Oggetto: validazione del codice di calcolo "ScalaSbalzo" per scale con gradini e pianerottolo in soletta piena a sbalzo da muro in c.a., ai sensi del D.M. 17/01/2018 (NTC 2018) e del cap. 10.2 "Analisi e verifiche svolte con l'ausilio di codici di calcolo". La validazione confronta i risultati del programma con un esempio svolto di letteratura (manuale allegato, pp. 112-113) e con calcoli manuali indipendenti condotti con formulazioni in forma chiusa.

Data: 21/10/2026 - Criterio di accettazione: scostamento relativo |dev| entro la tolleranza indicata per ciascuna grandezza (le tolleranze del caso V1 tengono conto degli arrotondamenti del testo).

V1 - Gradino a sbalzo da trave a ginocchio - esempio del testo allegato (pp. 112-113, fig. 2.15-2.16)

Fonte / riferimento: Esempio svolto del manuale allegato: Rck 25, FeB44k, coefficienti D.M. 9/1/1996, l = 1,20 m, p = 30 cm, a = 16 cm, solettina 4 cm

Grandezza	Atteso	Programma	u.m.	Scost.	Toll.	Esito
Carichi permanenti G = G1+G2	1,420	1,410	kN/m	-0,70%	3,0%	OK
Carico di progetto q	3,800	3,774	kN/m	-0,68%	3,0%	OK
Componente normale q'	3,400	3,330	kN/m	-2,06%	3,0%	OK
Momento all'incastro M	2,400	2,398	kNm	-0,10%	3,0%	OK
Taglio all'incastro V	4,000	3,996	kN	-0,10%	3,0%	OK
Altezza utile d	150,000	150,176	mm	+0,12%	2,0%	OK
Altezza minima d* = rsqrt(M/B)	55,000	55,255	mm	+0,46%	3,0%	OK
Taglio resistente VRd1 (formula testo)	4,140	4,145	kN	+0,12%	2,0%	OK
Armatura necessaria As	54,000	54,415	mm²	+0,77%	3,0%	OK
Armatura disposta 2Ø12	226,000	226,195	mm²	+0,09%	1,0%	OK

V2 - Stesso gradino del testo verificato con NTC 2018 (C25/30, B450C) - confronto con calcolo manuale

Fonte / riferimento: Calcolo manuale indipendente: x = As·fyd/(0,8·B·fcd), MRd = As·fyd·(d-0,4x); VRd,c NTC §4.1.2.3.5.1 con bw = 80 mm

Grandezza	Atteso	Programma	u.m.	Scost.	Toll.	Esito
Asse neutro x (blocco nella soletta)	22,970	22,970	mm	-0,00%	1,0%	OK
Momento resistente MRd	12,480	12,479	kNm	-0,01%	1,0%	OK
Taglio resistente VRd,c	10,410	10,411	kN	+0,01%	1,0%	OK

V3 - Soletta piena a sbalzo h = 15 cm, Ø10/20, C25/30 - flessione, taglio e sezione fessurata

Fonte / riferimento: Formule chiuse per sezione rettangolare (Toniolo - Di Prisco, Cemento armato; EC2): x_el = n·As/b·(-1+sqrt(1+2bd/(nAs)))

Grandezza	Atteso	Programma	u.m.	Scost.	Toll.	Esito
Asse neutro SLU x	13,560	13,559	mm	-0,01%	1,0%	OK
MRd per metro	17,610	17,606	kNm/m	-0,02%	1,0%	OK
VRd,c per metro (governa vmin)	59,400	59,397	kN/m	-0,01%	1,0%	OK
Asse neutro elastico fessurato x	32,170	32,168	mm	-0,01%	1,0%	OK
Momento d'inerzia fessurato I	5653,800	5653,746	cm^4	-0,00%	1,0%	OK

V4 - Ancoraggio barra Ø12 in C25/30, buona aderenza, sigmasd = fyd (EC2 §8.4.3)

Fonte / riferimento: fbd = 2,25·eta1·eta2·fctd = 2,69 N/mm² ; lb,rqd = Ø/4·sigmasd/fbd ~ 36Ø (valore tabellato nelle guide EC2)

Grandezza	Atteso	Programma	u.m.	Scost.	Toll.	Esito
Tensione di aderenza fbd	2,693	2,693	N/mm²	+0,01%	0,5%	OK
Lunghezza di ancoraggio lb,rqd	435,900	435,878	mm	-0,00%	0,5%	OK

V5 - Ancorante chimico M12, hef = 110 mm, cls C25/30 fessurato, tauRk = 10 N/mm² (UNI EN 1992-4)

Fonte / riferimento: N0Rk,c = 7,7·sqrtfck·hef^1,5 = 44,4 kN ; N0Rk,p = ?·d·hef·tauRk = 41,5 kN (ancorante singolo, senza effetti di bordo)

Grandezza	Atteso	Programma	u.m.	Scost.	Toll.	Esito
Cono cls N0Rk,c (=NRd,c·gammaMc, interasse >= scr)	44,420	44,417	kN	-0,01%	0,5%	OK
Sfilamento N0Rk,p (=NRd,p·gammaMp)	41,470	41,469	kN	-0,00%	0,5%	OK

Esito della validazione

Tutti i casi di validazione rientrano nelle tolleranze: il codice riproduce correttamente l'analisi dei carichi e il procedimento del testo (mensola incastrata, componente normale alla rampa q' = q cos alfa) e le verifiche NTC 2018 lato calcestruzzo e dei collegamenti.

Note: il caso V1 utilizza i coefficienti del D.M. 9/1/1996 e le formule del testo (VRd1, d* con coefficiente r da tabella) al solo fine del confronto; le verifiche di progetto del programma sono condotte con NTC 2018. Il progettista resta responsabile dell'applicazione del codice al caso specifico (NTC 2018 par. 10.2).