

## 逆対称曲げを受ける RC 柱のせん断耐力におよぼす側方鉄筋の影響

(財) 鉄道総合技術研究所 正会員 ○松本光矢 田所敏弥 谷村幸裕 松枝修平

(独) 鉄道・運輸機構 正会員 進藤良則 清水健志 徳永潔計 石井秀和

### 1. はじめに

RC 柱のせん断力に対する設計においては、一般的に、単純支持を前提としたせん断耐力の算定式が用いられている。しかしながら、ラーメン橋の橋脚く体やラーメン高架橋の柱においては逆対称曲げモーメントを受けるため、せん断スパン比が小さい場合においては不合理な設計となる可能性がある。また、現行の設計式においては側方鉄筋の影響を考慮できないが、実際の RC 柱においては側方鉄筋があるため、その影響を適切に考慮する必要がある。そこで、本検討では、逆対称曲げモーメントを受けるせん断スパン比の小さい RC 柱の載荷実験を行い、側方鉄筋が、RC 柱のせん断耐力におよぼす影響について検討した。

### 2. 逆対称曲げを受ける RC 柱の載荷試験の概要

試験体の諸元を表 1、試験体の形状および配筋例を図 1 に示す。本検討ではせん断耐力に影響が大きいと考えられるせん断スパン比、側方鉄筋と帯鉄筋の有無をパラメータとして、5 体の載荷試験を行った。また、軸方向鉄筋については、曲げ破壊を防止するために、普通強度の異形鉄筋を熱処理した高強度鉄筋を用いた。最大粗骨材寸法は 13mm とした。載荷は、L 型載荷試験装置を用いて、ラーメン高架橋の RC 柱に生じる逆対称曲げモーメントを再現した。なお、軸力は、地震時の高架橋の押込み側の RC 柱の最大軸圧縮力を想定し、750kN ( $\sigma'_n=3.0\text{N/mm}^2$ ) とした。

### 3. 試験結果

図 2 に各試験体の荷重－変位関係を示す。また、図 2 に帯鉄筋の降伏荷重をあわせて示した。帯鉄筋比が小さい No.1 および帯鉄筋を有していない No.4 は最大荷重に達した後、脆性的に破壊に至った。また、帯鉄筋を有している No.2, No.3, No.5 は、帯鉄筋の降伏後もある程度の荷重増加が見られた。ただし、No.2 は 790kN 程度で急激な剛性の低下が見られた。

ここで、側方鉄筋の有無以外の諸元は同一である No.2 と No.3 を用いて側方鉄筋の有無の影響について検討した。図 3、図 4 に No.2, No.3 のせん断力が 700kN と 800kN におけるひび割れ状況を示す。

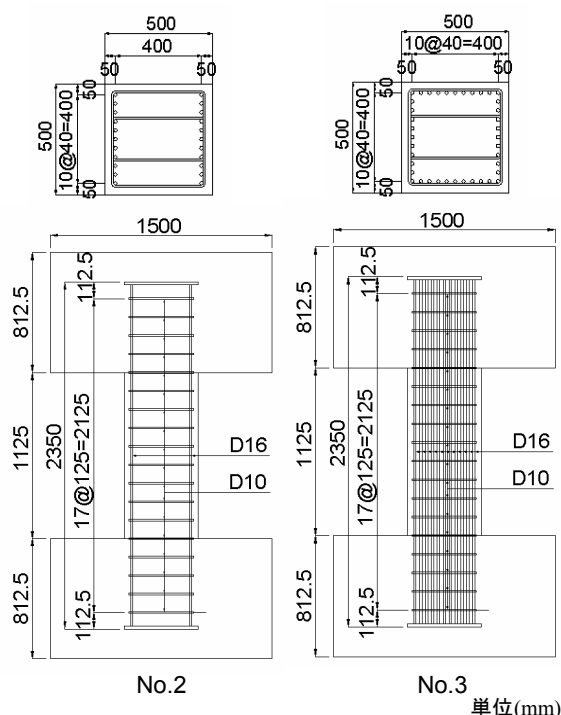


図 1 試験体および配筋例

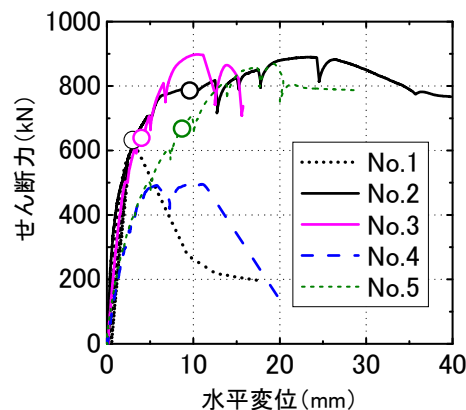


図 2 荷重－変位関係

表 1 試験体の諸元

| No. | 断面形状<br>(mm) | $a/d$ | $f'_c$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 軸方向鉄筋     |                      | 帯鉄筋       |                      |
|-----|--------------|-------|--------------------------------|-----------|----------------------|-----------|----------------------|
|     |              |       |                                | $P_c(\%)$ | $f_y(\text{N/mm}^2)$ | $P_w(\%)$ | $f_y(\text{N/mm}^2)$ |
| 1   | 500×500      | 1.25  | 28.6                           | 0.08      | 408                  | 28.6      | 309                  |
| 2   | 500×500      | 1.25  | 28.0                           | 0.45      | 1069                 | 28.0      | 388                  |
| 3   | 500×500      | 1.25  | 28.7                           | 0.45      | 1069                 | 28.7      | 388                  |
| 4   | 500×500      | 1.75  | 29.7                           | 0.00      | 1069                 | 29.7      | -                    |
| 5   | 500×500      | 1.75  | 30.0                           | 0.45      | 1069                 | 30.0      | 388                  |

$a/d$ :せん断スパン比,  $f'_c$ :コンクリートの圧縮強度,  $P_c$ :側方鉄筋を考慮した引張鉄筋比,  $P_c=P_{c1}+P_{c2}\cdot d_2/d_1$ ,  $f_y$ :鉄筋降伏強度,  $P_w$ :帯鉄筋比

キーワード: RC 柱, せん断スパン比, せん断耐力, 側方鉄筋, 帯鉄筋

連絡先: 〒185-8540 東京都国分寺市光町 2-8-38 (財) 鉄道総合技術研究所 コンクリート構造 042-573-7281

図5にNo.2とNo.3の柱基部の引張鉄筋の荷重－ひずみ関係を示す。図5より側方鉄筋がないNo.2は、側方鉄筋があるNo.3と比較して、引張鉄筋のひずみが大きく、最大せん断力時には3000 $\mu$ 程度に達していることがわかる。また、図3、図4より、No.2では引張鉄筋に沿った鉛直ひび割れが確認できる。このように、側方鉄筋がないNo.2における引張鉄筋に沿ったひび割れの発生は、側方鉄筋を有するNo.3に比べて耐力が小さくなる要因のひとつと考えられる。

#### 4. せん断耐力に関する検討

既往の研究<sup>1)</sup>において提案された逆対称曲げモーメントを受けるせん断スパン比の小さい梁を対象としたせん断耐力算定式を基本に、側方鉄筋および軸力の影響を考慮する式(1)について検討した。ここでは、軸力の影響については補正係数 $\beta_n$ 、側方鉄筋の影響については、断面の圧縮縁からの距離に応じて考慮する鉄筋量を低減し、引張鋼材として補正係数 $\beta_p$ を用いて考慮した。表2に実験により得られたせん断耐力 $V_{exp}$ と式(1)より求めたせん断耐力 $V_y$ を示す。比較的せん断スパン比が大きく、かつ帯鉄筋のないNo.4においては、試験結果が算定値の1.4倍となっており、算定式によりせん断耐力が過小評価されるため、さらなる検討が必要であるが、式(1)は十分な精度でせん断耐力を算定できると考えられる。

$$V_y = V_c + V_s \dots \dots \dots (1)$$

ここに、 $V_y$ ：設計せん断耐力

$V_c$ ：せん断補強鋼材を用いない棒部材の設計せん断耐力

$$V_c = \beta_d \cdot \beta_p \cdot \beta_n \cdot f_{vcd} \cdot b_w \cdot d \cdot (-0.75 + 4.0/(a/d))$$

$$\beta_d = \sqrt[4]{1000/d} \text{ (N/mm}^2\text{)} \quad \text{ただし, } \beta_d \leq 1.5 \text{ とする.}$$

$$\beta_p = \sqrt[3]{100p_c} \quad \text{ただし, } \beta_p \leq 1.5 \text{ とする.}$$

$$\beta_n = 1 + 2M_0/M_u \text{ (軸力} \geq 0 \text{ の場合)} \quad \text{ただし, } \beta_n \leq 2.0 \text{ とする.}$$

$$= 1 + 4M_0/M_u \text{ (軸力} < 0 \text{ の場合)} \quad \text{ただし, } \beta_n \geq 0 \text{ とする.}$$

$V_{sd}$ ：せん断補強鋼材により受け持たれる棒部材の設計せん断耐力

$$V_s = A_w \cdot f_{wyd} \cdot z \cdot \cot \theta / s_s$$

$$\cot \theta = 0.44(a/d) - 35p_w + 0.58$$

#### 5. おわりに

(1)逆対称曲げを受ける低せん断スパン比のRC柱を対象に、せん断耐力の算定式を提案し、その精度について検討した結果、今回の試験範囲内には、せん断耐力を概ね評価できることがわかった。

(2)側方鉄筋を有していないRC部材は、最大せん断力時に引張鉄筋のひずみが増加し、引張鉄筋に沿った鉛直ひび割れが卓越することがわかった。これは、側方鉄筋を有するRC部材に比べてせん断耐力が小さくなる要因のひとつと考えられる

#### 【参考文献】

- 1)前田友章, 田所敏弥, 谷村幸裕：逆対称曲げを受ける鉄筋コンクリート梁のせん断耐力評価法, 鉄道総研報告, Vol.22, No.10, pp.17-22, 2008

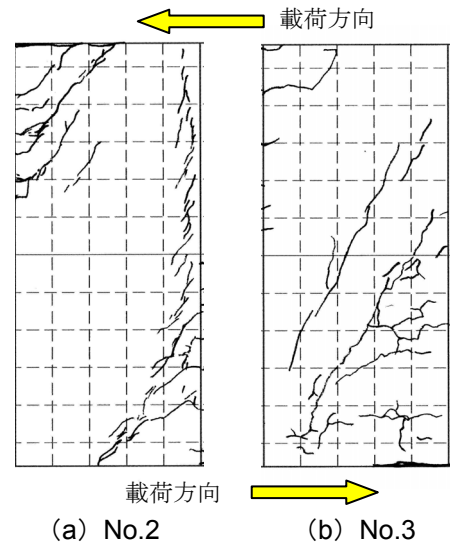


図3 ひび割れ状況 (700kN)

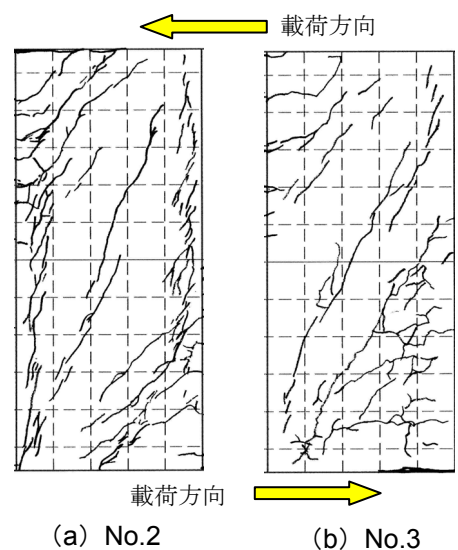


図4 ひび割れ状況 (800kN)

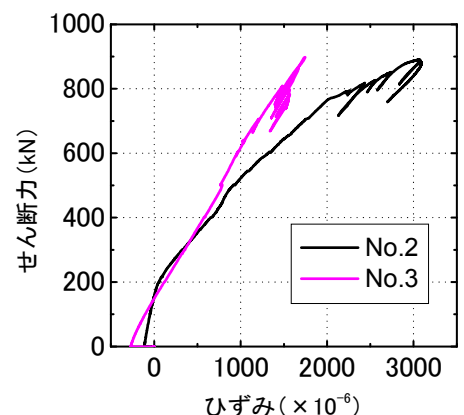


図5 荷重－ひずみ関係

表2 試験結果とせん断耐力の算定値

| No. | $V_{exp}$ (kN) | $V_y$ (kN) | $V_{exp}/V_y$ |
|-----|----------------|------------|---------------|
| 1   | 636            | 584        | 1.09          |
| 2   | 890            | 790        | 1.13          |
| 3   | 898            | 888        | 1.01          |
| 4   | 500            | 348        | 1.44          |
| 5   | 869            | 763        | 1.14          |