

せん断補強筋を有する RC はりのせん断耐力に及ぼす自己収縮の影響

広島大学大学院 学生会員 ○伊藤 友司  
宇都宮大学大学院 学生会員 早川 智浩  
広島大学 工学部 正会員 佐藤 良一

1. はじめに

高性能 A E 減水剤の開発、混和材の再利用に伴い、高強度コンクリートを用いた鉄筋コンクリート（以下 RC）部材の研究が進められている。特にせん断特性については、自己収縮の影響を検討した研究例は幾つかあるが、その殆どがせん断補強筋のない部材を対象とするものであった。

そこで本研究では、せん断補強された高強度 RC 部材における自己収縮の影響を明らかにするために、収縮の異なる二つのコンクリートを製造し、斜めひび割れ発生後のせん断補強筋のひずみ挙動、せん断補強筋降伏時の耐力、および斜めひび割れ幅について検討した。

2. 実験概要

使用したコンクリートは、普通ポルトランドセメントを用いた自己収縮の大きいコンクリート（記号 HAS）と低熱ポルトランドセメントおよび収縮低減剤、膨張材を用いた自己収縮の小さいコンクリート（記号 LAS）である。その配合を表-1 に示し、各配合の収縮特性を図 1 に示す。

作製した供試体の寸法、配筋、断面諸元については、図-2 に示す。供試体の特徴として、左右非対称にせん断補強筋を配置して試験区間においてせん断破壊を起こさせるようにした。引張鉄筋の抜け出しを避けるために十分な定着部とスターラップを設け、端部に鉄板を溶接した。せん断補強筋には幅 4mm 深さ 3mm の溝を切削した異形鉄筋（Dm10）を使用し、その溝にリード線による断面欠損がおこらないようにエナメル線のひずみゲージを 20mm 間隔で貼付し、打込み直後から収縮によるせん断補強筋ひずみを測定した。同時にスパン中央において引張鉄筋および圧縮鉄筋のひずみ、供試体温度を測定した。

載荷方法は、2 点集中載荷として静的載荷試験を行った。載荷時には、上述の項目に加え、斜めひび割れ幅を測定した。

なお、これは 3 方向にコンタクトチップを設置して、コンタクトゲージおよびノギスで測定した。

3. 実験結果および考察

3.1 せん断補強筋のひずみ挙動

実験結果をまとめて表 2 に示す。ここに示すコンクリート標準示方書式（以後、示方書式）では、 $V_c$  は経験式、 $V_s$  は圧縮斜材角度（斜めひび割れ角度）を 45 度としたときのトラス理論から算出している。なお、実験値は、示方書式と比較・検討できるよう、せん断補強筋降伏時のせん断力とした。

図 3 にせん断力-せん断補強筋ひずみ関係を示す。なお、図中のせん断補強筋のひずみは、斜めひび割れを跨ぐ全てのせん断補強筋が最も早く降伏した斜めひび割れに注目し、それと交わる各せん断補強筋において、斜めひび割れに最も近いひずみゲージの値とした。斜めひび割れ発生時（ $V_c$  値）には、HAS が LAS を下回っていることが認められたが、ここで特筆すべき点はそれ以後のせん断補強筋のひずみ挙動である。つまり、斜めひび割れ発生以後、HAS は LAS に比べ、せん断力に対してのせん断補強筋のひずみの変化

図 - 2 供試体概要

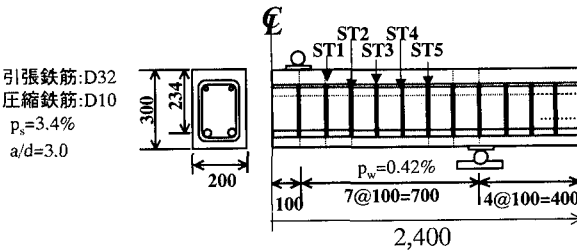


表 1 コンクリート配合

| 記号  | セメント種類 | W/B (%) | SF/B (%) | s/a (%) | 単位量(kg/m <sup>3</sup> ) |     |     |     |    |    |     |      |
|-----|--------|---------|----------|---------|-------------------------|-----|-----|-----|----|----|-----|------|
|     |        |         |          |         | W                       | C   | G   | S   | SF | Ex | SRA | SP   |
| HAS | NC     | 23      | 10       | 41      | 161                     | 630 | 912 | 626 | 70 | 0  | 0   | 14   |
| LAS | LC     | 23      | 10       | 41      | 161                     | 600 | 913 | 630 | 70 | 30 | 6   | 15.4 |

SF:シリカフェューム Ex:膨張材 SRA:収縮低減剤 SP:高性能 AE 減水剤 B:結合材

量が大きく、せん断補強筋降伏時のせん断力が低下していることである。また、斜めひび割れに交わる全せん断補強筋の降伏時のせん断力を終局時と見なし、示方書式と比較すると HAS は約 12% 下回り、LAS では約 9% 上回る結果となった。

つまり、自己収縮の影響は斜めひび割れ発生荷重を低下させるだけでなく、せん断補強筋の分担せん断力さえも低下させる可能性があるということを示唆している。

### 3.2 斜めひび割れ幅

図 4 に主斜めひび割れを跨ぐ 3 方向のコンタクトゲージの値から算出した主ひずみに標点距離 100mm を掛けた値（以後、斜めひび割れ幅）とせん断力の関係を示す。HAS と LAS を比較すると、斜めひび割れ幅形成は HAS の方が早く、各荷重段階においても HAS の方が斜めひび割れ幅が大きく、145kN での HAS のせん断補強筋降伏時には LAS と約 2 倍の差を生じた。

また、収縮応力の大きい HAS の斜めひび割れ幅が同荷重で比較して大きくなるのは、せん断補強筋に収縮ひずみが蓄積している状態からのひずみの変化量が大きいためであると考えられる。このことにより、HAS では鉛直方向変位が増加し、斜めひび割れ幅の増大につながったものと考えられる。

### 4. まとめ

本研究の範囲内で以下の結論が得られた。

- 1) 高強度コンクリートを用いた場合、せん断補強筋降伏時をせん断耐力とするコンクリート標準示方書の考え方に従えば、自己収縮のある場合のせん断耐力は、示方書式と比較して、約 12% 低下する可能性を示し、また自己収縮のない場合のせん断耐力に関しては約 9% 上回る結果となった。
- 2) 斜めひび割れ幅は、せん断補強筋に収縮ひずみが蓄積している場合、そうでない場合と比較して大きくなった。

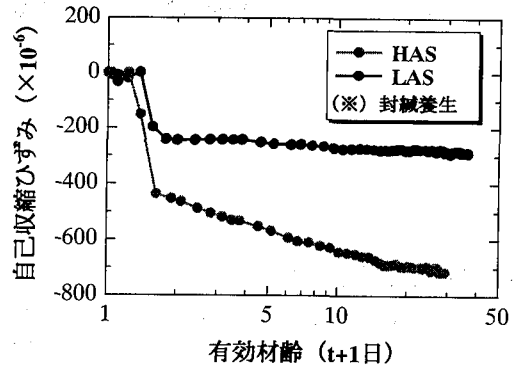


図-1 収縮特性

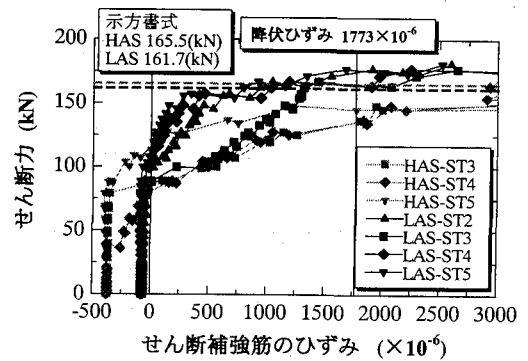


図-3 せん断力-せん断補強筋ひずみ

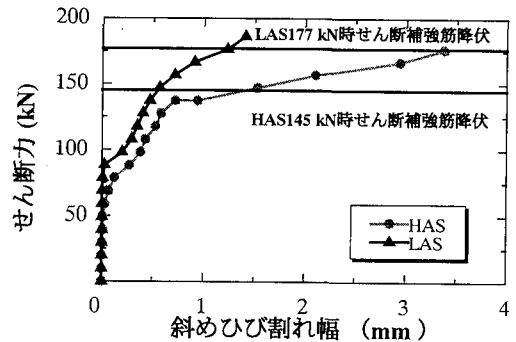


図-4 せん断力-斜めひび割れ幅

表 2 実験結果

|     | b    | d    | Ps  | Pw   | fc                   | εas                  | εas'                 | コンクリート標準示方書 |        |       | 実験値  | 実験値/(Vc+Vs) |
|-----|------|------|-----|------|----------------------|----------------------|----------------------|-------------|--------|-------|------|-------------|
|     | (mm) | (mm) | (%) | (%)  | (N/mm <sup>2</sup> ) | (×10 <sup>-6</sup> ) | (×10 <sup>-6</sup> ) | Vc          | Vs     | Vc+Vs | (kN) | (kN)        |
| HAS | 200  | 234  | 34  | 0.42 | 114                  | -738                 | -400                 | 98.2        | 67.275 | 165.5 | 145  | 0.88        |
| LAS |      |      |     |      | 99.9                 | -290                 | -75                  | 93.5        | 68.24  | 161.7 | 177  | 1.09        |

ε as ; 自己収縮ひずみ

ε as' ; せん断補強筋に蓄積された自己収縮ひずみ