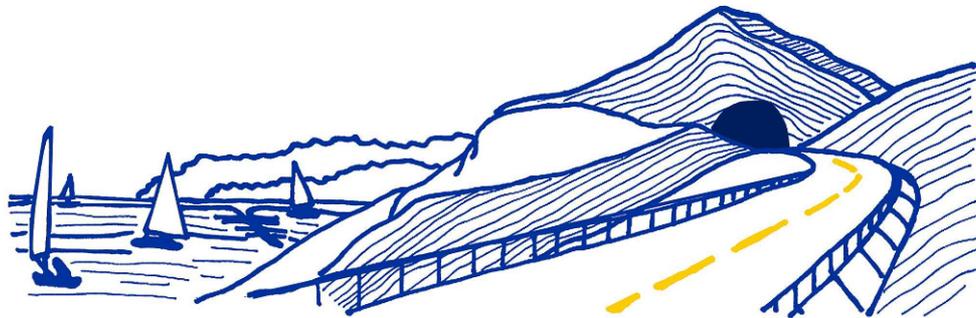


**VARIANTE ALLA S.S.1 AURELIA (AURELIA BIS)
VIABILITA' DI ACCESSO ALL' HUB PORTUALE DI LA SPEZIA
INTERCONNESSIONE TRA I CASELLI DELLA A-12 E IL PORTO DI LA SPEZIA
3° LOTTO TRA FELETTINO E IL RACCORDO AUTOSTRADALE**

PROGETTO ESECUTIVO DI STRALCIO E COMPLETAMENTO C - 3° TRATTO

PROGETTO ESECUTIVO

GE265



VISTO: IL RESPONSABILE
DEL PROCEDIMENTO

RESPONSABILE
DELL'INTEGRAZIONE DELLE
PRESTAZIONI SPECIALISTICHE

PROGETTISTA SPECIALISTA

IL COORDINATORE DELLA
SICUREZZA IN FASE DI
PROGETTAZIONE

Ing. Fabrizio CARDONE

Ing. Alessandro RODINO

Ing. Paolo Alberto COLETTI

Dott. Domenico TRIMBOLI

**OPERE MINORI
RACCOLTA ACQUE DI PIATTAFORMA
SCALA USCITA EMERGENZA
RELAZIONE DI CALCOLO**

CODICE PROGETTO

NOME FILE

P00GA03STRRE04_A

REVISIONE

SCALA:

PROGETTO LIV. PROG. N. PROG.

DPGE0265 E 20

CODICE ELAB. P00GA03STRRE04

A

C

B

A

EMISSIONE

Ottobre 2021

A. Cimmino

E. Cerizzi

D. Morgera

REV.

DESCRIZIONE

DATA

REDATTO

VERIFICATO

APPROVATO

INDICE	pag.
1. INTRODUZIONE	1
1.1 Normative.....	1
1.2 Documenti di riferimento.....	1
2. PROGETTO STRUTTURALE.....	1
2.1 Materiali	1
2.2 Analisi dei carichi	1
2.3 Analisi strutturale.....	3
2.4 Verifiche SLU.....	6
2.5 Verifica SLE	8

1. Introduzione

La presente relazione descrive la progettazione strutturale della scala di servizio da realizzarsi per...

1.1 Normative

[1] D.M. Infrastrutture Trasporti 17 gennaio 2018 (G.U. 20 febbraio 2018 n. 42 - Suppl. Ord.) - "Aggiornamento delle Norme tecniche per le Costruzioni" (NTC 18);

[2] Circolare 21 gennaio 2019 n. 7 C.S.LL.PP (G.U. 11 febbraio 2019 n. 35 - Suppl. Ord.) - "Istruzioni per l'applicazione dell'aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni" di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018".

1.2 Documenti di riferimento

La geometria e la posizione della scala sono indicati nei documenti di riferimento richiamati di seguito:

1. Scala Uscita Emergenza – Carpenteria;
2. Scala Uscita Emergenza – Armatura.

2. Progetto strutturale

2.1 Materiali

I materiali strutturali considerati sono:

- 1 Calcestruzzo classe C30/37, con
 - $f_{ck} = 30$ MPa (resistenza caratteristica cilindrica);
 - $E_c = 22000(f_{cm}/10)^{0.3}$ (modulo di elasticità calcestruzzo);
 - $f_{cm} = f_{ck} + 8$.
- 2 Acciaio per c.a. in barre del tipo B450C, con:
 - $f_{yk} = 450$ MPa (resistenza caratteristica a snervamento);
 - $E_s = 210000$ MPa (modulo di elasticità acciaio).

2.2 Analisi dei carichi

La struttura portante della scala è del tipo a soletta rampante e costituita dalle seguenti componenti:

- 1- Rampa da realizzarsi con una soletta piena in c.a. di spessore pari a 20cm;
- 2- Pianerottoli di riposo in c.a. a soletta piena di spessore pari a 30cm.

I gradini anch'essi in c.a. sono stati considerati come un mero carico per la rampa, inoltre si prevede la finitura in malta e rivestimento in gomma applicato all'estradosso dei pianerottoli e sui gradini.

In accordo al §2.5.1.3 i carichi sono suddivisi in:

- *permanenti* (G): azioni che agiscono durante tutta la vita nominale di progetto della costruzione, la cui variazione di intensità nel tempo è molto lenta e di modesta entità;
- *variabili* (Q): azioni che agiscono con valori istantanei che possono risultare sensibilmente diversi fra loro nel corso della vita nominale della struttura;
- *eccezionali* (A): azioni che si verificano solo eccezionalmente nel corso della vita nominale della struttura;
- *sismiche* (E): azioni derivanti dai terremoti.

I carichi considerati nella fattispecie del progetto strutturale della scala sono i carichi *permanenti strutturali* G_{k1} , i carichi *permanenti non strutturali* G_{k2} e i carichi variabili dovuti ai sovraccarichi descritti nel §3.1.4.

Carichi rampa

$$G_{k1} = \gamma_{cls} \cdot s_r = 25 \cdot 0.2 = 5 \text{ kN/m}^2$$

$$G_{k2} = \gamma_{cls} \cdot \left(h \cdot \frac{p}{2} \right) \cdot b \cdot n = 25 \cdot \left(0.17 \cdot \frac{0.30}{2} \right) \cdot 2.40 \cdot 15 = 23 \text{ kN}$$

Dove γ_{cls} è il peso specifico del calcestruzzo armato, s_r è lo spessore della soletta della rampa, h e p sono rispettivamente l'alzata e la pedata dei gradini, b è la larghezza della rampa ed n è il numero dei gradini.

Il rivestimento è stimato essere $G_{k2} = 0.5 \text{ kN/m}^2$;
il carico variabile da sovraccarico è $Q_k = 4 \text{ kN/m}^2$.

Carichi pianerottolo

$$G_{k1} = \gamma_{cls} \cdot s_p = 25 \cdot 0.3 = 7.5 \text{ kN/m}^2$$

Dove s_r è lo spessore della soletta del pianerottolo.
Il rivestimento è stimato essere $G_{k2} = 0.5 \text{ kN/m}^2$;
il carico variabile da sovraccarico è $Q_k = 4 \text{ kN/m}^2$.

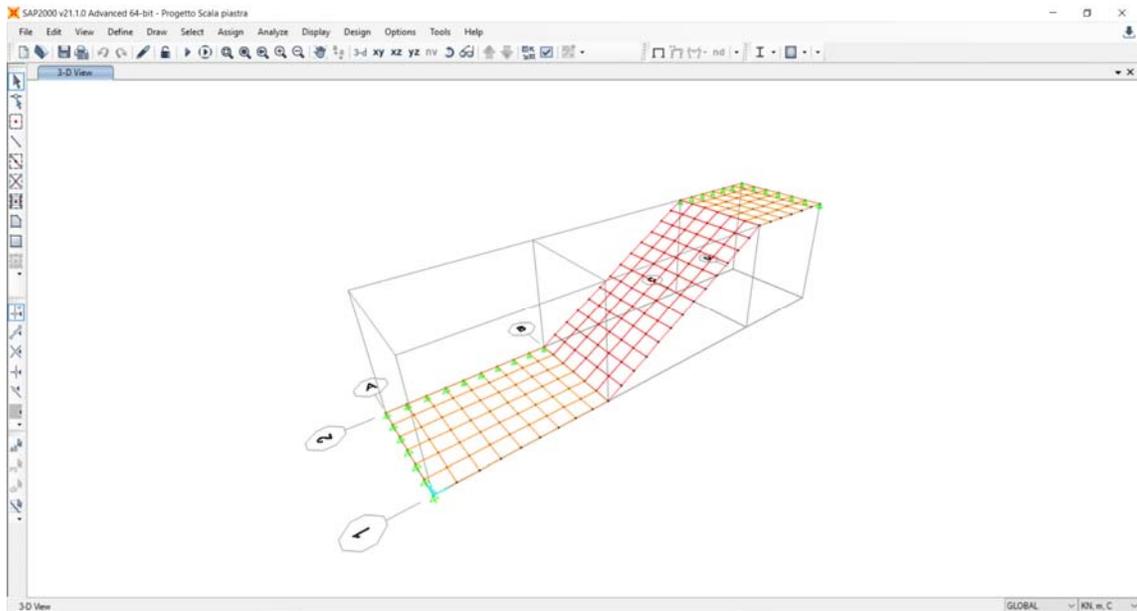
Le combinazioni adottate sono la *fondamentale* per le verifiche SLU e la *combinazione frequente* per le verifiche di tipo SLE:

$$\gamma_{G1}G_1 + \gamma_{G2}G_2 + \gamma_P P + \gamma_{Q1}Q_{k1} + \gamma_{Q2}\Psi_{02}Q_{k2} + \gamma_{Q3}\Psi_{03}Q_{k3} + \dots \quad [2.5.1 \text{ NTC 2018}];$$

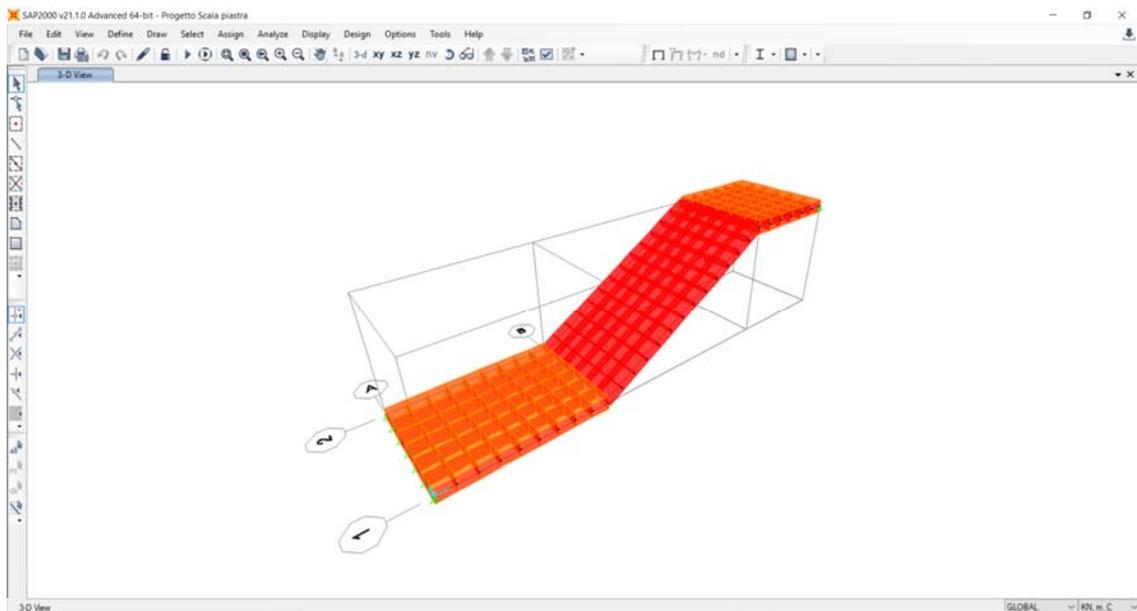
$$G_1 + G_2 + \gamma_P P + \Psi_{11}Q_{k1} + \Psi_{22}Q_{k2} + \Psi_{23}Q_{k3} + \dots \quad [2.5.3 \text{ NTC 2018}].$$

2.3 Analisi strutturale

È stato realizzato un modello in *Sap2000* per l'analisi strutturale della scala a soletta rampante. La modellazione degli delle solette è stata eseguita adottando elementi *shell* del tipo *thin*. I nodi esterni dei pianerottoli sono stati vincolati con incastri. La presenza delle pareti laterali è stata considerata andando a vincolare con incastri anche i corrispondenti nodi degli shell dei pianerottoli.

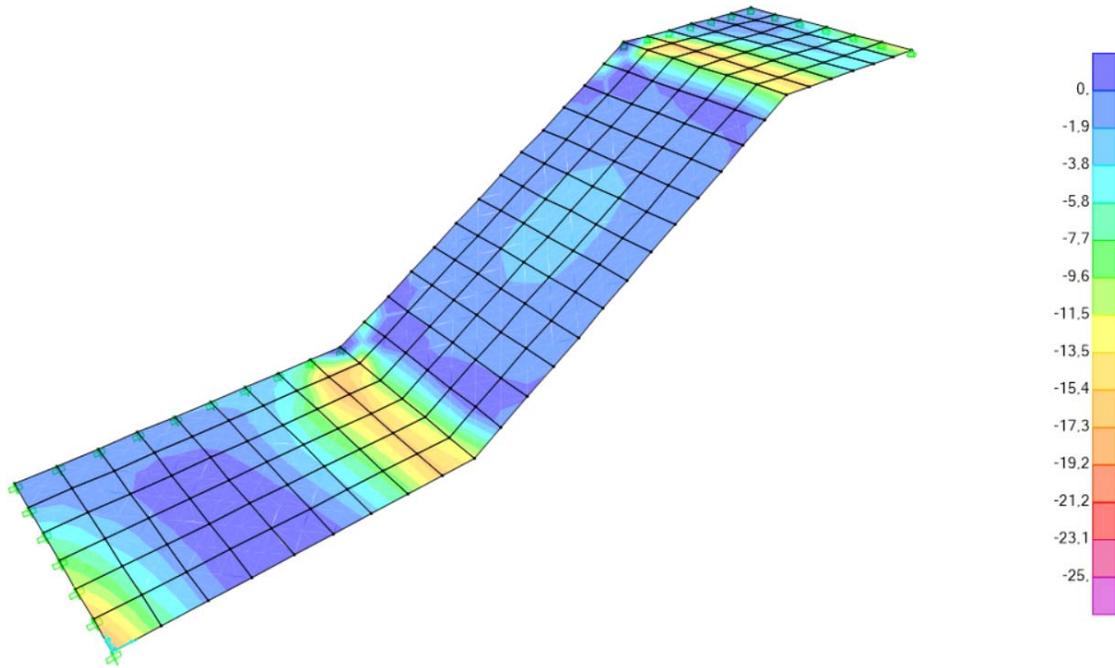


Modello scala_elementi shell

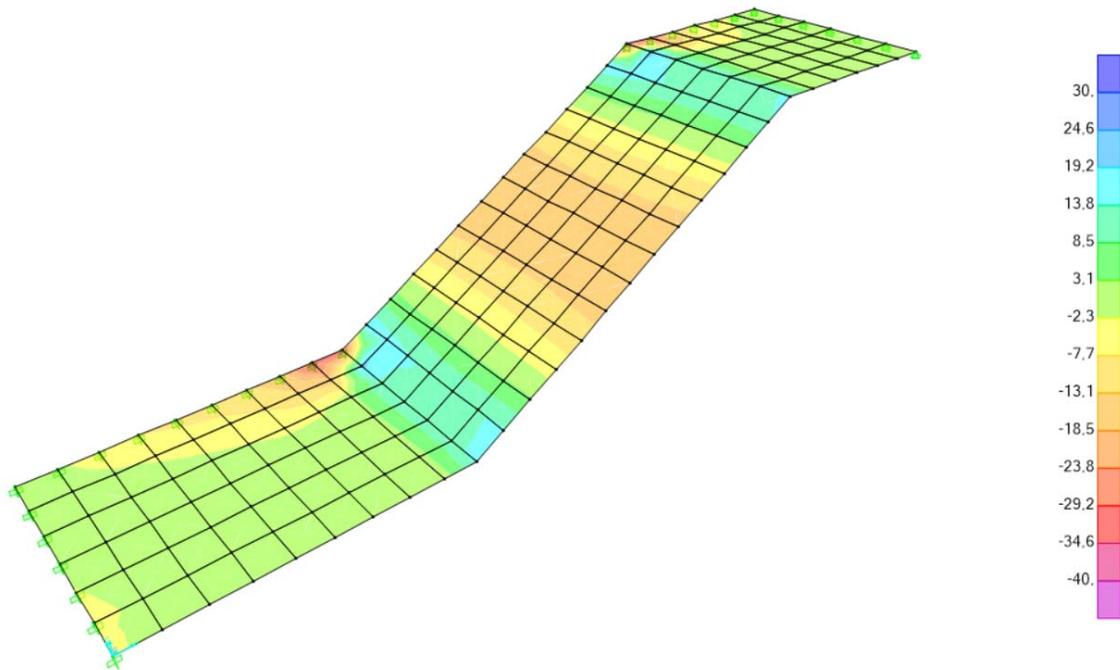


Modello scala_vista estrusa

Di seguito si riportano alcuni immagini del modello con la visualizzazione delle caratteristiche della sollecitazione flettenti M_{11} e M_{22} .

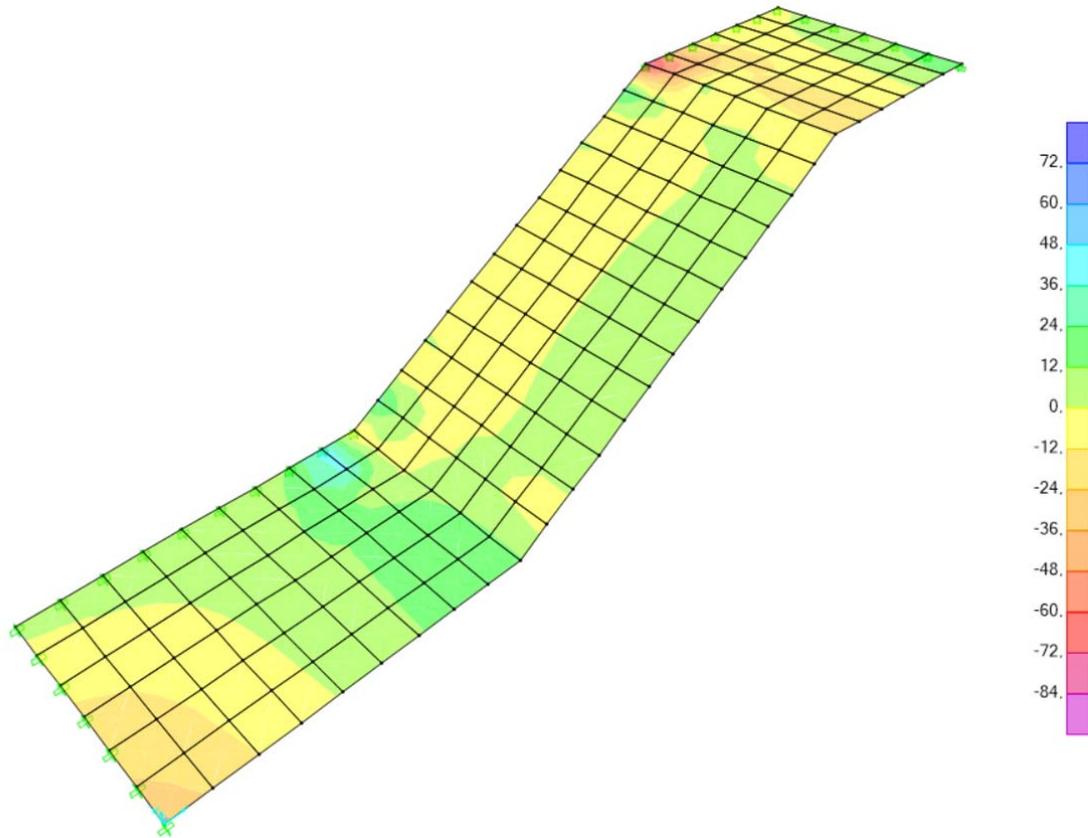


Elementi shell_sollecitazioni M_{11} [kNm/m]

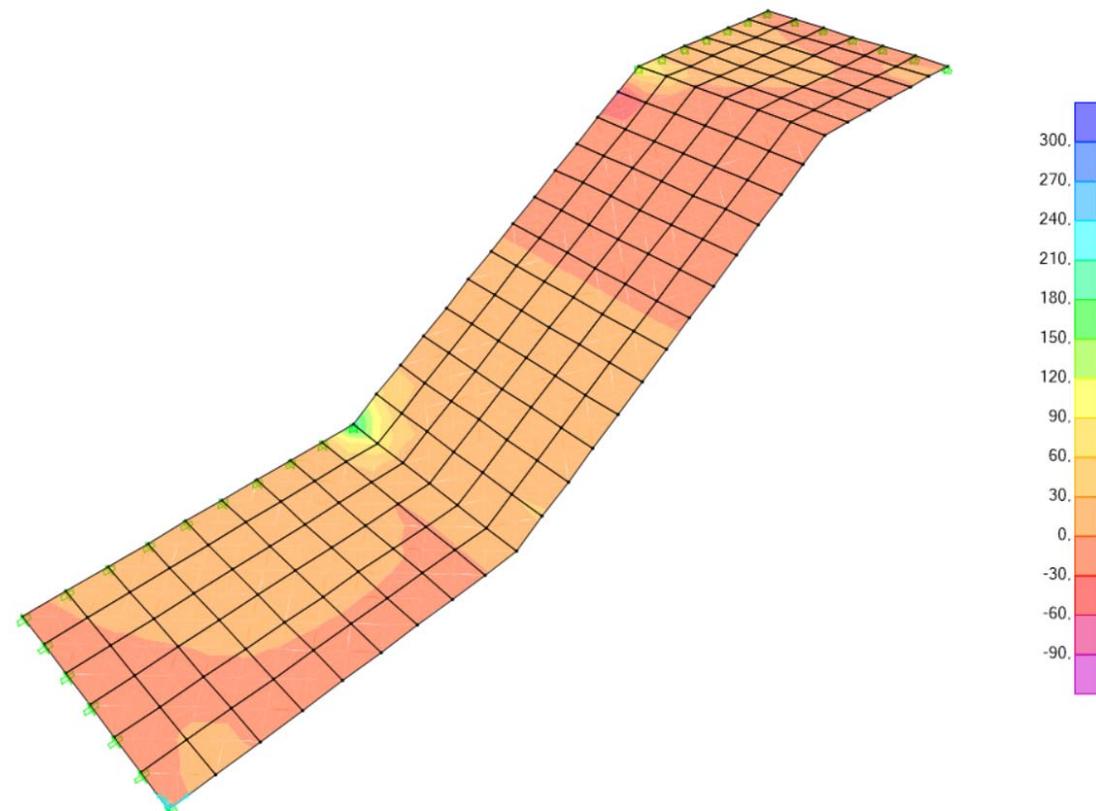


Elementi shell_sollecitazioni M_{22} [kNm/m]

Le sollecitazioni flettenti M11 massime sono pari a circa 2kNm/m e -22kNm/m che, moltiplicate per la larghezza della scala risultano rispettivamente a 4.8 kNm e -52.8 kNm;
 Le sollecitazioni flettenti M22 massime sono pari a circa 25 kN/m e -35 kNm/m che, moltiplicate per la larghezza della scala risultano rispettivamente 60 kNm e -84 kNm.



Elementi shell_sollecitazioni V13



Elementi shell_sollecitazioni V23

2.4 Verifiche SLU

Le verifiche SLU sono state condotte adottando la combinazione fondamentale riportata al §2.1 di questa relazione.

Le sollecitazioni flettenti massime, considerando sia le M11 che le M22, sono pari a +25kNm e -84kNm.

Il progetto della sezione prevede l'adozione di un'armatura diffusa lungo entrambe le direzioni della soletta composta da barre $\phi 12$ ogni 150cm.

Di seguito si riporta il calcolo del momento ultimo della sezione della rampa e dei pianerottoli.

Calcolo momento ultimo rampa

Verifica C.A. S.L.U. - File: Sez scala

Titolo: **Rampa**

N° figure elementari: 1 Zoom N° strati barre: 2 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	240	20	1	18.10	3
			2	18.10	17

Sollecitazioni: S.L.U. Metodo n

N_{Ed} 0 kN
M_{Ed} 0 kNm
M_{yEd} 0

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

Tipo rottura: Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

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

Tipo flessione: Flessa Deviata

N° rett. 100

Calcola MRd Dominio M-N

L₀ 0 cm Col. modello

Precompresso

Materiali: B450C C30/37

ε_{su} 67.5 ‰ ε_{c2} 2 ‰
f_{yd} 391.3 N/mm² ε_{cu} 3.5 ‰
E_s 200.000 N/mm² f_{cd} 17
E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 0.8 [?]
ε_{syd} 1.957 ‰ σ_{c,adm} 11.5
σ_{s,adm} 255 N/mm² τ_{co} 0.6933
τ_{c1} 2.029

M_{xRd} 115.8 kNm
σ_c -17 N/mm²
σ_s 391.3 N/mm²
ε_c 3.5 ‰
ε_s 18.96 ‰
d 17 cm
x 2.649 x/d 0.1558
δ 0.7

Il valore di M_u della rampa è pari a 115.8 kNm.

Calcolo momento ultimo pianerottolo

Verifica C.A. S.L.U. - File: Sez scala

Titolo: **Pianerottolo**

N° figure elementari: 1 Zoom N° strati barre: 2 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	240	30	1	18.10	3
			2	18.10	27

Sollecitazioni: S.L.U. Metodo n

N_{Ed} 0 kN
M_{Ed} 0 kNm
M_{yEd} 0

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

Tipo rottura: Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

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

Tipo flessione: Flessa Deviata

N° rett. 100

Calcola MRd Dominio M-N

L₀ 0 cm Col. modello

Precompresso

Materiali: B450C C30/37

ε_{su} 67.5 ‰ ε_{c2} 2 ‰
f_{yd} 391.3 N/mm² ε_{cu} 3.5 ‰
E_s 200.000 N/mm² f_{cd} 17
E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 0.8 [?]
ε_{syd} 1.957 ‰ σ_{c,adm} 11.5
σ_{s,adm} 255 N/mm² τ_{co} 0.6933
τ_{c1} 2.029

M_{xRd} 186.6 kNm
σ_c -17 N/mm²
σ_s 391.3 N/mm²
ε_c 3.5 ‰
ε_s 32.18 ‰
d 27 cm
x 2.648 x/d 0.09808
δ 0.7

Il valore di M_u per del pianerottolo è pari a 186.6 kNm.
Per entrambi gli elementi le verifiche SLU sono soddisfatte.

Calcolo taglio resistente

Il taglio resistente per la soletta rampante si calcola in accordo al §4.1.2.3.5.2. per cui

$$V_{Rd} = \min\{V_{RS,d}; V_{RC,d}\}$$

$$V_{RS,d} = 0.9 \cdot d \cdot \frac{A_s}{s} \cdot f_{yd} \cdot (\cot\alpha + \cot\theta) \cdot \sin\theta$$

$$V_{RC,d} = 0.9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_c \cdot v \cdot f_{cd} \cdot \frac{\cot\alpha + \cot\theta}{1 + \cot^2\theta}$$

Adottando staffe $\phi 8/200$ con 8 bracci risulta:

$$V_{RS,d} = 120.4 \text{ kN}$$

$$V_{RC,d} = 1560 \text{ kN}$$

Il taglio resistente è pari a 120.4 kN.

Il taglio sollecitante massimo in combinazione fondamentale è pari a 96 kN (ottenuto dall'integrazione dei valori di V23 lungo una sezione di rampa/pianerottolo).

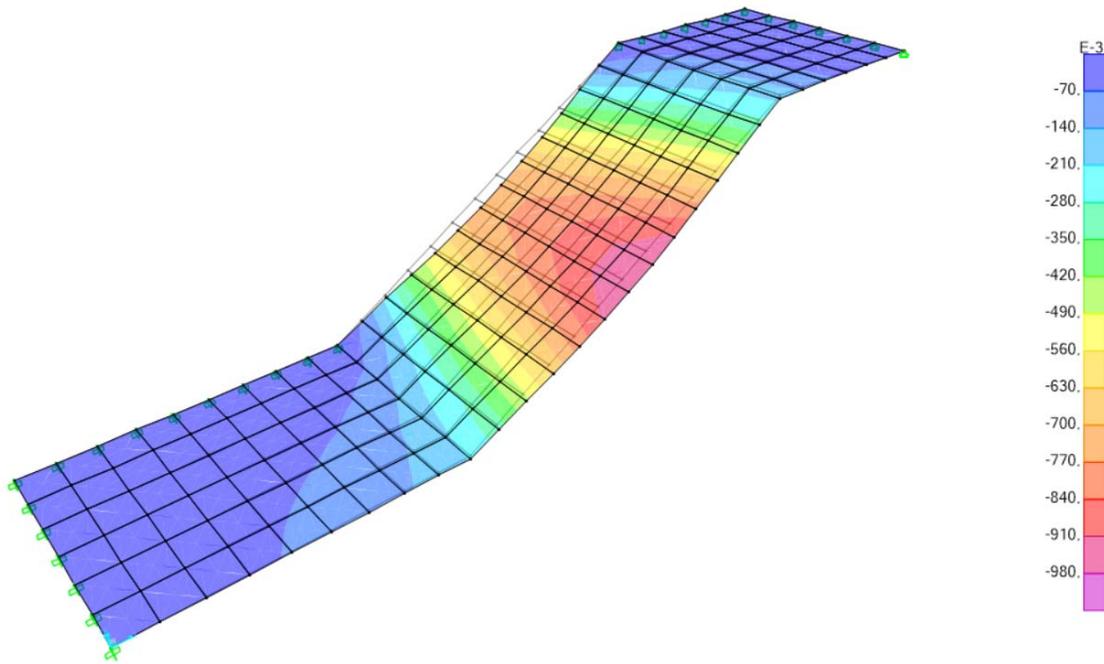
Essendo $V_{RS,d} \leq V_{Ed}$ la verifica è soddisfatta.

2.5 Verifica SLE

La verifica SLE consiste nel controllare che gli spostamenti ottenuti dalla combinazione *frequente* non eccedano i limiti riportati al §4.2.4.2 delle NTC2018.

Nella fattispecie la freccia verticale deve essere inferiore a $1/300 L = 13\text{mm}$.

Di seguito si riporta un'immagine del modello con la visualizzazione degli spostamenti verticali negli *shell*.



Spostamenti verticali negli shell [mm]

Essendo il massimo spostamento inferiore a 1mm la verifica SLE può considerarsi soddisfatta.