

【問題 1】鉄筋とコンクリートの材料力学

全体量(荷重, 変形)および単位量(応力, ひずみ)の違いに注意し, 下記の設定について答えよ。(計算過程も示すこと.)

- a. 圧縮強度が $f'_c = 24\text{N/mm}^2$ のコンクリートについて, 直径10cmの円柱供試体を用いて圧縮試験を行った.
圧縮荷重 20 kN のときの応力とひずみ, また圧縮破壊時の荷重(最大荷重)はいくらか.

【解答】

$$\text{応力} : \sigma = \frac{20 \times 10^3}{\pi \left(\frac{100}{2}\right)^2} = 2.55 \text{ N/mm}^2, \quad \text{ひずみ} : \varepsilon = \frac{2.55}{25 \times 10^3} = 1.02 \times 10^{-4}, \quad \text{破壊時の荷重} : P_u = 24 \times \pi \left(\frac{100}{2}\right)^2 = 188 \text{ kN}$$

応力 : 2.55N/mm ²	ひずみ : 1.02 × 10 ⁻⁴	最大荷重 : 188kN
-------------------------------	----------------------------------	-----------------

- b. 長さ1.5mの鉄筋棒(D29, SD295)に1.5mmの変位を与えた時の応力 σ , ひずみ ε , 荷重 P をもとの条件として, 長さを3mにした場合, 径D35にした場合, SD345にした場合, 各々について, その変化する倍率を下表の空欄に記入せよ.

【解答】

算出順序は, ひずみ $:\varepsilon = \frac{1.5\text{mm}}{L}$ 応力 $:\sigma = E_s \times \varepsilon$ 荷重 $:P = \sigma \times A_s$ である.

ここで, L, E_s, A_s は鉄筋棒の長さ(mm), 鉄筋の弾性係数, 鉄筋の公称断面積である.

は $L=1.5\text{m}$ 3m , は D29($A_s=642.4\text{mm}^2$) D35($A_s=956.6\text{mm}^2$), は SD295($f_y=294\text{N/mm}^2$) SD345($f_y=345\text{N/mm}^2$)

	応力 σ	ひずみ ε	荷重 P
もとの条件	1	1	1
長さを3mにした場合:	1/2	1/2	1/2
径D35にした場合:	1	1	1.49 (1/0.671)
SD345にした場合:	1	1	1

- c. 断面20cm×20cm, 長さ100cmの無筋コンクリート柱(圧縮強度 $f'_c = 50\text{N/mm}^2$)に, 400kNの圧縮力が作用した場合の軸応力 σ , 軸ひずみ ε , 変形量(縮み量) δ , をもとの条件として, 長さを200cmにした場合, 圧縮力を800kNにした場合, $f'_c = 24\text{N/mm}^2$ にした場合, 各々について, その変化する倍率を下表の空欄に記入せよ.

【解答】

算定手順は, 軸応力 $:\sigma = \frac{F}{A}$ 軸ひずみ $:\varepsilon = \frac{\sigma}{E_c}$ 変形量(縮み量) $:\delta = L \times \varepsilon$ である.

ここで, F, A, E_c, L は圧縮力, コンクリート柱の断面積, コンクリートの弾性係数, コンクリート柱の長さである.

は $L=100\text{cm}$ 200cm , は $F=400\text{kN}$ 800kN , は $f'_c = 50\text{N/mm}^2$ ($E_c=33\text{kN/mm}^2$) $f'_c = 24\text{N/mm}^2$ ($E_c=25\text{kN/mm}^2$)

	応力 σ	ひずみ ε	変形量(縮み量) δ
もとの条件	1	1	1
長さを200cmにした場合:	1	1	2
圧縮力を800kNにした場合:	2	2	2
$f'_c = 24\text{N/mm}^2$ にした場合:	1	1.32 (1/0.758)	1.32 (1/0.758)

【問題 2】曲げモーメント受ける部材

単鉄筋長方形断面($b=400\text{mm}$, $d=540\text{mm}$, 鉄筋量 5D29)に関する演習問題をもとに, 次の問いに答えよ.

(鉄筋を SD345 に変更し, そのほかの条件は, 配布資料と同一とする)

a. 鉄筋量を 4D35 に変更して, 作用曲げモーメントを $M=200\text{kN}\cdot\text{m}$ として, 鉄筋応力とコンクリート応力を求めよ.

【解答】

$$\text{鉄筋比 } p = \frac{4 \cdot D35}{bd} = \frac{4 \times 956.6}{400 \times 540} = 0.01771 (=1.77\%), \quad \text{弾性係数比 } n = \frac{E_s}{E_c} = \frac{200 \text{ kN/mm}^2}{25 \text{ kN/mm}^2} = 8$$

$$\therefore np = 0.01771 \times 8 = 0.1417 \quad \text{中立軸比 } k = -np + \sqrt{(np)^2 + 2np} = -0.1417 + \sqrt{0.1417^2 + 2 \times 0.1417} = 0.4092$$

$$\frac{M}{bd^2} = \frac{200 \times 10^3 \times 10^3 \text{ N}\cdot\text{mm}}{400 \times 540^2 \text{ mm}^3} = 1.715 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{以上より, コンクリート応力 } \sigma_c' = \frac{\frac{M}{bd^2}}{\frac{1}{2}k \left(1 - \frac{k}{3}\right)} = \frac{1.715}{\frac{1}{2} \times 0.4092 \times \left(1 - \frac{0.4092}{3}\right)} = \underline{9.71 \text{ N/mm}^2}$$

$$\text{鉄筋応力 } \sigma_s = \frac{1-k}{k} n \sigma_c' = \frac{1-0.4092}{0.4092} \times 8 \times 9.71 = \underline{112 \text{ N/mm}^2}$$

b. 有効高さを 650mm と変更し, 鉄筋比が $p=1\%$ 以上となるような, 配筋を設計せよ.

【解答例】

$$p = \frac{A_s}{bd} \geq 0.01 \quad \therefore A_s \geq 0.01bd = 0.01 \times 400 \times 650 = 2600 \text{ mm}^2 = 26.00 \text{ cm}^2$$

$$\underline{4D32} : A_s = 4 \times 7.942 = 31.77 \text{ cm}^2 \geq 20.00 \text{ cm}^2 \quad p = \frac{A_s}{bd} = \frac{3177}{400 \times 650} = 0.01222 (=1.22\%)$$

$$\underline{5D29} : A_s = 5 \times 6.424 = 32.12 \text{ cm}^2 \geq 20.00 \text{ cm}^2 \quad p = \frac{A_s}{bd} = \frac{3212}{400 \times 650} = 0.01235 (=1.24\%)$$

$$\underline{6D25} : A_s = 6 \times 5.067 = 30.40 \text{ cm}^2 \geq 20.00 \text{ cm}^2 \quad p = \frac{A_s}{bd} = \frac{3040}{400 \times 650} = 0.01169 (=1.17\%)$$

c. 上記 b.における終局耐力 M_u を求めよ.

【解答例】

$$\psi = \frac{p f_y}{f_c'} = \frac{0.01222 \times 345}{24} = 0.1757 \quad M_u = bd^2 f_c' \cdot \psi \left(1 - \frac{\psi}{1.7}\right) = 400 \times 650^2 \times 24 \times 0.1757 \times \left(1 - \frac{0.1757}{1.7}\right) = \underline{639 \text{ kN}\cdot\text{m}}$$

$$\psi = \frac{p f_y}{f_c'} = \frac{0.01235 \times 345}{24} = 0.1775 \quad M_u = bd^2 f_c' \cdot \psi \left(1 - \frac{\psi}{1.7}\right) = 400 \times 650^2 \times 24 \times 0.1775 \times \left(1 - \frac{0.1775}{1.7}\right) = \underline{645 \text{ kN}\cdot\text{m}}$$

$$\psi = \frac{p f_y}{f_c'} = \frac{0.01169 \times 345}{24} = 0.1680 \quad M_u = bd^2 f_c' \cdot \psi \left(1 - \frac{\psi}{1.7}\right) = 400 \times 650^2 \times 24 \times 0.1680 \times \left(1 - \frac{0.1680}{1.7}\right) = \underline{614 \text{ kN}\cdot\text{m}}$$