

コンクリートと鉄筋の疲労強度の算定

土木学会コンクリート標準示方書(構造性能照査編)の設計疲労強度式を用いて,次の問題に解答せよ.

問題1 : 疲労寿命  $N=10^6$  に対するコンクリートの疲労強度  $f_r$  を求めよ. ただし, 普通コンクリート(静的圧縮強度  $f'_{ck}=30\text{N/mm}^2$ )とする.

永久荷重による応力  $p=0\text{N/mm}^2$  のとき, 永久荷重による応力  $p=10\text{N/mm}^2$  のとき.

土木学会 設計疲労強度式(コンクリート)  $f_{rd} = k_1 f'_{cd} (1 - \frac{\sigma_p}{f'_{cd}}) (1 - \frac{\log N}{K})$

ここで,  $K=10$  : 普通コンクリートでしばしば水で飽和される場合, 及び軽量骨材コンクリート

$K=17$  : その他の一般のコンクリート

コンクリートの材料係数  $c=1.3$   $f'_{cd} = \frac{30}{1.3} = 23.1\text{N/mm}^2$

永久荷重による応力  $p=0\text{N/mm}^2$  のとき.

$$f_{rd} = 0.85 \times 23.1 \times (1 - \frac{0}{23.1}) \times (1 - \frac{\log 10^6}{17}) = 12.7\text{N/mm}^2$$

永久荷重による応力  $p=10\text{N/mm}^2$  のとき.

$$f_{rd} = 0.85 \times 23.1 \times (1 - \frac{10}{23.1}) \times (1 - \frac{\log 10^6}{17}) = 7.2\text{N/mm}^2$$

問題2 :  $5\text{N/mm}^2$  の応力振幅(圧縮応力)を受けるときの, 疲労寿命  $N$  を求めよ. ただし, 永久荷重による応力  $p=10\text{N/mm}^2$  とする.

水で飽和されている(水中コンクリート)場合.

一般のコンクリートの場合.

ここでは応力振幅を設計疲労強度  $f_{rd}$  に置き換える.

$$\log N = K \left\{ 1 - \frac{f_r}{k_1 f'_{cd} (1 - \sigma_p / f'_{cd})} \right\}$$

水中コンクリートでは  $K=10$  となる. 上式に各数値を代入すると

$$\log N = K \left\{ 1 - \frac{f_r}{k_1 f'_{cd} (1 - \sigma_p / f'_{cd})} \right\} = 10 \left\{ 1 - \frac{5}{0.85 \cdot 23.1 (1 - 10/23.1)} \right\} = 5.51 \quad \longrightarrow \quad N = 10^{5.51} = 3.24 \times 10^5 \text{ (回)}$$

普通コンクリートでは  $K=17$  となる. 上式に各数値を代入すると

$$\log N = K \left\{ 1 - \frac{f_r}{k_1 f'_{cd} (1 - \sigma_p / f'_{cd})} \right\} = 17 \left\{ 1 - \frac{5}{0.85 \cdot 23.1 (1 - 10/23.1)} \right\} = 9.37 \quad \longrightarrow \quad N = 10^{9.37} = 2.34 \times 10^9 \text{ (回)}$$

問題 3 :  $N=2*10^6$   $N=2*10^5$  に対する鉄筋の設計疲労強度  $f_{srd}$  を求めよ。ただし、永久荷重による応力  $\sigma_{sp}=120\text{N/mm}^2$  とし、異型鉄筋 (SD345, D29) について検討する。

土木学会 設計疲労強度式 (鉄筋)  $f_{srd} = 190 \frac{10^\alpha}{N^k} (1 - \frac{\sigma_{sp}}{f_{ud}}) / \gamma_s$  (N/mm<sup>2</sup>)

ここで、 $\alpha = k_{0f}(0.81 - 0.003\phi)$   $\phi$  : 鉄筋直径 (mm)

$k_{0f}$  : 鉄筋のふしに関する係数で、一般に 1.0

異型鉄筋の引張強度を  $490\text{N/mm}^2$  とすると  $f_{ud} = \frac{f_u}{\gamma_s} = \frac{490}{1.05} = 467\text{N/mm}^2$

$N=2*10^6$  に対する設計疲労強度。

$$f_{srd} = 190 \times \frac{10^{0.723}}{(2 \times 10^6)^{0.12}} (1 - \frac{120}{467}) / 1.05 = 125\text{N/mm}^2$$

$N=2*10^5$  に対する設計疲労強度。

$$f_{srd} = 190 \times \frac{10^{0.723}}{(2 \times 10^5)^{0.12}} (1 - \frac{120}{467}) / 1.05 = 164\text{N/mm}^2$$

問題 4 : 次の条件に対する鉄筋の疲労寿命  $N$  を求めよ。ただし、永久荷重による応力  $\sigma_{sp}=40\text{N/mm}^2$  のとする。

90N/mm<sup>2</sup> の応力振幅を受けるとき。

120N/mm<sup>2</sup> の応力振幅を受けるとき。

ここでは応力振幅を設計疲労強度  $f_{srd}$  に置き換える。

$$f_{srd} = 190 \frac{10^\alpha}{N^k} (1 - \frac{\sigma_{sp}}{f_{ud}}) / \gamma_s$$

上式より  $N$  を求めると  $N = \left\{ 190 \frac{10^\alpha}{f_{srd}} (1 - \frac{\sigma_{sp}}{f_{ud}}) / \gamma_s \right\}^{\frac{1}{k}}$  となる。

応力振幅 設計疲労強度  $f_{srd}=90\text{N/mm}^2$  の場合

$$N = \left\{ 190 \frac{10^\alpha}{f_{srd}} (1 - \frac{\sigma_{sp}}{f_{ud}}) / \gamma_s \right\}^{\frac{1}{k}} = \left\{ 190 \frac{10^{0.723}}{90} (1 - \frac{40}{467}) / 1.05 \right\}^{\frac{1}{0.12}} = 1.69 \times 10^8 \text{ 回}$$

応力振幅 設計疲労強度  $f_{srd}=120\text{N/mm}^2$  の場合

$$N = \left\{ 190 \frac{10^\alpha}{f_{srd}} (1 - \frac{\sigma_{sp}}{f_{ud}}) / \gamma_s \right\}^{\frac{1}{k}} = \left\{ 190 \frac{10^{0.723}}{120} (1 - \frac{40}{467}) / 1.05 \right\}^{\frac{1}{0.12}} = 1.54 \times 10^7 \text{ 回}$$