

せん断補強鉄筋のない円形断面 RC はりのせん断耐力に関する実験的研究

東京工業大学大学院 学生員 ○米花 萌
 東京工業大学大学院 正会員 渡辺 健
 東京工業大学大学院 学生員 大石 峻也
 東京工業大学大学院 フェロー 二羽淳一郎

1. 背景

コンクリート標準示方書¹⁾によれば、現在、円形断面を有する RC 部材のせん断耐力 V_{cal} は、置換した等積の正方形断面に、式(1)を適用することにより算定されている。

$$V_{cal} = V_c + V_s \quad (1)$$

ただし、 V_c : せん断補強鉄筋を用いない棒部材のせん断耐力、 V_s : せん断補強鉄筋により受け持たれるせん断耐力。

V_c の算定において考慮に入れる軸方向鉄筋面積 A_s は、引張側 1/4(90°)の領域にある軸方向鉄筋の総断面積を用いて良いとされている。本研究は、円形断面 RC 部材のせん断耐力を精度良く評価することを目的とし、特に、 V_c に着目した。すなわち、支持条件を従来の RC 棒部材の実験条件である単純支持に統一し、せん断補強鉄筋のない円形断面 RC はりの載荷実験を行うことで、断面形状および軸方向鉄筋の配置の違いがせん断補強鉄筋のない RC はりのせん断耐力に与える影響を実験的に検討するものである。

2. 実験概要

供試体は表 1 および図 1 に示した 3 種類で、軸方向鉄筋を直径 300mm の円形断面の全周に 16 本配置したもの(以下 SC0-16)、下部 90°部分のみに 5 本配置したもの(以下 SC0-5)および全周にわたって 8 本配置したもの(以下 SC0-8)を作製した。軸方向鉄筋の種類は SD490、鉄筋径は D19 である。

載荷実験は、せん断スパンを 750 mm とする 2 点単調

表 1 供試体概要

	SC0-16	SC0-5	SC0-8
有効高さ d (mm)	227	227	223
せん断スパン有効高さ比 a/d	3.3	3.3	3.4
正方形置換時のウェブ幅 b_w (mm)	266	266	266
引張鉄筋面積 A_s (mm ²)	1146	1146	573
引張鉄筋比 p_w (%)	1.75	1.75	0.97
圧縮強度 (N/mm ²)	36.7	36.4	37.7
引張強度 (N/mm ²)	2.84	2.67	2.62

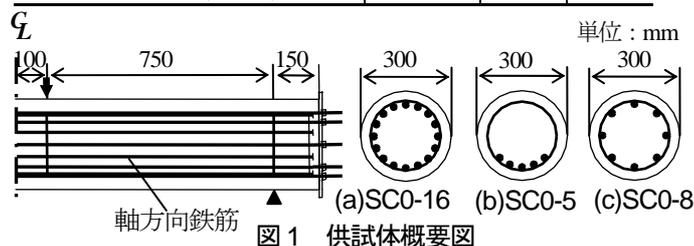


図 1 供試体概要図

載荷により静的に行った。計測項目は荷重、支点およびスパン中央の鉛直変位、軸方向鉄筋のひずみ、画像解析によるひび割れ幅およびせん断変位である。

3. 実験結果および考察

表 2 に、実験値(V_{exp})と計算値(V_{cal})との関係を示す。 V_c は、矩形断面を有する RC 棒部材の実験をもとに導かれた斜め引張破壊耐力式(2)により算出される。

$$V_c = 0.20 f'_c{}^{1/3} \left(\frac{10^3}{d} \right)^{1/4} (100 p_w)^{1/3} \left(0.75 + \frac{1.4d}{a} \right) b_w d \quad (2)$$

ただし、 b_w : ウェブ幅 (mm)、 d : 有効高さ(引張側 90°部分のみの鋼材の図心位置から等積正方形の圧縮縁までの距離 (mm))、 f'_c : コンクリートの圧縮強度 (N/mm²)、 p_w : 引張鉄筋比(= $A_s/(b_w d)$)、 A_s : 引張側の 90°部分のみの鋼材面積 (mm²)。

3.1 破壊性状

図 2 に荷重-たわみ曲線、図 3 にひび割れ図を示す。全ての供試体において、荷重 30 kN 付近で支間中央に曲げひび割れが発生し、荷重の増加とともに曲げひび割れから曲げせん断ひび割れに移行した。SC0-5 では、斜めひび割れの発生荷重とピーク荷重がほぼ一致した。一方で、SC0-16 および SC0-8 では、斜めひび割れの発生荷重とピーク荷重との間に差が見られた。また、全ての供試体において、軸方向鉄筋に沿った水平ひび割れがピーク荷重までに発生したことが特徴であった。

3.2 軸方向鉄筋のひずみ

図 4(a)に SC0-16、(b)に SC0-8 における、斜めひび割れ位置での軸方向鉄筋のひずみ-荷重関係を示す。図 4(a)より、上縁から 4 段目、5 段目の軸方向鉄筋のひずみは、荷

表 2 実験値および算定値

	SC0-16	SC0-5	SC0-8
曲げひび割れ発生荷重 (kN)	29.8	25.0	33.8
斜めひび割れ発生荷重(kN)	170	165	130
ピーク荷重($2V_{exp}$) (kN)	220	172	207
ピーク荷重($2V_{cal}$) (kN)	169	169	134
算定値 V_{cal-i} (kN)	112	-	88.9
算定値 V_{cal-m} (kN)	118	-	90.4
V_{exp}/V_{cal}	1.30	1.02	1.55
V_{exp}/V_{cal-i}	0.982	-	1.17
V_{exp}/V_{cal-m}	0.931	-	1.15

キーワード : 円形断面, 軸方向鉄筋, せん断破壊, せん断耐力
 連絡先 : 〒152-8552 東京都目黒区大岡山 2-12-1 M1-17

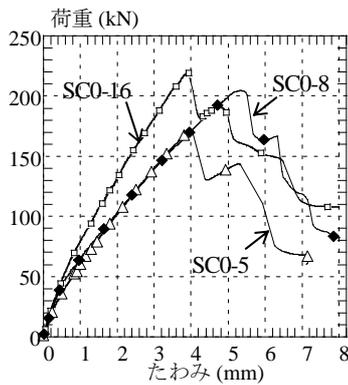


図2 荷重-たわみ曲線

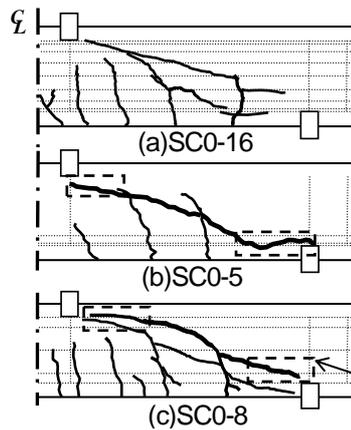


図3 ひび割れ図

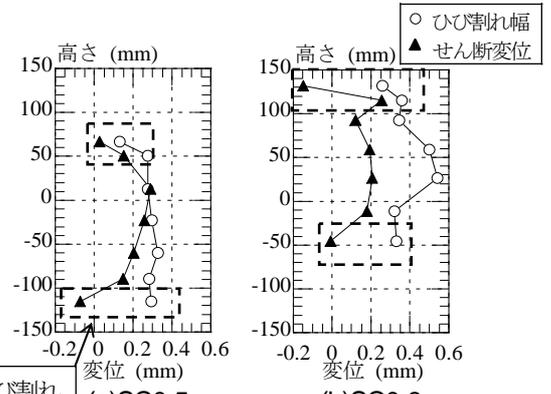


図5 ひび割れ幅およびせん断変位

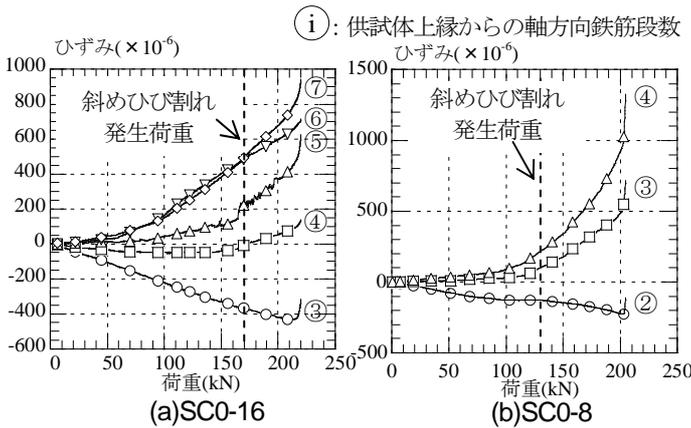


図4 軸方向鉄筋のひずみ-荷重関係

重が約165kNを超えた領域で急激に増加している。図4(b)より、上縁から3段目および4段目の軸方向鉄筋は荷重130kN付近でひずみが増加している。目視観察による斜めひび割れ発生荷重は、SC0-16において約170kN、SC0-8において約130kNであった。斜めひび割れ発生荷重とピークとの間に大きな差異が生じたが、いずれの供試体も斜めひび割れ発生後、斜めひび割れ面において軸方向鉄筋がダウエル作用によりせん断力に抵抗したことが1つの要因であると考えられる。よって、円形断面RC部材のせん断耐力を適切に評価するためには、断面の全周に配置された軸方向鉄筋の影響を考慮する必要があると考えられる。

既往の研究²³⁾では、軸方向鉄筋が多段に配置されたせん断鉄筋のない矩形断面RCはりのせん断耐力の算定方法が提案されている。表2に、これらの算定式を用いて算出した結果(V_{cal-i} ²⁾, V_{cal-m} ³⁾)を示す。表2に示す通り、これらの算定値は、現行の算定法よりも実験値に近い値を示している。このことから、せん断補強鉄筋のない円形断面RCはりのせん断耐力算定において、軸方向鉄筋のせん断耐力への影響を考慮することで、より正確にせん断耐力を予測できると考えられる。

3.3 ひび割れ幅およびせん断変位

図5にSC0-5およびSC0-8のピーク直前の斜めひび割れ面で計測されたひび割れ幅およびせん断変位を示す。SC0-8には2本斜めひび割れが入ったが、破壊に対して支配的に作

用した供試体上縁側の斜めひび割れ面を対象としている。図5(a)および(b)より、SC0-5およびSC0-8の斜めひび割れ面上部および下部では、ひび割れ幅のみが増加している。これらが、水平ひび割れの発生に起因した現象であると仮定すると⁴⁾、SC0-5およびSC0-8ではピーク直前に水平ひび割れが発生し、荷重が低下したことが推察される。すなわち、円形断面を有するRC部材のせん断耐力算定の精度を高めるうえで、水平ひび割れの発生に寄与する軸方向鉄筋のかぶりやあきなどを考慮に入れる必要があると考えられる。

4. 結論

- (1)せん断補強鉄筋のない円形断面RCはりにおける斜めひび割れ発生荷重は、軸方向鉄筋量に関係無く、正方形に置換して算定したせん断耐力の値とほぼ一致した。また、SC0-5では、斜めひび割れの発生荷重とピーク荷重はほぼ同一であった。一方、SC0-16およびSC0-8では、斜めひび割れの発生荷重とピーク荷重との間に差が見られた。
- (2)せん断補強鉄筋のない円形断面RCはりのせん断耐力をより正確に予測するためには、軸方向鉄筋のせん断耐力への影響を適切に考慮する必要がある。
- (3)せん断補強鉄筋のない円形断面RCはりにおいて、水平ひび割れの発生がせん断耐力に影響している可能性が示唆された。

参考文献

- 1)土木学会：2007年制定コンクリート標準示方書，2008
- 2)石橋忠良，斉藤啓一，寺田年夫：RCはりの腹部に配置された軸方向鉄筋のせん断耐力に及ぼす影響について，土木学会第40回年次学術講演会講演概要集，pp.321-322，1985
- 3)睦好宏史，町田篤彦：側方鉄筋を有する鉄筋コンクリート部材のせん断耐力および変形能，コンクリート工学年次論文報告集，Vol.9，No.2，pp.335-340，1987
- 4)田所敏弥，佐藤靖彦，上田多門：斜めひび割れ面のせん断伝達機構と鉄筋コンクリート部材の斜め引張破壊，土木学会論文集，No.739/V-60，pp.195-211，2003.8