Report di validazione

Applicativo di calcolo e disegno di scale in c.a. a soletta rampante — NTC 2018 21/10/2026

34 confronti superati su 34 — VALIDAZIONE SUPERATA

Scopo e procedura

Il report confronta i risultati delle funzioni di calcolo dell'applicativo con valori di riferimento noti. Le funzioni sono eseguite al momento della generazione del report: i valori «calcolati» sono quelli prodotti dal codice in uso.

Fonti dei valori di riferimento: (a) caso tipo di letteratura — Esercizio 11 del testo tecnico fornito dall'utente (scala a soletta rampante con pignatte, figg. 2.38–2.40), del quale si confrontano i valori numerici stampati; (b) soluzioni in forma chiusa della Scienza delle Costruzioni; (c) un calcolo di controllo indipendente, scritto separatamente in Python a partire dalle formule della norma, che per la flessione usa il legame parabola-rettangolo integrato a fibre invece dello stress-block. Per ogni grandezza è indicata la tolleranza ammessa sullo scarto percentuale.

Riepilogo

Caso	Oggetto	Confronti	Esito
V1	Scala a soletta rampante con pignatte — Esercizio 11	5/5	SUPERATO
V2	Trave con carico uniforme — limite del metodo	4/4	SUPERATO
V3	Trave appoggiata con carico a tratti (controllo del metodo)	4/4	SUPERATO
V4	Momento resistente SLU — sezione rettangolare e a T	4/4	SUPERATO
V5	Taglio in elementi senza armatura trasversale	2/2	SUPERATO
V6	Tensioni di esercizio in sezione fessurata (n = 15)	6/6	SUPERATO
V7	Apertura delle fessure	6/6	SUPERATO
V8	Tensione di aderenza e lunghezza di ancoraggio	3/3	SUPERATO

V1 — Scala a soletta rampante con pignatte — Esercizio 11

Fonte: Testo di riferimento allegato, Esercizio 11, figg. 2.38–2.40 (pagg. 135–137)

Rampa larga 1,20 m con 3 travetti; L = 1,45 + 2,70 + 1,65 = 5,80 m. Rampa: G = 6,41 kN/m, Q = 4,80 kN/m. Pianerottoli: G = 5,04 kN/m, Q = 4,80 kN/m. Coefficienti del testo gammaG = 1,4, gammaQ = 1,5; FeB44k con fyd = 374 MPa; d = 170 mm (appoggio), 130 mm (campata). Si confrontano le grandezze con i valori stampati nel testo. Nella formula di q* il testo associa il carico della rampa alle lunghezze dei pianerottoli (1,45 + 1,65) e viceversa; per il confronto la stessa assegnazione è riprodotta. L'applicativo, nel calcolo di progetto, associa ciascun carico alla propria lunghezza: q* = 15,15 kN/m (-0,9%), riportato come nota informativa.

Grandezza	Applicativo	Riferimento	u.m.	Scarto	Toll.	Esito
Carico equivalente q*	15,281	15,280	kN/m	+0,007%	±0,50%	OK
Momento d'incastro Mi = q*L²/12	42,838	42,830	kNm	+0,019%	±0,50%	OK
Momento in campata ML/2 = q*L²/8	64,257	64,250	kNm	+0,011%	±0,50%	OK
As superiore per travetto	249,543	249,000	mm²	+0,218%	±1,00%	OK
As inferiore per travetto	489,489	489,000	mm²	+0,100%	±1,00%	OK
Nota: q* con carichi assegnati alle rispettive lunghezze	15,149	15,281	kN/m	-0,866%	–	INFO

V2 — Trave con carico uniforme — limite del metodo

Fonte: Soluzione in forma chiusa (Scienza delle Costruzioni)

Con carico uguale su rampa e pianerottoli il carico equivalente deve coincidere con q e i momenti con le formule elementari di trave appoggiata e incastrata (q = 12,5 kN/m, L = 5,70 m).

Grandezza	Applicativo	Riferimento	u.m.	Scarto	Toll.	Esito
q* con carico uniforme = q	12,500	12,500	kN/m	+0,000%	esatto	OK
M+ = qL²/8	50,766	50,766	kNm	-0,000%	esatto	OK
M- = qL²/12	33,844	33,844	kNm	-0,000%	esatto	OK
V = qL/2	35,625	35,625	kN	+0,000%	esatto	OK

V3 — Trave appoggiata con carico a tratti (controllo del metodo)

Fonte: Statica esatta, taglio nullo risolto in forma chiusa (calcolo di controllo indipendente)

Carichi SLU dell'Esercizio 11 disposti a tratti, ciascuno sulla propria lunghezza. Il massimo esatto (65,70 kNm) supera q*L²/8 calcolato con gli stessi carichi (63,70 kNm) del 3,1%: per questo l'applicativo riporta sempre anche la soluzione esatta e consente di progettare con il maggiore dei due valori.

Grandezza	Applicativo	Riferimento	u.m.	Scarto	Toll.	Esito
Reazione RA	44,021	44,021	kN	+0,000%	±0,05%	OK
Reazione RB	43,842	43,842	kN	-0,000%	±0,05%	OK
Momento massimo Mmax	65,698	65,698	kNm	-0,000%	±0,05%	OK
Ascissa di Mmax	2,894	2,894	m	+0,019%	±0,10%	OK

V4 — Momento resistente SLU — sezione rettangolare e a T

Fonte: Integrazione a fibre con legame parabola-rettangolo NTC §4.1.2.1.2.2 (calcolo di controllo indipendente)

L'applicativo usa lo stress-block (0,8x, fcd). Il riferimento usa il legame parabola-rettangolo integrato numericamente su 40 000 fibre. Le differenze attese sono inferiori all'1%.

Grandezza	Applicativo	Riferimento	u.m.	Scarto	Toll.	Esito
MRd soletta 1000×200, Ø12/15, d = 170	47,084	47,000	kNm	+0,179%	±1,50%	OK
Asse neutro x	26,033	25,723	mm	+1,203%	±3,00%	OK
MRd travetto a T 540/140, s = 40, h = 160, 2Ø18	23,496	23,425	kNm	+0,305%	±1,50%	OK
Asse neutro x (sezione a T)	32,541	32,155	mm	+1,198%	±3,00%	OK

V5 — Taglio in elementi senza armatura trasversale

Fonte: NTC 2018 §4.1.2.3.5.1, formule (4.1.23)–(4.1.24) (calcolo di controllo indipendente)

C25/30. Si verifica la resistenza a taglio lato calcestruzzo, incluso il limite inferiore vmin.

Grandezza	Applicativo	Riferimento	u.m.	Scarto	Toll.	Esito
VRd soletta bw = 1000, d = 170, rhol = 0,44%	90,980	90,980	kN	+0,000%	±0,05%	OK
VRd nervatura bw = 140, d = 170, 2Ø14	18,198	18,198	kN	-0,000%	±0,05%	OK

V6 — Tensioni di esercizio in sezione fessurata (n = 15)

Fonte: Equazione di 2° grado dell'asse neutro in forma chiusa (calcolo di controllo indipendente)

Sezione rettangolare 1000×200 (Ø12/15) e sezione a T del travetto (2Ø18). Calcestruzzo non reagente a trazione.

Grandezza	Applicativo	Riferimento	u.m.	Scarto	Toll.	Esito
Rettangolare: asse neutro x	51,724	51,724	mm	+0,000%	±0,05%	OK
Rettangolare: sigmac (M = 30 kNm)	7,594	7,594	MPa	-0,000%	±0,05%	OK

Grandezza	Applicativo	Riferimento	u.m.	Scarto	Toll.	Esito
Rettangolare: sigmas	260,468	260,468	MPa	-0,000%	±0,05%	OK
A T: asse neutro x	48,801	48,801	mm	-0,000%	±0,05%	OK
A T: sigmac (M = 22 kNm)	14,827	14,827	MPa	-0,000%	±0,05%	OK
A T: sigmas	374,614	374,614	MPa	+0,000%	±0,05%	OK

V7 — Apertura delle fessure

Fonte: Circolare 2019 §C4.1.2.2.4.5 / EC2 §7.3.4 (calcolo di controllo indipendente)

Soletta 1000×200 con Ø12/15 e Ø12/10, copriferro 20 mm, M = 20 kNm, kt = 0,4, k1 = 0,8, k2 = 0,5. Sono provati entrambi i rami della formula di sr,max.

Grandezza	Applicativo	Riferimento	u.m.	Scarto	Toll.	Esito
sigmas (M = 20 kNm)	173,645	173,645	MPa	+0,000%	±0,05%	OK
Passo 150 mm > 5(c+Ø/2): sr,max = 1,3(h-x)	192,759	192,759	mm	-0,000%	±0,05%	OK
Passo 150 mm: apertura wk	0,1004	0,1004	mm	+0,000%	±0,10%	OK
Passo 100 mm: sigmas	118,117	118,117	MPa	-0,000%	±0,05%	OK
Passo 100 mm: sr,max = 3,4c + 0,425k1k2Ø/rhoeff	151,662	151,662	mm	-0,000%	±0,05%	OK
Passo 100 mm: apertura wk	0,0537	0,0537	mm	+0,001%	±0,10%	OK

V8 — Tensione di aderenza e lunghezza di ancoraggio

Fonte: NTC 2018 §4.1.2.1.1.4 (calcolo di controllo indipendente)

C25/30, B450C, eta = 1 (Ø <= 32 mm), buona aderenza.

Grandezza	Applicativo	Riferimento	u.m.	Scarto	Toll.	Esito
fbd	2,693	2,693	MPa	+0,000%	±0,05%	OK
lbd Ø14	508,525	508,525	mm	+0,000%	±0,05%	OK
lbd Ø18	653,818	653,818	mm	-0,000%	±0,05%	OK

Conclusioni

Tutti i confronti rientrano nelle tolleranze. L'applicativo riproduce i valori del caso tipo di letteratura (Esercizio 11) e le soluzioni di riferimento per le grandezze usate nelle verifiche: carico equivalente, momenti di inviluppo, statica esatta, momento resistente, taglio, tensioni in esercizio, apertura delle fessure e ancoraggi.

Limiti noti: il metodo del carico equivalente non coglie la ridistribuzione dovuta alla rigidezza reale delle travi d'appoggio; per questo l'applicativo riporta anche il controllo con la trave appoggiata a carichi a tratti (caso V3) e consente di progettare con il maggiore dei due momenti positivi.