

課題:2点集中荷重を受ける単純梁の耐荷機構

自分自身の条件を設定せよ、

変更すべき条件:鉄筋量(主鉄筋:径と本数、せん断補強筋:径と間隔)、
材料強度、せん断スパン(2つ設定せよ)

変更してはいけない条件:断面寸法(幅と高さ)、スパン、

断面耐力から、曲げ強度 P_m とせん断強度 P_s を算定する。

破壊モードを推定し、最大荷重を求めよ。

まとめ、または考察

以下を参考箇所として、復習されたい。

曲げ終局耐力: 紅白の教科書、「4章 4-3 曲げ部材の終局耐力」

せん断耐力: 紅白の教科書、「6章 6-3 コンクリート標準示方書によるせん断設計法」

土木実験演習(1):「都市基盤実験演習書鉄筋かごの製作(p.33)」

* 次ページ以降の計算書を参考にして、課題をまとめよ。

* 5/31 の授業にて配布した計算書は、ミスがあり、こちらを参照すること。

2点集中荷重を受ける単純梁の耐荷機構

1. 構造形式: 対称2点荷重単純梁

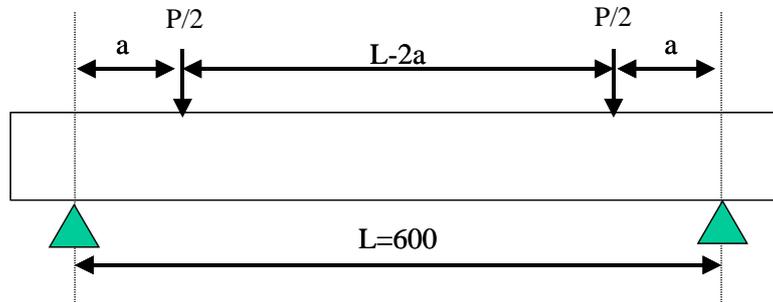


図1 試験体の構造と諸

表1 試験体諸元

コンクリート	圧縮強度	$f'_c(\text{N/mm}^2)$	30
試験体寸法	断面幅	$b(\text{mm})$	70
	断面高さ	$h(\text{mm})$	100
	有効高さ	$d(\text{mm})$	85
	スパン長	$L(\text{mm})$	600
	せん断スパン	$a(\text{mm})$	150, 200, 250
	純曲げスパン	$L-2a(\text{mm})$	300, 200, 100
主鉄筋	公称直径	$D(\text{mm})$	6
	降伏強度	$f_{sy}(\text{N/mm}^2)$	335
	本数	断面	2
せん断補強筋	公称直径	$D(\text{mm})$	4
	降伏強度	$f_{wy}(\text{N/mm}^2)$	337
	間隔	$s(\text{mm})$	100

2. 断面諸元: 複鉄筋長方形断面、スターラップ付き

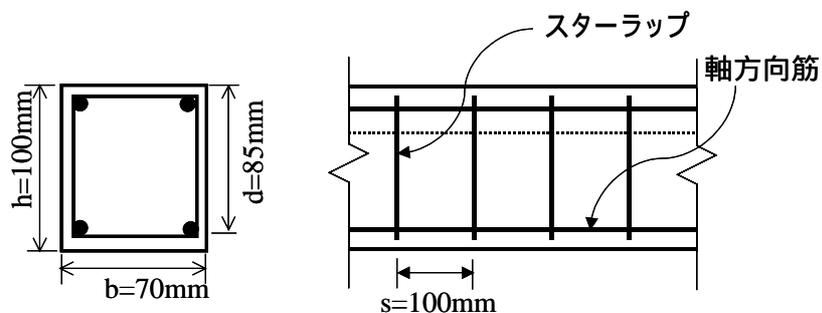


図2 複鉄筋長方形断面(スターラップあり)

3. 断面耐力/諸強度の算定

曲げ終局強度(単鉄筋断面として算定する):

$$\text{断面耐力(実単位表示:kN}\cdot\text{m, MN}\cdot\text{m)}: M_u = A_s f_{sy} \left(d - \frac{A_s f_{sy}}{2 \times 0.85 f'_c b} \right),$$

$$(\text{強度表示:N/mm}^2): \frac{M_u}{bd^2} = pf_y \left(1 - \frac{pf_y}{1.7 f'_c} \right) \quad (\text{上式を } bd^2 \text{ で除すと得られる})$$

$$\text{曲げ終局強度(荷重表示:kN, MN)}: P_m = \frac{2M_u}{a}$$

せん断強度(コンクリート標準示方書による方法)

$$\text{断面耐力(実単位表示:kN, または MN)}: V_y = V_c + V_s \quad \text{修正トラス理論と呼ぶ}$$

$$\text{コンクリート負担分: } V_c = \beta_d \beta_p \beta_n f_{vc} bd \quad \text{斜めひび割れ発生強度を用いる。}$$

3係数: β_d : d についての寸法効果 β_p : p についての影響係数 β_n : 軸方向力の影響係数、

$$\text{コンクリートのせん断強度: } f_{vc} = 0.20(f'_c)^{1/3}$$

$$\text{せん断補強筋負担分: } V_s = \frac{A_w f_{wy} z}{s} \quad \text{トラスモデルを用いている。}$$

A_w : 区間 s におけるせん断補強筋の総断面積 f_{wy} : せん断補強筋降伏強度

z: 一般に d/1.15 としてよい. s: せん断補強筋の配置間隔

$$\text{せん断強度(荷重表示:kN, MN)}: P_s = 2V_y$$

5. 数値計算:

前述の諸式を用い、本例(図1、2および表1の諸条件)における数値計算を行う。

曲げ終局強度

断面耐力の算定:

鉄筋比: $p = D6 \cdot 2 / bd = 63.3 \text{mm}^2 / 70 \text{mm} \cdot 85 \text{mm} = 0.0106$ (1.06%),

材料条件: コンクリート圧縮強度: 30N/mm^2 , 鉄筋降伏強度 335N/mm^2 .

$$\frac{M_u}{bd^2} = pf_y \left(1 - \frac{pf_y}{1.7 f'_c} \right) = 0.0106 \cdot 335 \left(1 - \frac{0.0106 \cdot 335}{1.7 \cdot 30} \right) = 3.30 \text{N/mm}^2$$

$$M_u = 3.30 \text{N/mm}^2 \cdot 70 \cdot 85^2 \text{mm}^3 = 1.67 \times 10^6 \text{N} \cdot \text{mm} = 1.67 \text{kN} \cdot \text{m}$$

曲げ終局強度の算定(せん断スパン a によって異なることに注意せよ):

$$a=150 \text{mm} \text{ のとき} \quad P_m = \frac{2M_u}{a} = \frac{2 \cdot 1.67 \text{kN} \cdot \text{m}}{0.150 \text{m}} = 22.3 \text{kN} \quad (2.3 \text{tf})$$

$$a=200\text{mm のとき} \quad P_m = \frac{2 \cdot 1.67\text{kN} \cdot \text{m}}{0.200\text{m}} = 16.7\text{kN} \quad (1.7\text{tf})$$

$$a=250\text{mm のとき} \quad P_m = \frac{2 \cdot 1.67\text{kN} \cdot \text{m}}{0.250\text{m}} = 13.4\text{kN} \quad (1.4\text{tf})$$

* せん断スパン a が大きいほど(純曲げスパンが小さいほど)、曲げ荷重 P_m は小さくなる(何故か?)

せん断強度の算定:

コンクリート負担分:

3係数: 簡単のため $\beta_d = \beta_p = \beta_n = 1$ とする。せん断強度 $= 0.20(30)^{1/3} = 0.621\text{N/mm}^2$ ($f'c = 30\text{N/mm}^2$)

$$V_c = \beta_d \beta_p \beta_n f_{vc} b d = 1 \cdot 0.621\text{N/mm}^2 \cdot 70\text{mm} \cdot 85\text{mm} = 3.69\text{kN}$$

せん断補強筋負担分:

$A_w = D4^* = (4\text{mm}/2)^2 \cdot 2 \text{本} = 25.13\text{mm}^2$ (D4 が軸方向筋を閉合しており、腹部にて2本と数える)

$f_{wy} = 337\text{N/mm}^2$, $z = d/1.15 = 85/1.15 = 73.91\text{mm}$, $s = 100\text{mm}$

$$V_s = \frac{A_w f_{wy} z}{s} = \frac{25.13\text{mm}^2 \cdot 337\text{N/mm}^2 \cdot 73.91\text{mm}}{100\text{mm}} = 6.26\text{kN}$$

$$V_y = V_c + V_s = 3.69\text{kN} + 6.26\text{kN} = 9.95\text{kN}$$

せん断強度の算定:

$$P_s = 2V_y = 2 \cdot 9.95\text{kN} = 19.9\text{kN} \quad (2\text{tf})$$

6. 破壊モードの推定と最大荷重

以上までの計算結果をまとめ、破壊モードと最大荷重を次のように整理する。

$a=150\text{mm}$ のとき、 $P_m = 22.3\text{kN} > P_s = 19.9\text{kN}$: せん断破壊 $P_{\max} = 19.9\text{kN}$

$a=200\text{mm}$ のとき、 $P_m = 16.7\text{kN} < P_s = 19.9\text{kN}$: 曲げ破壊 $P_{\max} = 16.7\text{kN}$

$a=250\text{mm}$ のとき、 $P_m = 13.4\text{kN} < P_s = 19.9\text{kN}$: 曲げ破壊 $P_{\max} = 13.4\text{kN}$

- ・ せん断スパン a の増大、 P_m : 減少、 P_s : 一定
- ・ せん断スパン a が小さい せん断破壊、せん断スパン a が大きい 曲げ破壊

補足メモ:

断面耐力 = 断面諸元(寸法、鉄筋量、材料強度)にて決まる耐力

部材の終局強度 = 断面耐力と構造寸法(スパン、せん断スパン、載荷条件)によって決まる耐力

曲げ断面耐力 M_u せん断断面耐力 V_y : これらを直接比較することはできない(次元が異なる)。

曲げ終局強度 P_m せん断強度 P_s : 直接比較することができる(力学的意味と次元が同じ)。 破壊モードの判定

2つの終局強度(P_m, P_s)を比較することにより、破壊モードを推定し、最大荷重 P_{\max} が決まることできる。

・ $P_m < P_s$: 曲げ破壊 $P_{\max} = P_m$ 、 $\cdot P_m > P_s$: せん断破壊 $P_{\max} = P_s$

* 小さい方の終局強度で破壊モードが決まる。 * 小さい方の荷重が最大荷重 P_{\max} となる

* 例えば、曲げ破壊の場合、載荷荷重 P が、 $P = P_m$ のとき破壊(曲げ破壊)してしまうので、それより大きいせん断強度 $P = P_s$ には達しない。従って、最大荷重は、 $P_{\max} = P_m$ となる。