



CITTA' DI TORINO

VICE DIREZIONE GENERALE SERVIZI TECNICI, AMBIENTE,  
EDILIZIA RESIDENZIALE PUBBLICA E SPORT  
Settore Edifici Municipali

**MANUTENZIONE STRAORDINARIA CIMITERO PARCO-CAMPO 46  
REALIZZAZIONE STRUTTURE DI COPERTURA DELLE BALCONATE**

## **RELAZIONE TECNICA STRUTTURALE**



*Progetto Architettonico:*

arch. Dario SARDI  
arch. Roberta BASSI

*Collaboratori:*

arch. Elena FRANCHI  
geom. Roberto RIZZARI

*Progetto Strutturale:*

Ing. Silvano VEDELAGO  
Mediapolis Engineering srl  
Via della Rocca 21 - 10123 Torino

*Responsabile del Procedimento*

*Dirigente Settore Tecnico :*

arch. Dario SARDI

*Coord. Sic. Progettaz./Esecuz.:*

arch. Marco MICHELOTTI

PROGETTO DEFINITIVO

Novembre 2011

## INDICE

|   |           |
|---|-----------|
| <b>PREMESSA.....</b>  | <b>3</b>  |
| <br>  |           |
| <b>PARTE A – VERIFICA STRUTTURE ESISTENTI.....</b>                  | <b>4</b>  |
| 1 GENERALITA'.....  | 4         |
| 2 ANALISI DEI CARICHI.....  | 6         |
| 2.1 COPERTURA.....  | 6         |
| 3 MATERIALI STRUTTURA ESISTENTE.....                                | 6         |
| 3.1 CALCESTRUZZO STRUTTURE ESISTENTI.....                           | 6         |
| 3.2 ACCIAIO STRUTTURE IN C.A. ESISTENTI.....                        | 6         |
| 4 VERIFICHE.....  | 7         |
| 4.1 VERIFICA TRAVE IN C.A. ESISTENTE.....                           | 7         |
| <br>  |           |
| <b>PARTE B – VERIFICA NUOVA COPERTURA.....</b>                      | <b>8</b>  |
| 5 GENERALITA'.....  | 8         |
| 5.1 DESCRIZIONE GENERALE DELL'INTERVENTO.....                       | 8         |
| 6 METODO DI CALCOLO.....  | 10        |
| 7 NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....                                     | 11        |
| 7.1 DECRETI.....  | 11        |
| 7.2 CIRCOLARI.....  | 11        |
| 7.3 EUROCODICI.....   | 11        |
| 8 CODICE DI CALCOLO.....  | 12        |
| 8.1 INFORMAZIONI DEI CODICI DI CALCOLO UTILIZZATI.....              | 12        |
| 8.2 ORIGINE E CARATTERISTICHE DEI CODICI DI CALCOLO.....            | 12        |
| 8.2.1 <i>Generalità</i> .....                                       | 12        |
| 8.2.2 <i>Affidabilità e Validazione dei Codici di Calcolo</i> ..... | 13        |
| 8.2.3 <i>Criteri riassuntivi di qualità</i> .....                   | 13        |
| 8.3 DEFINIZIONE DELLA STRUTTURA.....                                | 14        |
| 8.4 MODELLAZIONE DELLA STRUTTURA.....                               | 16        |
| 8.5 PROGETTAZIONE DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI.....                   | 16        |
| 8.6 MODIFICHE STRUTTURALI A CALCOLI GIÀ ESEGUITI.....               | 17        |
| 8.7 ELABORATI DI PROGETTO.....                                      | 17        |
| 8.8 NORME DI ANALISI E VERIFICA.....                                | 18        |
| 8.9 HARDWARE UTILIZZATO.....  | 18        |
| 9 ANALISI DEI CARICHI.....  | 19        |
| 9.1 COPERTURA.....  | 19        |
| 9.2 CARICO NEVE.....  | 19        |
| 9.3 CARICO DEL VENTO.....   | 19        |
| 10 MATERIALI UTILIZZATI.....  | 21        |
| 10.1 ACCIAIO PER STRUTTURE METALLICHE.....                          | 21        |
| 10.2 UNIONI BULLONATE.....  | 21        |
| 10.3 UNIONI SALDATE.....  | 21        |
| 11 VERIFICHE.....   | 22        |
| 11.1 PROFILATO IPE140.....  | 22        |
| 11.2 VERIFICHE GIUNZIONI.....                                       | 23        |
| <br>  |           |
| <b>12 CONCLUSIONI.....</b>  | <b>24</b> |

## PREMESSA

La presente documentazione è relativa al progetto delle nuove strutture della copertura di una porzione delle balconate del Campo 46 del Cimitero Parco della Città di Torino e alla verifica locale delle strutture in CA esistenti su cui insiste la copertura.

La relazione strutturale è redatta ai sensi dell'Art. 26 comma 1 lettera C del D.P.R. 207/2010.

Il sottoscritto ing. Silvano Vedelago è stato incaricato dal comune di Torino di verificare la sicurezza degli elementi strutturali in CA esistenti della Cavea n.46 del Cimitero Parco, rispetto ai nuovi valori di carico conseguenti al nuovo intervento di copertura delle balconate sui 3 livelli.

Il progetto strutturale originario della cavea del Campo 46, predisposto nel 2004 dall'ing. Fabio Pedrinola, prevede in aggiunta al peso proprio un carico permanente portato pari a 130 daN/mq e un carico variabile pari a 400 daN/mq.

Nell'espletamento dell'incarico ricevuto il sottoscritto dopo aver analizzato il progetto strutturale originario ha provveduto ad eseguire un'accurata ispezione visiva della struttura esistente al fine di determinarne le condizioni di conservazione e di individuare gli eventuali segni di dissesto ed ha verificato la sicurezza dell'opera.

Nel seguito il sottoscritto dà conto delle operazioni compiute e ne trae le conclusioni.

## PARTE A – VERIFICA STRUTTURE ESISTENTI

### 1 GENERALITA'

La struttura di copertura in progetto sarà vincolata alla struttura in C.A. esistente.

Al fine di riverificare gli elementi della struttura esistente interessati dall'intervento in oggetto, è stato effettuato un sopralluogo e sono state analizzate le seguenti tavole forniteci dal Comune di Torino del progetto strutturale a firma dell'Ing. Fabio Pedrinola datate ottobre 2004:

- Lotto 1
  - Tav. S01-1
  - Tav. S01-1-F
  - Tav. S02-1
  - Tav. S02-1-F
  - Tav. S03-1
  - Tav. S03-1-F
  - Tav. S04-1
  - Tav. S04-1-F
- Lotto 2A
  - Tav. S01-2A
  - Tav. S02-2A
  - Tav. S03-2A
  - Tav. S04-2A
  - Tav. S04-2A-F
- Lotto 2B
  - Tav. S01-2B
  - Tav. S02-2B
  - Tav. S03-2B
  - Tav. S04-2B
  - Tav. S04-2B-F

Dal sopralluogo effettuato si vede che le strutture in oggetto non prevedono particolari ammaloramenti (ferri scoperti, fessurazioni evidenti).

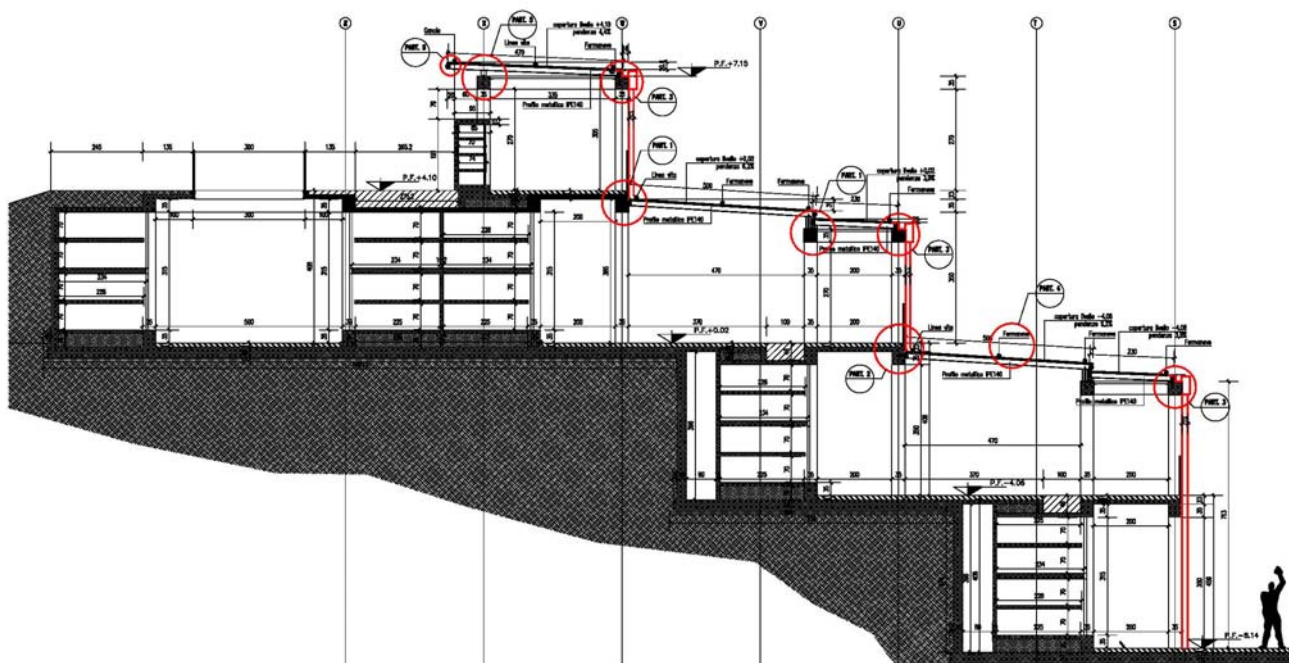
L'intervento in progetto ricade negli interventi su costruzioni esistenti.

La normativa vigente in materia di progettazione strutturale D.M. 14/01/2008 "Norme tecniche per le costruzioni" al par. 8.4.1 "Interventi di adeguamento" prevede che si debba procedere alla valutazione della sicurezza e all'eventuale adeguamento della costruzione se l'incremento dei carichi globali in fondazione supera il 10%.

Nel caso in esame la nuova struttura di copertura incrementa i carichi globali dell'edificio in fondazione per il solo peso proprio dei vetri e della struttura metallica (circa 68 daN/mq) in quanto il carico variabile (carico neve) che agisce sulla nuova struttura agiva già precedentemente sulle balconate.

L'intervento in oggetto non comporta un incremento dei carichi globali in fondazione della struttura superiore al 10% e pertanto non è necessaria una valutazione globale della sicurezza e un eventuale adeguamento.

La nuova struttura di copertura è retta in parte sulle travi in C.A. esistenti della struttura modulare e in parte si aggancia alle travi in C.A. esistenti della balconata.



## 2 ANALISI DEI CARICHI

### 2.1 COPERTURA

|  |            |
|--|------------|
| Peso proprio (struttura in acciaio)..... | 0,18 kN/mq |
| Carico permanente portato (vetro).....   | 0,50 kN/mq |
| Carico variabile (neve).....             | 1,25 kN/mq |

## 3 MATERIALI STRUTTURA ESISTENTE

### 3.1 CALCESTRUZZO STRUTTURE ESISTENTI

Rck cls. 250 daN/cm<sup>2</sup>

### 3.2 ACCIAIO STRUTTURE IN C.A. ESISTENTI

Acciaio FeB44k

Sigma acciaio (tensioni ammissibili) 4300 daN/cm<sup>2</sup>

## 4 VERIFICHE

### 4.1 VERIFICA TRAVE IN C.A. ESISTENTE

TRAVE CONTINUA

Metodo di calcolo: DM 14-01-08. Valori in daN cm.

Le armature sono progettate nel rispetto dei criteri di duttilità secondo Le armature sono progettate nel rispetto dei criteri di duttilità di OPCM3431 CD A

FATTORI DI SICUREZZA PARZIALI PER LE PROPRIETA' DEI MATERIALI

Gamma s (fattore di sicurezza parziale dell'acciaio da armatura) 1.15

Gamma c (fattore di sicurezza parziale del calcestruzzo) 1.50

FATTORI DI SICUREZZA PARZIALI PER LE AZIONI

Gamma G1 inf. (pesi struttura, effetto favorevole) 1.00

Gamma G1 sup. (pesi struttura, effetto sfavorevole) 1.30

Gamma G2 inf. (permanentemente portati, effetto favorevole) 0.00

Gamma G2 sup. (permanentemente portati, effetto sfavorevole) 1.50

Gamma Q inf. (azioni variabili, effetto favorevole) 0.00

Gamma Q sup. (azioni variabili, effetto sfavorevole) 1.50

COEFFICIENTI DI COMBINAZIONE DEI CARICHI VARIABILI PER STATI LIMITE DI ESERCIZIO

Combinazioni rare 1.00

Combinazioni frequenti 0.50

Combinazioni quasi permanenti 0.30

GEOMETRIA DELLE SEZIONI INIZIALI

n. 1 sezione rettangolare H 35.0 B 35.0 Cs 2.0 Ci 2.0

GEOMETRIA DELLE CAMPATE

campata n. 1 luce sezione altezza finale Y asse  
370.0 1 35.0 0.00

CARATTERISTICHE DEGLI APPOGGI

| appoggio n. | nome | ampiezza | coeff. elastico | verticale |
|-------------|------|----------|-----------------|-----------|
| 1           | Pil  | 35.0     | 0.0000E+00      | diretto   |
| 2           | Pil  | 35.0     | 0.0000E+00      | diretto   |

CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

Resistenza caratteristica cubica del calcestruzzo Rck= 250

Tensione di snervamento caratteristica dell'acciaio fyk= 4300

Valore finale del coefficiente di viscosità (EC2 Tab.3.3)= 3

Valore finale della deformazione di ritiro (EC2 Tab.3.4)= -.0004

AZIONI CARATTERISTICHE APPLICATE ALLA TRAVE

CAMPATA n. 1

peso della trave 3.06

| carico uniforme | permanente | struttura | permanente | portato | variabile |
|-----------------|------------|-----------|------------|---------|-----------|
| 2.15            |            |           | 0.00       |         | 5.30      |

OUTPUT CAMPATE (momenti in kN\*cm, tagli in kN, apertura fessure in mm).

campata n. 1 tra gli appoggi Pil-Pil

sezione n. 1

stati limite ultimi

| x   | Asup | cs  | Ainf | ci  | Mela | MEd  | MRd   | x/d  | Ast  | Afp+ | Afp- | VRcd | VEd | VED.rid | VRd | VRsd | teta |
|-----|------|-----|------|-----|------|------|-------|------|------|------|------|------|-----|---------|-----|------|------|
| 0   | 1.8  | 3.4 | 2.0  | 3.4 | 0    | 0    | -2153 | .091 | .000 | .000 | .000 | 293  | 27  |         | 42  | 0    | 0.79 |
| 18  | 2.3  | 3.4 | 2.3  | 3.4 | 454  | 669  | 2605  | .097 | .038 | .000 | .000 | 293  | 25  |         | 42  | 40   | 0.79 |
| 123 | 2.3  | 3.4 | 2.3  | 3.4 | 2240 | 2353 | 2605  | .097 | .038 | .000 | .000 | 293  | 9   |         | 42  | 40   | 0.79 |
| 173 | 2.3  | 3.4 | 2.3  | 3.4 | 2509 | 2520 | 2605  | .097 | .038 | .000 | .000 | 293  | 2   |         | 42  | 40   | 0.79 |
| 247 | 2.3  | 3.4 | 2.3  | 3.4 | 2240 | 2353 | 2605  | .097 | .038 | .000 | .000 | 293  | -9  |         | 42  | -40  | 0.79 |
| 353 | 2.3  | 3.4 | 2.3  | 3.4 | 454  | 669  | 2605  | .097 | .038 | .000 | .000 | 293  | -25 |         | 42  | -40  | 0.79 |
| 370 | 1.8  | 3.4 | 2.0  | 3.4 | 0    | 0    | -2153 | .091 | .000 | .000 | .000 | 293  | -27 |         | 42  | 0    | 0.79 |

stati limite di esercizio

| x   | Mese.R | sc.R | sf.R | Mese.QP | sc.QP | srmi | wkiR | wkiF | wkiQP | srms | wksR | wksF | wksQP | fg.R | ff.R | fg.QP | ff.QP | f.QP |
|-----|--------|------|------|---------|-------|------|------|------|-------|------|------|------|-------|------|------|-------|-------|------|
| 0   | 0      | 0    | 0    | 0       | 0     |      |      |      |       |      |      |      |       | 0.00 | 0.00 | 0.00  | 0.00  | 0.00 |
| 18  | 324    | 4    | 65   | 210     | 3     |      |      |      |       |      |      |      |       | 0.01 | 0.01 | 0.01  | 0.01  | 0.02 |
| 123 | 1599   | 21   | 320  | 1035    | 14    |      |      |      |       |      |      |      |       | 0.06 | 0.08 | 0.04  | 0.05  | 0.13 |
| 173 | 1791   | 47   | 2705 | 1159    | 30    | 37.0 | 0.30 | 0.22 | 0.19  |      |      |      |       | 0.07 | 0.09 | 0.04  | 0.06  | 0.15 |
| 247 | 1599   | 21   | 320  | 1035    | 14    |      |      |      |       |      |      |      |       | 0.06 | 0.08 | 0.04  | 0.05  | 0.13 |
| 353 | 324    | 4    | 65   | 210     | 3     |      |      |      |       |      |      |      |       | 0.01 | 0.01 | 0.01  | 0.01  | 0.02 |
| 370 | 0      | 0    | 0    | 0       | 0     |      |      |      |       |      |      |      |       | 0.00 | 0.00 | 0.00  | 0.00  | 0.00 |

REAZIONI VINCOLARI

| appoggio n. | nome | ULTIME  |        | RARE    |        | FREQUENTI |        | QUASI PERMANENTI |        |
|-------------|------|---------|--------|---------|--------|-----------|--------|------------------|--------|
|             |      | massima | minima | massima | minima | massima   | minima | massima          | minima |
| 1           | Pil  | 2724    | 964    | 1945    | 964    | 1455      | 964    | 1258             | 964    |
| 2           | Pil  | 2724    | 964    | 1945    | 964    | 1455      | 964    | 1258             | 964    |

PROGETTO DEFINITIVO

Novembre 2011

7 di 24

## PARTE B – VERIFICA NUOVA COPERTURA

### 5 GENERALITA'

La presente documentazione è relativa alla struttura della copertura delle balconate del Campo 46 del Cimitero Parco della Città di Torino.

#### 5.1 DESCRIZIONE GENERALE DELL'INTERVENTO

Su metà superficie del Campo 46 del Cimitero Parco della città di Torino verrà realizzata una copertura delle balconate; tale copertura è prevista in lastre di vetro piane poggianti su una struttura in profilati di acciaio.

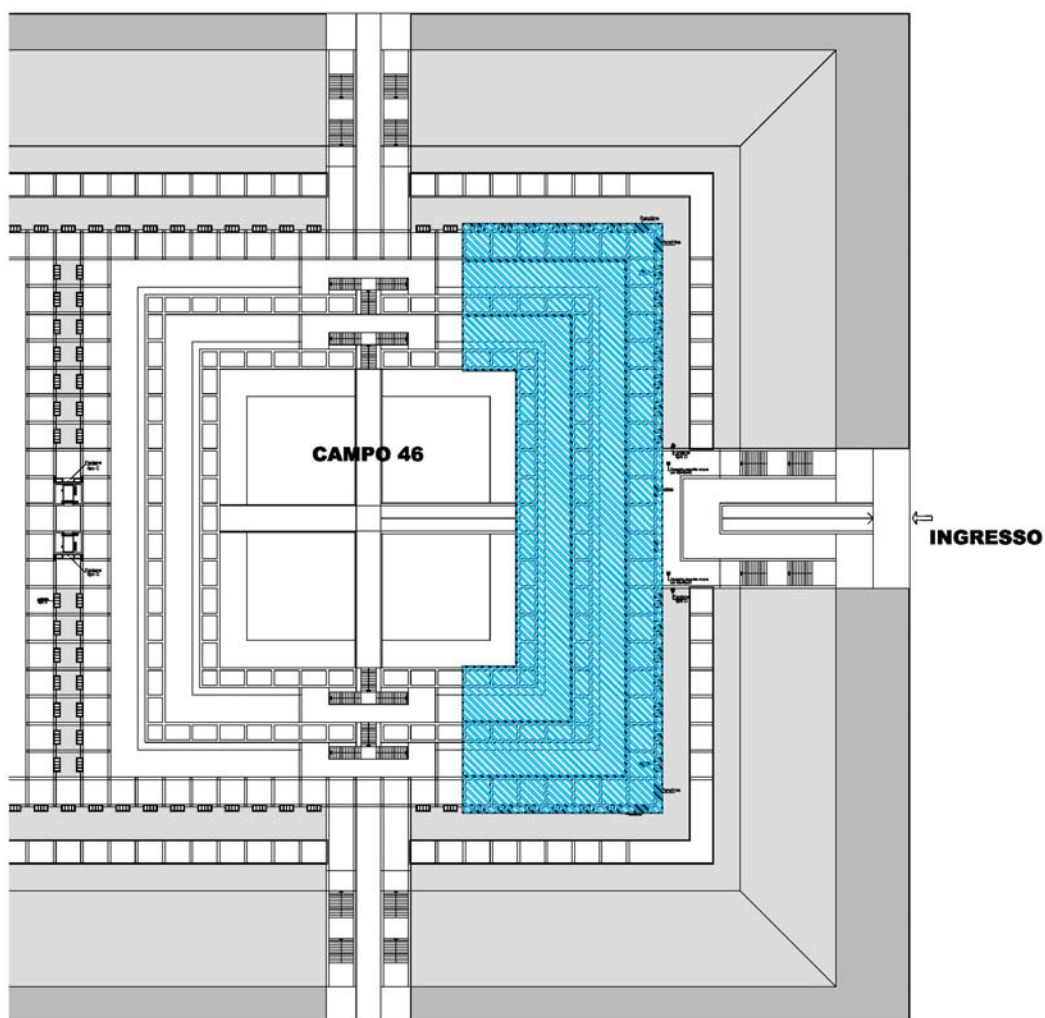


Figura 1 - Planimetria dell'intervento

La copertura si svilupperà su tre livelli in modo da coprire i piani a quota +4,10m, +0.02m e -4,06m attualmente non coperti.



Tutti gli elementi della struttura in acciaio saranno protetti mediante un processo di zincatura a caldo. Le giunzioni tra gli elementi della struttura saranno realizzati mediante bullonatura; è prevista la saldatura dei soli scatolati di fissaggio dei vetri sui profili IPE e della piastra di giunzione dei profili IPE140 sul profilo UPN180 in corrispondenza degli angoli del fabbricato.

La struttura di copertura in progetto sarà vincolata alla struttura in C.A. esistente mediante piastre di appoggio o piastre di collegamento fissate con tasselli meccanici.

Saranno previsti un sistema di raccolta e scarico delle acque meteoriche, linee vita e fermaneve.

Le piastre di aggancio e i supporti delle linee vita e dei fermaneve saranno bullonate alla struttura metallica della nuova copertura come da elaborati grafici e saranno protette mediante zincatura a caldo.

La linea vita sarà costituita da un cavo di acciaio adeguatamente dimensionato a sopportare i carichi degli operatori per gli interventi di manutenzione della copertura.

Il fermaneve sarà costituito da una serie di tubi in acciaio zincato a caldo del diametro esterno di 26,9mm spessore 2,6mm collegati tra loro mediante canotto interno saldato ad uno dei due pezzi da collegare; dovrà inoltre prevedere dei dispositivi di contrasto all'inizio e alla fine della copertura.

## 6 METODO DI CALCOLO

Metodo di calcolo adottato per le verifiche dei vari elementi strutturali:

- D.M. 14/01/2008 “Norme tecniche per le costruzioni”

Normativa utilizzata:

- D.M. 14/01/2008 “Norme tecniche per le costruzioni”.

L'intervento in progetto ricade negli interventi su costruzioni esistenti.

La normativa vigente in materia di progettazione strutturale D.M. 14/01/2008 “Norme tecniche per le costruzioni” al par. 8.4.1 “Interventi di adeguamento” prevede che si debba procedere alla valutazione della sicurezza e all'eventuale adeguamento della costruzione se l'incremento dei carichi globali in fondazione supera il 10%.

Nel caso in esame la nuova struttura di copertura incrementa i carichi globali dell'edificio in fondazione per il solo peso proprio dei vetri e della struttura metallica (circa 50 daN/mq) in quanto il carico variabile (carico neve) che agisce sulla nuova struttura agiva già precedentemente sulle balconate.

L'intervento in oggetto non comporta un incremento dei carichi globali in fondazione della struttura superiore al 10% e pertanto non è necessaria una valutazione globale della sicurezza e un eventuale adeguamento.

Restano però da effettuarsi le verifiche locali sugli elementi interessati dall'intervento.

## 7 **NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

La presente relazione tecnico descrittiva viene redatta nel rispetto della normativa vigente di seguito elencata.

### 7.1 **DECRETI**

- D.M. 14/01/2008 “Norme tecniche per le costruzioni”

### 7.2 **CIRCOLARI**

- Circolare 02/02/2009 n. 617 Istruzioni per l’applicazione delle “Norme tecniche per le costruzioni”

### 7.3 **EUROCODICI**

- UNI EN 1990 EUROCODICE 0 Criteri generali di progettazione strutturale
- UNI EN 1991 EUROCODICE 1 Basi di calcolo ed azioni sulle strutture.
- UNI EN 1992 EUROCODICE 2 Progettazione delle strutture di calcestruzzo.
- UNI EN 1993 EUROCODICE 3 Progettazione delle strutture in acciaio.
- UNI EN 1998 EUROCODICE 8 Progettazione delle strutture resistenti al sisma.
- EN 206 Calcestruzzo - prestazioni, produzione, getto e criteri di conformità.

## 8 CODICE DI CALCOLO

### 8.1 INFORMAZIONI DEI CODICI DI CALCOLO UTILIZZATI

Identificazione del codice di calcolo SISMICAD Vers. 11.11

|  |   |
|--|---|
| Produttore   | <b>Concrete srl</b><br>CF/PI: 02268670284<br>Via della Pieve, 19 - 35121 Padova<br>Tel. 049 8754720 Fax 049 8755234 |
| Identificazione di build                               | ogni versione è identificata da un numero di serie  |
| Finalità del codice                                    | analisi tramite il metodo degli elementi finiti   |
| Lingua usata nella interfaccia<br>e nella manualistica | italiano  |
| data di prima immissione sul mercato                   | anni '80  |
| metodo di commercializzazione                          | concesso in uso all'utente, in modo non trasferibile e per proprio esclusivo utilizzo su di un'unica stazione.      |
| modalità di aggiornamento del codice                   | automatica tramite accesso a internet, su contratto   |
| identificazione univoca del codice                     | ogni copia del programma è identificata da un numero di licenza univoco tale da identificare il licenziatario.      |
| Sistema di protezione                                  | il codice dispone di un sistema hardware di protezione contro l'uso e la duplicazione abusiva                       |

### 8.2 ORIGINE E CARATTERISTICHE DEI CODICI DI CALCOLO

#### 8.2.1 Generalità

SismiCad è un programma per il calcolo strutturale con modellazione agli elementi finiti (FEM), dotato di un proprio solutore tridimensionale.

SismiCad si propone principalmente come strumento per il progetto di edifici, in zona sismica e non, con modellazione tridimensionale agli elementi finiti. SismiCad consente la progettazione di edifici in c.a., muratura, acciaio e legno schematizzati attraverso un modello unico di struttura spaziale composta da elementi monodimensionali e bidimensionali con fondazioni poggianti su suolo elastico alla Winkler od elastoplastico, oppure su palificate.

Per progettare una struttura SismiCad prevede sostanzialmente il seguente iter:

- definizione della struttura, anche usando disegni architettonici;
- modellazione automatica agli elementi finiti dell'intera struttura;
- progettazione automatica e/o interattiva di ciascun elemento strutturale;

- produzione automatica di relazioni, disegni esecutivi, piante di carpenteria, prospetti in acciaio e computi.

Con SismiCad viene fornito un evoluto solutore tridimensionale agli elementi finiti di tipo SAP. Il solutore interno consente tra l'altro l'analisi di fenomeni di non linearità geometrica (metodo P-Delta) e di aste non reagenti alla trazione o alla compressione, di fondazioni sia superficiali che profonde in suolo elastoplastico, elementi bidimensionali parzialmente o non reagenti alla trazione. Il solutore gestisce inoltre fenomeni di non linearità meccanica attraverso una modellazione ad inelasticità diffusa impiegata nelle analisi inelastiche.

SismiCad gestisce in modo automatico i dati forniti ed i risultati prodotti dal solutore. E' però possibile, integrando i file prodotti dal programma, introdurre con facilità condizioni di carico e di vincolo del tutto generali (es. variazioni termiche non uniformi, elementi brick, comportamenti non isotropi, ecc.).

### **8.2.2 Affidabilità e Validazione dei Codici di Calcolo**

Il software non può essere "certificato" e cioè dichiarato rispondente a dei dettami normativi di costruzione bensì "validato" a fronte di casi prova. I casi prova sono generalmente le specifiche della commessa. Nel caso del software "pacchettizzato", in assenza di specifiche di validazione si impiegano dei casi prova forniti dalla letteratura internazionale. Si noti che i casi prova devono essere progettati con molta esperienza in quanto devono poter mettere in luce gli effettivi punti deboli del codice (stressing). Oltre alle verifiche tramite i casi prova, le verifiche vanno fatte sul comportamento globale del programma. La Concrete ha un sistema di "bug tracking" che segue la fase di sviluppo (aggiornamento e/o manutenzione), di rilascio e di uso presso l'utente. Questo rilevamento costante da luogo a delle curve di difettosità che vengono costantemente tenute sotto controllo. Infatti la qualità del software si consegue in modo dinamico più che statico. Per la validazione di SISMICAD sono stati usati moltissimi casi prova reperibili in letteratura. I principali di questi sono dovuti al NAFEMS (National Agency for Finite Element Standard).

### **8.2.3 Criteri riassuntivi di qualità**

La produzione del software è ormai una tecnologia consolidata e confluita nella disciplina scientifica della Ingegneria del Software. La Concrete srl è una azienda che produce software dagli anni '80. Il software più usato e collaudato è quello più sicuro a patto che vi siano, come nella Concrete, strutture e metodologie atte a migliorare il software in base al monitoraggio di funzionamento nel tempo. La Concrete soprattutto impiega solo algoritmi assolutamente adeguati allo scopo che ci si prefigge di raggiungere, che ha come "filosofia" aziendale quella di dichiarare i limiti degli algoritmi che usa e di "filtrarne" l'uso via software. L'implementazione degli algoritmi avviene secondo metodi sperimentati e controllati che prevedono casi-prova progettati sia per il test dei componenti software che per i test

dell'insieme. La Concrete non usa algoritmi semplificati (nonostante essi spesso si avvicinino di più alle conoscenze professionali dell'utilizzatore e quindi siano commercialmente più "appetibili") in quanto essi rischiano di non avere sufficienti controlli in un sistema automatizzato. Oltre a questa rigorosa impostazione di partenza, la Concrete segue nel tempo con rigore la difettosità del software rimuovendo puntigliosamente i malfunzionamenti ed, aggiornando costantemente gli algoritmi che abbiano trovato nuove soluzioni nella ricerca, con ciò seguendo lo sviluppo dell'informatica, dei metodi matematici applicati all'ingegneria e delle nuove richieste di normativa. La Concrete offre ai propri utenti la possibilità di avere codici sempre aggiornati, tramite delle patch disponibili su internet che automaticamente aggiornano il codice. Le patch "integrano" automaticamente il codice eseguibile. In questo modo l'utente ha la garanzia di avere i benefici della qualità di un software sempre aggiornato.

### 8.3 DEFINIZIONE DELLA STRUTTURA

Per poter calcolare gli elementi di una struttura, è necessario avere informazioni precise sulla geometria dei manufatti; sui carichi gravanti su tali manufatti e il tipo di analisi.

Per poter definire, impiegare e condividere tra differenti strutture tali informazioni è possibile gestire un archivio comune di definizioni relativo a:

- materiali;
- sezioni;
- reticolari;
- cerniere;
- solai;
- fondazioni;
- terreni di fondazioni;
- isolatori.

È possibile specificare informazioni relative a:

- preferenze varie;
- azioni;
- quote degli impalcati;
- descrizione geotecnica del sito.

Essendo la descrizione di una struttura un compito piuttosto pesante, SismiCad mette a disposizione del progettista efficienti strumenti di disegno in ambiente AutoCAD o IntelliCAD oppure direttamente in SismiCad; in tale fase il progettista, disponendo delle piante architettoniche, può desumere buona parte delle informazioni geometriche semplicemente "ricalcando" le piante con gli strumenti messi a disposizione da SismiCad con evidenti vantaggi operativi.

Gli elementi, strutturali e non, che è possibile disegnare sono:

- travi in C.A. in elevazione e di fondazione;
- pilastri di forma generica;
- piastre in C.A.: sono previste platee e piastre definite in pianta con forma qualsiasi;
- piastre generiche: sono previste piastre, anche poggianti su terreno, con geometria e materiale qualsiasi;
- pareti in C.A.: sono previste pareti rettilinee, dall'unione delle quali è possibile ottenere sviluppi in pianta di forma qualsiasi;
- scale in C.A.: sono previste scale in c.a. ad una o più rampe;
- pareti in muratura: come per le pareti in c.a.;
- travi in legno;
- colonne in legno;
- travi in acciaio;
- colonne in acciaio;
- reticolari in acciaio;
- finestre: sono previste forature verticali rettangolari agenti su pareti e piastre generiche verticali;
- plinti superficiali;
- plinti su pali;
- pali;
- carichi concentrati;
- carichi lineari;
- carichi di superficie. Ai fini della valutazione della rigidità nel proprio piano i solai orizzontali possono essere considerati infinitamente rigidi o possono essere schematizzati da elementi membranali;
- fori: sono previsti fori di forma qualsiasi agenti su carichi di superficie, piastre e piastre;
- vincoli;
- isolatori sismici;
- fili fissi.

Il disegno 3D creato attraverso SismiCad ha la funzione di descrivere compiutamente l'oggetto da verificare per poterlo schematizzare in un modello matematico e produrre poi gli elaborati esecutivi. Una volta disegnata la struttura o acquisite le entità dal disegno realizzato con CAD esterni, avviene la creazione del modello ad elementi: eventuali problemi presenti nel disegno 3D vengono preliminarmente segnalati.

## 8.4 MODELLAZIONE DELLA STRUTTURA

La creazione del modello agli elementi finiti (FEM) è una fase del lavoro completamente automatica: le segnalazioni significative vengono raccolte nelle Note di modellazione e sono quindi sempre consultabili, anche in successive sessioni di lavoro.

Nel capitolo Modellazione sono dettagliati i pochi concetti che governano la creazione del modello FEM:

- collegamento elementi;
- cimatura travi e pareti;
- attribuzione dei carichi.

Una volta creato il modello SismiCad permette di accedere ai dati del modello FEM attraverso le viste Modello e Carichi. È inoltre possibile indagare la distribuzione dei carichi superficiali sugli elementi strutturali attraverso la vista Attribuzione carichi superficiali.

A calcolo eseguito SismiCad permette di accedere ai risultati del calcolo FEM attraverso le viste:

- Deformata;
- Reazioni;
- Sollecitazioni aste;
- Sollecitazioni gusci;
- Pressioni sul terreno
- Tensioni ideali gusci.

## 8.5 PROGETTAZIONE DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI

Una volta eseguito il controllo della soluzione ad elementi finiti del solutore interno si può passare alla progettazione degli elementi strutturali. Per le strutture in c.a. SismiCad prevede la possibilità di progettazione di travi, pilastri, pareti, scale in c.a., piastre, plinti superficiali e/o su pali, pali.

Secondo OPCM 3431, D.M. 14-01-08 svolge le verifiche di sicurezza (presso flessione nel piano, taglio e presso flessione fuori piano) in modelli elastici e verifiche di stato limite ultimo e di danno per modelli inelastici; svolge le analisi dei meccanismi locali di collasso su porzioni di edifici esistenti. Svolge la valutazione degli indicatori di rischio sismico per edifici esistenti sia per analisi elastiche che anelastiche.

Nel caso di strutture in acciaio il programma svolge verifiche a resistenza, instabilità e deformabilità delle aste secondo CNR 10011 - tensioni ammissibili, CNR 10011 - stati limite, CNR 10022 - tensioni ammissibili ed Eurocodice n. 3.

SismiCad permette inoltre di progettare i travetti dei solai in latero-cemento o pieni: il loro calcolo può essere eseguito indipendentemente (sia prima che dopo) da quello delle travate.



## 8.6 MODIFICHE STRUTTURALI A CALCOLI GIÀ ESEGUITI

In caso di modifiche SismiCad opera nel modo seguente:

- nel caso che la modifica apportata alla struttura sia tale da rendere necessaria una variazione della consistenza del modello (es. aggiunta o eliminazione di elementi strutturali, variazioni nel database delle azioni, etc.) SismiCad provvede ad abbandonare il modello matematico esistente ed i relativi risultati rendendo così necessaria una nuova modellazione ed un nuovo calcolo;
- nel caso invece che la modifica non sia di portata tale da costringere ad abbandonare la modellazione (es. cambio della sezione di una trave) SismiCad conserva il modello matematico ed i relativi risultati che però vengono invalidati, cioè memorizza che corrispondono ad una situazione geometrica e di azioni differente da quella attuale ed evidenzia tale situazione riportando la scritta Modello invalidato in tutte le finestre contenenti il modello, i suoi risultati o le verifiche;
- SismiCad mantiene in ogni caso le verifiche condotte in precedenza per gli elementi strutturali rimanenti dopo la modifica e come detto sopra le invalida, cioè memorizza che corrispondono ad una situazione geometrica e di carico differente da quella attuale ed evidenzia tale situazione colorandole opportunamente.
- SismiCad fornisce uno strumento che permette di rivalidare in modo automatico le armature di ciascun elemento invalidato.

## 8.7 ELABORATI DI PROGETTO

Per tutti gli elementi strutturali in c.a. il programma produce i file dei disegni esecutivi

È inoltre prevista la creazione delle relazioni di calcolo e del computo metrico analitico delle quantità di ciascun elemento progettato.

Sia i file di stampa che i file di disegno vengono organizzati da procedure previste nel pacchetto per un loro agevole utilizzo. Si possono inoltre creare le piante di carpenteria e i prospetti delle strutture in acciaio.

## 8.8 NORME DI ANALISI E VERIFICA

Per le membrature in c.a. sono possibili le verifiche in accordo alle vigenti normative nazionali (D.M. 16-01-96 e D.M. 14-01-08) con il metodo alle tensioni ammissibili, con il metodo agli stati limite o secondo EC2.

Per le membrature in legno sono possibili le verifiche con Eurocodice 5, agli stati limite secondo D.M. 14-01-08 oppure con il metodo delle tensioni ammissibili.

Per le membrature in acciaio sono possibili le verifiche con il metodo alle tensioni ammissibili e/o degli stati limite (CNR 10011 e 10022), EC3 e D.M. 14-01-08.

Le calcolazioni relative al sisma possono essere condotte in accordo alle vigenti normative nazionali:

- D.M. 16-01-96;
- OPCM 3431 e 3316;
- D.M. 14-09-05;
- D.M. 14-01-08.

## 8.9 HARDWARE UTILIZZATO

|                          |   |
|--------------------------|---|
| <b>Processore</b>        | Intel(R) Core(TM) i7<br>CPU 860 @ 2.80GHz                       |
| <b>Architettura</b>      | x86   |
| <b>Frequenza</b>         | 2792 MHz  |
| <b>Memoria</b>           | 2048 MB   |
| <b>Sistema operativo</b> | Microsoft<br>Windows XP Professional<br>5.1.2600 Service Pack 3 |

## 9 ANALISI DEI CARICHI

### 9.1 COPERTURA

|  |            |
|--|------------|
| Peso proprio (struttura in acciaio)..... | 0,18 kN/mq |
| Carico permanente portato (vetro).....   | 0,50 kN/mq |
| Carico variabile (neve).....             | 1,25 kN/mq |

### 9.2 CARICO NEVE

$$q_s = \mu_1 \cdot q_{sk} \cdot C_E \cdot C_t$$

Le opere oggetto della presente relazione sono situati nella zona I Mediterranea ad un'altezza sul livello del mare di circa 300 metri.

#### Zona I Mediterranea

$$a_s = 239 \text{ m. (q.s.l.m.) Torino (TO)}$$

$$q_{sk} = 1,35 [1 + (a_s / 602)^2] \text{ kN/mq}$$

$$q_{sk} = 1,56 \text{ kN/mq}$$

Coefficiente di forma

$$\mu_1 \text{ per coperture inclinate } < 30^\circ = 0,80$$

Coefficiente di esposizione

$$C_E = 1,00$$

Coefficiente termico

$$C_t = 1,00$$

Carico di neve sulle coperture

$$q_s = \mu_1 \cdot q_{sk} \cdot C_E \cdot C_t = \mathbf{1,25 \text{ KN/mq}}$$

### 9.3 CARICO DEL VENTO

Pressione del vento

$$p = q_b \cdot C_e \cdot C_p \cdot C_d$$

Pressione cinetica di riferimento

$$q_b = \frac{1}{2} \times \rho \times V_b^2$$

Altezza del fabbricato

$$H = 7,15 \text{ m circa}$$

#### Zona 1 – Piemonte

$$V_{b,0} = 25 \text{ m/s}$$

$$a_0 = 1000 \text{ m}$$

$$k_r = 0,010$$

$$a_s = 300 \text{ m (q.s.l.m.)}$$

$$\text{per } a_s < a_0 \quad V_b = V_{b,0}$$

$$q_b = \frac{1}{2} \times 1,25 \times 25^2 = 390 \text{ N/mq}$$

Coefficiente di esposizione

$$\text{Per } Z \geq Z_{min} \quad C_e(Z) = K_r^{2*} C_t^* \ln(Z/Z_0)^* [7 + C_t^* \ln(Z/Z_0)]$$

$$\text{Per } Z < Z_{min} \quad C_e(Z) = C_e(Z_{min})$$

Classe di rugosità del terreno

**C**

Categoria di esposizione del sito

**III**

|                                     |  |
|-------------------------------------|--|
|                                     | $K_r = 0,2$  |
|                                     | $Z_0 = 0,10 \text{ m}$   |
|                                     | $Z_{\min} = 5,00 \text{ m}$                                      |
| <i>Coefficiente di topografia</i>   | $C_t = 1,00$   |
| fino a 5,00 m. di altezza           | $C_e = 1,71$   |
| a 7,15 m. di altezza                | $C_e = 1,92$   |
| <i>Coefficiente di forma</i>        | $C_p = +0,80$ sopravvento  |
|                                     | $C_p = -0,40$ sottovento   |
| <i>Coefficiente dinamico</i>        | $C_d = 1,00$   |
| <i>Pressione del vento a 5,00 m</i> | $p = 390 * 1,71 * 0,80 * 1,00 = 534 \text{ N/mq}$<br>+0,53 KN/mq |
|                                     | $p = 390 * 1,71 * 0,40 * 1,00 = 267 \text{ N/mq}$<br>-0,27 KN/mq |
| <i>Pressione del vento a 7,15 m</i> | $p = 390 * 1,92 * 0,80 * 1,00 = 599 \text{ N/mq}$<br>+0,60 KN/mq |
|                                     | $p = 390 * 1,92 * 0,40 * 1,00 = 299 \text{ N/mq}$<br>-0,30 KN/mq |

Dalla quota di 5,00 m fino alla quota di 7,15 m. la pressione del vento varia con legge lineare.

## 10 MATERIALI UTILIZZATI

In ottemperanza al D.M. 14/01/2008, si redige la presente relazione sulla qualità, sulle caratteristiche e sui dosaggi dei materiali impiegati per la realizzazione delle opere strutturali di nuova costruzione previste nell'ambito dei lavori di cui al precedente capitolo.

Saranno utilizzati materiali con le seguenti caratteristiche:

### 10.1 ACCIAIO PER STRUTTURE METALLICHE

L'acciaio impiegato nella realizzazione delle opere strutturali deve essere conforme alle prescrizioni delle norme EN 10025, EN 10210 e EN 10219.

Acciaio laminato a caldo tipo S 275 JR (ex Fe 430 B)

|   |                                  |
|---|----------------------------------|
| Tensione caratteristica di snervamento        | $f_{yk} \geq 275 \text{ N/mm}^2$ |
| Tensione caratteristica di rottura a trazione | $f_{tk} \geq 430 \text{ N/mm}^2$ |
| Allungamento a snervamento                    | $\varepsilon_t \geq 20\%$        |
| Modulo elastico:                              | $E_s = 210000 \text{ N/mm}^2$    |

### 10.2 UNIONI BULLONATE

Bulloni ad alta resistenza: Dadi classe 8 – Viti classe 8.8 (Norma UNI EN ISO 898-1)

|                          |                               |
|--------------------------|-------------------------------|
| Tensione di snervamento: | $f_{yb} = 649 \text{ N/mm}^2$ |
| Tensione di rottura:     | $f_{tb} = 800 \text{ N/mm}^2$ |

Bulloneria chiusa con chiave dinamometria con coppia di serraggio secondo i valori riportati nelle norme.

I bulloni che collegano gli elementi principali dovranno prevedere dispositivi antisvitamento o dado+controdado.

### 10.3 UNIONI SALDATE

La saldatura degli acciai dovrà avvenire con uno dei procedimenti all'arco elettrico codificati secondo la norma UNI EN ISO 4063. Tutte le saldature dovranno, inoltre, essere conformi alla norma UNI EN 1011.

Elettrodi tipo E44 di classe 2-3-4 UNI 5132

Saldature testa a testa o a cordone d'angolo a piena penetrazione con lato uguale allo spessore minimo da unire.

# 11 VERIFICHE

## 11.1 PROFILATO IPE140

TRAVE CONTINUA IN ACCIAIO

Metodo di calcolo: stati limite DM 2008. Valori in daN cm.

Svergolamento: non richiesto

Materiale: S275

Gamma M0 =1.05

### GEOMETRIA DELLE SEZIONI INIZIALI

| n. Profilo | Area | Jx  | Wx | Wplx | At |
|------------|------|-----|----|------|----|
| 1 IPE140   | 16   | 542 | 77 | 89   | 6  |

### GEOMETRIA DELLE CAMPATE

| campata n.     | luce  | sezione | estradosso iniziale | estradosso finale | Y asse |
|----------------|-------|---------|---------------------|-------------------|--------|
| 1              | 477.0 | 1       | 0.0                 | -30.0             | 0.00   |
| mensola destra | 23.0  | 1       | -30.0               | -31.2             | 0.00   |

### CARATTERISTICHE DEGLI APPOGGI

| appoggio n. | nome | ampiezza | coeff. elastico verticale |
|-------------|------|----------|---------------------------|
| 1           | MU   | 5.0      | 0.0000E+00 diretto        |
| 2           | AP   | 14.0     | 0.0000E+00 diretto        |

### CARATTERISTICHE DEL MATERIALE

|      | gamma     | E       | ni    | Fy sp<=40mm | Fy sp>40mm |
|------|-----------|---------|-------|-------------|------------|
| S275 | 0.0078500 | 2060000 | 0.300 | 2750.0      | 2550.0     |

### AZIONI CARATTERISTICHE APPLICATE ALLA TRAVE

CAMPATA n. 1  
 carico uniforme permanente struttura permanente portato variabile  
 0.70 0.00 1.72 in proiezione

MENSOLA DESTRA  
 carico uniforme permanente struttura permanente portato variabile  
 0.70 0.00 1.72 in proiezione

### Verifica asta 1

#### campata n°1

##### classe peggiore 1

| X   | MEd   | Mc,Rd  | Classe | Ro    | VEd | Vc,Rd | MEd.sv | Mb,Rd.sv | Classe.sv | Chi  | Lambda.ad | fy eff |
|-----|-------|--------|--------|-------|-----|-------|--------|----------|-----------|------|-----------|--------|
| 0   | 0     | 0      | 0      | 0.000 | 847 | 11597 | 0      | 0        | 0         | 0.00 | 0.00      | 2750.0 |
| 159 | 89939 | 231808 | 1      | 0.000 | 282 | 11597 | 0      | 0        | 0         | 0.00 | 0.00      | 2750.0 |
| 318 | 89877 | 231808 | 1      | 0.000 | 284 | 11597 | 0      | 0        | 0         | 0.00 | 0.00      | 2750.0 |
| 477 | 2792  | 231808 | 1      | 0.000 | 849 | 11597 | 0      | 0        | 0         | 0.00 | 0.00      | 2750.0 |

#### mensola dx

##### classe peggiore 1

| X   | MEd  | Mc,Rd  | Classe | Ro    | VEd | Vc,Rd | MEd.sv | Mb,Rd.sv | Classe.sv | Chi  | Lambda.ad | fy eff |
|-----|------|--------|--------|-------|-----|-------|--------|----------|-----------|------|-----------|--------|
| 477 | 2792 | 231808 | 1      | 0.000 | 82  | 11597 | 0      | 0        | 0         | 0.00 | 0.00      | 2750.0 |
| 485 | -418 | 231808 | 1      | 0.000 | 55  | 11597 | 0      | 0        | 0         | 0.00 | 0.00      | 2750.0 |
| 492 | -105 | 231808 | 1      | 0.000 | 27  | 11597 | 0      | 0        | 0         | 0.00 | 0.00      | 2750.0 |
| 500 | 0    | 0      | 0      | 0.000 | 0   | 0     | 0      | 0        | 0         | 0.00 | 0.00      | 2750.0 |

### Valori massimi

Asta sottoutilizzata

Flessione

X = 239

MEd 101158

Mc,Rd 231808

Classe 1

Ro 0

Taglio

X = 477

VEd 849

Vc,Rd 11597

### DEFORMATA

| campata     | x   | f qp | f ra | f fr |
|-------------|-----|------|------|------|
| campata n°1 | 143 | 0.59 | 1.18 | 0.85 |
| campata n°1 | 302 | 0.67 | 1.33 | 0.95 |
| campata n°1 | 461 | 0.08 | 0.15 | 0.11 |

|                |      |        |      |        |      |        |                       |  |  |
|----------------|------|--------|------|--------|------|--------|-----------------------|--|--|
| mensola dx     | 483  | -.02   | -.02 | -.02   |      |        |                       |  |  |
| mensola dx     | 491  | -.04   | -.04 | -.04   |      |        |                       |  |  |
| mensola dx     | 498  | -.06   | -.06 | -.06   |      |        |                       |  |  |
| Valori massimi |      |        |      |        |      |        |                       |  |  |
| campata        | f qp | L/f qp | f ra | L/f ra | f fr | L/f fr | (2L/f per gli sbalzi) |  |  |
| campata n°1    | 0.73 | 654    | 1.46 | 328    | 1.04 | 459    |                       |  |  |
| mensola dx     | 0.06 | 717    | 0.06 | 729    | 0.06 | 722    |                       |  |  |

## REAZIONI VINCOLARI

| appoggio n. | nome | ULTIME  |        | RARE    |        | FREQUENTI |        | QUASI PERMANENTI |        |
|-------------|------|---------|--------|---------|--------|-----------|--------|------------------|--------|
|             |      | massima | minima | massima | minima | massima   | minima | massima          | minima |
| 1           | MU   | 850     | 165    | 577     | 166    | 413       | 166    | 290              | 166    |
| 2           | AP   | 939     | 185    | 634     | 183    | 454       | 183    | 319              | 183    |

**11.2 VERIFICHE GIUNZIONI**Verifica bulloni piastra tipo 1

Taglio massimo agente

Tmax = 8500 N

Bulloni M12 Classe 8.8

Area res = 84 mmq

F<sub>d,v</sub> = 396 N/mm<sup>2</sup>

N. bulloni

2 x 2 facce = 4

$\tau = T_{max} / A_{res} / n. \text{ bulloni}$

$\tau = 8500 / 84 / 4 = 25 \text{ N/mm}^2 < 396 \text{ N/mm}^2$

VERIFICATO

Verifica tasselli meccanici

Tipo bullone

Tassello meccanico M12 tipo HILTI HSA

Resistenza di progetto a taglio

T<sub>R,d</sub> = 7500 N

Taglio massimo agente

Tmax = 8500 N

N. bulloni

4

Taglio sollecitante bullone

T<sub>s,d</sub> = 8500/4 = 2125 N < 7500

VERIFICATO

Verifica saldatura piastra collegamento IPE140 su UPN180

Taglio massimo agente

Tmax = 8500 N

Altezza di gola saldatura

a = 4 mm

Lunghezza saldatura (50% lunghezza effettiva)

l = 100 mm

$\tau = T_{max} / A_{res}$

$\tau = 8500 / (200 \times 4) = 21 \text{ N/mm}^2$

$\tau < 0,70 f_d = 0,70 \times 275 \text{ N/mm}^2 = 192.5 \text{ N/mm}^2$

VERIFICATO

## 12 CONCLUSIONI

Dalle analisi effettuate sulla struttura esistente (sopralluogo, analisi delle tavole del progetto esistente come da elenco contenuto al capitolo 1 della presente relazione, verifiche effettuate) e dalle verifiche condotte sugli elementi della struttura di copertura in progetto il sottoscritto ing. Silvano Vedelago ritiene che:

- a Gli elementi della struttura esistente interessati dalla nuova copertura risultano essere adeguati a sopportare i carichi trasmessi dalla nuova copertura;
- b Gli elementi strutturali in progetto della nuova copertura sono verificati rispetto alla normativa vigente in materia.

In fede

.....  
(Ing. Silvano Vedelago)