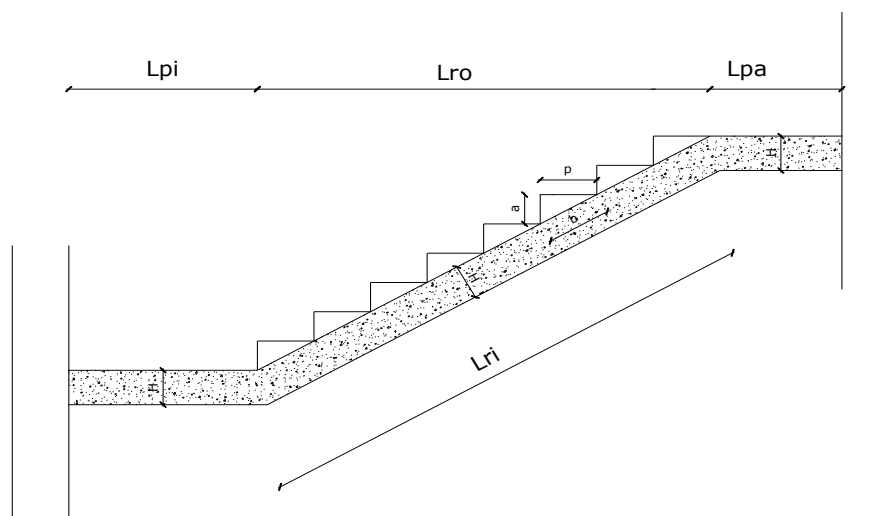


CALCOLO AGLI S.L.U. DI SCALA A SOLETTA RAMPANTE IN C.A. E GRADINI RIPORTATI

La scala sarà realizzata con soletta rampante sagomata a ginocchio e gradini riportati in cls. La rampa è costituita da pianerottolo di partenza e senza pianerottolo d'arrivo e da un n° 15 gradini che si sviluppano lungo la parte inclinata.



Caratteristiche dei materiali

Calcestruzzo

C25/30 ▼

Resistenza caratteristica cubica a compressione	$R_{ck} =$	30,0 N/mm ²
Resistenza caratteristica cilindrica a compressione	$f_{ck} =$	24,9 N/mm ²
Resistenza di progetto a compressione	$f_{cd} =$	14,1 N/mm ²
Resistenza media a trazione semplice (assiale)	$f_{ctm} =$	2,56 N/mm ²
Resistenza caratteristica a trazione semplice	$f_{ctk} =$	1,79 N/mm ²
Resistenza di progetto a trazione	$f_{ctd} =$	1,19 N/mm ²
Tensione tangenziale di aderenza di calcolo acciaio - cls	$f_{bd} =$	2,69 N/mm ²
Modulo elastico del calcestruzzo	$E_{cm} =$	31447,16 N/mm ²
Peso unitario del calcestruzzo armato	$\gamma_{cls} =$	25,0 KN/mc

Acciaio

B450C ▼

Tensione caratteristica di snervamento	$f_{yk} =$	450,0 N/mm ²
Resistenza di progetto	$f_{vd} =$	391,3 N/mm ²
Modulo elastico acciaio	$E_s =$	200000,0 N/mm ²

Caratteristiche geometriche

Alzata:	$a =$	0,19 m
Pedata:	$p =$	0,25 m
Peso unitario materiale gradini e pianerottoli		14,00 KN/mc
Peso unitario materiale pedata e pianerottoli (marmo, legno, etc.)		27,00 KN/mc
Spessore materiale pedata e pianerottoli (marmo, legno, etc.)		0,02 m
Peso unitario malta pedata e pianerottoli		14,00 KN/mc
Spessore malta pedata e pianerottoli		0,02 m
Peso unitario materiale alzata (marmo, legno, etc.)		27,00 KN/mc
Spessore materiale alzata (marmo, legno, etc.)		0,02 m
Peso unitario malta alzata		14,00 KN/mc
Spessore malta alzata		0,02 m
Peso unitario intonaco intradosso rampa e pianerottoli		14,00 KN/mc
Spessore intonaco intradosso rampa e pianerottoli		0,02 m

Peso distribuito ringhiera		0,60 KN/m
Numero gradini della rampa:	n =	15
Lunghezza rampa sul piano orizzontale:	Lro =	3,75 m
Lunghezza rampa inclinata	Lri =	4,71 m
Larghezza rampa e pianerottoli:	Br =	0,90 m
Lunghezza pianerottolo di arrivo:	Lpa =	0,00 m
Lunghezza pianerottolo di partenza:	Lpi =	1,10 m
Spessore rampa e pianerottoli:	H =	0,15 m
Fascia occupata all'intradosso da un gradino:	b =	0,31 m
Copriferro	c =	0,02 m
Angolo di inclinazione rampa:	$\alpha =$	37,23 °
Sovraccarico variabile distribuito verticale		4,00 KN/mq

Analisi dei carichi sulla rampa

Peso proprio soletta inclinata (carico permanente strutturale)	$G_{1k} =$	4,24 KN/m
Peso permanente portato (gradini, marmo, malta, intonaco, ringhiera):	$G_{2k} =$	3,41 KN/m
Sovraccarico accidentale:	$Q_{1k} =$	3,60 KN/m
Altri carichi distribuiti	$G_{3k} =$	0,00 KN/m

Carico distribuito agente sulla rampa:

$$q_d = 1,3 G_{1k} + 1,5 (G_{2k} + G_{3k}) + 1,5 Q_{1k} = 16,03 \text{ KN/m}$$

$$q'_d = q_d \cos \alpha = 12,76 \text{ KN/m}$$

Analisi dei carichi sui pianerottoli

Peso proprio pianerottolo (carico permanente strutturale)	$G_{1k} =$	3,38 KN/m
Peso permanente portato (marmo, malta, intonaco):	$G_{2k} =$	0,99 KN/m
Sovraccarico accidentale:	$Q_{1k} =$	3,60 KN/m
Altri carichi distribuiti	$G_{3k} =$	0,00 KN/m

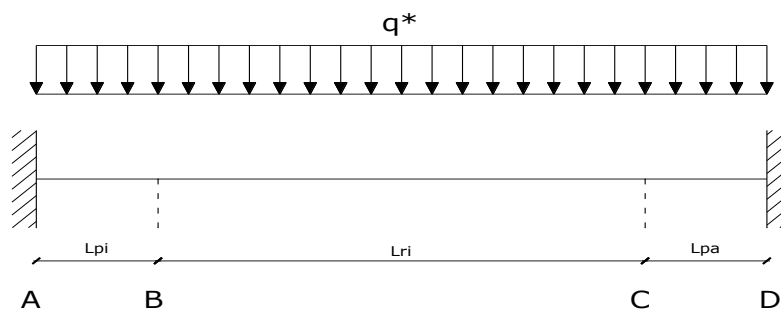
Carico distribuito agente sui pianerottoli:

$$q_d = 1,3 G_{1k} + 1,5 (G_{2k} + G_{3k}) + 1,5 Q_{1k} = 11,27 \text{ KN/m}$$

Sollecitazioni

Flessione e taglio

Si ipotizza la soletta rampante come una trave rettilinea incastrata agli estremi:



Il carico verticale q^* si assume uniformemente ripartito, pari al valore massimo risultante tra il carico sulla rampa ed il carico sui pianerottoli:

$$q^* = \max (q_r; q_p) = 12,76 \text{ KN/m}$$

Sollecitazioni di flessione e taglio dovute al carico q^*

Momento flettente all'incastro della trave:	$M_{tA} =$	35,90 KNm
Momento flettente in mezzeria della trave:	$M_{tm} =$	43,08 KNm
Taglio massimo all'incastro della trave	$V_{tdA} =$	37,07 KN
Taglio massimo all'estremità della rampa	$V_{tdC} = V_{tdB} =$	30,06 KN

Armatura a flessione

Sezione di mezzeria: $A_{sm} = M_{tm} / (0,9 h_t f_{vd}) = 9,41 \text{ cmq}$
 Sezione di incastro: $A_{si} = M_{tA} / (0,9 h_t f_{vd}) = 7,84 \text{ cmq}$

L'armatura longitudinale effettiva inferiore si rileva dalla seguente tabella in funzione dei diametri scelti:

	$\phi 10$	$\phi 12$	$\phi 14$	$\phi 16$	$\phi 18$	$\phi 20$
numero ferri	0	0	5	0	0	0
lungh. ancor. (cm)	0	0	51	0	0	0

$$\text{Totale } A_{sm,eff} = 7,70 \text{ cmq}$$

L'armatura longitudinale effettiva superiore si rileva dalla seguente tabella in funzione dei diametri scelti:

	$\phi 10$	$\phi 12$	$\phi 14$	$\phi 16$	$\phi 18$	$\phi 20$
numero ferri	0	0	5	0	0	0
lungh. ancor. (cm)	0	0	51	0	0	0

$$\text{Totale } A_{si,eff} = 7,70 \text{ cmq}$$

Nell'ipotesi di struttura dissipativa, quindi con area della sezione di armatura a compressione almeno pari alla metà di quella longitudinale, devono essere rispettate le seguenti limitazioni per l'armatura in zona tesa:

Armatura minima :

$$A_{sm,eff} > 1,4 b_w d / f_{yk} = 3,64 \text{ cmq} \quad \text{VERIFICATO}$$

$$A_{si,eff} > 1,4 b_w d / f_{yk} = 3,64 \text{ cmq} \quad \text{VERIFICATO}$$

Armatura massima :

$$A_{sm,eff} < 3,5 b_w d / f_{yk} + 0,5 A_{sm} = 13,80 \text{ cmq} \quad \text{VERIFICATO}$$

$$A_{si,eff} < 3,5 b_w d / f_{yk} + 0,5 A_{si} = 13,02 \text{ cmq} \quad \text{VERIFICATO}$$

Armatura di ripartizione

In senso trasversale si disporrà un'armatura di ripartizione non inferiore al 20% di quella longitudinale. Impiegando staffoni $\phi 8$ si ottiene:

$$\text{Armatura di ripartizione} \geq 20\% \text{ di } A_{eff} = 1,54 \text{ cmq /ml, cioè min } \quad 4 \phi 8 / \text{ml}$$

Verifica a taglio

$$\begin{aligned}k &= 1 + (200/d)^{0,5} \leq 2,00 && = 2,24 && \text{quindi } k = 2 \\v_{\min} &= 0,035 k^{1,5} f_{ck}^{0,5} && = 0,493984 \\ \rho l &= A_{sl} / (b_w d) && = 0,006577 && \text{quindi } \rho l = 0,006577 \\ b_w &= \text{larghezza minima della sezione in mm} && = 900 && \text{mm} \\ d &= \text{altezza utile} && = 130 && \text{mm} \\ \sigma_{cp} &= N_{ed} / A_c && = 0 && \text{(in assenza di compressione)}\end{aligned}$$

con N_{ed} sforzo di compressione e A_c armatura a compressione.

Resistenza al taglio per elementi privi di armatura trasversale (NTC 2018 - 4.1.2.3.5.1):

$$V_{rd} = \max\{[0,18 k (100 \rho l f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0,15 \sigma_{cp}] b_w d; (v_{\min} + 0,15 \sigma_{cp}) b_w d\}$$

$$V_{rd} = 79,88 \text{ KN} > V_{ed} = 37,07 \text{ KN} \quad \text{VERIFICATO}$$

(ai sensi del D.M. 17/01/2018)

RELAZIONE DI CALCOLO

La tipologia di scala con soletta rampante e gradini riportati è una struttura in cemento armato in cui la rampa è costituita da una trave soggetta a flessione e taglio, in cui i pianerottoli sono generalmente incastrati a travi in c.a. di estremità.

Il software effettua il calcolo a flessione della soletta portante e la verifica a taglio, determinando le sollecitazioni agenti e calcolando le armature necessarie.

Il calcolo viene effettuato con il metodo degli stati limite ultimi ai sensi del D.M. 17/01/2018 (N.T.C. 2018).

I carichi agenti su ciascun elemento strutturale vengono ricavati da apposite analisi e combinati secondo quanto previsto dalla normativa in vigore.

Calcolo della soletta rampante

La soletta rampante è sottoposta, oltre ai carichi verticali costituiti dal peso proprio e dall'azione della ringhiera, anche all'azione dei pesi portati rappresentati dai gradini, dal materiale delle pedate e delle alzate nonché dall'intonaco all'estradosso.

Si procede al calcolo a flessione e taglio nell'ipotesi di trave incastrata agli estremi ed asse orizzontale.

Si assume un carico verticale q^* uniformemente distribuito lungo la trave, calcolato come massimo dei valori dei carichi agenti sui pianerottoli e sulla rampa inclinata.

Si considerano le seguenti sollecitazioni massime relative allo schema di calcolo suddetto, rispettivamente per il momento flettente all'incastro ed in mezzeria della trave:

$$M_{tA} = q^* \cdot (L_{pi} + L_{pa} + L_{ri})^2 / 12$$

$$M_{tm} = q^* \cdot (L_{pi} + L_{pa} + L_{ri})^2 / 10$$

dove q^* è il carico uniformemente distribuito, L_{pi} è la lunghezza del pianerottolo di partenza, L_{pa} è la lunghezza del pianerottolo di arrivo e L_{ri} è la lunghezza della rampa sul piano inclinato.

Il taglio viene calcolato rispettivamente all'incastro dei pianerottoli e al nodo pianerottolo-rampa:

$$V_{tdA} = q^* \cdot (L_{pi} + L_{pa} + L_{ri}) / 2$$

$$V_{tdB} = V_{tdC} = q^* \cdot L_{ri} / 2$$

L'armatura a flessione viene calcolata sia nella sezione di mezzeria della trave che agli incastri:

$$A_{sm} = M_{t2} / (0,9 \cdot ht \cdot f_{vd})$$

$$A_{si} = M_{t1} / (0,9 \cdot ht \cdot f_{vd})$$

dove: ht = altezza utile della trave
 f_{vd} = resistenza di calcolo dell'acciaio

L'armatura effettiva longitudinale a flessione, sia superiore che inferiore, si ricava dalla tabella dei ferri, una volta scelto il diametro ed il numero dei ferri da impiegare.

Per l'armatura longitudinale minima e massima da impiegare in zona tesa, sia in mezzeria che agli incastri, si applicano le limitazioni di cui al § 7.4.6.2.1 delle NTC 2018:

$$1,4/f_{yk} < \rho < \rho_{comp} + 3,5/f_{yk}$$

dove: ρ è il rapporto geometrico relativo all'armatura tesa, pari ad $A_s/(b \cdot h)$ oppure ad $A_i/(b \cdot h)$;
 ρ_{comp} è il rapporto geometrico relativo all'armatura compressa, con $\rho_{comp} > 0,5 \rho$ nel caso di strutture dissipative;

f_{yk} è la tensione caratteristica di snervamento dell'acciaio;

Poiché si è in presenza di una soletta per essa non dovrà essere prevista armatura a taglio ma si dovrà comunque prevedere un'armatura trasversale minima costituita da staffe di sezione complessiva non inferiore al 20% di quella longitudinale.