

Ghid simplificat de dimensionare — armături din fibră de carbon pentru beton armat

Armare inovatoare cu plasă din carbon

Ghid simplificat de dimensionare

Armături din fibră de carbon pentru beton armat

Documente științifice și tehnice — Sintează bazată pe Ghidul AFGC (2021)

Acest ghid oferă recomandări practice pentru dimensionarea structurală a armăturilor din PRFC (polimeri armați cu fibră de carbon) în betonul armat, cu accent pe ancorare și controlul deschiderii fisurilor. Este destinat inginerilor și birourilor de proiectare din Franța.

1. Principii generale

Ipoteze: Armăturile PRFC sunt anizotrope și au comportare elastică până la rupere.

- Reguli de bază: Eurocod 2 (NF EN 1992-1-1), adaptate.
- Coeficient de mediu α_{PRF} : 0,7 până la 0,9, în funcție de expunere (XC/XS/XF).
- Coeficient de siguranță γ_{PRF} : 1,3 până la 1,5.
- ELU (stare limită ultimă): Verificați $M_{Rd} > M_{Ed}$. Secțiune subarmată ($\rho_{PRF} \leq \rho_{PRF,b}$) pentru ruperea armăturilor la tracțiune; supraarmată pentru cedarea betonului la compresie.
- Rezistență de calcul: $f_{PRF,d} = \alpha_{PRF} \cdot f_{PRF,k} / \gamma_{PRF}$.
- Deformație limită: $\epsilon_{PRF,u,d} = f_{PRF,d} / E_{PRF}$ ($E_{PRF} \geq 170$ GPa pentru carbon).
- ELS (stare limită de serviciu): Limitați tensiunile ($\sigma_{PRF} \leq 0,65 f_{PRF,d}$ pentru fluaj), săgețile și fisurile.
- Durabilitate: PRFC rezistente la alcalii ($T_g \geq 100^\circ C$). Acoperire minimă cu beton: $1,6 \phi_{PRF}$ pentru foc/timp.
- Recomandări: Utilizați CNR DT203 sau ACI 440.1R pentru adaptări. Factor de siguranță conservator ($1,5 M_{cr}$ pentru secțiunea subarmată).

2. Ancorarea armăturilor

Ancorarea asigură transferul eforturilor. Pentru PRFC, adoptați lungimi conservatoare, din cauza aderenței mai reduse ($k_b = 1,0-1,5$, în funcție de suprafață).

$$l_{bd} = 1,15 \cdot (k_1 k_2 k_3 k_4 k_5 f_{PRF,d}) / (4 \tau_{bd})$$

- τ_{bd} : aderență (0,3–0,5 MPa pentru carbon cu suprafață netedă; >0,5 pentru suprafață cu caneluri).
- k_1-k_5 : coeficienți (poziție, densitatea betonului, formă, diametru, suprafață). Min. $l_{bd} = 300$ mm sau $40 \phi_{PRF}$.
- ACI 440.1R: $l_a = \max(31,6 \alpha \lambda \phi_{PRF} \sqrt{f_c'} / f_{PRF,d} ; 300 \text{ mm})$, cu $\alpha=1,0-1,5$.

Armare inovatoare cu plasă din carbon

Armături curbate: Rază minimă $r_{bend} \geq 3 \phi_{PRF}$ (sticlă/carbon). Rezistența porțiunii îndoită $\geq 45-60\%$ din cea a porțiunii drepte (încercare ISO 10406-1). Utilizați capete de ancorare dacă raza este prea mică.

Înnădire prin suprapunere: $l_o = 1,3 l_{bd} \geq 15 \phi_{PRF}$. Evitați în zonele întinse; distanță între armături $\geq 2 \phi_{PRF}$.

Recomandări AFGC: Verificați absența alunecării (încercări de smulgere). Pentru carbon: $\alpha_{PRF}=0,8$ (expunere XC/XD).

3. Controlul deschiderii fisurilor

Limitați $w_k \leq 0,3-0,5$ mm (ELS, combinație frecventă/cvasipermanentă), pentru durabilitate/aspect estetic. PRFC favorizează fisuri fine/multiple datorită valorii ridicate a E_{PRF} .

Deschiderea fisurilor (w_k): Bazată pe EC2 adaptat (ACI 440.1R/CNR):

$$w_k = \beta \cdot (\sigma_{PRF} / E_{PRF}) \cdot s_m$$

unde:

- $\beta = 1,7$ (trecerea de la valoarea medie la cea caracteristică).
- σ_{PRF} : tensiunea în PRF.
- s_m : distanța medie între fisuri = $\min(2c, s/2) + k_b \phi_{PRF} / (4 \rho_{PRF})$ ($k_b=1,0$ pentru suprafață netedă; 1,5 pentru suprafață cu caneluri).
- Limită: $w_k \leq 0,5$ mm (clasa XC pentru carbon).
- Control: Măriți ρ_{PRF} sau rezistența pentru a reduce σ_{PRF} . Pentru carbon: $E_{PRF}=170-240$ GPa reduce deformațiile.
- Recomandări AFGC: Verificați la ELS, combinație frecventă. Pentru PRFC: $k_b=1,2-1,4$. Evitați redistribuirea dacă fisurile sunt $>0,3$ mm.

4. Referințe

- AFGC (2021): Utilizarea armăturilor compozite pentru beton armat.
- CNR DT203 (2006): Ghid pentru FRP în beton armat.
- ACI 440.1R-15: Proiectarea cu bare FRP.
- ISO 10406-1: Încercări pentru FRP.

Acest ghid este o sinteză simplificată — consultați specialiști pentru proiecte specifice. Să optimizăm pentru o durabilitate sporită!

$$l_{bd} = 1,15 \cdot \frac{k_1 k_2 k_3 k_4 k_5 f_{PRF,d}}{4\tau_{bd}}$$

$$w_k = \beta \cdot \frac{\sigma_{PRF}}{E_{PRF}} \cdot s_m$$