

1. 次の各記述に間違いが1箇所ある。その箇所を  で囲み、近く(上下の余白)に正しい記述を示せ。

せん断設計では、 a =せん断スパン、 a/d =せん断スパン比として定義される。せん断スパン比 a/d が小さいほど、曲げモーメントに比べて、せん断力の比率が大きくなり、せん断破壊する可能性が大きくなる。例えば、 $a/d > 5.5$ のときは、せん断破壊となる。

$a/d > 5.5$ $a/d < 5.5$

斜めひび割れを有する鉄筋コンクリート梁は、トラスモデルに置き換えると、せん断設計を合理的に行うことができる。この場合、斜めひび割れを有するコンクリートを圧縮ストラット、引張鉄筋を斜材、軸方向筋(主鉄筋)を上限材と下弦材として置き換えるものである。

引張鉄筋 腹鉄筋(またはスターラップ、帯鉄筋)

梁部材には、曲げモーメントとせん断力が混在するが、曲げモーメントによる引張ひび割れに対しては引張鉄筋、せん断力による垂直ひび割れに対しては、腹鉄筋(スターラップ、折曲げ鉄筋)によって抵抗する。これらの補強筋は、ひび割れに直交する方向、または主引張応力の方向に配するものと解釈できる。

垂直ひび割れ 斜めひび割れ

鉄筋コンクリートは、鉄筋とコンクリートの合成構造であるが、両者の相乗効果が期待できる。例えば、コンクリートが鉄筋を被覆すること(かぶりコンクリート)により座屈を回避することができ、一方、鉄筋を適正に配することにより、コンクリートのひび割れ発生を未然に防ぐことができる。

ひび割れ発生を未然に防ぐことができる。

ひび割れ発生を防ぐことはできないが、開口幅の増大を制御することができる。

コンクリート系部材は、コンクリート材料に補強筋(reinforcement)もしくは初期応力(prestress)を施すことにより、構造部材として成立する。これは、鉄筋コンクリート(steel concrete)、プレストレストコンクリート(prestressed concrete)、鉄骨コンクリート(steel-framed concrete)に大別できる。

steel concrete reinforced concrete

鉄筋コンクリートは、鉄筋とコンクリートによる複合材料である。これにより、コンクリートは、圧縮域における靱性と強度の改善、ひび割れ制御、一方、鉄筋から見ると、鉄筋の降伏回避、腐食防止、などの相乗効果が挙げられる。

鉄筋の降伏回避 鉄筋の座屈回避

2. 次の設問に答えよ。計算過程を余白に、解答を解答欄（有効数字3桁、単位に注意）に記入せよ。

コンクリートの円柱供試体（高さ20cm、直径10cm、圧縮強度 24N/mm^2 ）に、 100kN の圧縮力を与えた。

このときのひずみ（ $**** \times 10^{-3}$ ）および変形量（縮み量：mm）を計算せよ。さらに、この供試体を圧縮破壊させるための荷重（破壊荷重）を求めよ。

弾性係数（ヤング係数）は、コンクリート標準示方書の値を用いよ。

解答欄：ひずみ： 0.509×10^{-3} 変形量(縮み量)： 0.102mm 破壊荷重： 188kN

長さ1m、SD390、D22（断面積 387.1mm^2 ）の異形鉄筋（鉄筋規格）に、 50kN の引張力を与えたとき、伸び量が 0.657mm であった。

このときの、ひずみ、応力、弾性係数（ヤング係数）を求めよ。（ひずみは、 $**** \times 10^{-3}$ 、伸び量はmmにて表記せよ）

解答欄：ひずみ： 0.657×10^{-3} 応力： 129N/mm^2 弾性係数： 196kN/mm^2

3. 次のような断面諸元を持つ単鉄筋長方形断面（断面寸法：幅300mm、有効高さ650mm）を考える。

（計算課程は、予備計算を含め、丁寧かつコンパクトに記し、解答（有効数字3桁）を解答欄に記入せよ）

鉄筋規格：SD295、コンクリート：普通コンクリート（圧縮強度 30N/mm^2 ）

$$\text{算定式： } M_u = bd^2 \cdot pf_y \left(1 - \frac{pf_y}{1.7f_c}\right), \quad \frac{M_u}{bd^2 f_c} = \phi \left(1 - \frac{\phi}{1.7}\right)$$

鉄筋比が1.0～1.2%となるように配筋を設計せよ。ただし、使用する鉄筋径は、D22, D25, D29のいずれかとする。

配筋量（本数と径）を示し、このときの鉄筋比を示せ。

解答欄：配筋： $6\text{D}22$ 、鉄筋比 = 1.19% 、または配筋： $4\text{D}25$ 、鉄筋比 = 1.04%

鉄筋比の定義： $p = \frac{A_s}{bd}$ から、 $A_s = bd \cdot p = 300 \cdot 650(0.010 \sim 0.012) = 1950 \sim 2340\text{mm}^2$

使用する鉄筋径は、D22, D25, D29のうち、上記を満足するのは、

$$6 \cdot D22 \Rightarrow p = \frac{2320}{300 \cdot 650} = 0.01190, \quad 4 \cdot D25 \Rightarrow p = \frac{2030}{300 \cdot 650} = 0.01041$$

上記 で決定した配筋により、断面耐力（終局曲げ耐力） M_u を算定せよ。（上記に示した2つの式両者を用いて、計算せよ。）

6D2 2 (p=1.19%)の場合：

算定式1：予備計算： $bd^2 = 300 \cdot 650^2 = 0.1268 \times 10^9 \text{ mm}^3$ 、 $pf_y = 0.0119 \cdot 295 = 3.511 \text{ N/mm}^2$

$$\cdot M_u = bd^2 \cdot pf_y \left(1 - \frac{pf_y}{1.7f_c'}\right) = 0.1268 \times 10^9 \text{ mm}^3 \cdot 3.511 \text{ N/mm}^2 \left(1 - \frac{1}{1.7} \cdot \frac{3.511 \text{ N/mm}^2}{30 \text{ N/mm}^2}\right) = 0.414 \times 10^9 \text{ N} \cdot \text{mm}^2 = \underline{414 \text{ kN} \cdot \text{m}}$$

算定式2：予備計算： $bd^2 f_c' = 300 \cdot 650^2 \cdot 30 = 3.803 \times 10^9 \text{ N} \cdot \text{mm} = 3.803 \text{ MN} \cdot \text{m}$ 、力学的鉄筋比 $\varphi \equiv \frac{pf_y}{f_c'} = \frac{3.511}{30} = 0.1170$ （無次元）

$$\cdot \frac{M_u}{bd^2 f_c'} = \varphi \left(1 - \frac{\varphi}{1.7}\right) = 0.1170 \left(1 - \frac{0.1170}{1.7}\right) = 0.1090 \quad M_u = bd^2 f_c' \times 0.1090 = 3.803 \text{ MN} \cdot \text{m} \times 0.1090 = \underline{0.414 \text{ MN} \cdot \text{m}}$$

4D25 (p=1.04%)の場合：

算定式1：予備計算： $bd^2 = 300 \cdot 650^2 = 126.8 \times 10^6 \text{ mm}^3$ 、 $pf_y = 0.01041 \cdot 295 = 3.071 \text{ N/mm}^2$

$$\cdot M_u = bd^2 \cdot pf_y \left(1 - \frac{pf_y}{1.7f_c'}\right) = 126.8 \times 10^6 \text{ mm}^3 \cdot 3.071 \text{ N/mm}^2 \left(1 - \frac{1}{1.7} \cdot \frac{3.071 \text{ N/mm}^2}{30 \text{ N/mm}^2}\right) = 366 \times 10^6 \text{ N} \cdot \text{mm}^2 = \underline{366 \text{ kN} \cdot \text{m}}$$

算定式2：予備計算： $bd^2 f_c' = 300 \cdot 650^2 \cdot 30 = 3.803 \times 10^9 \text{ N} \cdot \text{mm} = 3.803 \text{ MN} \cdot \text{m}$ 、力学的鉄筋比 $\varphi \equiv \frac{pf_y}{f_c'} = \frac{3.071}{30} = 0.1024$ （無次元）

$$\cdot \frac{M_u}{bd^2 f_c'} = \varphi \left(1 - \frac{\varphi}{1.7}\right) = 0.1024 \left(1 - \frac{0.1024}{1.7}\right) = 0.0962 \quad M_u = bd^2 f_c' \times 0.0962 = 3.803 \text{ MN} \cdot \text{m} \times 0.0962 = \underline{0.3414 \text{ MN} \cdot \text{m}}$$

SI 単位では、SI 接頭語 (M:10⁶, k:10³) を活用することが肝要で、例えば、 $2570000N \cdot mm = 2.57kN \cdot m$, のようにゼロを少なくできる。また、重力加速度を $G = 9.80665 \cong 10$ とした場合、従来単位との関係は、 $100kN \cong 1tf$, $1MN \cong 100tf$,
 $30N/mm^2 \cong 300kgf/cm^2$, となる。

$$\underline{100kN \cong 1tf}, \quad \underline{10kN \cong 1tf}$$

基本用語として、shear failure =せん断破壊, slender beam=細長い梁, over-reinforcement = 釣合い鉄筋。下添え字の場合、w : web (腹部) y : yield (降伏) u : ultimate (終局) d : design (設計用値) などがある。

釣合い鉄筋 過鉄筋

異形鉄筋の品質は,SD295, SD345 のように表記される(例えば、SD295 は、異形鉄筋の降伏強度が $f_y=295 N/mm^2$ を意味する)。ヤング係数 (弾性係数) は SD295 より SD345 の方が大きく、従って、降伏時のひずみは、SD345 の方が大きくなる。

SD295 より SD345 の方が大きく SD295 と SD345 は同じ (降伏強度に関係なく、 $E_s=200 kN/mm^2$)

通例、梁部材に曲げモーメントとせん断力が作用するが、このうち、曲げ応力は、部材の上縁と下縁で最大、せん断応力は、部材中央部 (腹部) で最大となる。このせん断応力は 30° 方向 の主応力 (引張主応力と圧縮主応力) と等価であり、引張主応力の直交方向にひび割れを生じ、これが斜めひび割れ (せん断ひび割れ) である。

30° 方向 45° 方向