

部材幅方向の配置間隔が大きい高強度せん断補強筋を有する RC はりのせん断実験

鹿島建設(株) 正会員 ○岩本拓也 曾我部直樹

1. はじめに

兵庫県南部地震以降、耐震設計基準が見直され、RC 構造物におけるせん断補強筋量が増加した結果、過密配筋が施工上の課題となる場合がある。この対策としては、せん断補強筋を高強度化し、その配置間隔を大きくすることが有効である。一方、せん断補強筋の部材軸方向の配置間隔 s_d は、過大になるとせん断補強筋と斜めひび割れが交差せずせん断補強効果が低下するため、各種指針¹⁾において制限値が設けられている。これに対し、せん断補強筋の部材幅方向の配置間隔 s_w については、過大になるとせん断補強効果が低下する事例²⁾³⁾が報告されているものの、 s_w に着目した国内の研究は少なく、国内の指針では明確な制限値は設けられていない。そのため、高強度せん断補強筋を用いることで設計上は s_w を大きくすることができるが、その大きさやせん断補強筋の強度によっては設計せん断耐力を危険側に評価する可能性がある。

本稿では、 s_w がせん断耐力に及ぼす影響に関する基礎的な知見を得ることを目的として、 s_w が大きい高強度せん断補強筋を有する RC はりのせん断実験を実施した内容について報告する。

2. 実験概要

試験体の概要を図-1、表-1 に示す。試験体は、高強度せん断補強筋を用いた RC 躯体の頂版部材を試設計した上で、その 3/4 スケールとした RC はりであり、断面寸法は幅 750mm×高さ 350mm、せん断スパン比は 3.2 である。引張側の主鉄筋には D25 異形 PC 鋼棒を、圧縮側の主鉄筋には SD490 D16 を使用し、主鉄筋の上下面には機械式定着体を有する配筋筋 (SD345 D16) を配置した。せん断補強筋には両端に半円形フックを有する直径 9.0mm の異形 PC 鋼棒を使用し、部材軸方向の配置間隔 s_d を 115mm とした上で、図-1 の左側のスパンには部材幅方向に 2 本、右側のスパンには部材幅方向に 3 本配置することで、左側スパンが先行して破壊するようにした。左側スパンにおける部材幅方向の配置間隔 s_w は 585mm ($s_w/d=1.86$, d :有効高さ) とした。こ

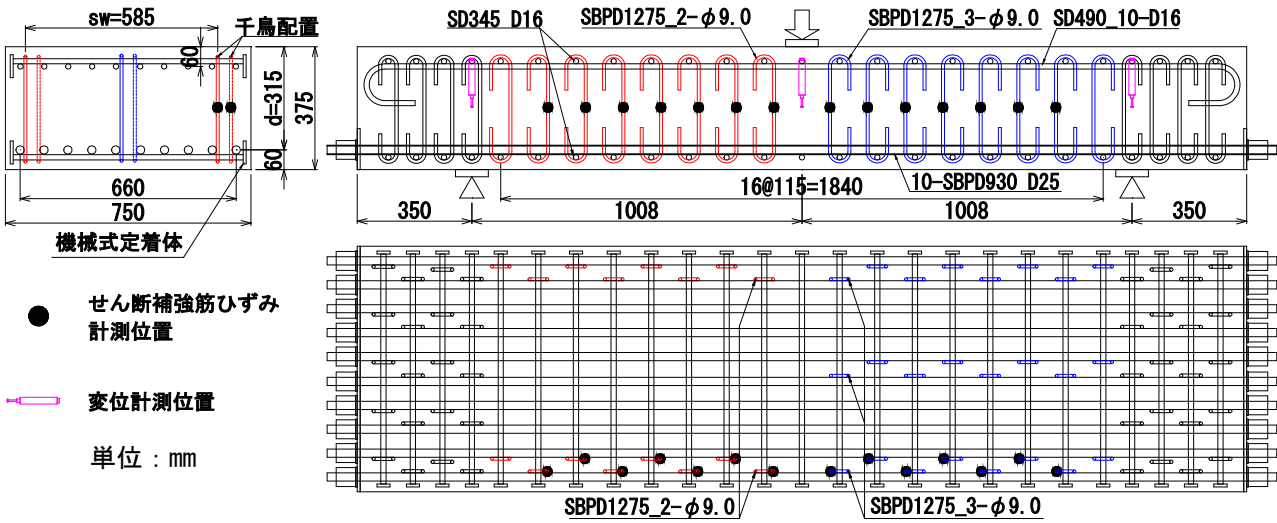


図-1 試験体概要、計測位置図

表-1 試験体諸元、使用材料

断面寸法 (mm)	有効高さ d (mm)	せん断スパン比 a/d	コンクリート 圧縮強度 f'_c (N/mm ²)	せん断補強筋 (破壊側のスパン)						引張主鉄筋		
				配筋	配置間隔(mm)		鉄筋比 p_w (%)	降伏強度 f_{wy} (N/mm ²)	$p_w f_{wy}$ (%)	配筋	鉄筋比 p_v (%)	降伏強度 f_y (N/mm ²)
					s_d	s_w						
375 × 750	350	3.2	62.2	2-φ9.0 SBPD1275/1420	115	580	0.15	1390	2.06	10-D25 SBPD930/1080	2.14	967

キーワード 高強度せん断補強筋、せん断耐力、配置間隔

連絡先 〒182-0036 東京都調布市飛田給 2-19-1 鹿島建設(株)技術研究所 TEL 042-485-1111

表-2 実験結果と計算値の比較

斜めひび割れ発生荷重 (kN)		せん断耐力 (kN)	
実験	計算	実験	計算
	V_{cd} (二羽式 ⁴⁾) (圧縮強度の制限値あり)		$V_{cd} + V_{sd}$ (修正トラス理論) (降伏強度の制限値なし)
351	348	710	771
			$V_{cd} + \alpha \cdot V_{sd}$ (α : 低減係数 ³⁾) $\alpha = 1 + 0.1(s_d - s_w)/d > 1$
			708

れは、 $s_w/d > 1.0$ となると、せん断補強筋が負担するせん断耐力がトラス理論¹⁾に基づく設計せん断耐力 V_{sd} を下回るという既往の知見²⁾に基づいて設定したものである。

荷重方法は1点集中荷重の単調荷重とし、図-1に示す位置において試験体の鉛直変位とせん断補強筋のひずみを計測した。

3. 実験結果

図-2にせん断力と荷重点変位の関係を示す。図中の黒実線はせん断力 V_{exp} を示し、青実線は左側スパンで計測したせん断補強筋ひずみの最大値より算出したトラス理論¹⁾に基づくせん断補強筋負担分のせん断力 V_{sexp} を示す。赤実線は V_{exp} から V_{sexp} を差し引くことで算出したコンクリート負担分のせん断力 V_{cexp} を示す。表-1に実験結果と計算値との比較を示し、写真-1には実験終了後の左側スパンの損傷状況を示す。図-3には最大せん断力時点におけるせん断補強筋ひずみの分布図を示す。

斜めひび割れ発生荷重は351kNであり、二羽式⁴⁾による計算値と概ね一致した。斜めひび割れ発生後に V_{sexp} が増加し始め、せん断力が約600kNに到達した時点で V_{sexp} が急増した一方で、 V_{cexp} は減少した。これは、同時点で写真-1に示す斜めひび割れが開口し始めたためだと考えられる。その後、710kNで最大せん断力を計測し、前述の斜めひび割れが荷重点と支点を貫通することでせん断力が低下した。せん断補強筋の降伏強度を用いた修正トラス理論¹⁾によるせん断耐力の計算値と実験で得られたせん断耐力を比較すると、実験結果は計算値を下回った。最大せん断力を超えた時点ではせん断補強筋は降伏せず、その負担分も保持されている

一方で、 V_{cexp} は低下していることから、せん断力の低下の要因は斜めひび割れ幅の開口に伴うものであることが示唆される。また、既往の研究³⁾では、 s_w が大きいRCはりのせん断耐力式が考案されているが、同式による計算値は概ね実験結果と一致している。以上より、本実験では、 s_w が大きいことでせん断補強筋が斜めひび割れ幅の開口を抑制する効果が低下して、せん断耐力に影響を及ぼしたことが考えられる。

4. まとめ

部材幅方向の配置間隔が大きい高強度せん断補強筋を有するRCはりのせん断実験を行った結果、せん断補強筋が降伏する前に斜めひび割れが開口することでせん断力が低下し、せん断耐力は修正トラス理論に基づくせん断耐力の計算値を下回った。今後は、せん断補強筋の配置間隔をパラメータとした数値解析を行い、せん断補強筋の配置間隔がせん断耐力や耐荷機構に及ぼす影響を詳細に検証する予定である。

参考文献

- (1) (社)土木学会：2017年制定コンクリート標準示方書【設計編】，2017。
- (2) Adam S. Lubell et al.: Shear Reinforcement Spacing in Wide Members, ACI Structural Journal. V.106, No.2, March-April 2009, pp.205-214
- (3) Min Sook Kim et al.: Improved Shear Strength Equation for Concrete Wide Beams, Applied Sciences, Vol.9, No.21, October 2019, p.4513
- (4) 二羽ら：せん断補強鉄筋を用いないRCはりのせん断強度式の再評価，土木学会論文集，第372号/V-5，1986。

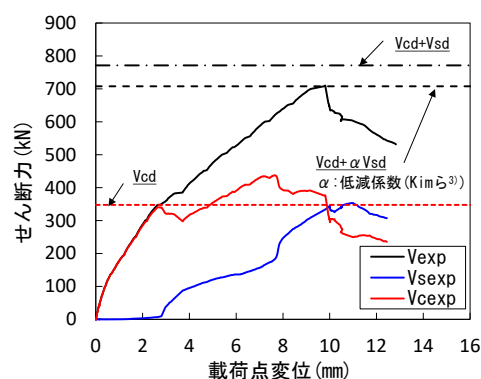


図-2 せん断力-荷重点変位関係

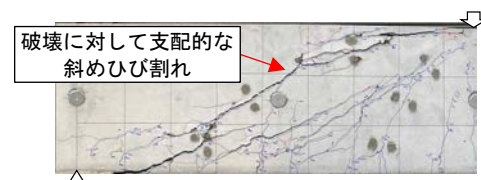


写真-1 実験後左側スパン損傷状況

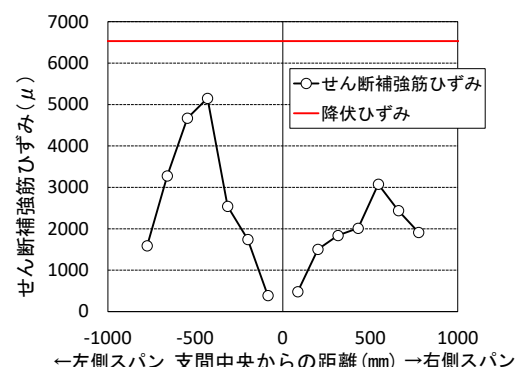


図-3 せん断補強筋ひずみ分布