

第9章 コンクリートと鉄筋の材料力学

練習問題9 - 1

解説:

a. 不相当

コンクリートの静弾性係数はおよそ $20 \sim 40 \text{ kN/mm}^2$ の範囲にあり，圧縮強度が高くなるほど大きくなる。

b. 不相当

圧縮強度が高くなっても，最大圧縮応力時のひずみはほとんど変化しない。

c. 不相当

クリープとは，持続載荷中に時間の経過とともにひずみが増大する現象をいう。クリープに影響を及ぼす要因は多々あるが，一般に圧縮強度が高いほどクリープは小さい。よって，載荷荷重(応力)が同じ場合には圧縮強度が高いものほどクリープは小さくなる。

d. 相当

引張強度は圧縮強度の $1/9 \sim 1/13$ 程度であるが，その比率は一定ではなく，圧縮強度が高くなるほど小さくなる。そのため，圧縮強度が高くなっても引張強度はそれほど大きくなるらない。

正解: d.

練習問題9 - 2

解説:

a. 正しい

b. 誤り

ヤング係数は，鉄筋鋼棒 200 kN/mm^2 ，アルミニウム 70 kN/mm^2 ，普通コンクリート $20 \sim 40 \text{ kN/mm}^2$ ，である。したがって，鉄筋鋼棒 > アルミニウム > コンクリートの順序となる。

c. 正しい

d. 誤り

コンクリートのみが収縮するため，鉄筋が拘束材，コンクリートが被拘束材となり，鉄筋 圧縮応力，コンクリート 引張応力となって，内部的に釣り合う。

e. 正しい

正解: a. と c. と e.

練習問題9 - 3

解説:

軽量コンクリートは普通コンクリートよりもヤング係数が小さいため、最大荷重時のひずみが大きくなる傾向にある。また、骨材そのものの脆性度が高いことから、最大荷重に達した後の破壊が急激となり、その結果、最大応力以降の下降勾配が大きくなるのが特徴である。一方、鋼繊維補強コンクリートは普通コンクリートとヤング係数はほぼ等しく、また、最大荷重時のひずみ量はわずかに大きくなる。最大の特徴は、鋼繊維補強により圧縮じん性が大きくなることであり、最大荷重以降の応力低下は普通コンクリートよりも緩やかとなる。

以上のことを考慮すると、曲線 C は、他の 2 曲線に比べ最大応力荷重時までの応力 - ひずみ曲線の傾き（ヤング係数）が小さく、また、最大応力以降の下降勾配も大きい。したがって、曲線 C が軽量コンクリートの特性を示す曲線であると言える。一方、曲線 A は曲線 B と初期の傾きや最大応力時のひずみはほぼ等しいが、最大荷重に達した後の応力低下が緩やかであり、鋼繊維補強コンクリートの特徴を示している。

したがって、曲線 A が鋼繊維コンクリートの応力 - ひずみ曲線であると言える。

正解：

練習問題 9 - 4

解説：

それぞれ、以下のような値となる。

コンクリートのヤング係数 $E_c = 20 \sim 40 \text{ kN/mm}^2$,

コンクリートの圧縮強度 $f_c = 20 \sim 80 \text{ N/mm}^2$,

鉄筋のヤング係数 $E_s = 200 \text{ kN/mm}^2$ (一定値)

鉄筋の降伏強度 SD295 $f_y = 295 \text{ N/mm}^2$, SD345 $f_y = 345 \text{ N/mm}^2$,

SD390 $f_y = 390 \text{ N/mm}^2$

正解： a.

練習問題 9 - 5

解説：

この鉄筋の降伏時について計算するので、

・ 応力 = 降伏強度 = 345 N/mm^2 , (S D 345 を使用)

・ 降伏時のひずみ = 降伏強度 / ヤング係数 = $345 \text{ N/mm}^2 / 200 \text{ kN/mm}^2$

$$= 345 \text{ N/mm}^2 / 200 \times 10^3 \text{ N/mm}^2 = 0.00173 = 1.73 \times 10^{-3}$$

正解： c.

練習問題 9 - 6

解説:

$$\begin{aligned} \text{荷重} &= \text{応力 (強度)} \times \text{断面積} = 345\text{N/mm}^2 \times 10\text{ cm}^2 \\ &= 345\text{N/mm}^2 \times 1000\text{mm}^2 \\ &= 345000\text{N} = 345\text{kN} \end{aligned}$$

$$\text{伸び量} = \text{全体の長さ} \times \text{ひずみ} = 1000\text{mm} \times 0.00173 = 1.73\text{mm}$$

正解: c.

練習問題 9 - 7

解答:

$$\text{a. } \quad \sigma = \frac{P}{A} = \frac{200000}{387.1} = 517\text{N/mm}^2 \quad (\text{長さ } 50\text{cm} \text{ は不要となる})$$

$$\text{b. } \quad \epsilon = \frac{1.0\text{mm}}{1000\text{mm}} = 1000 \times 10^{-6}$$

$$\begin{aligned} \text{応力: } \quad \sigma &= E_s \times \epsilon = 200\text{kN/mm}^2 \times 1000 \times 10^{-6} = (2 \times 10^5) \times (1000 \times 10^{-6})\text{N/mm}^2 \\ &= 200\text{N/mm}^2 \end{aligned}$$

$$\text{降伏ひずみ: } \quad \epsilon_y = f_y / E_s = 345 / 200000 = 1725 \times 10^{-6}$$

$\epsilon < \epsilon_y$ よって降伏していない。

(鉄筋径 D35 は不要である)

$$\text{c. } \quad \text{ヤング係数 } E_s = - = \frac{50\text{kN} / 2.865\text{cm}^2}{0.4\text{mm} / 500\text{mm}} = \frac{17.45}{8.0 \times 10^{-4}}\text{kN/cm}^2 = 218\text{kN/mm}^2$$

$$\text{d. } \quad \text{SD345 の降伏強度 } f_y = 345\text{N/mm}^2$$

$$\text{D22 の断面積 } A_s = 3.871\text{cm}^2 = 387.1\text{mm}^2$$

$$\text{降伏時の引張荷重: } P_y = A_s \times f_y = 387.1 \times 345 = 133.6\text{kN}$$

$$\text{降伏時のひずみ: } \quad \epsilon_y = \frac{f_y}{E_s} = \frac{345\text{N/mm}^2}{200\text{kN/mm}^2} = 1725 \times 10^{-6}$$

e.	引張荷重	応力	ひずみ
長さ 100cm	28.7kN	100N/mm^2	5×10^{-4}
長さ 200cm	14.3kN	50N/mm^2	2.5×10^{-4}

$$f. \quad = \frac{500kN}{20 \times 20cm^2} = 1.25kN/cm^2 = 12.5N/mm^2 \quad (\text{弾性解析であり, 圧縮強度は必要としない})$$

$$= \quad l = \frac{\sigma}{E_c} l = \frac{12.5N/mm^2}{30 \times 10^3 N/mm^2} \times 1000mm = 0.417mm \quad (\text{縮み量})$$

$$g. \quad f'_c = \frac{350kN}{(\quad \times 15^2/4)cm^2} = 1.98kN/cm^2 = 19.8N/mm^2 \quad (\text{高さ 30cm は不要})$$

h.	圧縮荷重	ひずみ
20cm × 20cm	400kN	5×10^{-4}
40cm × 40cm	1600kN	5×10^{-4}

練習問題9 - 8

解答:

a. この鉄筋の降伏時のひずみ: $\epsilon_y = f_y / E_s = 345 / 200 \times 10^3 = 0.001725$

50cm の場合: $\epsilon = 1/500 = 2.0 \times 10^{-3} > \epsilon_y$ 降伏している

$$P = f_y A_s = 345 \times 200 = 69kN \quad (\text{降伏強度を用いる})$$

120cm の場合: $\epsilon = 1/1200 = 0.8 \times 10^{-3} < \epsilon_y$ 降伏していない

$$P = (\epsilon E_s) A_s = (0.8 \times 10^{-3} \times 200 \times 10^3) \times 200 = 32kN \quad (\text{実応力を用いる})$$

用いる)

b. $P = f_y A = 345 \times 387.1 = 134kN$

$$\epsilon_y = \frac{f_y}{E} = \frac{345}{200 \times 10^3} = 1.73 \times 10^{-3}$$

$$\delta = l \cdot \epsilon_y = 1000mm \times (1.73 \times 10^{-3}) = 1.73mm$$

練習問題9 - 9

解説:

コンクリートは乾燥条件下で収縮するのに対し, 鉄筋は乾燥条件下でも長さ変化(収縮)がないことから, コンクリートの収縮を鉄筋が拘束する。図のような鉄筋コンクリート部

材の場合，鉄筋の周囲のコンクリートが収縮し，中心部の鉄筋が長さ変化を生じないことから，鉄筋がコンクリートの収縮を拘束することになる。そのため，収縮を拘束されるコンクリートに引張応力が，拘束する鉄筋にその反力として圧縮応力が発生する。

正解: b.