

主筋の付着に着目したディープビームのせん断耐力の寸法効果に関する実験

長岡技術科学大学大学院 学生会員 ○渡邊 真史
 長岡技術科学大学 正会員 田中 泰司
 長岡技術科学大学 正会員 下村 匠

1. はじめに

RC 部材のせん断耐力は、断面寸法が大きくなるほど低下することが知られている。特に、 a/d が 1.0 以下のディープビームの破壊は、荷重作用点に大きな支圧応力が作用した状態で起こるため、支圧状態が寸法効果に影響を及ぼす可能性がある。そこで本研究では、 a/d が 1.0 のディープビームの寸法効果をひび割れの進展に着目して検討するため、主筋の付着の有無と有効高さをパラメータに試験体を作製し、支圧状態が同一となる条件下で載荷試験を行った。

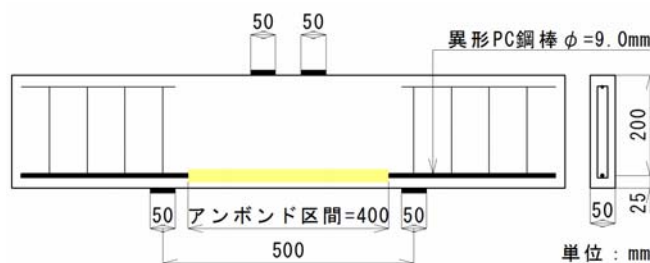
2. 実験概要

表 1 に試験体概要を示す。本研究では、有効高さを 200, 400, 800mm と変化させた a/d が 1.0 の試験体を、スパン内で主筋の付着がある場合とない場合とで計 5 体作製した。B200, UB200, UB400 試験体に関しては、定着部の増厚補強を行った。有効高さが変化しても載荷時の支圧応力が同じになるように、断面幅 b と有効高さ d の比 b/d および支圧板幅 r と有効高さ d の比 r/d は、全ての試験体において 0.25 とした。主筋の付着の除去は、主筋の表面に厚紙とテフロンシートを巻き付けることによって行った。なお、粗骨材の最大寸法は全ての試験体で 25mm とした。載荷条件は図 1 に示す通りであり、破壊に至るまでひび割れの進展状況を観察した。

表 1 試験体概要

試験体名 ^{※)}	B200 (UB200)	B400 (UB400)	B800
断面幅 b (mm)	50	100	200
支圧板幅 r (mm)	50	100	200
有効高さ d (mm)	200	400	800
圧縮強度 ^{※)} f'_c (N/mm ²)	22.1 (23.4)	44.3 (44.8)	47.2
主筋本数 n (本)	1	2	1
主筋径 ϕ (mm)	9.0	12.6	36.0
主筋比 p_w (%)	0.64	0.62	0.64

※) () 内は主筋の付着をなくした試験体

図 1 実験概要 ($d=200$ mm の試験体)

3. 実験結果および考察

表 2 に実験結果を示す。表中には、せん断耐力の実験値 V_{max} を、式(1)および式(2)から求めたせん断耐力の計算値 $V_{u(1)}$ および $V_{u(2)}$ で除した耐力比を併記した。式(1)は支圧板幅の影響を考慮し、かつ、寸法効果の影響を考慮していないせん断耐力算定式¹⁾である。式(2)は寸法効果の影響を考慮した土木学会の設計式²⁾ (ただし、 $\gamma_b=1.0$) である。B200, UB200 試験体は、ストラット部にせん断ひび割れが発生したのとはほぼ同時に破壊に至った。UB400 試験体は、せん断ひび割れが進展した後に上部コンクリートが圧壊した。なお、B400 試験体のみ定着部で破壊した。

図 2 は、式(1)から求めた耐力比 $R=V_{max}/V_{u(1)}$ と有効高さとの関係を示したものである。図中には、定着破壊しなかった試験体に関するプロットの累乗近似曲線を併記した。

表 2 実験結果

試験体名	V_{max} (kN)	$V_{max}/V_{u(1)}$	$V_{max}/V_{u(2)}$
B200	48.0	1.50	1.46
UB200	44.6	1.36	1.34
B400	199	0.99	1.29
UB400	268	1.32	1.72
B800 ^{※)}	>1000	>1.19	>1.86

※) 載荷容量を超えた時点で載荷を中断

$$V_{u(1)} = \frac{0.244 f'_c{}^{1/3} (1 + \sqrt{p_w}) \cdot \{1 + 3.33(r/d)\}}{1 + (a/d)^2} bd \quad (1)$$

$$V_{u(2)} = 0.19 \sqrt{f'_c} \cdot \sqrt[3]{p_w} \cdot \sqrt{\frac{d}{1000}} \cdot \frac{5}{1 + (a_v/d)^2} bd \quad (2)$$

キーワード ディープビーム、寸法効果、主筋の付着、ひび割れ

連絡先 〒940-2188 新潟県長岡市上富岡町 1603-1 長岡技術科学大学 TEL 0258-46-6000

図2より、主筋の付着の有無に関わらず、有効高さの増加に伴ってせん断耐力が低下する寸法効果が確認された。しかし、耐力低下は有効高さの約-0.13乗に比例したわずかなものであり、 a/d が1.5のディープビームの載荷試験³⁾で確認されているような有効高さの-1/3乗に比例した著しい耐力低下はなかった。一方、B400試験体に関する耐力比は、図2に示す累乗近似曲線を大きく下回った。これは定着部の破壊が先行して起こったためである。ただし、土木学会の設計式である式(2)から求めた耐力比 $V_{max}/V_{u(2)}$ は表2に示すように1.29であり、式(2)は定着破壊したB400試験体に関しても実験値を過小に評価した。

主筋の付着がある試験体は、図3に示すような分散した曲げひび割れから移行する曲げせん断ひび割れと、ストラット部から進展するせん断ひび割れが発生した。主筋の付着がない試験体は、ストラット部から進展するせん断ひび割れのみが主要なせん断ひび割れであった。本実験では、主筋の付着の有無によるせん断耐力の違いは、 $d=200\text{mm}$ の試験体に関しては約7%であり、明確な違いはない。したがって、 a/d が1.0である場合、せん断耐力は主筋の付着の有無に左右されないことが明らかとなった。一般的に a/d が小さい部材では、図3のUB400、UB800試験体で見られるように、ストラット部にせん断ひび割れが進展したとしても、支圧板付近ではコンクリートの拘束によってひび割れの進展が妨げられ、直ちに破壊が生じない。 a/d が1.0である本実験の試験体では、破壊前に大きな支圧応力が作用するため、コンクリートの拘束によるひび割れ進展の抑制効果が大きく、主筋の付着の有無によるせん断耐力の差異が明確に現れなかった可能性がある。

4. 結論

断面幅や支圧板の幅、主筋のかぶりに至るまで寸法割合を同一とした a/d が1.0であるディープビームの載荷試験を行った結果、以下の知見を得た。

- (1) 主筋の付着の有無に関わらず、 a/d が1.0であるディープビームのせん断耐力に関する寸法効果の程度は小さい。
- (2) a/d が1.0であるディープビームのせん断耐力は、主筋の付着状態の影響はあまり受けず、コンクリートの3次元的な拘束効果に支配されている可能性がある。

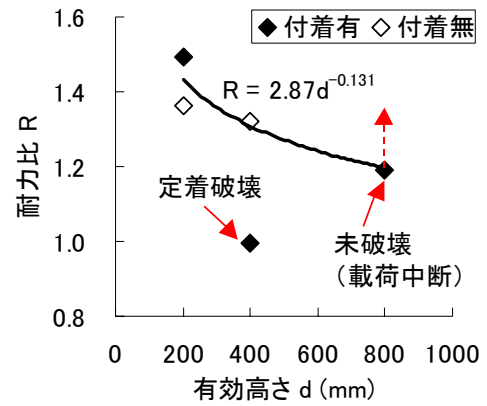


図2 耐力比と有効高さの関係

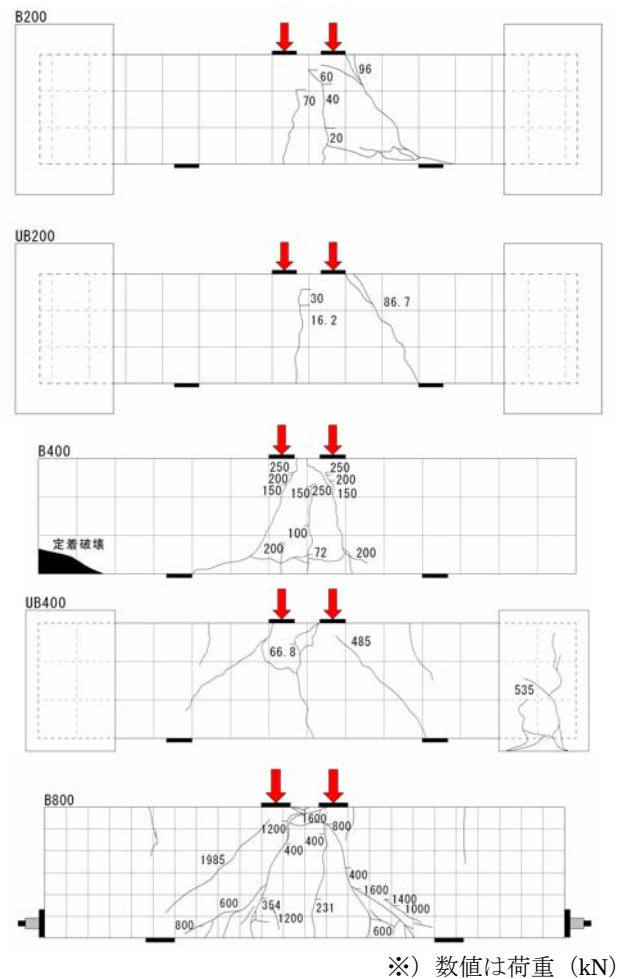


図3 ひび割れ観察結果

参考文献

- 1) 二羽淳一郎：FEM 解析に基づくディープビームのせん断耐荷力算定式，第2回 RC 構造のせん断問題に対する解析的研究に関するコロキウム論文集，pp.119-128，1983
- 2) 土木学会：コンクリート標準示方書 [構造性能照査編]，pp.190-191，2002
- 3) 内田悟史，ほか：ディープビーム部材のせん断強度に関する寸法効果，土木学会第61回年次学術講演会講演概要集，pp.863-864，2006