

ディープビームにおける寸法効果に関する実験的検討

九州工業大学

学生会員

梅本洋平

九州工業大学

正会員

幸左賢二

独立行政法人土木研究所

正会員

小林 寛

阪神高速道路公団

正会員

西岡 勉

1. はじめに

既往の研究において、Walravenら¹⁾はディープビーム($a/d=1.0$)を対象に有効高さ d を160~930mm, せん断補強鉄筋比 P_w を0~0.3%まで変化させた実験を行い, せん断補強鉄筋の有無に関わらず, ディープビームにおける寸法効果を確認している. また, 見かけ上の同一荷重時のクラック図を比較することにより, ひび割れ進展状況の違いを確認している.

そこで, 本研究では画像解析を用いた詳細なひび割れ計測を行うとともに, $a/d=1.5$ のディープビームにおける寸法効果の有無, および寸法効果による破壊性状の違いを検討した.

2. 実験概要

表-1に実験供試体の諸元を示す. 本実験では, $a/d=1.5$ として, 有効高さ d (300~1400mm)をパラメータにとった計19体の供試体を作成した. 図-1には配筋例および断面形状を示す. 図中に示すとおり, $P_w=0.0\%$ のシリーズについては, 鉛直方向のひずみ計測のため耐力に影響のない範囲でせん断スパン内にダミー鉄筋を配置している. また, 本実験では供試体断面を相似にしている. 図-2には画像解析によるひび割れ幅の計測方法について示す. 計測にあたってはデジタルカメラ(600万画素)を用いて, せん断スパン内の斜めひび割れを対象に計測を行った. なお, 計測精度を0.02mmとするために斜めひび割れを載荷板, ストラット中央, 支承板付近の3箇所に分割して計測を行った. 計測した画像はパソコンに取り込み, 画像解析ソフトによってひび割れが噛み合う2点の座標を求め, 斜めひび割れ面に対して直角方向をひび割れ幅として定義している.

表-1 供試体諸元

供試体No.	a/d	d (mm)	b (mm)	P_w (%)	P_t (%)	f_c (MPa)	r/d	D_{max} (mm)
B-10.1	1.5	300	180	0.0	2.02	37.0	0.25	20
B-10.1R			180		2.02	42.3		
B-10		400	240		2.02	29.2		
B-10R*			240		2.02	23.0		
B-10R2		500	240		2.02	37.0		
B-10.2			300		2.02	37.0		
B-10.2R		600	300		2.02	42.3		
B-10.3			360		2.11	37.8		
B-10.3R*		800	360		2.11	31.2		
B-10.3R2			360		2.11	37.0		
B-13*		1000	480		2.07	31.6		
B-13R*			480		2.07	24.0		
B-14*		1200	600		1.99	31.0		
B-15*			720		1.99	27.0		
B-16*		1400	840		2.05	27.3		
B-11	0.4	400	240	0.4	2.02	23.0	0.25	20
B-17*		1000	600		1.99	28.7		
B-18*		1400	840		2.05	23.5		
B-12		400	240	0.8	2.02	31.3		

※:土木研究所における実験供試体

a/d : せん断スパン比, d : 有効高さ, b : 部材幅, P_w : せん断補強鉄筋比, P_t : 主鉄筋比, f_c : コンクリート圧縮強度, r/d : 載荷板有効高さ比, D_{max} : 最大骨材寸法

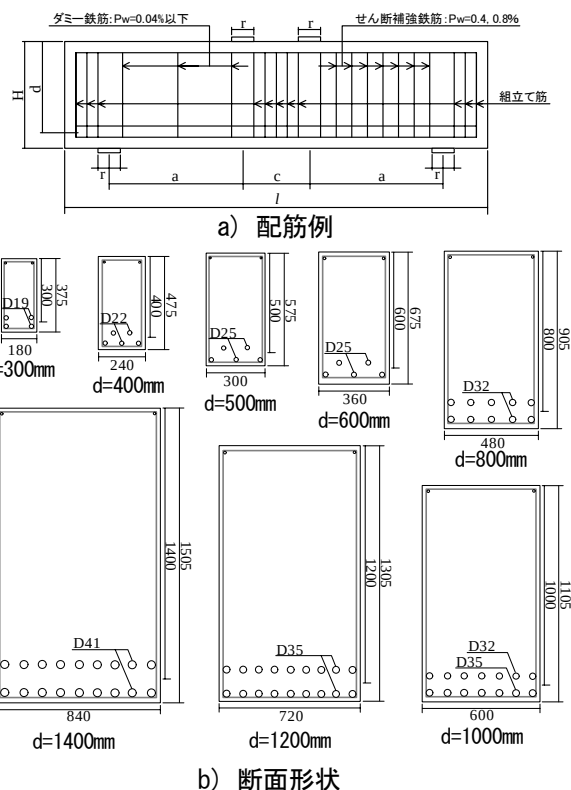


図-1 実験供試体

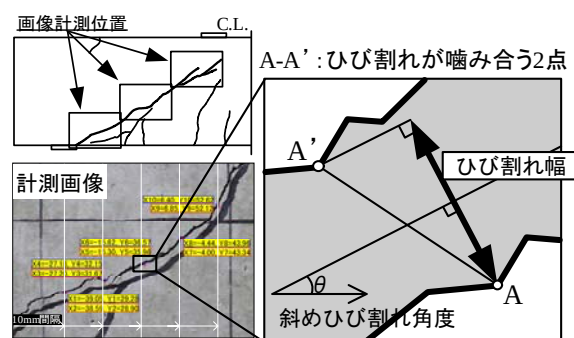
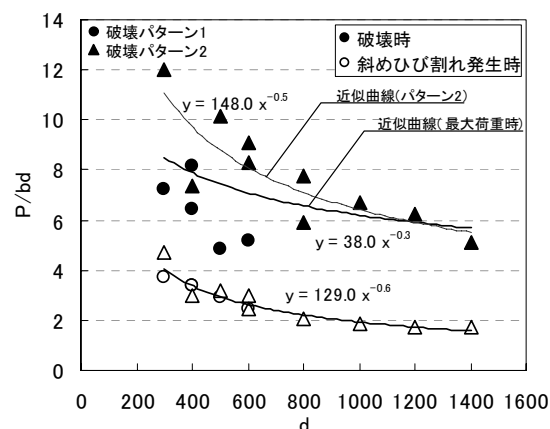


図-2 ひび割れ幅の計測方法

図-3 斜めひび割れ発生および最大荷重の比較 ($P_w=0.0\%$)

3. 実験結果

図-3 には $P_w=0.0\%$ の全供試体の斜めひび割れ発生荷重, および最大荷重を bd で除した値(平均せん断応力)で示している. 図より, $P_w=0.0\%$ で $a/d=1.5$ のディープビームにおいて, 斜めひび割れ発生時および最大荷重時のいずれにおいても寸法効果が確認でき, 最大耐力の近似曲線は, d の $-1/3$ 乗根とほぼ一致する結果が得られた. なお, 非常にバラツキが見られる原因としては, 実験で 2 パターンの破壊形態が確認され, これらに約 1.5 倍程度の耐力差が見られたことによるものである. なお, パターン 1(B-10R2)は斜めひび割れがそのまま載荷板端部に貫通し, パターン 2(B-16)は斜めひび割れと異なるもう一本のひび割れがストラット内部に入って破壊に至る破壊形態である. 図-4 には $P_w=0.0, 0.4\%$ の最大荷重を平均せん断応力の形で示している. 図より, せん断補強鉄筋を配置した供試体においても, 近似曲線は d の $-1/3$ 乗根とほとんど一致する結果となっている. このことから, $P_w=0.4\%$ 程度せん断補強鉄筋を配置した供試体においても, $P_w=0.0\%$ の場合と同様の寸法効果がみられることが確認できる.

図-5 には供試体寸法による破壊状況の比較として, a) B-10R2($d=400\text{mm}$), b) B-16($d=1400\text{mm}$)の 2 体を代表に示している. また, ひび割れ計測は図中に示すとおり, せん断力によるひび割れ計測を行うことを目的として, せん断スパン内のひび割れを対象に総ひび割れ本数, 長さを求めている. なお, 平均ひび割れ幅は斜めひび割れを対象としており, 総ひび割れ長さとは幅は相対的な比較を行うため, d で除している. 図より, $P/bd=5.1$ (同一荷重) では, 平均ひび割れ幅はいずれも約 0.0010 とほぼ同程度だが, 総ひび割れ長さは B-16 は 12.17, B-10R2 は 5.90 とひび割れの進展が大きいことが分かる. また, その後 B-10R2 は総ひび割れ長さ, 平均ひび割れ幅ともに進展が見られ, 破壊時にはそれぞれ 11.75, 0.0033 となった. 総ひび割れ本数には B-16 が 22 本, B-10R2 が 8 本と差が見られたが, B-16 では短いクラックが梁下面から多く入るため, 総ひび割れ長さ自体にはほとんど差が見られなかった. また, 平均ひび割れ幅は B-10R2 は B-16 の約 3 倍となることが確認された.

図-6 には, 相対的な総ひび割れ長さの進展状況の比較を示す. なお, 図中には B-10R2, 16 を含む 5 体を対象に検討を行っている. 図より, 相対的な総ひび割れ長さはいずれの供試体においても, 約 12 程度で破壊に至る傾向が見られるが, 同一荷重時では大型供試体ほど総ひび割れ長さが長いことから, ひび割れの進展が早く, 結果として破壊に達するのが早くなっていることが考えられ, 強度の低下に繋がっていると考えられる.

4. まとめ

以上をまとめとして以下に述べる.

- (1) $a/d=1.5$ のディープビームにおいて, $P_w=0.0, 0.4\%$ で d の $-1/3$ 乗根の寸法効果が確認された.
- (2) 供試体が大きくなるほど, ひび割れの進展速度が早いことから早く破壊に達し, 強度が低下すると考えられる.

参考文献

- 1) J.Walraven ら : Size Effects in Short Beams Loaded in Shear, ACI Structural Journal, pp. 585-593, Sept.-Oct. 1994
- 2) 田村真利, 白井伸明, 森泉和人, 田島徹也 : 大型鉄筋コンクリート梁のせん断強度の寸法効果, コンクリート工学年次論文報告集, Vol.19, No.2, pp.153-158, 1997

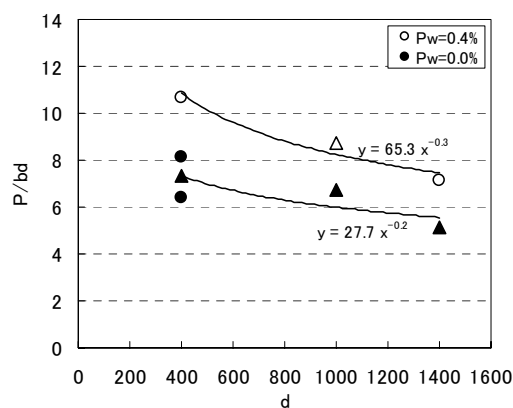


図-4 せん断補強鉄筋の効果

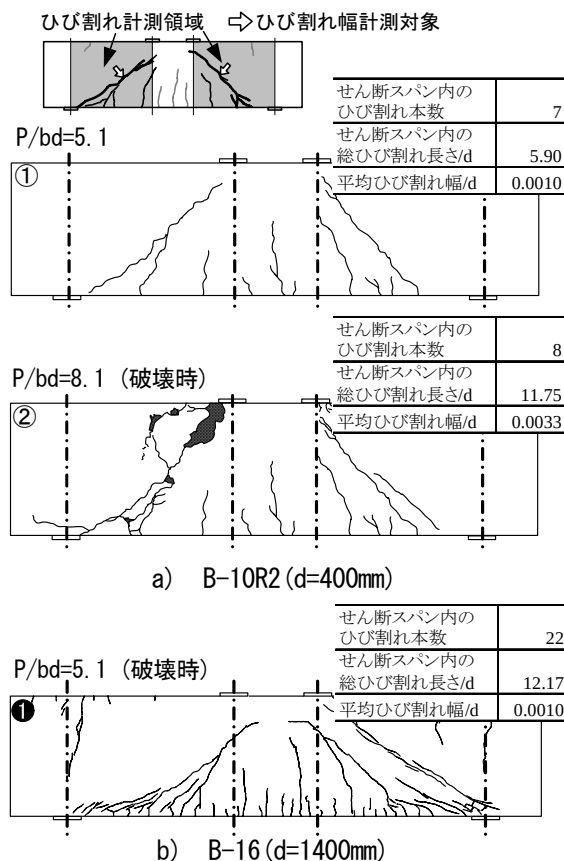


図-5 破壊性状の比較 ($P_w=0.0\%$)

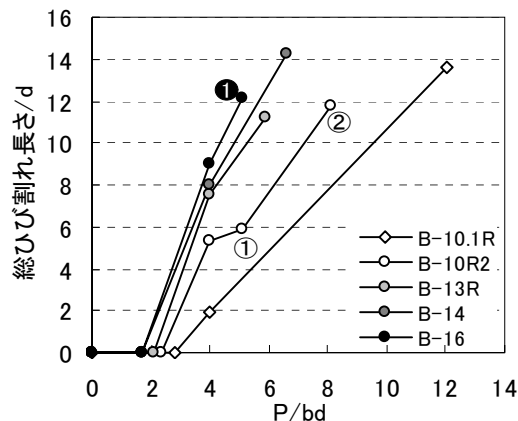


図-6 ひび割れ長さの進展状況