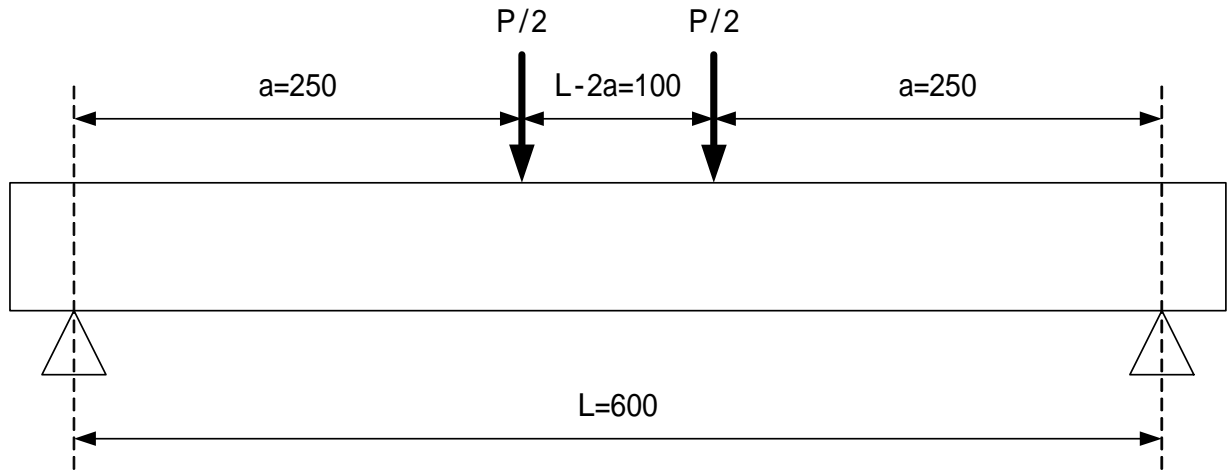


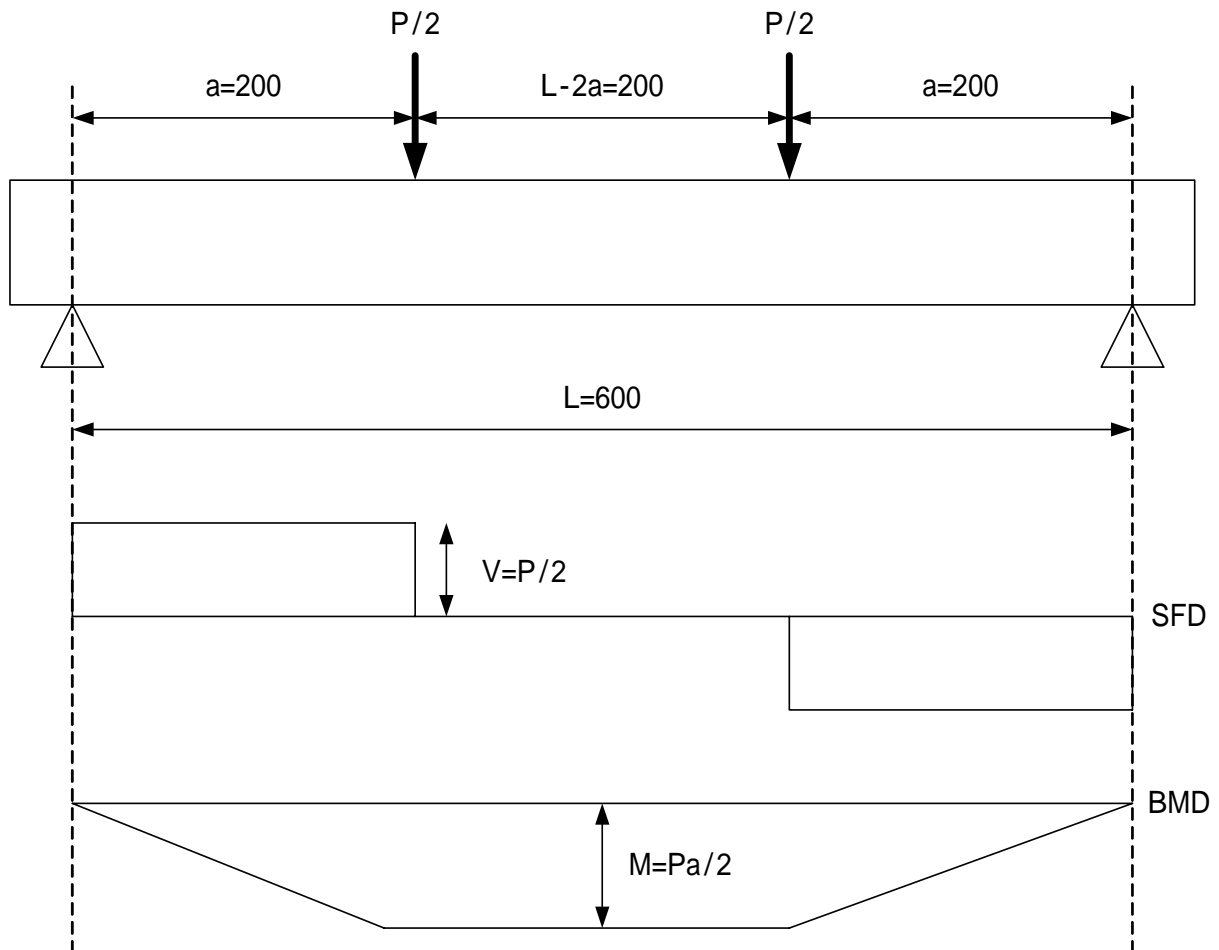
小型 RC はりの載荷実験：曲げ破壊 vs. せん断破壊

‘都市基盤実験演習：コンクリート工学’より、抜粋

1. 実験概要

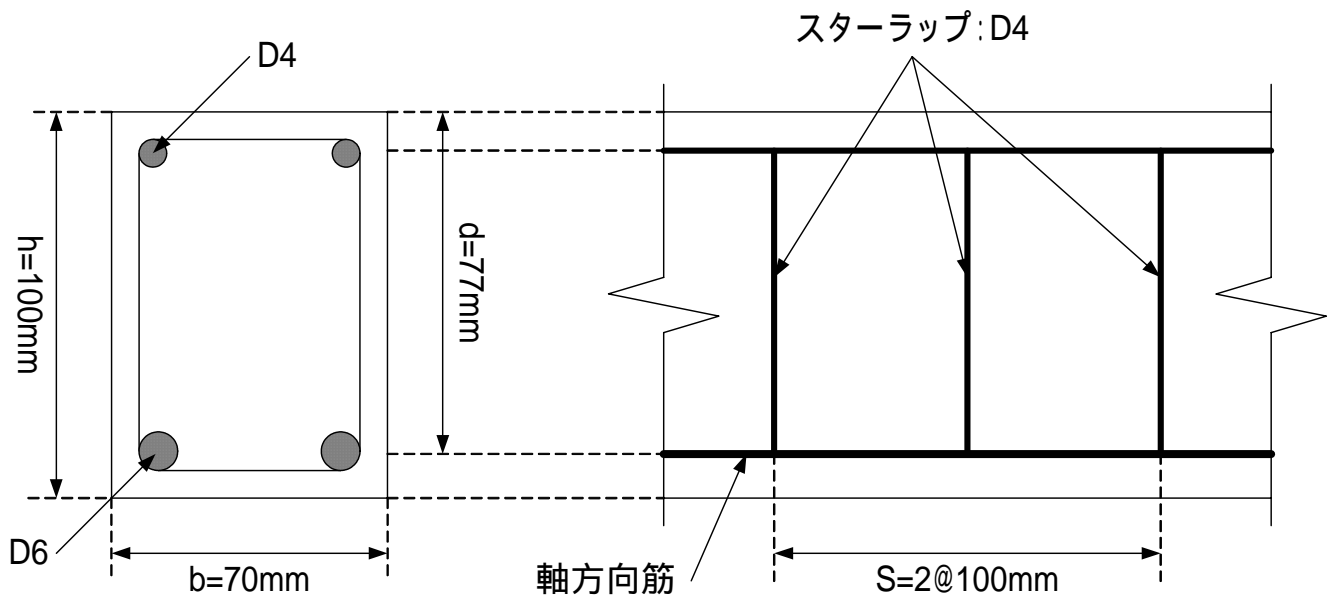


a) 試験体 A (曲げ破壊型) : せん断スパン $a=250$ mm

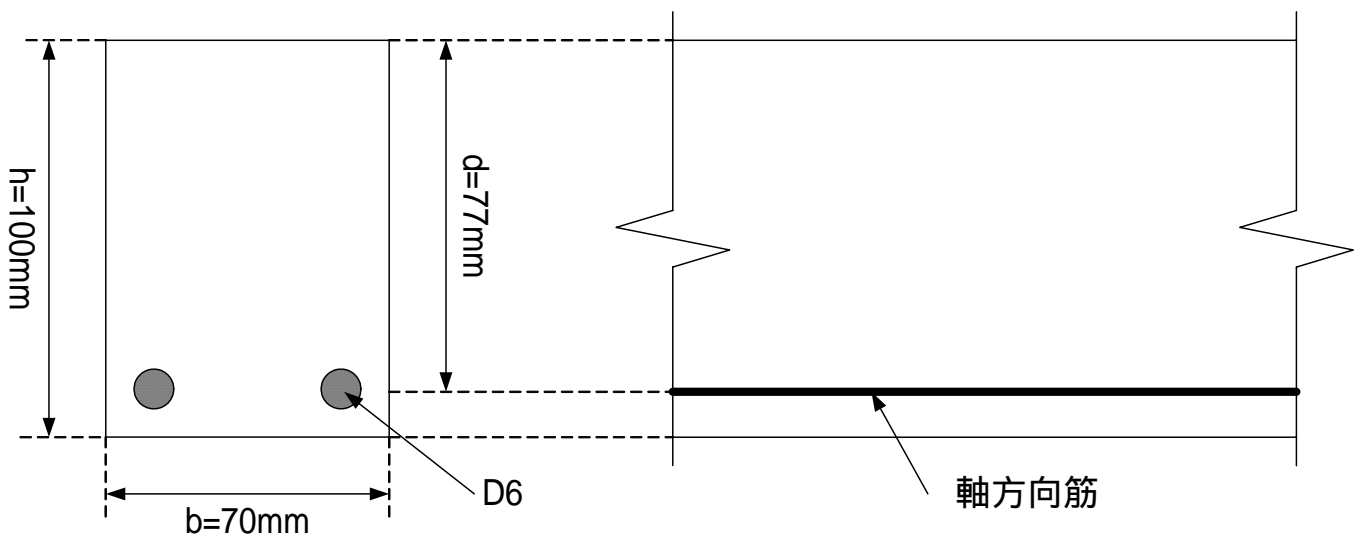


b) 試験体 B (せん断破壊型) : せん断スパン $a=200$ mm

図 1 構造形式と載荷条件



a) 試験体 A (曲げ破壊型)



b) 試験体 B (せん断破壊型)

図2 断面諸元と配筋 (主鉄筋とスターラップ)

表 1 試験体の構造諸元

試験体名			試験体 A	試験体 B
破壊モード			曲げ破壊型	せん断破壊型
試験体寸法	断面幅	b (N/mm ²)	70	
	断面高さ	h (mm)	100	
	有効高さ	d (mm)	77	
	スパン長	L (mm)	600	
載荷条件	せん断スパン	a (mm)	250	200
	純曲げスパン	L-2a (mm)	100	200
コンクリート	圧縮強度	f _c (N/mm ²)	30 (実験結果を用いる)	
主鉄筋	公称直径 × 本数	D (mm)	圧縮鉄筋: D4×2 本 引張鉄筋: D6×2 本	引張鉄筋: D6×2 本
	降伏強度	f _y (N/mm ²)	圧縮鉄筋: 375 引張鉄筋: 416	引張鉄筋: 416
せん断補強筋 (スターラップ)	公称直径 × 本数	D (mm)	D4 × 6 組	
	降伏強度	f _{wy} (N/mm ²)	375	
	間隔	s (mm)	100	
鉄筋比	主鉄筋比 (単鉄筋断面)	p (-)	0.0117	0.0117
	主鉄筋の力学的鉄筋比	(-)	0.163	0.163
	せん断補強筋比	p _w (-)	0.00359	
	せん断補強筋の力学的鉄筋比	w (-)	0.0449	

・ 主鉄筋比: $p = \frac{A_s}{bd}$ (A_s : 主筋の総断面積)

・ せん断補強筋比: $p_w = \frac{A_w}{bs}$ (A_w : 1組のせん断補強筋の断面積)

・ 力学的鉄筋比: $p \times \frac{f_y}{f_c}$

2. 断面耐力 / 諸強度の算定 ***圧縮強度 $f'_c = 30 \text{ N/mm}^2$ として算定している

2.1 試験体 A(曲げ破壊型) に対する算定結果

曲げひび割れ発生強度 曲げモーメントに対する検討(4章参照)

- 断面係数: $W = b \cdot h^2 / 6 = 70 \text{ mm} \times (100 \text{ mm})^2 / 6 = 0.117 \times 10^6 \text{ mm}^3$
- 曲げ強度: $f_b = 0.42 \times f'_c{}^{2/3} = 4.06 \text{ N/mm}^2$ 引張強度 f_t ではなく、曲げ強度 f_b を用いることとした。
- 曲げひび割れモーメント: $M_{cr} = W \cdot f_b = 0.475 \times 10^6 \text{ N} \cdot \text{mm} = 0.475 \text{ kN} \cdot \text{m}$
- ひび割れ発生荷重: $P_{cr} = \frac{2M_{cr}}{a} = \frac{2 \cdot 0.475 \text{ kN} \cdot \text{m}}{0.25 \text{ m}} = 3.80 \text{ kN}$

斜めひび割れ発生荷重 せん断力に対する検討(6章参照)

- 斜めひび割れ発生せん断力: $V_c = \beta_d \beta_p \beta_n \cdot f_{vc} b d = 6.68 \text{ kN}$

ここで、諸係数の準備

$$\beta_d = \sqrt[4]{1/d} \quad (d:m) \quad \text{ただし, } \beta_d > 1.5 \text{ となる場合は } 1.5.$$

$$\beta_p = \sqrt[3]{100 p_w} \quad \text{ただし, } \beta_p > 1.5 \text{ となる場合は } 1.5. \quad (p_w = A_s / b d : \text{ここでは主鉄筋量 } A_s \text{ を用いる})$$

$$\text{軸力を考慮しない場合} \quad \beta_n = 1$$

$$f_{vc} = 0.20 f'_c{}^{1/3}$$

これより、諸係数は

$$\beta_d = 1.90 \quad (\text{上限値は } \beta_d = 1.5 \text{ であるが, ここでは } \beta_d = 1.90 \text{ を用いる。})$$

$$\beta_p = 1.05$$

$$f_{vc} = 0.621 \text{ N/mm}^2, \quad f_{vc} b d = 3.35 \text{ kN}$$

主鉄筋降伏強度 曲げモーメントに対する検討(4章参照)

- 中立軸比: $k = -np + \sqrt{(np)^2 + 2np} = 0.334 \quad (np = \frac{200 \text{ kN/mm}^2}{28 \text{ kN/mm}^2} \cdot 0.0117 = 0.0836)$

- 降伏曲げモーメント: $M_y = A_s f_y (d - x/3) = b d^2 \cdot p f_y (1 - k/3)$

$$= 70 \text{ mm} \times (77 \text{ mm})^2 \cdot 0.0117 \times 416 \text{ N/mm}^2 \cdot \left(1 - \frac{0.334}{3}\right) = 1.80 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

・荷重： $P_y = \frac{2 \cdot M_y}{a} = \frac{2 \times 1.80 \text{ kN} \cdot \text{m}}{0.25 \text{ m}} = 14.4 \text{ kN}$

曲げ耐力（曲げ終局荷重の算定） 曲げモーメントに対する検討（4章参照）

・ 曲げ終局耐力（断面耐力）：

$$M_u = bd^2 pf_y \cdot \left(1 - \frac{pf_y}{1.7 f'_c} \right)$$

$$= 70 \text{ mm} \times (77 \text{ mm})^2 \cdot 0.0117 \times 416 \text{ N/mm}^2 \cdot \left(1 - \frac{0.0117 \times 416 \text{ N/mm}^2}{1.7 \times 30 \text{ N/mm}^2} \right) = 1.83 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

・ 曲げ終局荷重： $P_u = \frac{2 \cdot M_u}{a} = \frac{2 \times 1.828 \text{ kN} \cdot \text{m}}{0.25 \text{ m}} = 14.6 \text{ kN}$

せん断耐力（せん断破壊荷重の算定） せん断力に対する検討（6章参照）

・ 断面耐力： $V_y = V_c + V_s = 13.0 \text{ kN}$

ここで，

コンクリート負担分： $V_c = \beta_d \beta_p \beta_n f_{vc} b d = 6.68 \text{ kN}$ 斜めひび割れ発生せん断力の算定値を用いる。

せん断補強筋負担分： $V_s = \frac{A_w f_{wy} z}{s} = \frac{25.12 \text{ mm}^2 \cdot 375 \text{ N/mm}^2 \cdot 67.0 \text{ mm}}{100 \text{ mm}} = 6.30 \text{ kN}$

ここで，

$$A_w = 2 \cdot D4 = 2 \times 12.56 \text{ mm}^2 = 25.1 \text{ mm}^2$$

$$z = jd = d/1.15 = 77 \text{ mm}/1.15 = 67.0 \text{ mm}$$

・ せん断破壊荷重： $P_s = 2V_y = 26.0 \text{ kN}$

One Point Advice

断面力（ M ， V ）と荷重（ P ）の関係を理解せよ！（図1のSFDとBMDを再度参照）

曲げモーメント： $M = \frac{Pa}{2}$ ，または， $P = \frac{2M}{a}$ せん断スパン a に関する。

せん断力： $V = \frac{P}{2}$ ，または， $P = 2V$ せん断スパン a に関係しない。

表 2 破壊モードと最大荷重

	断面耐力 (M, V による表示)		終局荷重 (荷重 P による表示)	
	試験体A	試験体B	試験体A	試験体B
曲げ耐力	$M_u =$ kN-m	$M_u =$ kN-m	$P_u =$ kN	$P_u =$ kN
せん断耐力	$V_y =$ kN	$V_y =$ kN	$P_s =$ kN	$P_s =$ kN
破壊形式	比較できない	比較できない	破壊	破壊
最大荷重	-	-	$P_{max} =$ kN	$P_{max} =$ kN

P_{max} : 小さい方の荷重

表 3 構造計算書のまとめ

計算値		試験体A	試験体B	備考
曲げひび割れ発生時	ひび割れ発生モーメント:	kN-m	kN-m	
	ひび割れ発生荷重:	kN	kN	
斜めひび割れ発生時	ひび割れ発生せん断力:	kN	kN	
	ひび割れ発生荷重:	kN	kN	
主鉄筋降伏時	曲げ降伏モーメント:	kN-m	kN-m	n=***で算出
	降伏荷重:	kN	kN	
曲げ耐力	曲げ終局耐力:	kN-m	kN-m	
	曲げ終局荷重:	kN	kN	
せん断耐力	せん断強度	kN	kN	
	せん断破壊荷重:	kN	kN	
破壊形式		破壊	破壊	
最大荷重		kN	kN	

実験値	曲げひび割れ発生荷重	kN	kN
	主鉄筋降伏荷重	kN	kN
	破壊形式	破壊	破壊
	最大荷重	kN	kN