

## 第 13 章 せん断力を受ける部材

### 練習問題 13 - 1

#### 解説:

a. 正しい

単鉄筋長方形断面の中立軸比  $k$  を求める式であり，使用時の応力算定に用いられる．複鉄筋長方形断面の場合，T 型断面の場合についても，同様の算定式あり，確認されたい。

b. 誤り

「ひび割れの発生そのものを回避する」ことはできない。配筋の目的は，ひび割れ発生後のコンクリートの引張応力を鉄筋が代替し，ひび割れの過度な開口を制御することであり，ひび割れの発生そのものを防ぐことはできない（鉄筋コンクリートの基本的な原理である）。

c. 正しい

せん断スパンが短いほど，曲げモーメントに対するせん断力の比率が大きくなるためである。

d. 誤り

せん断破壊に関しては，スターラップ，帯鉄筋などのせん断補強筋が関係し，圧縮側主鉄筋に抵抗機構はない。

e. 正しい

「修正トラス理論による耐荷力 = 腹鉄筋による効果（塑性トラス理論） + コンクリート」である。現行の土木学会コンクリート標準示方書のみならず欧米主要コードに採用されている。

**正解:** a. , c. , e.

### 練習問題 13 - 2

#### 解説:

a. 正しい

現行示方書では，終局耐力，許容応力度の算定ともに，修正トラス理論を用いていることになる。前者（終局耐力）では，材料強度を用いるの対して，後者は，許容応力度を用いることになる。

b. 誤り

トラス理論の考え方に従えば，45 度方向の主引張応力が生じ，これにより斜めひび割れが生じ，この引張応力を腹鉄筋（スターラップ，または折り曲げ鉄筋）が代替する。コンクリートの圧縮主応力は，そのまま，圧縮ストラットになる。

c. 正しい

はり/柱部材のせん断耐力，スラブの押抜きせん断，壁部材（耐震壁）の面内せん断，ねじり部材の立体トラス理論など，いずれもせん断問題と考えることができる。関連文献で確認されたい。

d. 正しい

1995年に発生した阪神淡路大震災では，橋脚（鉄道橋，道路橋ともに）およびラーメン橋にせん断破壊を生じ，甚大な被害を被った。このようなせん断破壊は回避されなければならない。

**正解：**

### 練習問題13 - 3

**解説：**

a. 正しい

腹部に発生するせん断ひび割れの種類を説明している。

b. 正しい

はり部材の代表的な3つのせん断破壊を示している。

c. 正しい

現行の標準示方書には，3つの設計せん断耐力式がある。コンクリート標準示方書（構造性能照査編）にて，確認してもらいたい。

d. 誤り

棒部材（はり，柱部材）の場合，修正トラス理論にて記述され，面部材（スラブ）の場合，通例せん断補強筋を有しないので，コンクリート寄与分のみの耐力式となる。面内力を受ける面部材の場合では，鉄筋による降伏耐力，コンクリートの設計圧縮耐力が，別個に明示されている。

**正解：** d

### 練習問題13 - 4

**解説：**

a. 正しい

修正トラス理論の定義であり，一般的な設計式として，多くの設計示方書に採用されている。なお，土木学会標準示方書の設計せん断耐力式では，各種安全係数を用いているので， $V_{yd} = V_{cd} + V_{sd}$ のような記述になっている（ただし，緊張材（プレストレス）を用いない場合）。

b. 誤り

せん断補強筋の断面積  $A_w$  として，折り曲げ鉄筋とスターラップの両者を用いる。ただし，折り曲げ鉄筋については，その曲上げ角度を考慮する必要がある。

c. 誤り

せん断補強筋による寄与分  $V_s$  は、せん断有効高さ  $z$  に比例し、せん断補強筋の配置間隔  $s$  に反比例するので、容易に正誤を判断できる。正しくは、

$$V_s = \frac{A_w f_{wy} z}{s}$$

d. 正しい

$V_c$  はコンクリート圧縮強度から得られるせん断強度で算定されが、引張鉄筋の鉄筋量が多いほど増加する。標準示方書では、係数  $\beta_p$  にて考慮される。

e. 正しい

SI 単位であらわすと、耐力 = N (kN, MN など) であり、強度 / 応力 = N/mm<sup>2</sup> (kN/cm<sup>2</sup>, MN/m<sup>2</sup> でもよい) となる。

**正解:** a. , d. , e.

### 練習問題13 - 5

**解説:**

a. 不適切

コンクリート強度を2倍にしてもコンクリートが受け持つせん断耐力は2倍にはならない。コンクリート標準示方書では圧縮強度の三乗根に比例するとしている。

b. 適切

一般に軸方向圧縮力が増加するとコンクリートが受け持つせん断力は増加する。

c. 適切

せん断耐力はせん断スパン比 ( $a/d$ ) にも影響される。断面や配筋が同じ場合、 $a/d$  が大きいと曲げモーメントの影響が大きくなり曲げ破壊となることが多い。これに対し、 $a/d$  が小さいと同一の曲げモーメントに対するせん断力が大きくなり、せん断破壊しやすくなる。

d. 適切

同量の帯鉄筋を配置する場合は、径の小さいものを間隔を小さくして配置する方がより効果的である。

e. 不適切

引張主鉄筋の量を増やすとダウエル作用が増加し、せん断耐力は僅かに (鉄筋比の3乗根に比例して) 増加する。ただし、この場合、主鉄筋に沿う付着割裂破壊に対する配慮が必要である。

**正解:** a. , e.

### 練習問題13 - 6

**解説:**

トラス作用によるせん断抵抗メカニズムを参照のこと。

**正解:**

$: z(\cot \alpha + \cot \theta)$	$: \frac{z(\cot \alpha + \cot \theta)}{s}$
$: A_w f_{wy} \sin \alpha$	$: A_w f_{wy} \sin \alpha (\cot \alpha + \cot \theta) \frac{z}{s}$
$: 45^\circ$	$: A_w f_{wy} (\sin \alpha + \cos \alpha) \frac{z}{s}$
$: 90^\circ$	$: A_w f_{wy} \frac{z}{s}$

**練習問題13 - 7**

**解説:**

a. 誤り

せん断補強筋の断面積と降伏強度に比例，配置間隔に反比例．算定式  $V_s$  から容易に判断できる．ただし，主鉄筋は降伏していないことを前提とする。

b. 正しい

コンクリート斜め圧縮材の角度は， $= 45^\circ$  と仮定することが多い。

c. 正しい

せん断補強筋の角度は，実際の配筋によって定められる。スターラップ  $= 90^\circ$ ，折り曲げ鉄筋  $=$  曲上げ角度。

d. 正しい

せん断補強筋の種類として，はり部材の場合：スターラップ，折り曲げ鉄筋、柱部材の場合：帯鉄筋またはらせん鉄筋がある。

e. 正しい

土木学会コンクリート標準示方書では，トラス理論によるせん断耐力にコンクリートの寄与分  $V_c$  を加えて合算する。これは，国内外の多くの示方書（またはガイドライン）によって用いられている。

**正解:** a.

**練習問題13 - 8**

**解説:**

a. 適当

コンクリートが負担するせん断耐力はウェブ幅に比例する。したがってウェブ幅の大き

い断面Bのせん断耐力は断面Cに比べ大きくなる。

b. 適当

上記と同様の理由により，ウェブ幅の最も小さい断面Dのせん断耐力が最小となる。

c. 不適当

釣合鉄筋比以下のRCはり部材の曲げ耐力は，通常，引張（主）鉄筋量が多いほど大きくなる。この場合，断面内の総鉄筋量は同じであるが，引張鉄筋量の多い断面Bの方が，断面Aに比べ曲げ耐力は大きくなる。引張鉄筋量の影響に比べ，圧縮鉄筋や断面の幅が曲げ耐力に与える影響は相対的に小さい。

d. 適当

断面Cと断面Bは引張鉄筋量，有効高さ，フランジ幅が等しく，中立軸がフランジ内にある場合，計算上の曲げ耐力は同じとなる。中立軸がウェブ内にある場合は，断面幅の大きい断面Cの方がわずかに曲げ耐力が大きくなるが，通常の簡便な曲げ耐力の計算では，ウェブ内のコンクリートが受け持つ圧縮力は無視される。

**正解:** c.

### 練習問題13 - 9

#### 解説と正解

スラブの押抜きせん断耐力は式(11)で求めることができる。

コンクリートの設計圧縮強度は

$$f'_{cd} = f'_{ck} / \gamma_c = 30 / 1.3 = 23.1 \text{ N/mm}^2$$

鉄筋比および有効高さは  $x, y$  方向の平均値を採用して，

$$p = (p_x + p_y) / 2 = (0.0153 + 0.0089) / 2 = 0.0121$$

$$d = (d_x + d_y) / 2 = (160 + 150) / 2 = 155 \text{ mm}$$

$$\alpha_d = \sqrt[4]{1/d} = \sqrt[4]{1/0.155} = 1.59 > 1.5 \quad \text{よって,} \quad \alpha_d = 1.5$$

$$p = \sqrt[3]{100 p_w} = \sqrt[3]{100 \times 0.0121} = 1.07$$

載荷面の周長は

$$u = 2(a_0 + b_0) = 2 \times (300 + 300) = 1200 \text{ mm}$$

載荷面から  $d/2$  だけ離れた設計断面の周長は

$$u_p = 2(a_0 + b_0) + \pi d = 2 \times (300 + 300) + 3.14 \times 155 = 1687 \text{ mm}$$

したがって，

$$r = 1 + 1 / (1 + 0.25u / d) = 1 + 1 / (1 + 0.25 \times 1200 / 155) = 1.34$$

$$f_{pcd} = 0.20 \sqrt{f'_{cd}} = 0.20 \times \sqrt{23.1} = 0.96 \text{ N/mm}^2$$

以上より，設計押抜きせん断耐力は，

$$\begin{aligned}V_{pcd} &= \rho \cdot r \cdot f_{pcd} \cdot u_p \cdot d / b \\ &= 1.5 \times 1.07 \times 1.34 \times 0.96 \times 1687 \times 155 / 1.3 \\ &= 415293\text{N} = 415.3\text{kN}\end{aligned}$$

$$iP / V_{pcd} = 1.15 \times 380 / 415.3 = 1.05 > 1.0$$

よって、この RC スラブは押抜きせん断破壊に対して安全でない。