

問題 6 - 2 等分布を受ける単純梁の耐荷機構

(鉄筋コンクリート梁の耐荷メカニズム：曲げ破壊 V.S.せん断破壊)

図-1 のような鉄筋コンクリート単純梁の、曲げた耐力とせん断耐力を算定し、その耐荷メカニズムを考える。  
また、断面諸元および材料条件については、図 2 に示すとおりである。

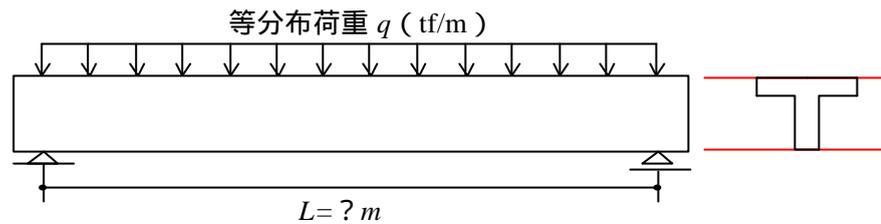
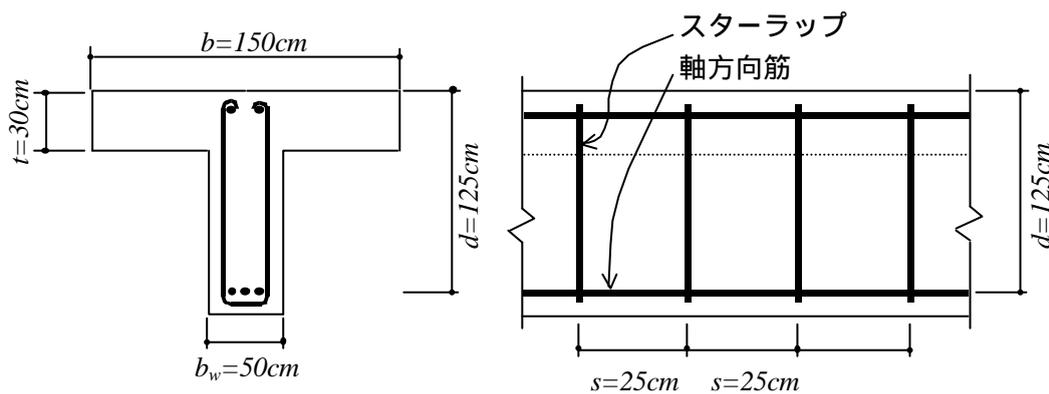


図-1 等分布荷重を受ける鉄筋コンクリート単純梁

[断面諸元]



[材料条件]

- ・ コンクリート :  $f_{ck}' = 300 \text{ kgf/cm}^2$
- ・ 軸方向筋 : SD35 [SD345]  
8 × D32 (引張鉄筋のみを考える)
- ・ スターラップ : SD35 [SD345]  
U × D19

図 - 2 断面諸元および材料条件

問1：このような梁の曲げモーメント図(B.M.D.) およびせん断力図 (S.F.D.)を作図せよ。

また、各断面力の最大値の値とその位置を示せ。曲げモーメントの最大値を  $M_d$ 、せん断力の最大値を  $S_d$ とし、これらを設計断面力とする。

問2：この断面の曲げ耐力  $M_u$  を算定せよ。ただし、軸方向筋のうち圧縮鉄筋は無視し、また、中立軸は圧縮フランジ内にあると仮定してよい。従って、単鉄筋長方形断面として考えてよく、等価応力ブロック法を用いて、算定することができる。(T型断面と長方形断面の取り扱いについては、p.93, 図 4-10 を参照せよ。)

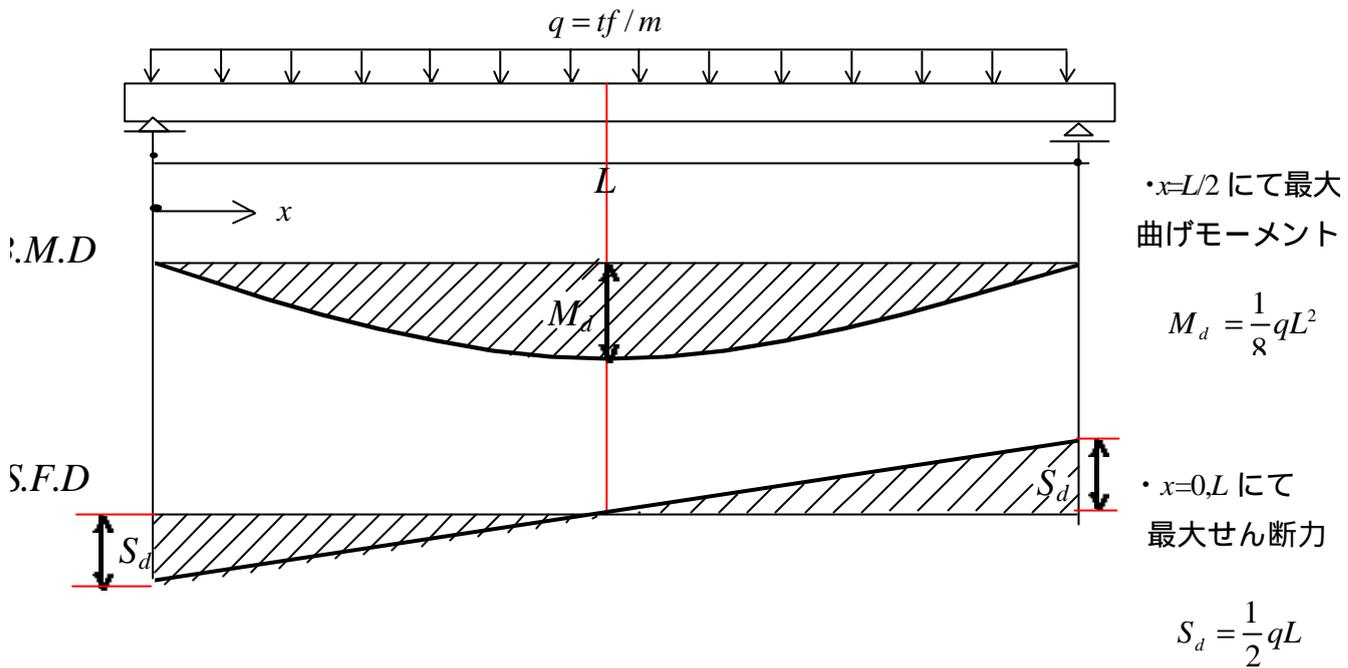
問3：この断面のせん断耐力  $V_y$  を算定せよ。ただし、せん断補強筋として、U型の鉛直スターラップを考える。また、コンクリートの寄与分  $V_c$  の算定に際しては、簡単のため、 $b_d = 1$ 、 $b_p = 1$ 、 $b_n = 1$  としてよい。

(上記の問2、問3では、簡単のため、安全係数は一切考慮せず、いわゆる生の値として、算定すること)

問4：以上までの算定結果に基づき、等分布荷重  $q$  (tf /m)を漸増させたときの耐荷メカニズムと破壊モードを考察せよ。すなわち、曲げ破壊とせん断破壊するときの等分布荷重  $q$  を求め、どちらが先行するか検討せよ。ここでは、まず、 $L=20\text{m}$  および  $L=8\text{m}$  について具体的に検討/一覧化し、さらに一般的な場合について考察せよ。

【解答】

問 1 : 等分布荷重を受ける単純梁の断面力分布は下図のようにまとめられる。



問 2 : 題意により, 単鉄筋長方形として終局曲げ耐力  $M_u$  を算定する。

曲げ耐力  $M_u$  の算定

- ・ 軸方向筋の鉄筋比 :  $p = D32 \times 8 / bd = 63.5 / 150 \cdot 125 = 0.00339$  (0.339%)
- ・ 軸方向筋の鉄筋係数 :  $y = p \cdot f_y / f_c' = 0.00339 \cdot 3500 / 3000 = 0.03951$
- ・  $\frac{M_u}{bd^2 f_c'} = y \left(1 - \frac{y}{1.7}\right) = 0.003951 \left(1 - \frac{0.03951}{1.7}\right) = 0.03859$

$$\therefore M_u = 0.03859 \times (150 \cdot 125^2 \cdot 300) = 0.03859 (7031 \times 10^5) = 271 \times 10^5 \text{ kgf} \cdot \text{cm}$$

$$= \underline{\underline{271 \text{ tf} \cdot \text{m}}}$$

このときの中立軸位置  $x$  を求める

- ・ 等価応力ブロックの高さ :  $a = \frac{k_2}{b_1 k_3} \cdot \frac{p f_y}{f_c'} \cdot 2d = \frac{1}{1.7} \cdot y \cdot 2d = \frac{0.03951}{1.7} \cdot 2 \cdot 125 = \underline{\underline{5.81 \text{ cm}}}$
- ・  $x = a / b_1 = 5.810 / 0.80 = \underline{\underline{7.26 \text{ cm}}}$  ( $k = x/d = 0.0581$ )

したがって, 中立軸位置  $x=7.26\text{cm}$ , フランジ幅  $t=30\text{cm}$  から  $x < t$  となり, この場合の T 型断面は, 長方形断面としてよいことが追認された。

問3：コンクリートの寄与分  $V_c$  とせん断補強筋（スターラップ）の負担分  $V_s$  を算定し，両者を合算する．

$V_c$  の算定（題意により，3係数を  $b_d = b_p = b_n = 1$  とする）

$$\bullet \text{ コンクリートのせん断強度 } f_{vcd} = 0.9\sqrt[3]{f_c'} = 0.9\sqrt[3]{300} = 6.025 \text{ kgf/cm}^2$$

$$\therefore V_c = f_{vc} \cdot b_w \cdot d = 6.025 \cdot 50 \cdot 125 = 37.65 \times 10^3 \text{ kgf} = \underline{37.65 \text{ tf}}$$

$V_s$  の算定（せん断補強筋として鉛直スターラップ（U型配筋）を用いる）

$$\left[ \begin{array}{l} \bullet A_w = D19 \text{ (U型配筋)} = 5.73 \text{ cm}^2, \quad S = 25 \text{ cm}, \quad f_{wy} = 3500 \text{ kgf/cm}^2 \\ \bullet z = jd = 125/1.15 \end{array} \right.$$

$$\therefore V_s = \frac{A_w f_{wd} z}{s} = \frac{5.73 \cdot 3500 \cdot 125/1.15}{25} = 87.2 \times 10^3 \text{ kgf} = \underline{87.20 \text{ tf}}$$

終局せん断耐力  $V_y = V_c + V_s$

$$\therefore V_y = V_c + V_s = 37.65 + 87.20 = \underline{124.9 \text{ tf}}$$

問4：以上までの算定結果から，各断面耐力に達するときの等分布荷重  $q$  を求める（ただし，支間  $L$  は  $L=20\text{m}$  とする）。

曲げ耐力：

$$M_d \rightarrow M_u \text{ となるときの } q \text{ を } q_m \text{ とおく。このとき } M_u = \frac{1}{8}qL^2, M_u = 271\text{tf} \cdot \text{m} \text{ を用いて}$$

$q_m$  は，次のように計算できる。

$$M_d = M_u \Rightarrow \therefore q_m = 8M_u / L^2 = 8 \cdot 271 / 20^2 = \underline{5.42\text{tf} / \text{m}}$$

せん断耐力：

$$S_d \rightarrow V_y \text{ となるときの } q \text{ を } q_s \text{ とおく。このとき } S_d = \frac{1}{2}qL, V_y = 125\text{tf} \text{ を用いて}$$

$$S_d = V_y \Rightarrow \therefore q_s = 2V_y / L = 2 \cdot 125 / 20 = \underline{12.5\text{tf} / \text{m}}$$

破壊モードの判別：

以上より， $q_m < q_s$  となることから，等分布荷重  $q$  を徐々に単調増加させると，先に曲げ耐力に達する。従って破壊モードは，支間中央での曲げ破壊となる。

今度は  $L=8\text{m}$  について同様の解析を行った結果， $q_m > q_s$ （せん断破壊）となった。  
以上の結果を下表のように整理・一覧化した。

	終局耐力	支間 $L=20\text{m}$ のとき	支間 $L=8\text{m}$ のとき
曲げ解析	$M_u=271\text{tf} \cdot \text{m}$	$q_m=5.4\text{tf} / \text{m}$	$q_m=33.9\text{tf} / \text{m}$
せん断解析	$V_y=125\text{tf}$	$q_s=12.5\text{tf} / \text{m}$	$q_s=31.3\text{tf} / \text{m}$
破壊モードの判定		$q_m < q_s$ 曲げ破壊	$q_m > q_s$ せん断破壊