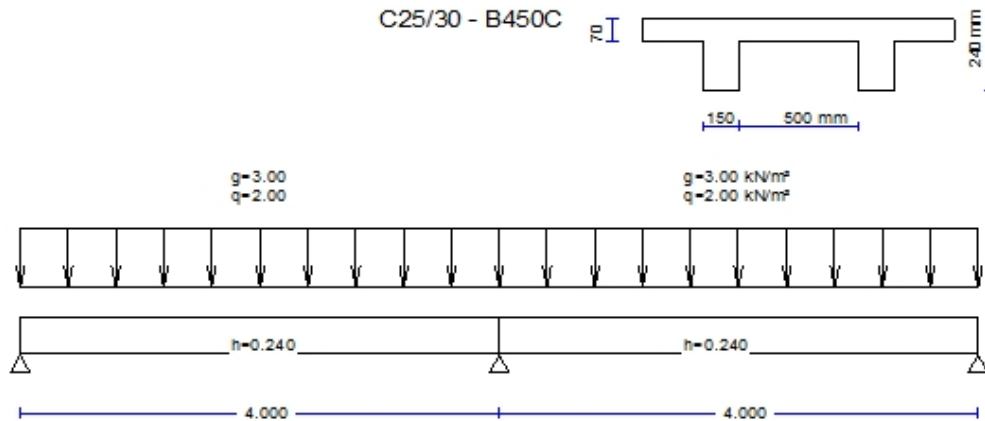


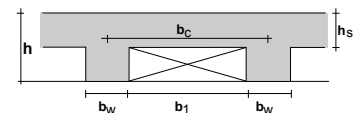
1. SOLETTA NERV-02

Soletta continua nervata monodimensionale

(EC2 EN1992-1-1:2004, UNI EN1990-1-1:2004,)



Classe del CA : C25/30-B450C (EC2 §3)
 Classe di esposizione ambientale : XC3 (EC2 §4.4.1)
 Copriferro : $C_{nom}=30$ mm (EC2 §4.4.1)
 Peso CLS : 25.0 kN/m³
 $\gamma_c=1.50$, $\gamma_s=1.15$ (EC2 Tabella 2.1N)
 $f_{cd}=\alpha_{cc} \cdot f_{ck} / \gamma_c = 0.85 \times 25 / 1.50 = 14.17$ MPa (EC2 §3.1.6)
 $f_{yd}=f_{yk} / \gamma_s = 450 / 1.15 = 391$ MPa (EC2 §3.2.7)



1.1. Dimensioni e carichi

Soletta continua, campate=2, lunghezza trasversale $L_y=1.00$ m

Fattori parziali di sicurezza per l'azioni: $\gamma_G=1.30$, $\gamma_Q=1.50$ (EC0 Annessi A1)

Combinazioni delle azioni variabili : $\psi_0=0.70$, $\psi_1=0.60$, $\psi_2=0.30$

Spessore della soletta superiore $h_s=0.070$ m

Larghezza della nervatura $b_w=0.150$ m, distanza netta $b_1=0.500$ m, interasse delle nervature $b_c=0.650$ m

Spessore efficace della sezione $d=h-d_1$, $d_1=C_{nom}+\varnothing/2=30+10/2=35$ mm

Luci (L), spessore (h), carichi sulle luci (g =peso proprio+permanente , q =variabile)

Luce-1, $L=4.000$ m, $h=0.240$ m, $g=(2.73+3.00) \times 1.000=5.73$ kN/m², $q=2.00 \times 1.000=2.00$ kN/m²

Luce-2, $L=4.000$ m, $h=0.240$ m, $g=(2.73+3.00) \times 1.000=5.73$ kN/m², $q=2.00 \times 1.000=2.00$ kN/m²

1.2. Stato limite ultimo (SLU), Progettazione per flessione

(EC2 EN1992-1-1:2004, §6.1, §9.3.1)

Carico (STR) Luce-1 $q_{ed}=\gamma_G \cdot g + \gamma_Q \cdot q = 1.30g + 1.50q = 1.30 \times 5.73 + 1.50 \times 2.00 = 10.45$ kN/m

Carico (STR) Luce-2 $q_{ed}=\gamma_G \cdot g + \gamma_Q \cdot q = 1.30g + 1.50q = 1.30 \times 5.73 + 1.50 \times 2.00 = 10.45$ kN/m

1.3. Forze di taglio e momenti flettenti

Momenti flettenti massimi per le combinazioni di carico $1.30g+1.50q$

Luce-1, $M_{ed}=13.59$ kNm/m, $x_0=1.613$ m, $x_1=0.000$ m, $x_2=0.774$ m

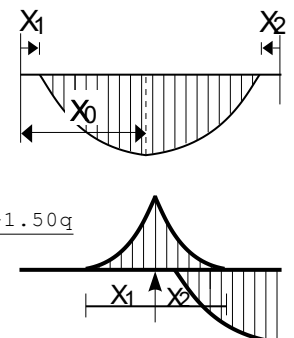
Luce-2, $M_{ed}=13.59$ kNm/m, $x_0=2.387$ m, $x_1=0.774$ m, $x_2=0.000$ m

Momenti flettenti massimi agli appoggi per le combinazioni di carico $1.30g+1.50q$

Appoggio-0, $M_{ed}=0.00$ kNm/m, $x_1=0.000$ m, $x_2=0.000$ m

Appoggio-1, $M_{ed}=-20.90$ kNm/m, $x_1=1.000$ m, $x_2=1.000$ m

Appoggio-2, $M_{ed}=0.00$ kNm/m, $x_1=0.000$ m, $x_2=0.000$ m



Forze massime di taglio per le combinazioni di carico 1.30g+1.50q

Luce-1, Ved,sinistra= 16.85 kN/m, Ved,destra= -26.12 kN/m

Luce-2, Ved,sinistra= 26.12 kN/m, Ved,destra= -16.85 kN/m

Reazioni massime dovute ai carichi permanenti e accidentali (Rg e Rq)

Appoggio-0, Rg(x1.30)= 11.17 kN/m, Rq(x1.50)= 5.25 kN/m

Appoggio-1, Rg(x1.30)= 37.24 kN/m, Rq(x1.50)= 15.00 kN/m

Appoggio-2, Rg(x1.30)= 11.17 kN/m, Rq(x1.50)= 5.25 kN/m

1.4. Azioni di progetto, forze di taglio e momenti flettenti

Valori delle azioni di progetto dopo la ridistribuzione del momento per 0% (EC2 §5.5)

Riduzione dei valori agli appoggi a valori alle sezioni sugli appoggi (bsup=0.20 m) (EC2 §5.3.2.2)

Controllo per i valori minimi, (0.65ql²/8 or 0.65ql²/12) (EC2 §5.3.2.2.3N)

Momenti massimi per flessione e forze di taglio per le combinazioni di carico 1.30g+1.50q

Luce-1, Med= 13.59 kNm/m, Ved,sinistra= 15.81 kN/m, Ved,destra= -25.08 kN/m

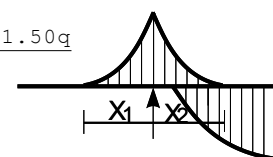
Luce-2, Med= 13.59 kNm/m, Ved,sinistra= 25.08 kN/m, Ved,destra= -15.81 kN/m

Momenti flettenti massimi agli appoggi per le combinazioni di carico 1.30g+1.50q

Appoggio-0, Med= 0.00 kNm/m, x1=0.000 m, x2=0.000 m

Appoggio-1, Med= -18.29 kNm/m, x1=1.000 m, x2=1.000 m

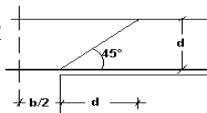
Appoggio-2, Med= 0.00 kNm/m, x1=0.000 m, x2=0.000 m



Forze di taglio massime alla distanza d dalla sezione di appoggio 1.30g+1.50

Luce-1, b/2+d=0.305m, 1.30g+1.50q=10.45kN/m², VedA= 13.67kN/m, VedB= 22.94

Luce-2, b/2+d=0.305m, 1.30g+1.50q=10.45kN/m², VedA= 22.94kN/m, VedB= 13.67



1.5. Stato limite ultimo (SLU), Progettazione per flessione

(EC2 EN1992-1-1:2004, §6.1, §9.3.1)

Armatura delle luci

Med1= 13.59kNm/m, d=205mm, Kd= 5.56 x/d=0.05 εc2/εs1=-1.1/20.0 ks=2.61,

As= 1.73cm²/m

x=0.05x205= 10mm<= 70mm=hs, asse neutro nello spessore della flangia superiore

Med2= 13.59kNm/m, d=205mm, Kd= 5.56 x/d=0.05 εc2/εs1=-1.1/20.0 ks=2.61,

As= 1.73cm²/m

x=0.05x205= 10mm<= 70mm=hs, asse neutro nello spessore della flangia superiore

Armatura sugli appoggi

Med1=-18.29kNm/m, d=205mm, Kd= 4.79 x/d=0.06 εc2/εs1=-1.3/20.0 ks=2.61,

As= 2.33cm²/m

1.6. Armatura minima in campata

(EC2 EN1992-1-1:2004, §9.3.1)

Luce-1, As>=0.26bd·fctm/fyk, (As= 0.71cm²/m) armatura minima 10 8/65.0 (0.77cm²/m)

Luce-2, As>=0.26bd·fctm/fyk, (As= 0.71cm²/m) armatura minima 10 8/65.0 (0.77cm²/m)

1.7. Stato limite ultimo (SLU), Progettazione per rottura a tagli

(EC2 EN1992-1-1:2004, §6.2, §9.2.2)

Resistenza a taglio senza armatura a taglio Vrdc

(EC2 §6.2.2)

Vrdc=[Crdc·k·(100ρ1·fck)^{0.33}+k1·σcp]·bw·d

(EC2 Eq.6.2.a)

Vrdc>=(vmin+k1·σcp)·bw·d

(EC2 Eq.6.2.b)

Crdc=0.18/γc=0.18/1.50=0.120, fck=25.00MPa, bw=1000mm, d=205mm

k=1+√(200/d) <=2, k=1.99, k1=0.15

ρ1=As1/(bw·d)=233/(1000x205)=0.0011

vmin=0.035·k^{1.50}·√fck = 0.49N/mm²

(EC2 Eq.6.3N)

Vrd,c(min)=0.001x(0.49)x1000x205=100.45kN/m

Vrdc=0.001x[0.120x1.99x(0.11x25.00)^{0.33}]+1000x205=68.59, Vrdc=Vrdc(min)=100.45kN/m

Ved=22.94 kN/m <= Vrdc=100.45 kN/m, Ved<=Vrdc armatura a taglio non necessaria

Larghezza minima necessaria della parte solida a supporto = 0.20m

1.8. Armatura**Armatura della luce**

Luce-1 $2\emptyset 10/65.0$ ($2.42\text{cm}^2/\text{m}$) principale in basso, $2\emptyset 10/200.0$ ($0.78\text{cm}^2/\text{m}$) secondario
 Luce-2 $2\emptyset 10/65.0$ ($2.42\text{cm}^2/\text{m}$) principale in basso, $2\emptyset 10/200.0$ ($0.78\text{cm}^2/\text{m}$) secondario

Armatura sui supporti

Appoggio-0 $\emptyset 8/40.0$ ($1.26\text{cm}^2/\text{m}$) armatura in alto
 Appoggio-1 $\emptyset 10/25.5$ ($3.08\text{cm}^2/\text{m}$) armatura in alto
 Appoggio-2 $\emptyset 8/45.0$ ($1.12\text{cm}^2/\text{m}$) armatura in alto

1.9. Stato limite di Esercizio (SLE), Luce-1

(EC2 EN1992-1-1:2004, §7)

$L=4.000\text{m}$, $b_w=0.231\text{m}$, $b_{eff}=1.000\text{m}$, $h=0.240\text{m}$, $h_f=0.240\text{m}$, $d=0.205\text{m}$
 Carico (combinazione quasi-permanente) $q_{ed}=g+\psi_2 \cdot q=5.73+0.30 \times 2.00=6.33\text{ kN/m}$
 $l_{eff}=4.000\text{m}$, $M_{ed}=(6.33/10.45) \times 13.59=8.23\text{ kNm/m}$, $M_{ed}(SLS)=8.23\text{ kNm/m}$
 Coefficiente di deformazione finale $\phi(\infty, t_0)=2.70$ (EC2 §3.1.4, Annessi B)
 Tensione di ritiro totale $\epsilon_{cs}=-0.30$
 $\gamma_c=1.00$, $\gamma_s=1.00$ (EC2 §2.4.2.4.2)
 Modulo elasticità del calcestruzzo $E_{cm}=31\text{GPa}$, $E_{c,eff}=31/(1+2.70)=8.24\text{GPa}=8240\text{MPa}$ (EC2 Eq.7.20)
 Modulo elasticità dell'acciaio $E_s=200\text{GPa}=200000\text{MPa}$
 Rapporto modulare $\alpha_e=E_s/E_c=200/30.50=6.56$, effettivo $\alpha_e=E_s/E_{c,eff}=200/8.24=24.27$
 Armatura di tensione: $\emptyset 10/650$
 Rapporto di armature $\rho=A_{s1}/(b \cdot d)=242/(1000 \times 205)=0.001$

1.9.1. Stato I (sezione non fessurata) (SLE), Luce-1

Rigidezza flessionale della sezione non fessurata, $EI=(200/24.27) \times (0.001 \times 1.152)=9493\text{ kNm}^2$
 $S=A_{s1} \cdot z_{s1}=(0.001)^2 \times 242 \times 0.085=(0.001) \times 0.021\text{ m}^3$ (EC2 Eq.7.21)
 Curvatura dovuta al momento $1/r_M=8.234/9493=(0.001) \times 0.867\text{ (1/m)}$
 Curvatura dovuta al ritiro $1/r_{cs}=(0.001 \times 0.30) \times 24.270 \times (0.021/1.152)=(0.001) \times 0.130\text{ (1/m)}$
 Curvatura totale $1/r=(0.001) \times 0.867+(0.001) \times 0.130=(0.001) \times 0.997\text{ (1/m)}$
 Momento di fessurazione, $M_{cr}=f_{ctm} \cdot (I/y_2)=2.6 \times (1.152/0.120)=24.96\text{ kNm}$

1.9.2. Stato II (sezione completamente fessurata) (SLE), Luce-1

$\rho=A_s/(b \cdot d)=0.001$, $n=\alpha_e=24.27$, $n \cdot \rho=0.024$, $\xi=0.750$, $\alpha=0.197$, $x=\alpha \cdot d=0.040\text{m}$
 Rigidezza flessionale della sezione completamente fessurata, $EI=\xi \cdot E_s \cdot A_s \cdot d^2=0.750 \times 200 \times 242 \times 0.205^2=15$
 $S=A_{s1} \cdot z_{s1}=(0.001)^2 \times 242 \times 0.165=(0.001) \times 0.040\text{ m}^3$ (EC2 Eq.7.21)
 Curvatura dovuta al momento $1/r_M=8.234/1522=(0.001) \times 5.409\text{ (1/m)}$
 Curvatura dovuta al ritiro $1/r_{cs}=(0.001 \times 0.30) \times 24.270 \times (0.040/0.185)=(0.001) \times 0.251\text{ (1/m)}$
 Curvatura totale $1/r=(0.001) \times 5.409+(0.001) \times 0.251=(0.001) \times 5.660\text{ (1/m)}$
 $M_{ed}=8.23\text{ kNm}$, $\epsilon_c/\epsilon_s=0.22/0.89$, $x=40\text{mm}$, $\sigma_s=178\text{ N/mm}^2$

1.9.3. Verifica deformazione senza calcolo (SLE), Luce-1

(EC2 EN1992-1-1:2004, §7.4.2)

$l/d=K[11+1.5 \sqrt{f_{ck}(\rho_0/\rho)}+3.2 \sqrt{f_{ck}(\rho_0/\rho-1)}]^{3/2}=229.45$ (EC2 Eq.7.16a)
 $f_{ck}=25.00\text{N/mm}^2$, $\rho_0=0.001 \times \sqrt{25.00}=0.005$, $\rho=0.001$, $\rho'=0.000$, $\rho \leq \rho_0$, $K=1.3$
 $l/d=(310/\sigma_s) \times (l/d)$, $\sigma_s=178\text{ N/mm}^2$, $l/d=(310/178) \times 229.45=399.61$ (EC2 Eq.7.17)
 $l_{eff}/d=4.000/0.205=19.51 \leq 399.61$, **Luce/profondità entro i limiti**

1.9.4. Verifica deformazione da calcolo (SLE), Luce-1

(EN1992-1-1, §7.4.3)

$M_{ed}=8.23 < 0.70 \times M_{cr}=0.70 \times 24.96=17.47\text{ kNm}$, $\zeta=0.00$ (Eq.7.19)
 Curvatura finale $(1/r)=0.00 \times (0.001 \times 5.660) + (1-0.00) \times (0.001 \times 0.997)=(0.001) \times 0.997\text{ (1/m)}$ (Eq.7.18)
 $\beta=(M_a+M_b)/M_c=(0.00+18.29)/13.59=1.35$, $k=0.104(1-1.35/10)=0.0900$
 $f=k \cdot l_{eff}^2 \cdot (1/r)=0.0900 \times 4.000^2 \times 0.997=1.4\text{ mm}$
 $f=1.44 \leq 1000 \times 4.000/250=16.0\text{ mm}$, **Deformazione entro i limiti**

1.9.5. Area minima di armatura (SLE)

(EC2 EN1992-1-1:2004, §7.3.2)

Aree minime di armatura $A_{s,min}=k_c \cdot k \cdot f_{ct,eff} \cdot A_{ct} / \sigma_s$ (EC2 Eq.7.1)
 $b=0.231m$, $b_{eff}=1.000m$, $h=0.240m$, $d=0.205m$, $x=0.040m$, $\varnothing=10mm$
 $N_{ed}=0.00kN$, $\sigma_c=(N_{ed}/bh)=0.0N/mm^2$, $\sigma_s=178N/mm^2$
 $A_{ct}=(h-x) \cdot b=(240-40) \times 231=46047 \text{ mm}^2$
 $\max(h,b_l)=0mm$, $f_{ctm}=2.60N/mm^2$, $A_{c,eff}=46047mm^2$, $k=0.94$, $k_c=0.40$, $k_l=1.50$
 Armatura minima, $A_{s,min}=0.40 \times 0.94 \times 2.60 \times 46047 / 178=253mm^2/m$

1.9.6. Controllo delle fessurazioni senza calcolo diretto (SLE), Luce

(EC2 EN1992-1-1:2004, §7.3.4)

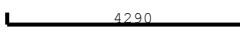

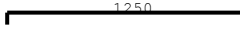
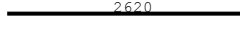

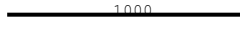
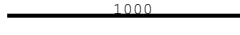
larghezza fessura $w_k=0.3mm$ (XC3), tensione acciaio $\sigma_s=178N/mm^2$, $\Phi^*=25mm$, $\max s=250mm$ (EC2 T.7.2N)
 $\sigma_s=\sigma^* \cdot (f_{ctm}/2.9) [k_c \cdot h_{cr} / (2(h-d))] = 16mm$ (EC2 Eq.7.6N)
 $f_{ctm}=2.60N/mm^2$, $k_c=0.40$, $h_{cr}=0.5 \times 240=120mm$, $h=240mm$, $d=205mm$
 Diametro massimo del ferro $\varnothing=16 \text{ mm}$, passo massimo del ferro $s=250 \text{ mm}$
 Diametro del ferro $\varnothing=10 \leq 16 \text{ mm}$, **Diametro del ferro sotto il limite max**

1.9.7. Calcolo dell'ampiezza della fessurazione (SLE), Luce-1

(EC2 EN1992-1-1:2004, §7.3.3)

$w_k=s_{r,max} \cdot (\epsilon_{sm}-\epsilon_{cm})$ (EC2 Eq.7.8)
 $\epsilon_{sm}-\epsilon_{cm}=[\sigma_s-k_t \cdot (f_{ct,eff}/\rho_{eff}) (1+\alpha_e \cdot \rho_{eff})] / E_s \geq 0.6 \sigma_s / E_s$ (EC2 Eq.7.9)
 $\sigma_s=178N/mm^2$, carico a breve termine: $\alpha_e=6.56$, $k_t=0.6$, carico a lungo termine: $\alpha_e=24.27$, $k_t=0.4$
 $A_{c,eff}=0.333(h-x)b=0.333 \times (240-40) \times 231=15334 \text{ mm}^2$ (§7.3.2.3)
 $\rho_{eff}=A_s/A_{c,eff}=242/15334=0.016$
 $\epsilon_{sm}-\epsilon_{cm}=[178-0.4 \times (2.6/0.016) (1+24.27 \times 0.016)] / 200=0.43 \text{ o/o} \geq 0.6 \times 178 / 200=0.53 \text{ o/o}$
 $s_{r,max}=k_3 \cdot C_{nom} + k_1 \cdot k_2 \cdot k_4 \cdot \varnothing / \rho_{eff}$ (EC2 Eq.7.11)
 $\varnothing=10mm$, $k_1=0.8$, $k_2=(e_1+e_2)/2e_1=0.5$, $k_3=3.4$, $k_4=0.425$
 $s_{r,max}=3.4 \times 30.00 + 0.8 \times 0.5 \times 0.425 \times 10 / 0.016=209.92 \text{ mm}$
 $w_k=s_{r,max} \cdot (\epsilon_{sm}-\epsilon_{cm})=209.92 \times 0.001 \times 0.53=0.11 \text{ mm}$
 $w_k=0.11 \text{ mm} \leq 0.30 \text{ mm} = w_{max}$, Classe di esposizione ambientale: XC3, **Ampiezza della fessurazione e**

1.10. Distinta barre di armatura

Num		tipo	Barre di armatura [mm]	quant	\varnothing	g/m [kg/m]	lunghe [m]	peso [kg]
1	(Luce-1)	①	150 	4	10	0.617	4.440	10.96
2	(Luce-2)	①	 150	4	10	0.617	4.440	10.96
3	(App.-0)	④	100 	2	8	0.395	1.350	1.07
4	(App.-1)	②	 2620	4	10	0.617	2.620	6.47
5	(App.-2)	④	 100	2	8	0.395	1.350	1.07
6	(Luce-1)	⑤	 1000	4	10	0.617	1.000	2.47
7	(Luce-2)	⑤	 1000	4	10	0.617	1.000	2.47

Peso totale [kg]

35.47

