

STAZIONE APPALTANTE:
Scuola Internazionale Superiori di
Studi Avanzati

Via Bonomea, 265
34136 Trieste

Location:
Edificio A

CHIUSURA DELLE TERRAZZE LATO POSTICO DELL'EDIFICIO A PER LA REALIZZAZIONE DI UFFICI

CIG: Z40351CAFD
CUP: G96J17000740005
PROGETTO DEFINITIVO

GRUPPO DI PROGETTAZIONE:

Progettazione definitiva

ing. Paco Ferrante

collaboratori:

ing. Salim Fathi

arch. Silvia Meterc

per.ind. Marco Benedetti

per.ind. Massimo Ritossa

ing. Umberto Ruspa



ELABORATO

PROGETTO STRUTTURALE

RELAZIONE SPECIALISTICA STRUTTURE E CALCOLI

| | | codice commessa | livello prog. | disciplina | elaborato | revisione |
|------------|---------------------------|--------------------|------------------|------------|-----------|-----------|
| | | SISSA | D | ST | D01 | 00 |
| Data | Nome file | Scala | Disegno | Verifica | Approva. | |
| 22.04.2022 | 2022.04.15 Definitivo.dwg | - | UR | SF | PF | |
| 5 | | | | | | |
| 4 | | | | | | |
| 3 | | | | | | |
| 2 | | | | | | |
| 1 | | | | | | |
| 0 | 22.04.2022 | Prima emissione | UR | SF | PF | |
| REV. | DATA | DESCRIZIONE | DIS. | VER. | APP. | |

1. PREMESSA

La presente relazione è redatta con riferimento al progetto definitivo delle opere strutturali per il progetto volto alla chiusura delle terrazze lato postico dell'edificio A per la realizzazione di nuovi uffici all'interno del complesso SISSA in via Bonomea 265 a Trieste.

I calcoli di dimensionamento e verifica delle strutture sono stati sviluppati ad un livello di definizione tale che nella successiva progettazione esecutiva non si abbiano significative differenze tecniche e di costo.

2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

La progettazione degli interventi è stata eseguita secondo la teoria della Scienza delle Costruzioni applicando i criteri imposti dalla seguente normativa tecnica:

- DECRETO 17 gennaio 2018 - Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni» (NTC 2018);
- Circolare n. 617 del 2/02/2009 - Istruzioni per l'applicazione delle Nuove Norme Tecniche per le costruzioni di cui al D.M. 14/01/2008.

3. DESCRIZIONE DEL FABBRICATO

Trattasi di un fabbricato nato per scopo ospedaliero con fine lavori strutturali a luglio del 1954.

La struttura è costituita da un corpo principale prospiciente la valle. Si sviluppa in parte su 7 piani e su 8 piani fuori terra. La struttura portante del fabbricato è costituito da un telaio in calcestruzzo armato realizzato con pilastri e travi sia perimetrali che di spina. Le fondazioni sono a plinto connessi tra loro con travi di fondazione direttamente in appoggio sulla roccia affiorante.

Le solette che vanno a comporre i solai sono del tipo latero cemento con altezze variabili in funzione della luce.

I terrazzi sono realizzati con getto pieno con sezione maggiore in corrispondenza dell'appoggio, su cui agisce il massimo momento flettente e minimi in punta.

Gli unici disegni originali disponibili si trovano presso l'Archivio del Comune di Trieste e consistono nel collaudo a cura del ing. Mario Genel.

4. CARATTERISTICHE GEOLOGICHE

Non si prevedono opere geotecniche o che vadano a modificare significativamente lo stato tensionale sul terreno.

5. DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI

Il progetto prevede la chiusura delle terrazze nel lato postico del edificio A per riconvertirle in uffici.

Per poter perseguire il seguente obiettivo si è seguito il seguente ITER:

- ricerca di archivio per determinare la struttura portante delle terrazze;
- saggi strutture del balcone per verificare la conformità tra progetto e stato dei luoghi;
- analisi dei carichi ant-operam e post-operam;
- calcolo del momento resistente fornito dall'armatura esistente e calcolo della quantità di acciaio rimanente necessario per ottenere $M_{Rd} > M_{Ed}$

5.1 Ricerche da archivio.

Dagli archivi è stato possibile prendere visione del certificato di collaudo redatto dal ing. Mario Gene, all'interno sono riportati i risultati sulle prove materiali prelevati dalla direzione lavori. Si quindi potuto constatare la qualità di acciaio e calcestruzzo utilizzato per la realizzazione dell'opera.

| | | | | |
|-------------------------------|------------|---------------|-----------|--|
| a) prove su tondini di ferro | | | | |
| carico di svervam. di rottura | | | | |
| 23.4.53 Ø 8,12,16,18 |) | 41,9 (media) | 55,9 | |
| 10,14,20 |) | 30,4 (min) | 50,2 | |
| 10.3.53 Ø 8,10,12,16,18 | | 39,5 | 55,0 | |
| | | 35,0 | 50,0 | |
| 21.1.53 Ø 8,12,16,18 | | 38,9 | 55,5 | |
| | | 34,4 | 51,4 | |
| b) prove sul cemento " 680 " | | | | |
| 16 gennaio | dopo 3 | 7 | 28 giorni | |
| trazione | 22,8 | 28,3 | 31,3 | |
| compressione | 383 | 547 | 647 | |
| 11 aprile | traz. 25,8 | 31,6 | 33,4 | |
| | compr. 410 | 533 | 676 | |
| 7 luglio | traz. 30 | 32,6 | 37,1 | |
| | compr. 459 | 597 | 756 | |

Sono stati effettuati dalla ditta IN-SITU una serie di saggi per determinare il quantitativo di armature presente all'interno delle mensole che vanno a formare le terrazze.

Si sono riscontrati una serie di scenari in cui le armature hanno diversi infittimenti. A favore di sicurezza si tiene conto di un passo dell'armatura superiore pari a 20cm.

Si sono in prima fase realizzate delle miro-demolizioni per definire il diametro dei ferri che risultano essere pari a 20mm e successivamente per mezzo di tecnologia georadar si è indagato per ogni terrazzo l'interasse delle armature.

| PIANO | PARTE W. | PARTE E. |
|-------|----------|-----------|
| 6 | 18,75cm | 30cm |
| 5 | 15cm | 16,60cm |
| 4 | 15cm | 15cm |
| 3 | 16,75cm | 21cm |
| 2 | 21,40cm | 21,40cm O |

Tabella interassi corpo Ovest

| PIANO | PARTE .W. | PARTE .E. |
|-------|-----------|-----------|
| 6 | 16,60cm | 18,75cm |
| 5 | 16,60cm | 18,75cm |
| 4 | 16,60cm | 15cm |
| 3 | 16,60cm | 16,60cm |
| 2 | 16,60cm O | 15cm |

Tabella interassi corpo Est

7. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

Per il calcestruzzo si è assunto un valore C25/30 con fattore di confidenza LC1

Per acciaio esistente si è tenuto conto di un FeB32K con fattore di confidenza LC1

I nuovi materiali prevedono:

Acciaio da carpenteria e piatti in qualità S275 JR

8. ANALISI DEI CARICHI

8.1 Ante Operam – Terrazza aperta

Carichi distribuiti:

Peso proprio struttura portante (trapezoidale)

- Base sp. 24 cm 600 daN/m²
- Testa sp. 14 cm 350 daN/m²

Peso permanente portato

- Intonaco intradossale sp. 4,5 cm 95 daN/m²
- Massetto e guaine sp.5cm 100 daN/m²
- Finitura in pietra 20 daN/m²

Accidentale Balconi/verande

- Come da collaudo

300 daN/m²

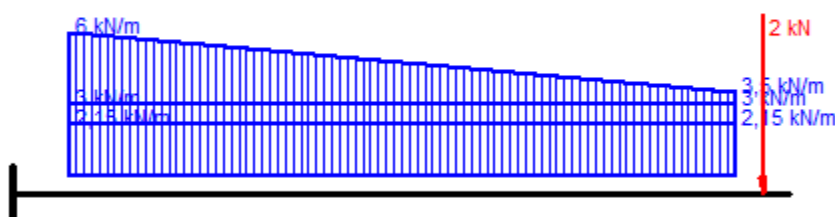
Carichi lineari:

- Parapetto in cls (come da collaudo)

200 daN/m

la reazione vincolare in esercizio per metro di balcone è pari a:

$$R_{V_A} = q \times l / 2 + P = 2576 \text{ kN per metro di balcone}$$



8.2 PostOperam – Terrazza aperta

Carichi distribuiti:

Peso proprio struttura portante (trapeziondale)

- Base sp. 24 cm
- Testa sp. 14 cm

600 daN/m²

350 daN/m²

Peso permanente portato

- Controsoffitto c.g.
- Impianti a soffitto
- Massetto (Leca Forte 1050Kg/m³) sp.7,5cm
- Finitura in pietra

15 daN/m²

20 daN/m²

80 daN/m²

20 daN/m²

Accidentale

- Cat. B (uffici chiusi al pubblico)

200 daN/m²

Carichi lineari:

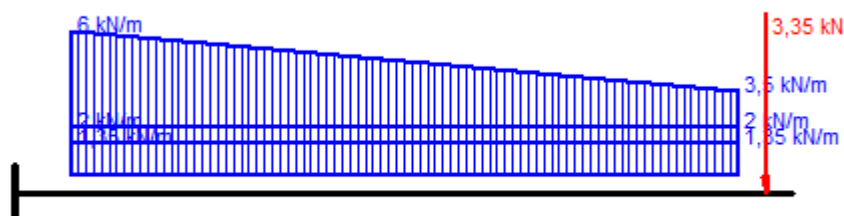
- Parapetto in cls 200 daN/m
- Tamponamento di facciata (Metecno super wall 15cm)¹ 100 daN/m
- Listelli facciata (5 listelli per mq)² 35 daN/m

la reazione vincolare in esercizio per metro di balcone è pari a:

¹ Carico già depurato del 15% di aperture finestrate

² Carico già depurato del 15% di aperture finestrate

$$R_{V_P} = q \times l / 2 + P = 2279 \text{ kN per metro di balcone}$$



8.3 Confronto ante-post operam

R_{V_P} risulta essere minore di R_{V_A} , di conseguenza la modifica del pacchetto architettonico permette un evidente diminuzione del carico che va a compensare l'incremento dovuto dalla chiusura della veranda/terrazzo.

9. VERIFICHE PRINCIPALI

9.1 Verifica portata massima solaio terrazzo

Come precedentemente anticipato, con il fine di determinare la quantità di acciaio minima necessario per garantire l'assorbimento delle azioni flettenti, si calcola per mezzo dell'applicativo VCA SLU il momento flettente massimo assorbito da un'armatura composta da barre lisce $\Phi 12/20$ di classe FeB32k presenti nella soletta.

Il fattore di confidenza utilizzato è pari a LC1, a cui corrisponde un coef. di sicurezza pari a 1,35.

Titolo : _____

N° figure elementari **Zoom** N° strati barre **Zoom**

| N° | b [cm] | h [cm] |
|----|--------|--------|
| 1 | 100 | 24 |

| N° | As [cm²] | d [cm] |
|----|----------|--------|
| 1 | 5,65 | 3 |

Sollecitazioni
☒ S.L.U. ☐ Metodo n

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

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

Tipo rottura
Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

Materiali
☒ FeB32k ☐ C20/25

ε_{su} ‰ ε_{c2} ‰
f_{yd} N/mm² ε_{cu} ‰
E_s N/mm² f_{cd}
E_s/E_c f_{cc} / f_{cd} ?
ε_{syd} ‰ σ_{c,adm}
σ_{s,adm} N/mm² τ_{co}
τ_{c1}

M_{xRd} kN m

σ_c N/mm²
σ_s N/mm²
ε_c ‰
ε_s ‰
d cm
x x/d
δ

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**

L₀ cm **Col. modello**

☐ Precompresso

$$M_{Rd} = 23,3 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Si determina quindi il momento sollecitante alla base del terrazzo con i nuovi carichi di progetto.

Titolo : Terrazzo

Vincoli
☐ App. - App.
☐ Inc. - Inc.
☐ Inc. - App.
☒ Mensola
☐ Fondazione

N° Carichi dist. TRAPEZI **Zoom**

| N° | q1 | q2 | d1 | d2 |
|----|------|------|-----|-----|
| 1 | 7,8 | 4,55 | 0,2 | 2,4 |
| 2 | 1,75 | 1,75 | 0,2 | 2,4 |
| 3 | 3 | 3 | 0,2 | 2,4 |

N° Carichi CONCENTRATI **Zoom**

| N° | F | d |
|----|------|-----|
| 1 | 4,33 | 2,7 |

N° Coppie CONCENTRATE **Zoom**

Luce m J cm⁴ Sezione

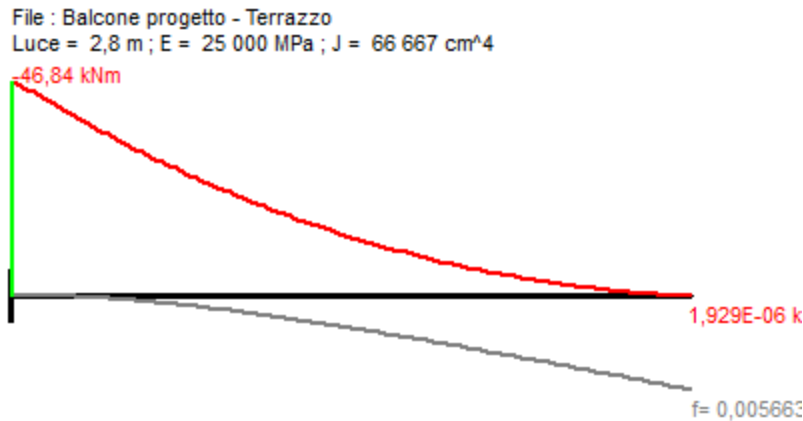
E MPa ☒ Distanze parziali

Risultati
Reazioni vincolari
MA kNm MB
RA kN RB
Φ_A [rad] Φ_B
max M+ x max M+
max M- x max M-
f max m x f max

Diagrammi
☒ Visualizza ☐ Stampa

Risultati all'ascissa x
x → M(x) V(x) f(x)

N° sezioni di calcolo **Calcola**



$$M_{Ed} = 46,84 \text{ kNm}$$

$$\text{Il differenziale } \Delta M = M_{Ed} - M_{Rd} = 23,54 \text{ kNm}$$

Il rinforzo si può tradurre nell'applicazione di strisce orizzontali in acciaio con spessori molto esili. Le strisce saranno solidarizzate alla soletta in c.a. con tasselli.

Assumendo per le verifiche una qualità dell'acciaio S275 e dei piatti di rinforzo 50x5mm ogni 33cm di cui solo 50x3mm di sezione resistente in corrispondenza della saldatura, si calcola con il metodo N il valore di tensione sui piatti.

Titolo :

N° figure elementari Zoom N° strati barre Zoom

| N° | b [cm] | h [cm] |
|----|--------|--------|
| 1 | 100 | 24 |

| N° | As [cm²] | d [cm] |
|----|----------|--------|
| 1 | 4,5 | -1 |

Sollecitazioni

S.L.U. ☒ Metodo n ☐

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

P.to applicazione N

☒ Centro ☐ Baricentro cls
☐ Coord.[cm] xN yN

Tipo Sezione

☒ Rettan.re ☐ Trapezi
☐ a T ☐ Circolare
☐ Rettangoli ☐ Coord.

Metodo di calcolo

☐ S.L.U.+ ☐ S.L.U.- ☒ Metodo n

Materiali

S275 C20/25

ε_{su} ‰ ε_{c2} ‰
 f_{yd} N/mm² ε_{cu} ‰
 E_s N/mm² f_{cd} ‰
 E_s/E_c f_{cc}/f_{cd} ?
 ε_{syd} ‰ σ_{c,adm} ‰
 σ_{s,adm} N/mm² τ_{co} ‰
 τ_{c1} ‰

σ_c N/mm²
 σ_s N/mm²

Verifica

N° iterazioni:

☐ Precompresso

ε_s ‰
 d cm
 x x/d
 δ

La tensione totale è pari a:

$$\sigma_s = 224,7 \text{ Mpa}$$

La Trazione totale per metro è pari a

$$F_v = \sigma_s \times A = 224,7 \times 450 = 101.150 \text{ N} = 10.115 \text{ daN}$$

Ogni metri si hanno 3 nastri, il carico per ogni nastro è quindi pari a $F_v/3 = 3370 \text{ daN}$.

La resistenza a trazione di un nastro si calcola in corrispondenza della saldatura al profilo UPN assumendo una sezione resistente pari 50x3mm è pari a:

$$F_{V,Rd} = A \times f_{yd} = 50 \times 3 \times 275 / 1,05 = 39.285 \text{ N} = 3.928 \text{ daN}$$

La resistenza a trazione di un tassello M8 tipo Fisher FazII è pari a:

| Table C2.1: Characteristic values of shear resistance under static and quasi-static action | | | | | | | | | |
|---|--------------|--------------------|------------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-------|-------|
| Size | | | FAZ II, FAZ II R, FAZ II HCR | | | | | | |
| | | | M6 | M8 | M10 | M12 | M16 | M20 | M24 |
| Steel failure without lever arm | | | | | | | | | |
| Characteristic resistance | FAZ II | $V_{Rk,s}$ [kN] | 5,9 | 13,6 | 21,4 | 30,6 | 55,0 | 81,4 | 110,1 |
| | FAZ II R/HCR | | 8,8 | 16,8 | 26,5 | 38,3 | 69,8 | 106,3 | 148,5 |
| Partial factor for steel failure | | $\gamma_{Ms}^{1)}$ | | | 1,25 | | | | |
| Factor for ductility | | k_7 | | | 1,0 | | | | |
| Steel failure with lever arm and Concrete pryout failure | | | | | | | | | |
| Effective embedment depth for calculation | | h_{ef} [mm] | 40 | 45 | 60 | 70 | 85 | 100 | 125 |
| Characteristic bending resistance | FAZ II | $M_{Rk,s}$ [Nm] | 11,4 | 26 | 52 | 92 | 233 | 513 | 865 |
| | FAZ II R/HCR | | 10,7 | 29 | 59 | 100 | 256 | 519 | 898 |
| Factor for pryout failure | | k_8 [-] | 2,6 | 2,8 | 3,2 | | 3,0 | 2,6 | 2,4 |
| Effective embedment depth for calculation | | h_{ef} [mm] | - | 35 - < 45 | 40 - < 60 | 50 - < 70 | 65 - < 85 | - | |
| Characteristic bending resistance | FAZ II | $M_{Rk,s}$ [Nm] | | 20 | 44 | 92 | 184 | | |
| | FAZ II R/HCR | | | 21 | 45 | 100 | 193 | | |
| Factor for pryout failure | | k_8 [-] | | 2,5 | 2,6 | 3,1 | 3,2 | | |
| Partial factor for steel failure | | $\gamma_{Ms}^{1)}$ | | | 1,25 | | | | |
| Factor for ductility | | k_7 | | | 1,0 | | | | |
| Concrete edge failure | | | | | | | | | |
| Effective embedment depth for calculation | | l_f [mm] | | | h_{ef} | | | | |
| Outside diameter of a fastener | | d_{nom} | 6 | 8 | 10 | 12 | 16 | 20 | 24 |

$$V_{Rd} = 13,6 \text{ kN} = 1360 \text{ daN}$$

La trazione sul piatto è pari a 3370 daN quindi servirà un numero di tasselli che forniscano un valore resistente a taglio pari o superiore al valore di trazione sul piatto.

I nastri saranno fissati a un profilo metallico tipo UPN o similare che sarà fissato ai pilastri e in corrispondenza dei varchi esistenti con piatti tassellati, la luce massima di libera inflessione è pari a 120cm.

Assumendo uno schema statico di trave appoggio appoggio, abbiamo che il momento in campata è pari a:

$$M_{Ed} = F_v \times L^2 / 8 = 103055 \times 1,2^2 / 8 = 1854 \text{ daNm (18,54 kNm)}$$

Assumendo un profilo UPN120 in acciaio S275 si ha che:

UPN ☐ Doppio ☐ UAP

Ordina per: ☒ Wy ☐ ly ☐ g

Acciaio: S275 (Fe430) fy (N/mm2): 275 fu: 430

Lunghezze di libera inflessione [m]: l_{Oy}: 0 l_{Oz}: 0

Aggiorna Tabella

| | designation | g (kg/m) | h (mm) | b (mm) | tw (mm) | tf (mm) | r1 (mm) |
|---|-------------|----------|--------|--------|---------|---------|---------|
| | UPN 80 | 8,6 | 80 | 45 | 6,00 | 8,00 | 8,00 |
| | UPN 100 | 10,6 | 100 | 50 | 6,00 | 8,50 | 8,50 |
| ▶ | UPN 120 | 13,4 | 120 | 55 | 7,00 | 9,00 | 9,00 |
| | UPN 140 | 16,0 | 140 | 60 | 7,00 | 10,00 | 10,00 |
| | UPN 160 | 18,8 | 160 | 65 | 7,50 | 10,50 | 10,50 |
| | UPN 180 | 22,0 | 180 | 70 | 8,00 | 11,00 | 11,00 |
| | UPN 200 | 25,3 | 200 | 75 | 8,50 | 11,50 | 11,50 |

Plotta

UPN 120

N_{by,Rd} [kN]: 445,2 N_{bz,Rd} [kN]: 445,2 V_{ply,Rd} [kN]: 129,1

M_{cy,Rd} [kNm]: 19,01 M_{cz,Rd} [kNm]: 5,552 V_{plz,Rd} [kN]: 149,7

g (Kg/m): 13,4 h (mm): 120 b (mm): 55 tw (mm): 7 tf (mm): 9 r1 (mm): 9

r2 (cm): 4,5 A (cm2): 17 Iy (cm4): 364 Wy (cm3): 60,7 Wpl y (cm3): 72,6

iy (cm): 4,62 Iz (cm4): 43,2 Wz (cm3): 11,1 Wpl z (cm3): 21,2

iz (cm): 1,59 IT (cm4): 4,15 lw (cm6): 900

Classe Sezione: Compressione 1 Flessione My 1 Flessione Mz 1

M_{Rd} = 19,01.

Trieste, maggio 2022

IL PROGETTISTA STRUTTURALE
Ing.dott.Paco FERRANTE

