

1. 次の各記述に間違いが一つずつある。その箇所を  で囲み、近く(上下の余白)に正しい記述を示せ。

鉄筋コンクリート梁には、主鉄筋(軸方向筋)と腹鉄筋が配される。主鉄筋は曲げモーメントに抵抗し、圧縮鉄筋と引張鉄筋の両方を有する場合、'複鉄筋'と呼ばれる。また、腹鉄筋はスターラップと折曲げ鉄骨に大別され、いずれもせん断力に抵抗する。

**折曲げ鉄骨**      **折曲げ鉄筋**

コンクリートの性質について、大略の値として、圧縮強度は  $30 \sim 80 \text{N/mm}^2$ 、引張強度は圧縮強度の  $1/10 \sim 1/15$  程度、またポアソン比は  $0.2\%$  程度である。      **0.2%**      **0.2**      (**%は必要なし**)

SI 接頭語 ( $\text{M}:10^6$ ,  $\text{k}:10^3$ ) を活用し、例えば、 $2560 \text{N} = 2.56 \text{kN}$ 、 $5670000 \text{N} = 5.67 \text{MN}$ 、 $4870000000 \text{N} \cdot \text{mm} = 4.87 \text{kN} \cdot \text{m}$  のように表示する。また、鉄筋の性質の一例として、SD345 の場合、降伏強度は  $345 \text{N/mm}^2$ 、弾性係数(ヤング率)は、 $200 \text{kN/mm}^2$  のように表される。従来単位と S I 単位との関係は、大略値として  $1 \text{tonf} \cong 10 \text{kN}$ 、 $100 \text{tonf} \cong 1 \text{MN}$  である。

$$4870000000 \text{N} \cdot \text{mm} = 4.87 \text{kN} \cdot \text{m} \qquad 4870000000 \text{N} \cdot \text{mm} = 4.87 \text{MN} \cdot \text{m}$$

鉄筋コンクリートに用いられる英語として、stress & strain (応力とひずみ)、under-reinforcement (控えめな鉄筋)、over-reinforcement (過鉄筋)、slender beam (細長い梁)、shear span (せん断スパン)、web reinforcement (複鉄筋)、stirrup (スターラップ) などがある。下添え字として、m: material (材料)、t: tension (引張)、b: balance (釣合い) などがある。

**複鉄筋**      **腹鉄筋**

鉄筋コンクリートは、鉄筋とコンクリートの優れた複合構造である。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、鉄筋の座屈回避と腐食防止に役立つ。一方、鉄筋を配することにより、コンクリートのひび割れ発生を防止することができる。なお、鉄筋とコンクリートの熱膨張係数はだいたい同じであるので、温度変化に対する温度応力は生じない。

**ひび割れ発生を防止する**      **ひび割れ発生後の開口を制御する**

コンクリート構造物は、多くの形式に対応できる。例えば、梁、柱などの棒構造物(細長いという意味)が比較的多く見られる。スラブ(床)は平面構造、シェルと中空円筒は立体曲面構造の例である。一例として、ラーメン構造の建築建屋は、スラブ-梁-マスコンクリートによって構成される。重力式ダムは、3次元中実構造となり、通例、無筋コンクリートである。

**マスコンクリート**      **柱**

荷重を受ける梁部材には、通例、曲げモーメントとせん断力が作用し、これにより、応力が生じる。これは、荷重（集中荷重、分布荷重 etc.） 断面力（曲げモーメント、せん断力） 応力（曲げ応力、せん断応力）のように力の流れを理解することができる。このうち、曲げ応力は、正の曲げモーメントを受ける場合、部材上縁で引張、下縁で圧縮となる。せん断応力は、部材中央部（腹部）で最大となり、このせん断応力は  $45^\circ$  方向の主応力（引張主応力と圧縮主応力）と等価である。

### 正の曲げモーメント      負の曲げモーメント

梁部材の破壊形式（曲げ破壊 vs せん断破壊）の判定は重要である。授業にて提示した供試体（RC 単純梁対称 2 点載荷試験）では、曲げ破壊は、中央スパンの純曲げ区間にて破壊し、せん断破壊は、左右のせん断スパンにて斜めひび割れの発生により、同時にせん断破壊する。この破壊形式の判定には、曲げ耐力とせん断耐力を算定し、小さいほうの荷重にて破壊形式が決定する。

**左右のせん断スパンにて斜めひび割れの発生により、同時にせん断破壊する**

**いずれかのせん断スパンにて斜めひび割れの発生によりせん断破壊する**

鉄筋コンクリート断面の健全な曲げ破壊を確保するために、最小鉄筋比と最大鉄筋比の制限がある。最小鉄筋比は、曲げ引張ひび割れ発生と同時に引張鉄筋が降伏しないように鉄筋比の下限を設定し、最大鉄筋比は鉄筋降伏先行型となるように（釣合い鉄筋比の 75% 以上の配筋をする）、鉄筋比の上限を規定するものである。

### 75% 以上の配筋      75% 以上の配筋

斜めひび割れには腹鉄筋が有効であり、曲げひび割れには軸方向筋が有効である。配筋方向として、予想されるひび割れの  $45^\circ$  方向またはそれに近い角度で配することが原則であり、これは腹鉄筋と軸方向筋に共通する。すなわち、引張主応力の方向に配筋するものである。鉄筋の配筋は、基本的に、ひび割れの発生を防ぐものではなく、ひび割れ発生後の急激な耐力低下を防止するものである。

### 45° 方向      90° 方向

2. 次の設問に答えよ。

長さ 2m、SD390、D32（断面積  $8\text{cm}^2$  とする）の異形鉄筋に変形量  $\delta=3.6\text{mm}$  を与えた場合を想定する。  
 このような条件から、Case1, Case2, Case3 のように変更した場合、元の条件に対する比率および降伏/未降伏の区別を解答せよ  
 （各 Case とともに、元の条件に対する変更を行う）。数値は、2 桁にて記入し、計算過程の記述は必要ない。

計算条件	応力	ひずみ	荷重	降伏/未降伏
元の条件	1	1	1	未降伏
Case1：長さを 2 倍	0.5	0.5	0.5	未降伏
Case2：径 D35（断面積 $9.6\text{cm}^2$ ）	1.0	1.0	1.2	未降伏
Case3：SD295	0.82	1.0	0.82	降伏

実際の値で記述すると：

計算条件	応力 N/mm <sup>2</sup>	ひずみ *** × 10 <sup>-3</sup>	荷重 kN	降伏/未降伏
元の条件	360	$1.8 \times 10^{-3}$	288	未降伏
Case1：長さを 2 倍	180	$0.9 \times 10^{-3}$	144	未降伏
Case2：径 D35（断面積 $9.6\text{cm}^2$ ）	360	$1.8 \times 10^{-3}$	345.6	未降伏
Case3：SD295	295	$0.9 \times 10^{-3}$	236	降伏

コンクリートの円柱供試体（直径 10cm、高さ 20cm）に 80 k N を与えときの 応力と ひずみ、を計算せよ。  
 また、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。圧縮強度を  $80\text{N/mm}^2$  とする。  
 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）

解答欄： 応力：10.2 N/mm<sup>2</sup>      ひずみ：0.268 × 10<sup>-3</sup>      破壊荷重：628 kN

3. 次のような諸元を持つ単鉄筋長方形断面を考え、この断面が **under-reinforcement** として、次の と に解答せよ。

(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)

- ・ 配筋：鉄筋規格：SD390、引張鉄筋 4-D29 (公称断面積  $D29=642.4\text{mm}^2$ )
- ・ コンクリート：普通コンクリート (圧縮強度  $40\text{N/mm}^2$ )
- ・ 断面寸法：幅 300mm、有効高さ 820mm、全高さ 900mm

鉄筋比  $p$  と力学的鉄筋比  $\phi$  を算定せよ。解答欄：鉄筋比  $p = 0.0104$  , 力学的鉄筋比  $\phi = 0.102$

鉄筋比  $p=4 \times 642.4 / (300\text{mm} \times 820\text{mm})=0.010445$ , 力学的鉄筋比  $\phi=p f_y/f_c=0.1018$

断面耐力(終局曲げ耐力)  $M_u$  を算定せよ。解答欄：終局耐力  $M_u = 772\text{kN} \cdot \text{m}$