot M_{y,Ed,max}/(XLT \cdot M_{y,Rk}/gM1) + k_{yz} \cdot M_{z,Ed,max}/(M_{z,Rk}/gM1) = 0.04 < 1.00 \quad (6.3.3.(4))$$

$$N_{Ed}/(X_z \cdot N_{Rk}/gM1) + k_{zy} \cdot M_{y,Ed,max}/(XLT \cdot M_{y,Rk}/gM1) + k_{zz} \cdot M_{z,Ed,max}/(M_{z,Rk}/gM1) = 0.04 < 1.00 \quad (6.3.3.(4))$$

**SPOSTAMENTI LIMITE**



**Flessioni**

$$u_y = 0.0 \text{ cm} < u_{y,max} = L/200.00 = 1.5 \text{ cm}$$

Verifica effettuata

Condizione di carico decisiva: 3 Q

$$u_z = 0.0 \text{ cm} < u_{z,max} = L/200.00 = 1.5 \text{ cm}$$

Verifica effettuata

Condizione di carico decisiva: 3 Q



**Spostamenti** Analisi non effettuata

**Profilato corretto !!!**

Relazione e calcolo delle Strutture

**NORMA:** UNI-EN 1993-1:2005/NA:2007/AC:2009, Eurocode 3: Design of steel structures.

**TIPO DI ANALISI:** Verifica delle barre

**GRUPPO:**

**BARRA:** 9 Barra\_9

**PUNTO:** 3

**COORDINATA:**  $x = 1.00$   $L = 0.99$  m

**CARICHI:**

Condizione di carico decisiva: 7 S ECC

**MATERIALE:**

S 355 ( S 355 )  $f_y = 355.00$  MPa



**PARAMETRI DELLA SEZIONE: TRON88x5**

$h = 8.9$  cm

$gM0 = 1.05$

$gM1 = 1.05$

$t_w = 0.5$  cm

$A_y = 8.39$  cm<sup>2</sup>

$A_z = 8.39$  cm<sup>2</sup>

$A_x = 13.18$  cm<sup>2</sup>

$I_y = 116.37$  cm<sup>4</sup>

$I_z = 116.37$  cm<sup>4</sup>

$I_x = 232.75$  cm<sup>4</sup>

$W_{ply} = 35.24$  cm<sup>3</sup>

$W_{plz} = 35.24$  cm<sup>3</sup>

**AZIONI INTERNE E CARICO LIMITE:**

$N_{Ed} = -1.74$  kN

$N_{t,Rd} = 445.58$  kN

Classe della sezione = 1

**FORMULE DI VERIFICA:**

Controllo di resistenza della sezione:

$N_{Ed}/N_{t,Rd} = 0.00 < 1.00$  (6.2.3.(1))

**Profilato corretto !!!**

## 14.2 Solai

Dalle analisi condotte sui nuovi elementi strutturali primari identificabili come solai, sono stati calcolati e verificati mediante l'analisi della tipologia di solaio adottata, un solaio in lamiera grecata con lamiera tipo A75/P570, di spessore lamiera 15 mm altezza lamiera 75mm e soletta di completamento per una altezza di 12 cm, armata in entrambe le direzione nel piano orizzontale secondo gli assi ortogonale e parallelo alla direzione della grecatura della lamiera, a creare un pacchetto solaio di altezza totale pari a 22,5 cm. I materiali impiegati sono per la lamiera grecata l'acciaio s355, per il calcestruzzo il C28/35 e per le barre di armatura della soletta di completamento l'acciaio B450C.

Si riporta uno stralcio di un documento di letteratura da cui si evince che per i carichi in gioco le tipologie strutturali risultano verificate:



Relazione e calcolo delle Strutture

### 14.3 CONSIDERAZIONI PRELIMINARI IN MERITO AGLI SPOSTAMENTI DEL CORPO B

Dalle analisi preliminari effettuate risulta che le verifiche dei limiti di spostamento verticale e orizzontale per le strutture del corpo A risultano soddisfatte, come si evince dai valori riportati nella tabella che segue:

	UX (cm)	UY (cm)	UZ (cm)	RX (Rad)	RY (Rad)	RZ (Rad)
<b>MAX</b>	0,0	3,9	0,2	0,002	0,001	0,012
<b>Nodo</b>	33	30	467	17	227	17
<b>Condiz.</b>	3	27 (C) (CQC)	4	27 (C) (CQC)	4	27 (C) (CQC)
<b>Modo</b>						
<b>MIN</b>	-0,0	-3,9	-0,2	-0,002	-0,001	-0,012
<b>Nodo</b>	20	30	374	17	5	17
<b>Condiz.</b>	4	29 (C) (CQC)	3	29 (C) (CQC)	4	29 (C) (CQC)
<b>Modo</b>						

Infine, dalle verifiche preliminari eseguite sulle strutture esistenti interessate dalla realizzazione delle nuove strutture del corpo risulterebbe sufficienti gli elementi di rinforzo condivisi con il corpo A e già predimensionati nei paragrafi precedenti.