

committente



FONDAZIONE IRCCS CA' GRANDA
OSPEDALE MAGGIORE POLICLINICO

Sistema Sanitario  Regione
Lombardia

via Francesco Sforza 28
20121 Milano

progetto



LUSSIGNOLI ASSOCIATI
Società di ingegneria S.R.L.
arch. Luciano Lussignoli, arch. Fabrizio Bonomi,
geom. Claudio Favalli, arch. Francesco Mazzeo

25125 Brescia, via Corsica 118
C.F./P.Iva 02931660985 - REA BS490852
tel. 0302428139 - fax 0302478672
studio@la-associati.com

direttore tecnico
arch. Luciano Lussignoli

progettista
arch. Luciano Lussignoli, arch. Fabrizio Bonomi

coordinatore del progetto
arch. Fabrizio Bonomi

collaboratori
arch. Milena Codenotti, ing. Pierluigi Maranesi,
ing. Andrea Moreschi, ing. Annamaria Plebani,
arch. Maria Laura Tonni, arch. Michela Vieno

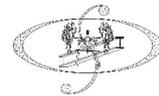
consulenti per il progetto



arch. Mariangela CARLESSI
24022 - Alzano Lombardo (Bg)
via Giuseppe Mazzini 55
www.buildingcc.com

arch. Alessandra KLUZER
20123 - Milano
via Aurelio Saffi 23
www.buildingcc.com

consulente per il consolidamento strutturale



Development & Project
ing. Davide PINI
24123 - Bergamo, via E. Rossi 6
tel. 035 216671
studio.davidepini@gmail.com

INTERVENTI PER LA CONSERVAZIONE DELLA CRIPTA E DEL SACELLO DEI CADUTI DELLE CINQUE GIORNATE DI MILANO

CHIESA DELLA B.V. ANNUNCIATA, OSPEDALE MAGGIORE DI MILANO



fase
PROGETTO DEFINITIVO

elaborato
RELAZIONE SPECIALISTICA
OPERE IN C.A.

progetto n°
282

data
30/09/2011

modifica n°
001

data modifica
25/11/2011

esecutore
PRLMRS

revisore
BNMFRZ

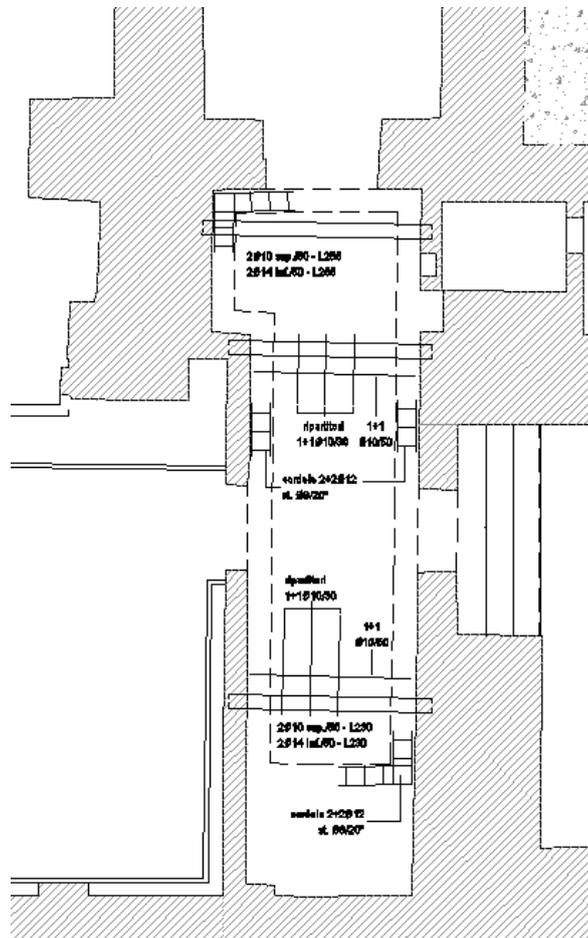
archiviazione
282_RS_CA.pdf

INDICE:

| | | |
|-----|--|---|
| 1 | PREMESSA | 1 |
| 1.1 | DESTINAZIONE D'USO E SOVRACCARICHI UTILI | 2 |
| 2 | MATERIALI | 2 |
| 2.1 | CALCESTRUZZO | 2 |
| 2.2 | ACCIAIO DA CEMENTO ARMATO | 3 |
| 2.3 | MURATURA IN MATTONI PORTANTI | 3 |
| 3 | VERIFICA SOLETTA IN C.A. | 4 |
| 3.1 | VERIFICA A PRESSOFLESSIONE | 4 |
| 3.2 | VERIFICA A TAGLIO | 5 |
| 4 | VERIFICA MURATURA..... | 6 |
| 5 | NORMATIVA DI RIFERIMENTO | 7 |

1 PREMESSA

Oggetto della presente relazione di calcolo è la sostituzione di un solaio esistente nel complesso dell'ospedale maggiore di Milano. E' inoltre previsto il rifacimento della muratura ammalorata in laterizio di sp. 25 cm a sostegno del solaio stesso.



pianta dell'intervento

1.1 DESTINAZIONE D'USO E SOVRACCARICHI UTILI

Il solaio in oggetto ha destinazione d'uso assimilabile a quella di ballatoi e scale, spazi cioè di passaggio suscettibili di assemblamento di folla compatta, pertanto il sovraccarico accidentale di progetto è pari a 400 daN/mq, come da normativa (cat. C2 delle NTC 2008).

Analisi dei carichi:

| | sp. [cm] | γ [daN/mc] | peso [daN/mq] |
|--------------------------|-------------|----------------------|------------------|
| Pavimento in marmo | 10 | 2800 | 280 |
| Massetto sotto pavimenti | 4 | 2500 | 100 |
| massetto di pendenze | 10 | 1800 | 180 |
| Soletta piena in c.a. | 13 | 2500 | 325 |
| | | TOT = | 885 |
| accidentale | | | 400 |
| | | TOT = | 1285 |

2 MATERIALI

2.1 CALCESTRUZZO

Si è scelto di utilizzare un calcestruzzo di classe C25/30 ($R'_{ck} = 300 \text{ Kg/cm}^2$) e inerti di dimensione massima pari a $\phi_{max} = 15 \text{ mm}$.

Coerentemente con il metodo utilizzato per il dimensionamento delle membrature, i tassi massimi di sforzo che in esercizio possono essere raggiunti sono quelli riportati nella seguente tabella; sono riportate anche altre grandezze di interesse del materiale quali la densità ed il modulo elastico.

| CALCESTRUZZO | R_{ck} [N/mm ²] | f_{ck} [N/mm ²] | γ_c | α_{cc} | σ_c [Kg/cm ²]] | σ_{cc} [Kg/cm ²]] | τ_{c0} [Kg/cm ²]] | E [Kg/cm ²]] |
|--------------|----------------------------------|----------------------------------|------------|---------------|--|---|---|---------------------------------|
| C25/30 | 30 | 25 | 1,5 | 0,85 | 97,5 | 68,25 | 6,0 | 312 200 |

2.2 ACCIAIO DA CEMENTO ARMATO

L'acciaio da armatura impiegato è del tipo "Tempcore" ad aderenza migliorata.

Nella seguente tabella sono riportate i valori di interesse del materiale quali la densità, le grandezze di snervamento e rottura, i valori per la definizione della duttilità, il modulo elastico e la lunghezza di ancoraggio delle barre in funzione del diametro.

| ACCIAIO | ρ [KN/m ³] | $f_{y\ nom}$ [N/mm ²] | $f_{t\ nom}$ [N/mm ²] | $(f_y/f_{y\ nom})_k$ | γ_s | $(f_t/f_y)_k$ | l_b [ϕ] | E [N/mm ²] | $(A_{gt})_k$ |
|---------|--------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|----------------------|------------|----------------------------|---------------------|---------------------------|--------------|
| B450C | 78,5 | 450 | 540 | ≤ 1.25 | 1,15 | ≥ 1.15 ≤ 1.35 | 40 | $2 E^5$ | $\geq 7.5\%$ |

2.3 MURATURA IN MATTONI PORTANTI

Per la realizzazione della muratura in laterizio portante ammalorata è stato scelto un laterizio tipo Poroton P800 (portante in zona sismica) e una malta tipo M2. Di seguito le caratteristiche meccaniche e geometriche della muratura.

| MURATURA PORTANTE | ρ [KN/m ³] | $f_{cm\ \perp}$ [N/mm ²] | $f_{cm\ //}$ [N/mm ²] | f_{vk0} [N/mm ²] | %foratura | γ_M |
|-----------------------------------|--------------------------------|---|--------------------------------------|-----------------------------------|-----------|------------|
| LATERIZIO POROTON P800 + MALTA M2 | 9,0 | 4,5 | 2,25 | 0,20 | 45 | 3,0 |

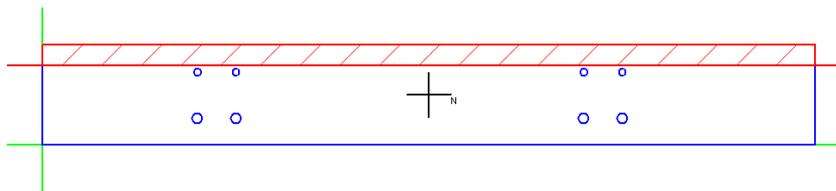
3 VERIFICA SOLETTA IN C.A.

3.1 VERIFICA A PRESSOFLESSIONE

Si riporta di seguito la verifica a pressoflessione della soletta nell'ipotesi di schema a trave semplicemente appoggiata (striscia di soletta larga 1 mt.) nel punto di solaio con luce maggiore, pari a 2.25 mt.

$$M_{Sd} = (885 \times 1.3 + 400 \times 1.5) \times 2.25^2 / 8 = 11.08 \text{ KNm}$$

A favore di sicurezza non si considerano nel calcolo del momento resistente i ferri aggiuntivi 1+1 fi 10 posti fra le armature principali inseite negli alloggi deivecchi travetti (non è previsto cordolo c.a. in breccia per non indebolire la muratura esistente).



armatura della soletta piena

Dall'immagine seguente si evince il momento ultimo resistente della soletta

$$M_{Rd} = 21.80 \text{ KNm} > 11.08 \text{ KNm} \rightarrow \text{verificato}$$

Il software mostra i dati di progetto e i risultati del calcolo. I dati di progetto sono:

| N° | x [cm] | y [cm] |
|----|--------|--------|
| 1 | 0 | 0 |
| 2 | 0 | 13 |
| 3 | 100 | 13 |
| 4 | 100 | 0 |

| N° | As [cm²] | x [cm] | y [cm] |
|----|----------|--------|--------|
| 1 | 0,79 | 20 | 9,5 |
| 2 | 1,54 | 20 | 3,5 |
| 3 | 0,79 | 25 | 9,5 |
| 4 | 1,54 | 25 | 3,5 |
| 5 | 0,79 | 70 | 9,5 |
| 6 | 1,54 | 70 | 3,5 |

I materiali sono B450C e C25/30. I risultati del calcolo sono:

| Parametro | Valore | Unità |
|------------------|---------|-------|
| σ_{su} | 67,5 | % |
| f_{yd} | 391,3 | N/mm² |
| E_s | 200 000 | N/mm² |
| E_s/E_c | 15 | |
| $\sigma_{s,adm}$ | 1,957 | % |
| $\sigma_{s,adm}$ | 255 | N/mm² |
| σ_{c2} | 2 | % |
| σ_{cu} | 3,5 | % |
| f_{cd} | 14,17 | |
| f_{cc}/f_{cd} | 0,8 | |
| $\sigma_{c,adm}$ | 9,75 | |
| τ_{co} | 0,6 | |
| τ_{c1} | 1,829 | |
| σ_c | -14,17 | N/mm² |
| σ_s | 391,3 | N/mm² |
| ϵ_c | 3,5 | % |
| ϵ_s | 8,882 | % |
| d | 9,5 | cm |
| x | 2,685 | |
| x/d | 0,2827 | |
| δ | 0,7933 | |
| M _{Rd} | 21,8 | kNm |

Calcolo momento resistente ultimo

3.2 VERIFICA A TAGLIO

La verifica a taglio è stata condotta nel punto più sfavorevole, vale a dire nel dente di calcestruzzo che si crea al momento del getto nell'alloggio dei travetti del solaio esistente. L'intervento non prevede infatti la realizzazione di un cordolo ex novo in breccia ma l'inserimento puntuale delle nuove armature nei suddetti alloggi, questo per non indebolire la muratura esistente.

La verifica a taglio è pertanto effettuata sui denti di calcestruzzo di base 12cm , altezza 13cm, passo 50cm. Il taglio sollecitante è pari a:

$$V_{Sd} = (885 \times 0.5 \times 1.3 + 400 \times 0.5 \times 1.5) \times 2.25 / 2 = 9.85 \text{ KN}$$

Il calcolo del taglio ultimo resistente (senza armatura a taglio) dei denti di calcestruzzo è riportato nella seguente tabella:

| | | | |
|-----------------|--------|-----------------|--|
| $f_{ck} =$ | 25,00 | N/mm | |
| $f_{yd} =$ | 391,30 | N/mm | |
| $\gamma_c =$ | 1,50 | N/mm | |
| $b_w =$ | 12 | cm | larghezza minima |
| $H =$ | 13 | cm | altezza sezione |
| $c' =$ | 4 | cm | distanza bordo armatura longitudinale |
| $A_{sl} =$ | 4,65 | cm ² | area armatura longitudinale |
| \square | | | |
| $N_{Ed} =$ | 0 | kN | sforsso assiale di compressione di progetto |
| $A_c =$ | 375 | cm ² | area della sezione compressa |
| $\sigma_{cp} =$ | 0 | | tensione media di compressione |
| $d =$ | 10 | cm | altezza utile |
| $A_{sw} =$ | 1,01 | cm ² | area armatura trasversale |
| $\cot \theta =$ | 1,7 | mm | diametro staffe |
| $k =$ | 2,00 | | coefficiente k |
| $\rho =$ | 0,020 | | coefficiente ρ_1 rapporto geometrico armatura longitudinale |
| $f'_{cd} =$ | 7,08 | N/mm | resistenza a compressione ridotta del cls |
| \square | | | |

| | | | |
|------------|-------|----|--|
| $V_{Rd} =$ | 10,08 | kN | resistenza elementi SENZA armatura a taglio |
|------------|-------|----|--|

Si ottiene un valore di taglio ultimo resistente $V_{Rd} = 10.08 \text{ KN} > 9.85 \text{ KN} \rightarrow$ verificato

4 VERIFICA MURATURA

Si riporta di seguito la verifica della muratura portante a compressione.

Il carico di progetto (per una striscia un metro) è pari:

$$N_{Sd} = (885 \times 1.3 + 400 \times 1.5) \times 2.25 / 2 = 19.70 \text{ KN}$$

Per il calcolo della capacità portante della parete si assume, a favore di sicurezza, l'utilizzo di laterizi di II categoria, in classe di esecuzione 2, il che porta ad utilizzare un coefficiente γ_M pari a 3,0.

La resistenza ultima della parete a compressione, data la resistenza caratteristica riportata nel capitolo dei materiali, è pari a:

$$f_{cd} = f_{ck} / \gamma_M = 4,5 / 3,0 = 1,5 \text{ N/mm}^2$$

da cui:

$$N_{Rd} = f_{cd} \times 25 \text{ cm} \times 100 \text{ cm} = 375 \text{ KN} > 19.70 \text{ KN} \rightarrow \text{verificato.}$$

5 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

D.Min. Infrastrutture Min. Interni e Prot. Civile 14 Gennaio 2008 e allegate "Norme tecniche per le costruzioni".

D.M. LL.PP. 20 Novembre 1987 "Norme tecniche per la progettazione, esecuzione e collaudo degli edifici in muratura e per il loro consolidamento".

Circolare 4 Gennaio 1989 n. 30787 "Istruzioni in merito alle norme tecniche per la progettazione, esecuzione e collaudo degli edifici in muratura e per il loro consolidamento".

Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003 "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica" e successive modificazioni e integrazioni.

Brescia, Dicembre 2011

IL PROGETTISTA
arch. Luciano Lussignoli