

MILANOSPORT S.P.A.

PALAISEO  
VIA ISEO 10 - 20161 MILANO

**PALAZZETTO DELLO SPORT  
RIFUNZIONALIZZAZIONE**

**PROGETTO ESECUTIVO**



**DIRETTORE TECNICO  
ARCH. STEFANO PEDULLA'**

**R4M** engineering

Progetto e D.L. strutture  
ing. Massimo Panizza

R4M engineering srl  
Milano - Roma

Sede di Milano via Giorgio Giulini 2 20123  
t +39 02 899.190.39 f +39 02 400.434.57

mail [info@r4mengineering.com](mailto:info@r4mengineering.com)  
pec [r4mengineering@legalmail.it](mailto:r4mengineering@legalmail.it)  
[www.r4mengineering.com](http://www.r4mengineering.com)

ELABORATO

**RELAZIONE DI CALCOLO DELLE STRUTTURE**

**ER01**

**SCALA:**

**30.07.2013**

# INDICE

<b>1.</b>	<b>INTRODUZIONE .....</b>	<b>2</b>
1.1.	NUOVA SOLETTA .....	2
1.2.	POSTAZIONE DISABILI E NUOVI GRADINI .....	3
<b>2.</b>	<b>NORMATIVA.....</b>	<b>4</b>
<b>3.</b>	<b>MATERIALI .....</b>	<b>4</b>
3.1.	CALCESTRUZZI.....	5
3.2.	ACCIAIO PER C.A.....	5
<b>4.</b>	<b>DEFINIZIONE DEI CARICHI .....</b>	<b>5</b>
4.1.	SOLAIO PIANO PRIMO .....	5
4.1.1.	Pesi propri e permanenti .....	5
4.1.2.	Sovraccarichi variabili .....	5
<b>5.</b>	<b>CRITERI DI VERIFICA.....</b>	<b>6</b>
5.1.	STATO LIMITE ULTIMO .....	6
5.2.	STATO LIMITE DI ESERCIZIO.....	6
5.3.	VALORE DEI COEFFICIENTI .....	7
<b>6.</b>	<b>SOFTWARE.....</b>	<b>7</b>
<b>7.</b>	<b>VERIFICHE NUOVO SOLAIO .....</b>	<b>8</b>
7.1.	SOLAIO IN LATEROCEMENTO (DUE CAMPATE L=5,50 M).....	8
7.1.1.	Verifiche agli S.L.U. ....	8
7.1.2.	Verifiche agli S.L.E. ....	9
7.2.	SOLAIO IN LATEROCEMENTO (UNA CAMPATA L=3,95 M).....	10
7.2.1.	Verifiche agli S.L.U. ....	10
7.3.	TRAVE T1 .....	11
7.3.1.	Verifiche agli S.L.U. ....	11
7.3.2.	Verifiche agli S.L.E. ....	11
7.4.	TRAVE T2 .....	13
7.4.1.	Verifiche agli S.L.U. ....	13
7.4.2.	Verifiche agli S.L.E. ....	13
7.5.	TRAVE T3 .....	15
7.5.1.	Verifiche agli S.L.U. ....	15
7.5.2.	Verifiche agli S.L.E. ....	15

# 1. INTRODUZIONE

La presente relazione di calcolo riguarda le opere strutturali relative alla ristrutturazione dell'edificio Palaiseo, in via Iseo 10, Milano.

In particolare sono previsti i seguenti interventi strutturali:

- realizzazione di nuova soletta al piano primo;
- realizzazione di postazione per disabili sulle gradinate esistenti;
- sostituzione dei gradini esistenti di larghezza 100 cm con nuovi gradini in c.a. di larghezza 120 cm.

La realizzazione della nuova soletta prevede la demolizione di alcune porzioni della soletta e delle travi esistenti e la costruzione di nuove travi in c.a. direttamente appoggiate sui pilastri esistenti. I nuovi campi di solaio sono in laterocemento, di spessore 25 cm (20+5 cm).

## 1.1. NUOVA SOLETTA

La realizzazione della nuova soletta prevede la demolizione di alcune porzioni della soletta e delle travi esistenti e la costruzione di nuove travi in c.a. direttamente appoggiate sui pilastri esistenti.

I nuovi campi di solaio sono in laterocemento, di spessore 25 cm (20+5 cm).

Nella figura seguente sono riportate le piante del solaio con le demolizioni e i nuovi elementi strutturali.

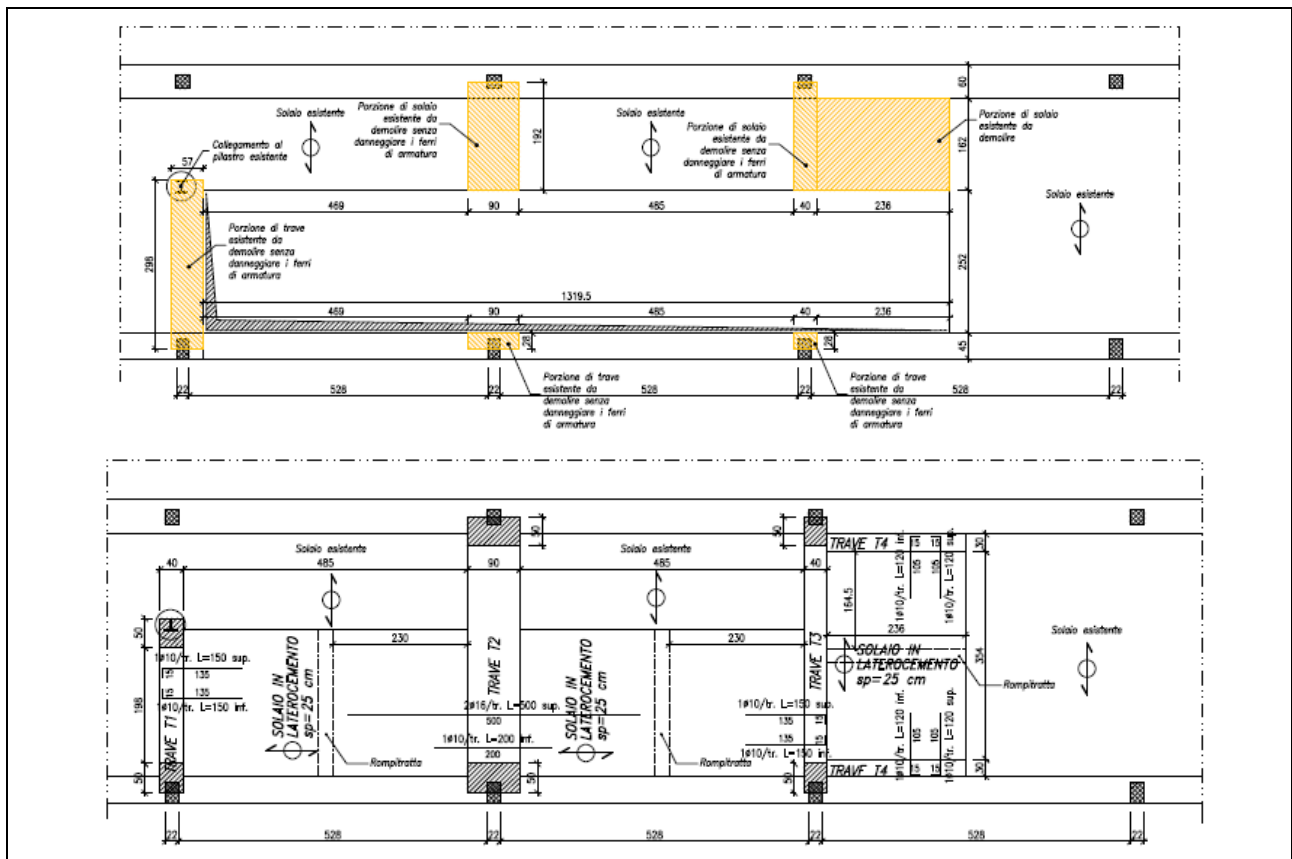


Figura 1 – Pianta demolizioni e nuovo solaio

Le strutture esistenti sono state rilevate durante un sopralluogo e, mediante alcuni assaggi, sono state individuate le armature delle travi e dei pilastri.



*Figura 2 – Assaggi sulle strutture esistenti*

La struttura esistente è costituita da travi e pilastri in c.a., con campate di circa 5,5 m.

Gli interventi per la realizzazione del nuovo solaio riguardano una porzione molto limitata della costruzione e non comportano variazioni significative dei carichi sulle strutture esistenti.

Lo schema statico adottato per la nuova soletta prevede la realizzazione di travi direttamente appoggiate sui pilastri, senza che i nuovi carichi interessino le travi esistenti.

Il nuovo solaio ha uno schema statico su due campate di circa 5,5 m, con due travi di bordo, T1 e T3, di luce pari a circa 3,0 e 4,7 m rispettivamente e una trave di spina (T3) con luce di 4,7 m.

Le travi sono in spessore di solaio, con altezza di 25 cm.

L'ultima porzione del nuovo solaio viene invece ordita parallelamente al solaio esistente, collegando il solaio alle travi, già caricate da quello esistente. Per realizzare questo campo di solaio, è prevista la demolizione del tratto di soletta esistente a sbalzo.

La demolizione delle porzioni di travi esistenti, necessaria per la posa delle armature delle nuove travi, dovrà comunque preservare le armature presenti nelle travi.

Le porzioni di travi demolite verranno ricostruite mediante calcestruzzo con additivi antiritiro, per limitare le fessurazioni tra il calcestruzzo esistente e quello delle nuove travi.

## **1.2. POSTAZIONE DISABILI E NUOVI GRADINI**

### **a) Postazione disabili**

E' previsto un allargamento del solaio esistente verso la tribuna per la creazione di una postazione per disabili. Il basamento viene realizzato mediante un getto di calcestruzzo con casseri in polipropilene (igliù) di altezza pari a 35 cm, di dimensioni in pianta pari a circa 3,6×1,12 m, sopra la tribuna esistente.

Considerando il relativo peso proprio, si ottiene un sovraccarico sulla tribuna di circa 300 daN/m<sup>2</sup>. Anche considerando la ripartizione trasversale, il nuovo sovraccarico non determina variazioni rilevanti sulla statica della tribuna.

### **b) Nuovi gradini**

I gradini esistenti, di larghezza 100 cm, saranno demoliti e sostituiti con nuovi gradini in c.a. di larghezza pari a 120 cm.

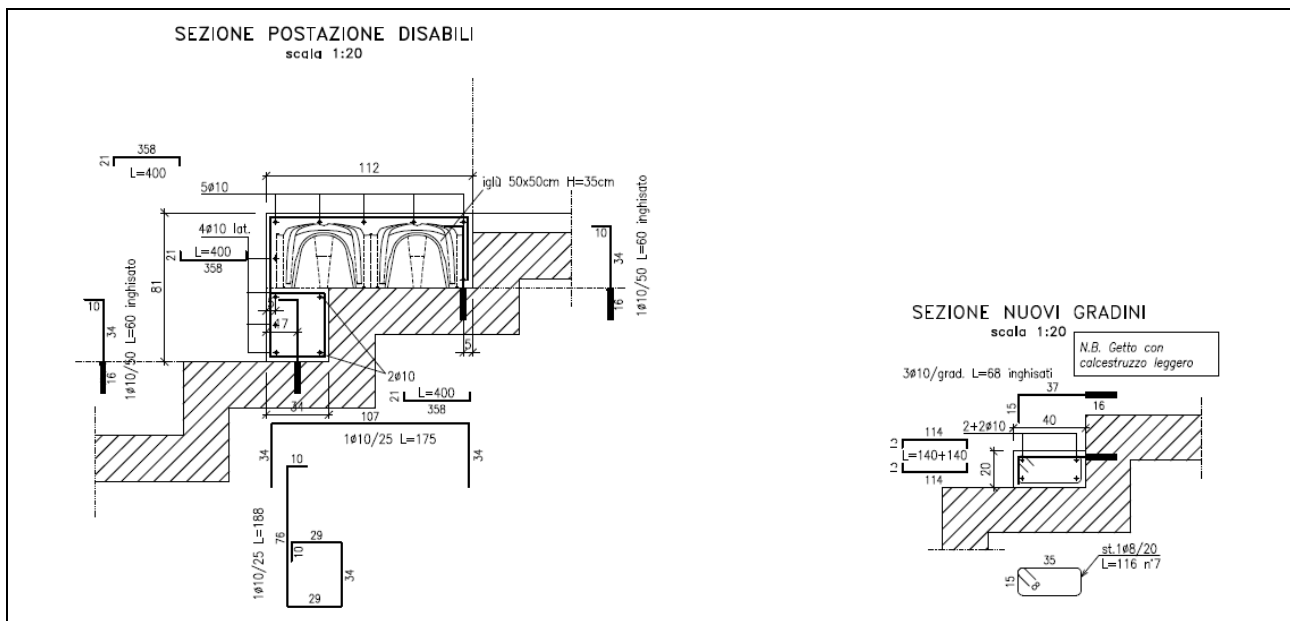


Figura 3 – Sezione della postazione disabili e dei nuovi gradini

## 2. NORMATIVA

- LEGGE 05/11/1971 n°1086:  
Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato normale e precompresso ed a struttura metallica
- D.M. 14/01/2008:  
Norme tecniche per le costruzioni (in seguito NTC2008)
- Circolare 02/02/2009 n. 617/C.S.LL.PP  
Istruzioni per l'applicazione delle «Nuove norme tecniche per le costruzioni» di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008

## 3. MATERIALI

I materiali utilizzati sono indicati sui disegni esecutivi e sulla relazione illustrativa dei materiali, da considerarsi integrativi della presente relazione.

Nel calcolo sono stati considerati i seguenti materiali, di cui si riportano le principali caratteristiche meccaniche.

### 3.1. CALCESTRUZZI

In Tabella 1 vengono mostrate le caratteristiche dei calcestruzzi adottati nel progetto.

elemento strutturale	classe esposizione ambientale	classe resistenza a compressione	A/C max	contenuto min. di cemento (kg/m <sup>3</sup> )	D max (mm)	classe di consistenza getto	classe di contenuto cloruri	classe resistenza cemento	copriferro minimo (mm)
Solaio e travi, gradini e postazione disabili	XC1	C25/30	0,55	300	20	S4	Cl 0,20	32,5 R	25

Tabella 1 - Specifiche dei calcestruzzi previsti a progetto.

### 3.2. ACCIAIO PER C.A.

Per tutto l'acciaio per c.a. è prevista la classe **B450C** (ex FeB44K) controllato in stabilimento, per il quale vengono assunti i seguenti valori delle principali caratteristiche meccaniche:

- tensione di snervamento caratteristica:  $f_{yk} = 450,0$  MPa
- tensione di snervamento di progetto:  $f_{yd} = 319,3$  MPa

Per le reti elettrosaldate è prevista la classe **B450A**.

## 4. DEFINIZIONE DEI CARICHI

### 4.1. SOLAIO PIANO PRIMO

#### 4.1.1. *Pesi propri e permanenti*

Strutture in calcestruzzo armato pieno

$$\gamma_{cls} = 25 \text{ kN/m}^3$$

Peso proprio solaio in laterocemento (20+5cm)

$$g_1 = 3,20 \text{ kN/m}^2$$

Sovraccarico permanente soletta:

$$g_2 = 2,50 \text{ kN/m}^2$$

#### 4.1.2. *Sovraccarichi variabili*

Sovraccarico variabile uniformemente distribuito (categoria C3):

$$q_1 = 5,0 \text{ kN/m}^2$$

## 5. CRITERI DI VERIFICA

Le azioni agenti sulla struttura sono combinate in base al D.M. 14 gennaio 2008 “Norme tecniche per le costruzioni”.

Si riportano di seguito le espressioni generiche delle combinazioni di carico nel caso di verifiche allo Stato Limite Ultimo e Stato Limite di Esercizio.

In accordo alla normativa, al paragrafo 2.5.1.3, vengono assunte le seguenti definizioni:

$G_1$  = peso proprio di tutti gli elementi strutturali

$G_2$  = peso proprio di tutti gli elementi non strutturali

$P$  = azione della pretensione e precompressione

$Q_{k1}$  = azioni variabili di base

$Q_{ki}$  = azioni variabili tra loro indipendenti

$A$  = azioni che si verificano solo eccezionalmente (incendi, esplosioni, urti e impatti)

### 5.1. STATO LIMITE ULTIMO

Si riporta di seguito l'espressione di riferimento per combinazioni di carico allo stato limite ultimo, senza sisma

$$F_d = \gamma_{G1} \times G_1 + \gamma_{G2} \times G_2 + \gamma_P \times P + \gamma_{Q1} \times Q_{k1} + \sum_{i=2}^n \gamma_{Qi} (\psi_{0i} \times Q_{ki})$$

### 5.2. STATO LIMITE DI ESERCIZIO

Le combinazioni allo stato limite di esercizio si suddividono in:

Rare 
$$F_d = G_1 + G_2 + P + Q_{k1} + \sum_{i=2}^n (\psi_{0i} \times Q_{ki})$$

Frequenti 
$$F_d = G_1 + G_2 + P + \psi_{11} \times Q_{k1} + \sum_{i=2}^n (\psi_{2i} \times Q_{ki})$$

Quasi permanenti 
$$F_d = G_1 + G_2 + P + \sum_{i=2}^n (\psi_{2i} \times Q_{ki})$$

Nelle combinazioni per SLE, si intende che vengono omissi i carichi  $Q_{ki}$  che danno un contributo favorevole ai fini delle verifiche e, se nel caso, i carichi  $G_2$ .

### 5.3. VALORE DEI COEFFICIENTI

Nelle espressioni delle combinazioni dei paragrafi precedenti i coefficienti assumono i seguenti valori indicati nelle seguenti tabelle.

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

coeff.	fav./sfav.	EQU	STR	GEO	
$\Psi_{G1}$	favorevoli	0,9	1,0	1,0	Carichi permanenti
	sfavorevoli	1,1	1,3	1,0	
$\Psi_{G2}$	favorevoli	0,0	0,0	0,0	Carichi permanenti non strutturali <sup>(1)</sup>
	sfavorevoli	1,5	1,5	1,3	
$\Psi_{Qi}$	favorevoli	0,0	0,0	0,0	Carichi variabili
	sfavorevoli	1,5	1,5	1,3	

dove per le verifiche per lo stato limite ultimo si distinguono:

EQU: stato limite di equilibrio come corpo rigido

STR: stato limite di resistenza della struttura compresi gli elementi di fondazione

GEO: stato limite di resistenza del terreno

<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.

## 6. SOFTWARE

Il calcolo delle sollecitazioni negli elementi riconducibili a schema di trave è eseguito con il programma Tci dell'ing. Alberto Ferrari.

Le verifiche sezionali sono state effettuate con l'ausilio del programma Ver c.a. dello Studio Software AMV S.r.l. - Via San Lorenzo, 106 - Ronchi dei Legionari (GO).



## 7. VERIFICHE NUOVO SOLAIO

Si riportano nel seguito le verifiche dei principali elementi strutturali.

### 7.1. SOLAIO IN LATEROCEMENTO (DUE CAMPATE L=5,50 M)

La prima soletta viene analizzata con uno schema di calcolo di trave continua su due campate di luce pari a 5,5 m.

#### 7.1.1. Verifiche agli S.L.U.

Si riportano gli schemi di calcolo e le relative sollecitazioni.

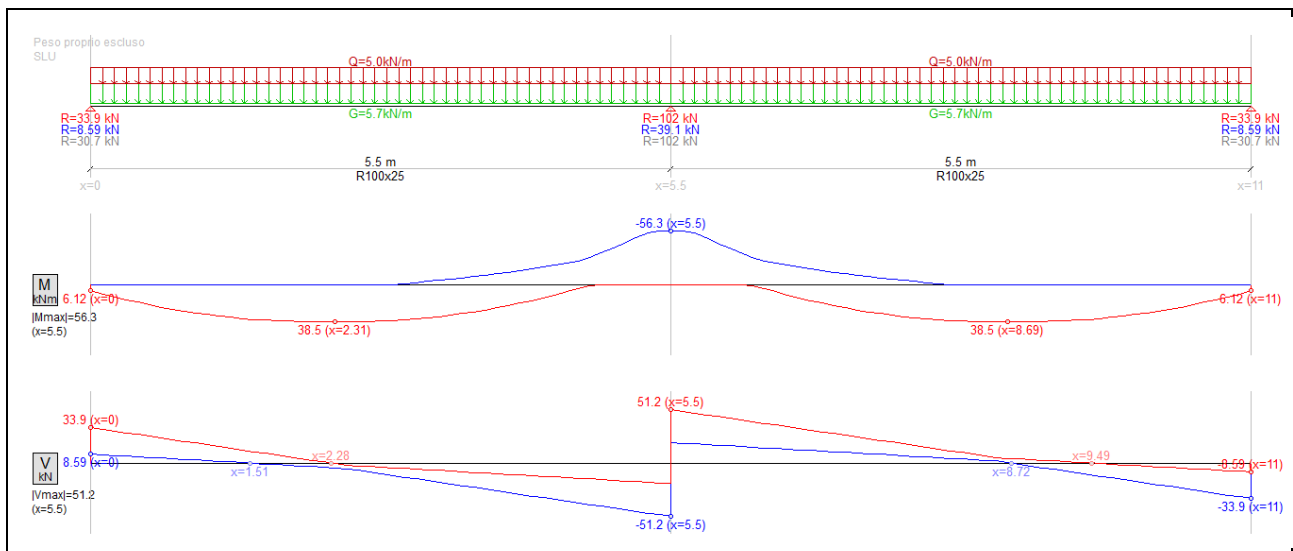


Figura 4 - Schema di calcolo e sollecitazioni calcolate nella soletta (S.L.U.).

Le sollecitazioni agenti allo S.L.U. per metro di soletta risultano quindi:

$$M_{Ed}^+ = 38,5 \text{ kNm}$$

$$M_{Ed}^- = -56,3 \text{ kNm}$$

$$V_{Ed} = 43 \text{ kN (limite campo alleggerito)}$$

I valori resistenti di momento flettente e taglio risultano:

$$M_{Rd}^+ = 51,5 \text{ kNm (} 2\text{Ø16/tr. superiori)}$$

La verifica risulta soddisfatta (I.R. 0,75)

$$M_{Rd}^- = -62,0 \text{ kNm (} 2\text{Ø14/tr. inferiori)}$$

La verifica risulta soddisfatta (I.R. 0,90)

$$V_{Rd} = 43,7 \text{ kN}$$

La verifica risulta soddisfatta (I.R. 0,98)

### 7.1.2. Verifiche agli S.L.E.

Si considerano i precedenti schemi di carico nelle seguenti tre combinazioni, per le verifiche delle tensioni in esercizio e per le verifiche di fessurazione, caratterizzate da differenti valori del fattore moltiplicativo dei sovraccarichi variabili:

- comb. rara:  $\psi = 1,0$
- comb. frequente:  $\psi = 0,7$
- comb. quasi permanente:  $\psi = 0,6$

I massimi momenti flettenti risultano quindi:

$$\begin{array}{ll} M_{E,rara}^- = -40,0 \text{ kNm} & M_{E,rara}^+ = 26,4 \text{ kNm} \\ M_{E,freq}^- = -34,7 \text{ kNm} & M_{E,freq}^+ = 22,1 \text{ kNm} \\ M_{E,q.p.}^- = -32,8 \text{ kNm} & M_{E,q.p.}^+ = 20,7 \text{ kNm} \end{array}$$

#### Verifica delle tensioni in esercizio

In combinazione di carico rara le tensioni di calcolo nei materiali risultano:

$$\begin{array}{lll} M_{E,rara}^- = -40,0 \text{ kNm} & & \\ \sigma_c = -11,2 \text{ N/mm}^2 & < 0,60 f_{ck} = 15 \text{ N/mm}^2 \\ \sigma_s = 253 \text{ N/mm}^2 & < 0,80 f_{yk} = 360 \text{ N/mm}^2 \\ M_{E,rara}^+ = 26,4 \text{ kNm} & & \\ \sigma_c = -4,52 \text{ N/mm}^2 & < 0,60 f_{ck} = 15 \text{ N/mm}^2 \\ \sigma_s = 208 \text{ N/mm}^2 & < 0,80 f_{yk} = 360 \text{ N/mm}^2 \end{array}$$

La verifica risulta soddisfatta.

In combinazione di carico quasi permanente le tensioni di calcolo nei materiali risultano:

$$\begin{array}{lll} M_{E,q.p.}^- = -32,8 \text{ kNm} & & \\ \sigma_c = -9,44 \text{ N/mm}^2 & < 0,45 f_{ck} = 11,3 \text{ N/mm}^2 \\ \sigma_s = 207 \text{ N/mm}^2 & < 0,80 f_{yk} = 360 \text{ N/mm}^2 \\ M_{E,q.p.}^+ = 20,7 \text{ kNm} & & \\ \sigma_c = -3,50 \text{ N/mm}^2 & < 0,45 f_{ck} = 11,3 \text{ N/mm}^2 \\ \sigma_s = 163 \text{ N/mm}^2 & < 0,80 f_{yk} = 360 \text{ N/mm}^2 \end{array}$$

La verifica risulta soddisfatta.

#### Verifica di fessurazione

Si possono considerare condizioni ambientali *ordinarie* per le verifiche dell'apertura delle fessure.

L'apertura delle fessure risulta:

- in combinazione frequente:  $w_d = 0,18 \text{ mm} < w_3 = 0,40 \text{ mm}$
- in combinazione quasi permanente:  $w_d = 0,17 \text{ mm} < w_2 = 0,30 \text{ mm}$

Le verifiche risultano soddisfatte.

## 7.2. SOLAIO IN LATEROCEMENTO (UNA CAMPATA L=3,95 M)

La seconda soletta viene analizzata con uno schema di calcolo di trave in semplice appoggio su una campata di luce 3,95 m.

### 7.2.1. Verifiche agli S.L.U.

Si riportano gli schemi di calcolo e le relative sollecitazioni.

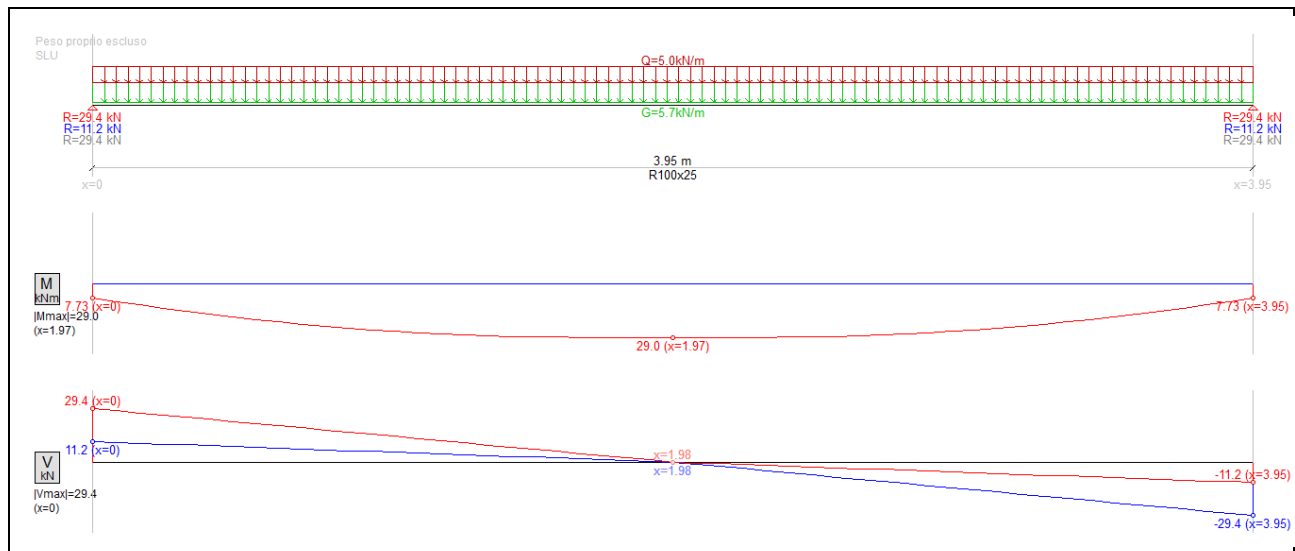


Figura 5 - Schema di calcolo e sollecitazioni calcolate nella soletta (S.L.U.).

Le sollecitazioni agenti allo S.L.U. per metro di soletta risultano quindi:

$$M_{\text{Ed}}^+ = 29,0 \text{ kNm}$$

$$V_{\text{Ed}} = 27,0 \text{ kN (limite campo alleggerito)}$$

I valori resistenti di momento flettente e taglio risultano:

$$M_{\text{Rd}}^+ = 51,5 \text{ kNm (} 2\emptyset 14/\text{tr. inferiori)}$$

La verifica risulta soddisfatta (I.R. 0,57)

$$V_{\text{Rd}} = 43,7 \text{ kN}$$

La verifica risulta soddisfatta (I.R. 0,63)

### 7.3. TRAVE T1

Si considera uno schema statico di trave in semplice appoggio su una luce di 3,0 m, soggetta ai carichi ottenuti come reazione massima per l'appoggio laterale del solaio su due campate studiato in precedenza.

#### 7.3.1. Verifiche agli S.L.U.

Si riportano gli schemi di calcolo e le relative sollecitazioni.

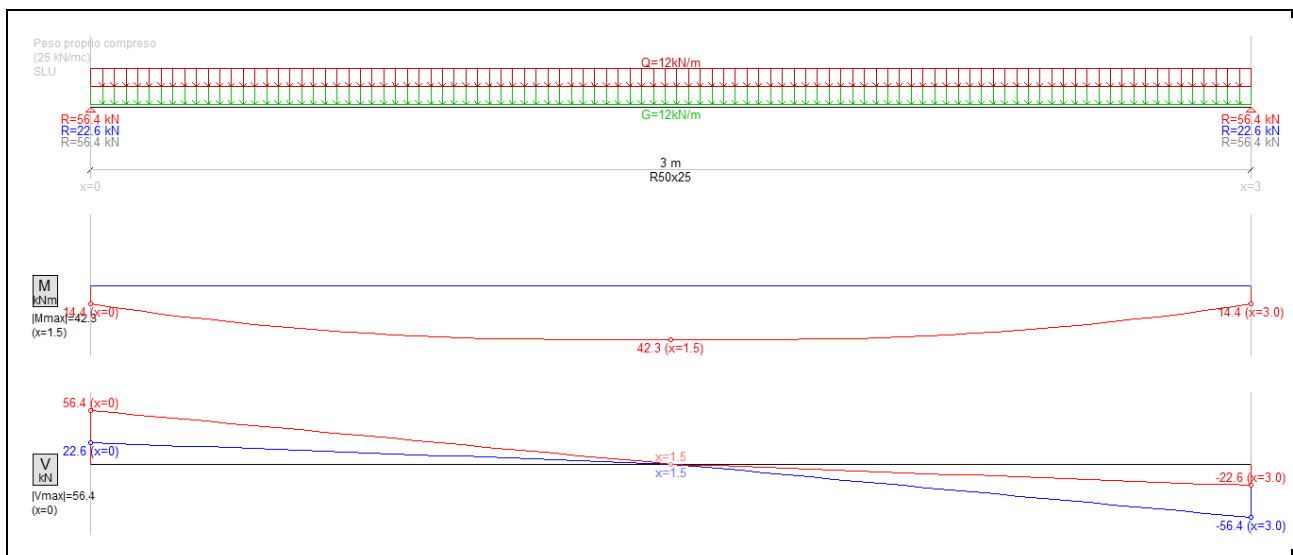


Figura 6 - Schema di calcolo e sollecitazioni calcolate nella soletta (S.L.U.).

Le sollecitazioni agenti allo S.L.U. risultano quindi:

$$M_{Ed} = 42,3 \text{ kNm}$$

$$V_{Ed} = 56,4 \text{ kN}$$

La trave (sezione 40×25 cm) è armata con 4Ø16 inferiori e 2Ø16 superiori, con staffe Ø8/15 cm; i valori resistenti di momento flettente e taglio risultano:

$$M_{Rd} = 57,8 \text{ kNm}$$

La verifica risulta soddisfatta (I.R. 0,73)

$$V_{Rd} = 124 \text{ kN}$$

La verifica risulta soddisfatta (I.R. 0,45)

#### 7.3.2. Verifiche agli S.L.E.

Si considerano i precedenti schemi di carico nelle seguenti tre combinazioni, per le verifiche delle tensioni in esercizio e per le verifiche di fessurazione, caratterizzate da differenti valori del fattore moltiplicativo dei sovraccarichi variabili:

- comb. rara:  $\psi = 1,0$
- comb. frequente:  $\psi = 0,7$
- comb. quasi permanente:  $\psi = 0,6$

I massimi momenti flettenti risultano quindi:

$$M_{E,rara} = 30,5 \text{ kNm}$$

$$M_{E,freq} = -26,4 \text{ kNm}$$

$$M_{E,q.p.} = 25,1 \text{ kNm}$$

#### Verifica delle tensioni in esercizio

In combinazione di carico rara le tensioni di calcolo nei materiali risultano:

$$\sigma_c = -8,8 \text{ N/mm}^2 < 0,60 f_{ck} = 15 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_s = 210 \text{ N/mm}^2 < 0,80 f_{yk} = 360 \text{ N/mm}^2$$

La verifica risulta soddisfatta.

In combinazione di carico quasi permanente le tensioni di calcolo nei materiali risultano:

$$\sigma_c = -7,21 \text{ N/mm}^2 < 0,45 f_{ck} = 11,3 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_s = 173 \text{ N/mm}^2 < 0,80 f_{yk} = 360 \text{ N/mm}^2$$

La verifica risulta soddisfatta.

#### Verifica di fessurazione

Si possono considerare condizioni ambientali *ordinarie* per le verifiche dell'apertura delle fessure.

L'apertura delle fessure risulta:

- in combinazione frequente:  $w_d = 0,13 \text{ mm} < w_3 = 0,40 \text{ mm}$
- in combinazione quasi permanente:  $w_d = 0,13 \text{ mm} < w_2 = 0,30 \text{ mm}$

Le verifiche risultano soddisfatte.

## 7.4. TRAVE T2

Si considera uno schema statico di trave in semplice appoggio su una luce di 4,7 m, soggetta ai carichi ottenuti come reazioni massime per l'appoggio centrale del solaio su due campate studiato in precedenza (i carichi sono applicati solo sulla porzione di trave su cui appoggia il nuovo solaio, mentre si considerano i carichi della parte compresa nello sbalzo esistente portati dalle strutture esistenti).

### 7.4.1. Verifiche agli S.L.U.

Si riportano gli schemi di calcolo e le relative sollecitazioni.

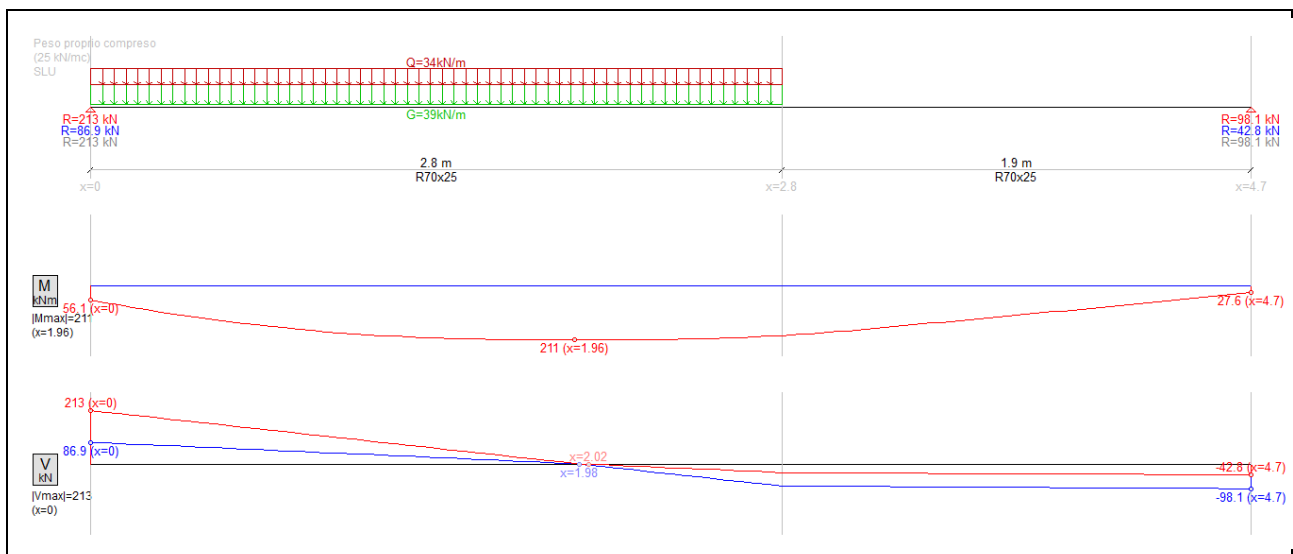


Figura 7 - Schema di calcolo e sollecitazioni calcolate nella soletta (S.L.U.).

Le sollecitazioni agenti allo S.L.U. risultano quindi:

$$M_{Ed} = 211,0 \text{ kNm}$$

$$V_{Ed} = 213,0 \text{ kN}$$

La trave (sezione 90x25 cm) è armata con 16 $\varnothing$ 16 inferiori e 7 $\varnothing$ 16 superiori, con staffe  $\varnothing$ 8/14 cm a 4 bracci; i valori resistenti di momento flettente e taglio risultano:

$$M_{Rd} = 221,5 \text{ kNm}$$

La verifica risulta soddisfatta (I.R. 0,96)

$$V_{Rd} = 265,0 \text{ kN}$$

La verifica risulta soddisfatta (I.R. 0,80)

### 7.4.2. Verifiche agli S.L.E.

Si considerano i precedenti schemi di carico nelle seguenti tre combinazioni, per le verifiche delle tensioni in esercizio e per le verifiche di fessurazione, caratterizzate da differenti valori del fattore moltiplicativo dei sovraccarichi variabili:

- comb. rara:  $\psi = 1,0$
- comb. frequente:  $\psi = 0,7$
- comb. quasi permanente:  $\psi = 0,6$

I massimi momenti flettenti risultano quindi:

$$M_{E,rara} = 152 \text{ kNm}$$

$$M_{E,freq} = 133 \text{ kNm}$$

$$M_{E,q.p.} = 126 \text{ kNm}$$

#### Verifica delle tensioni in esercizio

In combinazione di carico rara le tensioni di calcolo nei materiali risultano:

$$\sigma_c = -13,3 \text{ N/mm}^2 < 0,60 f_{ck} = 15 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_s = 260 \text{ N/mm}^2 < 0,80 f_{yk} = 360 \text{ N/mm}^2$$

La verifica risulta soddisfatta.

In combinazione di carico quasi permanente le tensioni di calcolo nei materiali risultano:

$$\sigma_c = -11,0 \text{ N/mm}^2 < 0,45 f_{ck} = 11,3 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_s = 214 \text{ N/mm}^2 < 0,80 f_{yk} = 360 \text{ N/mm}^2$$

La verifica risulta soddisfatta.

#### Verifica di fessurazione

Si possono considerare condizioni ambientali *ordinarie* per le verifiche dell'apertura delle fessure.

L'apertura delle fessure risulta:

- in combinazione frequente:  $w_d = 0,16 \text{ mm} < w_3 = 0,40 \text{ mm}$
- in combinazione quasi permanente:  $w_d = 0,15 \text{ mm} < w_2 = 0,30 \text{ mm}$

Le verifiche risultano soddisfatte.

## 7.5. TRAVE T3

Si considera uno schema statico di trave in semplice appoggio su una luce di 4,7 m, soggetta ai carichi ottenuti come reazioni massime per l'appoggio laterale del solaio su due campate studiato in precedenza (i carichi sono applicati solo sulla porzione di trave su cui appoggia il nuovo solaio, mentre si considerano i carichi della parte compresa nello sbalzo esistente portati dalle strutture esistenti).

### 7.5.1. Verifiche agli S.L.U.

Si riportano gli schemi di calcolo e le relative sollecitazioni.

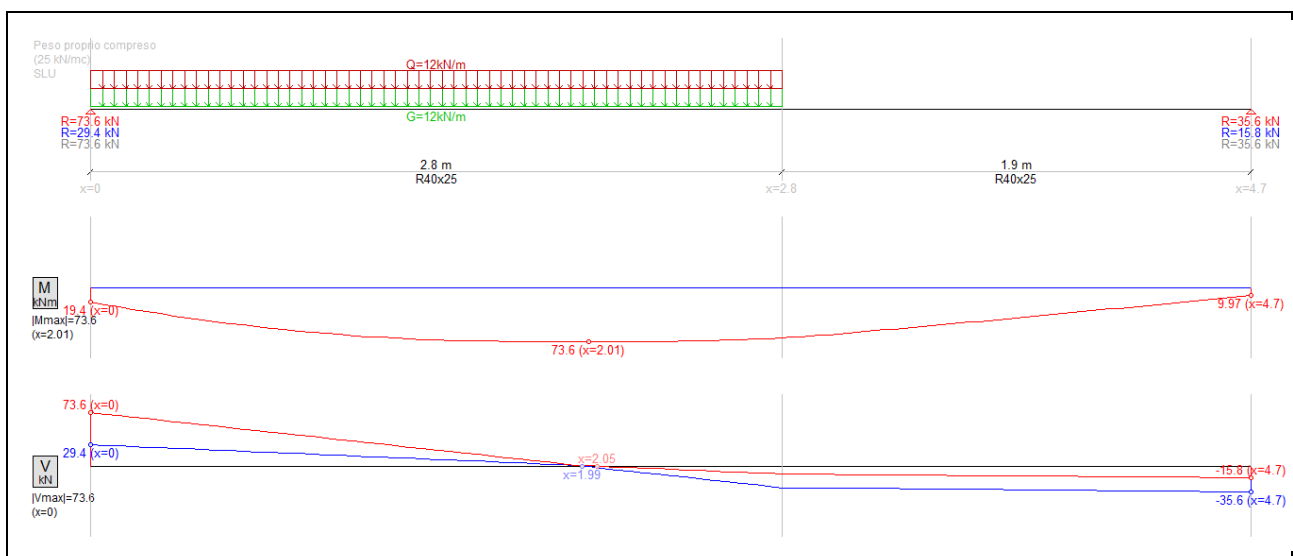


Figura 8 - Schema di calcolo e sollecitazioni calcolate nella soletta (S.L.U.).

Le sollecitazioni agenti allo S.L.U. risultano quindi:

$$M_{Ed} = 73,6 \text{ kNm}$$

$$V_{Ed} = 73,6 \text{ kN}$$

La trave (sezione 90×25 cm) è armata con 6Ø16 inferiori e 3Ø16 superiori, con staffe Ø8/15 cm; i valori resistenti di momento flettente e taglio risultano:

$$M_{Rd} = 84,0 \text{ kNm}$$

La verifica risulta soddisfatta (I.R. 0,88)

$$V_{Rd} = 124,0 \text{ kN}$$

La verifica risulta soddisfatta (I.R. 0,60)

### 7.5.2. Verifiche agli S.L.E.

Si considerano i precedenti schemi di carico nelle seguenti tre combinazioni, per le verifiche delle tensioni in esercizio e per le verifiche di fessurazione, caratterizzate da differenti valori del fattore moltiplicativo dei sovraccarichi variabili:

- comb. rara:  $\psi = 1,0$
- comb. frequente:  $\psi = 0,7$
- comb. quasi permanente:  $\psi = 0,6$



I massimi momenti flettenti risultano quindi:

$$M_{E,rara} = 53,0 \text{ kNm}$$

$$M_{E,freq} = 46,1 \text{ kNm}$$

$$M_{E,q.p.} = 43,8 \text{ kNm}$$

#### Verifica delle tensioni in esercizio

In combinazione di carico rara le tensioni di calcolo nei materiali risultano:

$$\sigma_c = -12,8 \text{ N/mm}^2 < 0,60 f_{ck} = 15 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_s = 248 \text{ N/mm}^2 < 0,80 f_{yk} = 360 \text{ N/mm}^2$$

La verifica risulta soddisfatta.

In combinazione di carico quasi permanente le tensioni di calcolo nei materiali risultano:

$$\sigma_c = -10,6 \text{ N/mm}^2 < 0,45 f_{ck} = 11,3 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_s = 205 \text{ N/mm}^2 < 0,80 f_{yk} = 360 \text{ N/mm}^2$$

La verifica risulta soddisfatta.

#### Verifica di fessurazione

Si possono considerare condizioni ambientali *ordinarie* per le verifiche dell'apertura delle fessure.

L'apertura delle fessure risulta:

- in combinazione frequente:  $w_d = 0,15 \text{ mm} < w_3 = 0,40 \text{ mm}$
- in combinazione quasi permanente:  $w_d = 0,14 \text{ mm} < w_2 = 0,30 \text{ mm}$

Le verifiche risultano soddisfatte.

---

Il Progettista delle strutture  
**dott. ing. Massimo Panizza**

Milano, 30 luglio 2013