

## 1. TRAVE-03

### Progettazione di sezione della trave in torsione, flessione e taglio

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

**bxh=0.300x0.500 m, Ted= 40.00 kNm,**

**Med=200.00 kNm, Ved=120.00 kN**

Classe del CA : C25/30-B450C (EC2 §3)

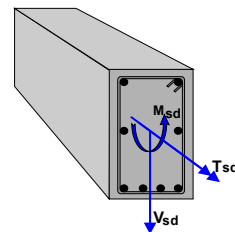
Classe di esposizione ambientale : XC2 (EC2 §4.4.1)

Copriferro : Cnom=30 mm (EC2 §4.4.1)

$\gamma_c=1.50$ ,  $\gamma_s=1.15$  (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)



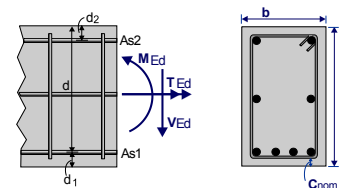
#### 1.1. Dimensioni e carichi

Larghezza trave  $b_w=0.300$  m, altezza trave  $h=0.500$  m

Momento torcente  $T_{ed}=40.00$  kNm

Momento flettente  $M_{ed}=200.00$  kNm

Forza di taglio  $V_{ed}=120.00$  kN



Spessore efficace della sezione  $d_1=C_{nom}+\phi_s+1.1\phi=30+8+1.1 \times 16=56$  mm,  $d_2=56$  mm,  $d=500-56=444$  mm

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

(EC2 EN1992-1-1:2004, §6.1, §9.2.1)

*Dimensionamento per flessione: Allgower, G.-Avak, R. Bemessungstabellen nach Eurocode 2 für Rechteck und Plattenbalkenquerschnitte, In: Beton - und Stahlbetonbau 87 (1992)*

Armatura per flessione (solo l'armatura in trazione è necessaria)

$M_{ed}=200.00$  kNm  $b_w=300$  mm  $d=444$  mm  $K_d=1.72$   $x/d=0.34$   $\epsilon_{c2}/\epsilon_{s1}=-3.5/6.7$   $k_s=2.98$ ,

**$A_{s1}=13.43$  cm<sup>2</sup>**

Armat. minima longitudinale in trazione,  $A_s \geq 0.26 b d \cdot f_{ctm}/f_{yk}$ , ( $A_{s,min}=2.00$  cm<sup>2</sup>) (EC2 §9.2.1.1.1)

Armat. massima in trazione o compressione,  $A_s \leq 0.04 A_c$ , ( $A_{s,max}=60.00$  cm<sup>2</sup>) (EC2 §9.2.1.1.3)

**Armatura per flessione: 6Ø16+1Ø14 (13.60 cm<sup>2</sup>) (basso)**

#### 1.3. Stato limite ultimo (SLU), progettazione per il taglio e la torsione (EC2 EN1992-1-1:2004, §6.3.2)

Il momento resistente di progetto a torsione  $Trd,max$  si basa su un modello a trave, con angolo di inclinazione dei puntoni compressi a  $\theta=40.0^\circ$  ( $1.0 < \cot 40.0^\circ = 1.19 < 2.5$ ) (EC2 Eq.6.7N)

Capacità del puntone di CLS  $V_{rd,max}$  (EC2 §6.2.3 Eq.6.9)

$V_{rd,max}=\alpha_{cw} \cdot b_w \cdot z \cdot v_l \cdot f_{cd}/(\cot \theta + \tan \theta)$ ,  $V_{ed}/\max(V_{rd,max})=0.26$ ,  $\theta=40.0^\circ$   $\cot \theta=1.19$   $\tan \theta=0.84$

$\alpha_{cw}=1.00$   $z=0.9d$ ,  $f_{ck}=25.0 \leq 60$  MPa  $v_l=0.6[1-f_{ck}/250]=0.6[1-25/250]=0.540$ ,  $f_{cd}=14.17$  MPa

$V_{rd,max}=0.001 \times 1.00 \times 300 \times 0.9 \times 444 \times 0.540 \times 14.17 / 2.03 = 452.3$  kN

Momento resistente a torsione (EC2 §6.3.2.4)

$Trd,max=2v \cdot \alpha_{cw} \cdot f_{cd} \cdot A_k \cdot t_{ef} \cdot \sin \theta \cdot \cos \theta$ ,  $\theta=40.0^\circ$  (EC2 Eq.6.30)

$\alpha_{cw}=1.00$ ,  $v=0.6(1-f_{ck}/250)=0.6(1-25.00/250)=0.540$  (EC2 Eq.6.9 Eq.6.6N)

$t_{ef}=A/u=0.500 \times 0.300 / (2 \times 0.500 + 2 \times 0.300) = 0.094$  m = 94 mm  $\geq 2 \times d_1 = 2 \times 46 = 92$  mm

$A_k=(0.500-0.094) \times (0.300-0.094) = 0.084$  m<sup>2</sup> = 83789 mm<sup>2</sup>,  $u_k=2 \times (0.206+0.406) = 1.225$  m = 1225 mm

$Trd,max=2 \times 0.540 \times 1.00 \times 0.001 \times 14.17 \times 83789 \times 0.094 \times 0.643 \times 0.766 = 59.19$  kNm

Forza di taglio e torsione  $(T_{ed}/Trd,max) + (V_{ed}/V_{rd,max}) \leq 1$  (EC2 EN1992-1-1:2004, §6.3.2)

$(40.00/59.19) + (120.00/452.28) = 0.94 \leq 1$

Armatura a taglio delle staffe verticali (EC2 §6.2.3 Eq.6.8)

$V_{rds}=(A_{sw}/s) \cdot z \cdot f_{ywd} \cdot \cot \theta$ ,  $V_{rds}=120.00$  kN,  $z=0.9d$ ,  $f_{ywd}=0.8 f_{yk}=360.00$  N/mm<sup>2</sup>,  $\cot \theta=1.19$

$A_{sw}/s=V_{rds}/(z \cdot f_{ywd} \cdot \cot 40.0^\circ) = (1.0E+006) \times 120.00 / (0.9 \times 444 \times 360 \times 1.19) = 699$  mm<sup>2</sup>/m ( $A_{sw}/s=6.99$  cm<sup>2</sup>/m)

Armatura a taglio richiesta: ( $A_{sw}/s=6.99$  cm<sup>2</sup>/m)

Armatura longitudinale necessaria per la torsione (EC2 Eq.6.28)

$$A_{sl}/u_k = T_{sd} \cdot \cot 40.0^\circ / (2A_k \cdot f_{yd}) = (1.0E+007) \times 40.00 \times 1.192 / (2 \times 83789 \times 391) = 7.28 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Staffe necessari per la torsione (EC2 Eq.6.26, Eq.6.27, Eq.6.8)

$$A_{sw}/s = T_{sd} \cdot \tan 40.0^\circ / (2A_k \cdot f_{yd}) = (1.0E+007) \times 40.00 \times 0.839 / (2 \times 83789 \times 391) = 5.12 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Staffe minimi per armatura a taglio (EC2 EN1992-1-1:2004, §9.2.2)

Rapporto minimo di armatura a taglio  $\rho_{w,min}$  (EC2 Eq.9.5N)

$$\rho_{w,min} = (0.08 \times (f_{ck})^{0.5} / f_{yk}, f_{ck} = 25 \text{ N/mm}^2, f_{yk} = 450 \text{ N/mm}^2, \rho_{w,min} = 0.0009$$

$$\min A_{sw}/s = 10 \times 0.0009 \times 300 \times \sin(90^\circ) = 2.70 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Distanza massima longitudinale dei staffe  $s_{lmax} = 0.75d$  ( $\leq 600 \text{ mm}$ ) = 330mm (EC2 §9.2.2.6, Eq.9.6N)

spazio massimo tra i staffe a torsione  $s_w = 150 \text{ mm}$  ( $\leq \min(u/8 = 1225/8, 300)$ ) (EC2 §9.2.3.3)

spazio massimo delle barre longitudinali per la torsione 208mm ( $\leq 350 \text{ mm}$ ) (EC2 §9.2.3.4)

Distanza massima trasversale delle staffe  $s_{tmax} = 0.75d$  ( $\leq 600 \text{ mm}$ ) = 330mm (EC2 §9.2.2.8, Eq.9.8N)

**Armatura a torsione e taglio: chiuse staffe 2Ø 8/16.5** ( $A_{sw}/s = 12.19 \text{ cm}^2/\text{m}$ )

**Armatura longitudinale per la torsione: Ø16/20.5 (6Ø16)** ( $9.80 \text{ cm}^2/\text{m}$ )