

RCディープビーム部材を対象としたせん断耐力に関する実験的検討

東日本旅客鉄道株式会社 正会員 ○関 玲子
 東日本旅客鉄道株式会社 正会員 築嶋 大輔

1. はじめに

一般にせん断スパン比(せん断スパンと有効高さの比)の小さい鉄筋コンクリート(以下、RCという)部材はディープビームと呼ばれ、せん断力に対する耐荷機構は、せん断スパン比が比較的大きい一般的な棒部材と異なると言われており^{1),2)}、既往の研究に基づき、いくつかのせん断耐力評価手法(1)~(3)式が提案されている^{3),4),5)}。

$$V_y = k \cdot V_c \tag{1}^3$$

$$V_c = \frac{0.24 \cdot f_c^{2/3} (1 + \sqrt{100 p_w}) (1 + 3.33 r / d)}{1 + (L_a / d)^2} b_w d$$

$$k = 1 + 7.4 \sqrt[3]{100 p_w} \cdot (L_a / d - 0.75) / f_c^{2/3}$$

$$V_y' = V_c + \phi \cdot V_s \tag{2}^4$$

$$\phi = -0.17 + 0.3(L_a / d) + 0.33 / p_w \leq 1.0$$

$$V_s = \{A_w \cdot f_{wy} (\sin \theta_s + \cos \theta_s) / s_s\} \cdot z$$

$$V_y'' = \min(V_c' + V_s, V_{wc}) \tag{3}^5$$

$$V_c' = 0.76(a/d)^{-1.166} \sqrt[3]{f_c \cdot \beta_d \cdot \beta_p} \cdot b_w \cdot d \cdot \beta_n$$

$$V_{wc} = 1.25 \sqrt{f_c} \cdot b_w \cdot d$$

これらの評価手法はせん断補強鉄筋の補強効果に関する考え方が大きく異なり、試験体寸法程度のせん断耐力であれば計算値に大きな差異は生じないが、実構造物寸法では大きく異なる場合がある。

そこで、実構造物大の梁部材断面を模擬した試験体により、水平加力試験を行ったので、その結果について報告する。

2. 試験体諸元

試験体は、断面寸法を同一とし、配筋、せん断スパン比を変化させた2体とした。試験体諸元を表-1、試験体概要(試験体 No.1)を図-1に示す。ここで示すせん断スパン a は載荷板下端からフーチング天端までの距離としている。軸方向鉄筋、せん断補強鉄筋の降伏強度ならびにコンクリートの圧縮強度は、材料試験値を示している。

3. 実験概要

載荷方法は、試験体柱頭部付近を載荷点として静的な一方向単調載荷とした。主な計測項目は、せん断スパン内のせん断補強鉄筋ひずみ、水平荷重および載荷点変位とした。また、載荷点から支点を結ぶ対角のエリア(以下、圧縮ストラットという)のコンクリート断面内にて、アクリル製の棒に貼り付けたひずみゲージを用い、コンクリート圧縮ひずみを計測した。

4. 実験結果

4.1 破壊性状

破壊性状は、最大荷重時まで両試験体ともに類似していた。試験体 No.1 および No.2 の荷重-載荷点変位関係は図-2、図-3に示す。また、試験体 No.1 の最大荷重時のひび割れ状況を写真-1に示す。載荷に伴う破壊過程は、まず引張側基部に曲げひび割れが入り、その後、せん断スパンの上方に曲げひび割れが発生し、斜めひび割れに移行する。さらにこれとは別に、載荷点付近から圧縮側基部を結ぶ対角線(以下、圧縮ラインという)に沿って斜めひび割れが新たに発生した。圧縮ライン上の斜めひび割れが圧縮側基部付近まで到達し、圧縮ストラットに新たな斜めひび割れが発生すると同時に圧縮ライン中

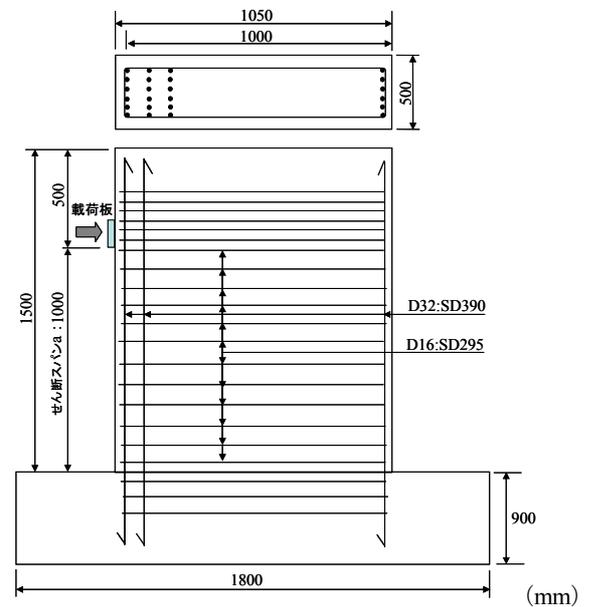


図-1 試験体概要(試験体 No.1)

表-1 試験体諸元

No	有効高さ d(mm)	厚さ b_w(mm)	せん断スパン a(mm)	a/d	コンクリート 圧縮強度 f_c'(N/mm ²)	軸方向鉄筋			せん断補強鉄筋			
						呼び名	降伏強度 f_sy(N/mm ²)	軸方向鉄筋比 p_c(%)	呼び名	降伏強度 f_wy(N/mm ²)	せん断補強鉄筋間隔 s_s(mm)	せん断補強鉄筋比 p_w(%)
1	1,000	500	1,000	1.0	29.2	D32	440.7	1.9	D16	349.7	90	0.88
2	1,000	500	1,500	1.5	29.6	D32	440.7	2.69	D16	349.7	70	1.13

キーワード ディープビーム, せん断耐力, 実構造物, せん断補強鉄筋

連絡先 〒151-8578 東京都渋谷区代々木2-2-2 東日本旅客鉄道(株) 建設工事業部 構造技術センター TEL 03-5334-1288

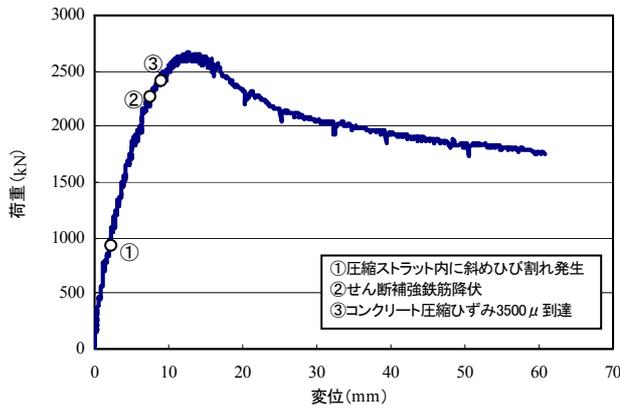


図-2 荷重-載荷点変位関係 (試験体No. 1)

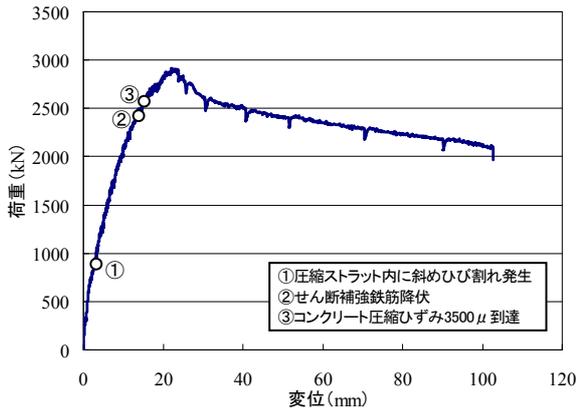


図-3 荷重-載荷点変位関係 (試験体No. 2)

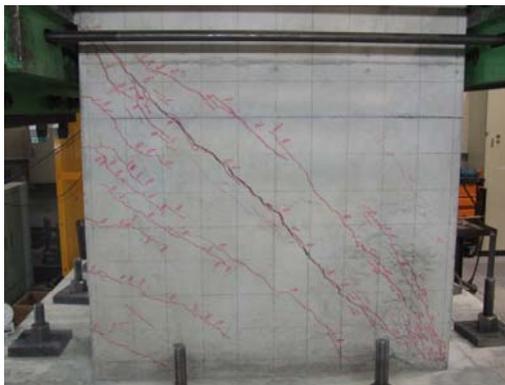


写真-1 最大荷重時のひび割れ状況 (試験体No. 1)

中央のせん断補強鉄筋が降伏した。その後、圧縮側基部に細かいひび割れが多数発生し、圧縮ライン上の斜めひび割れ幅が広がった後、最大荷重に達した。最大荷重後、変位の増加に伴う荷重低下は緩やかだった。

4. 2 せん断補強鉄筋のひずみ発生状況

試験体 No.1 の最大荷重時のせん断補強鉄筋のひずみを図-4 に示す。図中の数字は、せん断補強鉄筋の引張ひずみを正の値で示し、降伏している箇所を▲印で示す。最大荷重時で、両試験体ともせん断補強鉄筋は圧縮ストラット部で降伏し、降伏した範囲も同様であった。

4. 3 コンクリートの圧縮ひずみ

最大荷重時の圧縮ひずみは、両試験体ともに、圧縮ライン上の圧縮側基部付近のみ、3500μ を超える値を示した。

5. 実験結果と計算結果の比較

せん断耐力の実験結果と計算結果の比較を表-2 に示す。

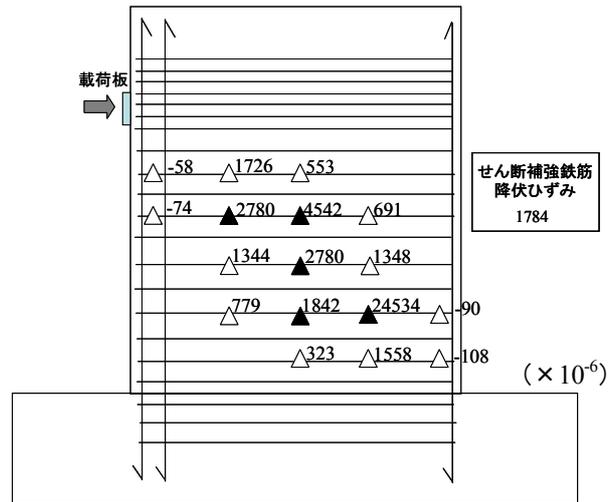


図-4 最大荷重時のせん断補強鉄筋ひずみ (試験体 No. 1)

表-2 実験結果と計算結果の比較

No	計算値 (kN)											実験値 P _{max} (kN)	
	(1)式 k·V _c			(2)式 V _c +φ·V _s				(3)式 min(V _c '+V _{ss} V _{we})					
	V _y (=k·V _c)	P _{max} /V _y	V _c	V _y '	P _{max} /V _y '	V _c	φ·V _s	V _y "	P _{max} /V _y "	V _c '	V _s		V _{we}
1	1,804	1.48	1,463	2,157	1.24	1,463	694	2,739	0.97	1,411	1,328	3,344	2,665
2	1,678	1.74	1,011	2,019	1.44	1,011	1,008	2,700	1.08	995	1,705	3,360	2,915

なお、(1), (2)式のせん断スパン La は載荷板中央からフーチング天端までの距離とした。両試験体において、実験値と計算値の差が最も小さいのは (3) 式で、比較的精度よく評価できている。なお、両試験体ともに、最大荷重時にせん断補強鉄筋が降伏しているため、(3) 式において、せん断耐力 V_y" がせん断補強鉄筋が負担するせん断耐力 V_s を考慮し、V_c'+V_s により決定されるのは妥当と考えられる。

6. まとめ

今回、実構造物大の RC 試験体を対象とした水平加力試験により得られた知見を以下に示す。

- 最大荷重時において、両試験体ともに圧縮ストラット部において斜めひび割れが発生し、せん断補強鉄筋が圧縮ストラット部において降伏した後、せん断耐力に達した。せん断補強鉄筋が降伏する範囲もほぼ同様であった。
- 実構造物大の RC 試験体のせん断耐力は、トラス理論によるせん断補強鉄筋が負担するせん断耐力をそのまま加算する評価手法(3)式にて、精度よく評価できた。

参考文献:

- 1)土木学会：コンクリート標準示方書 設計編 [2007年制定], 2007.
- 2)鉄道総合技術研究所編：鉄道構造物等設計標準・同解説 コンクリート構造物, 2004.4
- 3)谷村幸裕, 佐藤勉：スターラップを用いたディーブビームのせん断耐力の評価, 鉄道総研報告, Vol.18, No.1, pp.25-30, 2004.1
- 4)林川俊郎, 齊藤文彦, 角田与史雄：せん断補強鉄筋を有する RC ディーブビームの強度について, コンクリート工学年次論文報告集, Vol.12, No.2, pp.319-324, 1990.
- 5)石橋忠良, 松本浩一, 菅野貴浩, 築嶋大輔, 小林將志：鉄筋コンクリート壁式橋脚のせん断耐力に関する実験的研究, 土木学会論文集 No.3/Vol.65, pp.300-310, 2009.