

フラットスラブ構造の押抜きせん断挙動に及ぼすせん断補強鉄筋量の影響

清水建設（株） 正会員 ○原 紘一朗，吉武 謙二，小倉 大季  
大野 広志，荒木 尚幸

1. はじめに

海外の地下鉄案件では、従来の版桁構造に代わって、施工性の向上や空間の有効利用が見込まれる、フラットスラブ構造を採用する案件が増えている。しかし、国内の基準に照らしてフラットスラブ構造を照査する場合、鉄道構造物等設計基準・同解説<sup>1)</sup>(以下、鉄道標準)の「面部材の設計押抜きせん断耐力式」を用いることとなり、せん断補強鉄筋の補強効果を考慮できないことがある。既往の研究では、RC スラブの押抜きせん断破壊挙動に関する検討は行われているものの<sup>2)</sup>、試験体数は限られており、より合理的な設計を行うには、実験データの集積が必要である。

そこで、本稿では、RC スラブの押抜きせん断試験により、せん断補強鉄筋比 $p_w$ 及びせん断スパン比 $a/d$ がせん断耐力に与える影響を評価し、フラットスラブ構造における床版の合理的な設計に向けた検討を行った。

2. 試験概要

2.1 試験体

表-1 に試験体の諸元を示す。本試験では合計 6 体の試験体を作製し、せん断スパン比がそれぞれ異なる No.1～No.3, No.4～No.6 に対し、せん断補強鉄筋比を変化させている。なお、せん断補強鉄筋比は、試験体 No.2, 5 をそれぞれの寸法に対する基準とみなし、No.2, 5 に対してせん断補強鉄筋量を増減させることとした。また、本試験では、せん断破壊を先行させるため、軸方向鉄筋には USD685 を配置した。使用したコンクリートは、載荷時の圧縮強度が 21.8 N/mm<sup>2</sup>～23.0N/mm<sup>2</sup> の範囲であった。

2.2 載荷条件および計測項目

図-1 に試験体の載荷状況を、図-2 に載荷・支持条件の詳細図をそれぞれ示す。本試験では、ローラー支点を 4 力所設置して、試験体の支持を行い、最大容量 10MN の油圧ジャッキにより鉛直方向の加力を行った。なお、本試験におけるせん断スパンは、載荷板縁から支持板中央までの距離と定義した。加力は初期載荷として、250kN 刻みで 1500kN までの片振幅の繰返し漸増載荷を

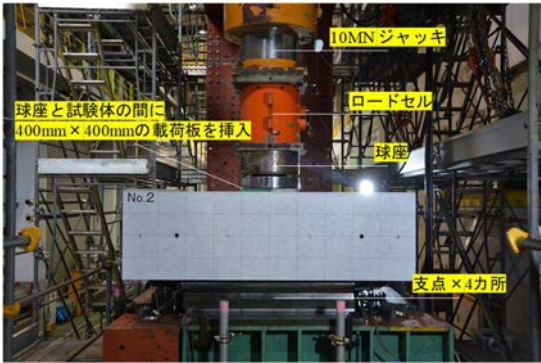


図-1 試験体の載荷状況

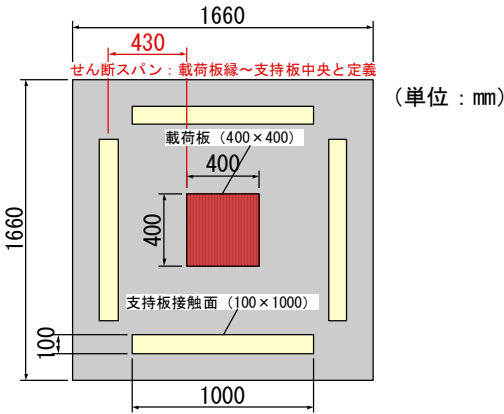


図-2 試験体の載荷・支持条件 (No. 1～No. 3)

表-1 試験体諸元

| case名 | 厚さ<br>(mm) | 有効<br>高さ<br>(mm) | 部材幅<br>(mm) | せん断<br>スパン比<br>$a/d$ | せん断補強<br>鉄筋比 $p_w$ (%)<br>(基準に対する倍率) | せん断<br>補強鉄筋 | せん断補強鉄筋<br>降伏点強度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 軸方向鉄筋<br>(圧縮側)                     | 軸方向鉄筋<br>(引張側)                     |
|-------|------------|------------------|-------------|----------------------|--------------------------------------|-------------|------------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|
| No.1  | 500        | 466              | 1660        | 0.92                 | 0.15 (0.44)                          | D6 (SD345)  | 381.4                                    | 縦：D10-@50<br>横：D13-@50<br>(USD685) |                                    |
| No.2  |            |                  |             |                      | 0.33 (1.00)                          | D10 (SD390) | 445.0                                    |                                    |                                    |
| No.3  |            |                  |             |                      | 0.59 (1.78)                          | D13 (SD390) | 460.8                                    |                                    |                                    |
| No.4  |            | 450              | 1960        | 1.29                 | 0.33 (0.56)                          | D10 (SD390) | 455.0                                    | 縦：D16-@75<br>横：D16-@75<br>(USD685) | 縦：D10-@75<br>横：D16-@75<br>(USD685) |
| No.5  |            |                  |             |                      | 0.58 (1.00)                          | D13 (SD390) | 460.8                                    |                                    |                                    |
| No.6  |            |                  |             |                      | 0.91 (1.57)                          | D16 (SD390) | 403.8                                    |                                    |                                    |

キーワード 押抜きせん断破壊，RC スラブ，面部材，せん断耐力  
連絡先 〒135-8530 東京都江東区越中島三丁目 4 番 7 号 清水建設（株）技術研究所 TEL03-3820-5540

行い、その後、単調載荷により荷重が低下するまで載荷を行った。計測項目は、荷重、試験体底面変位、支承位置変位、鉄筋ひずみ、試験体底面のひび割れ幅とした。

### 3. 試験結果および考察

図-3 に荷重—変位関係を示す。なお、図の変位は、試験体底面中央で計測した値を使用している。本試験では、No.1～No.3 は変位が 10mm 程度、No.4～No.6 では 14mm 程度の時点で最大荷重を迎えた。図-4, 5 に、試験体 No.2, No.5 の切断面をそれぞれ示す。本試験では、いずれの試験体においても、載荷板縁から支持板に向かって、ひび割れが局所化していることが確認された。

図-6 にせん断耐力とせん断補強鉄筋比の関係を示す。鉄道標準の「面部材の設計押抜きせん断耐力式」による計算値は、いずれの試験体においても安全側の評価を与えているが、せん断耐力を過小評価していることが認められる。また、せん断スパン比が 1 以下となる、No.1～No.3 に関しては、せん断補強鉄筋量の増加により、せん断耐力の増加が確認された。一方で、せん断スパン比が 1 以上となる、No.4～No.6 に関しては、軸方向鉄筋の降伏が先行したことによる、曲げ破壊が確認され、せん断スパン比が小さい場合と比較して、大きなせん断耐力の増加は確認されなかった。

図-7 にせん断耐力とせん断スパン比の関係を示す。既往の照査式との比較として、同じく鉄道標準記載の設計せん断圧縮破壊耐力式<sup>1)</sup>との比較を行った場合、面部材の押抜きせん断式と比べ、実験に近い値を与えており、試験結果の傾向を捉えていることが確認できる。

### 4. おわりに

本試験の範囲では、せん断スパン比が 1 以下の場合、せん断補強鉄筋比の増加に伴い、せん断耐力が向上する傾向が確認された。今後は、フラットスラブ構造における床版設計の合理化に向けて、数値シミュレーションとの試験結果の比較も含めた、より精緻な検討を行っていきたい。

### 参考文献

- 1) 国土交通省鉄道局監修・鉄道総合技術研究所編：鉄道構造物等設計基準・同解説，コンクリート構造物，丸善，2004
- 2) 熊谷仁志，貫井泰，今井晃，寺山武志，小島功：RC 基礎スラブの面外せん断耐力に関する実験的研究，構造工学論文集，Vol.55B，pp.323-330，2009.3

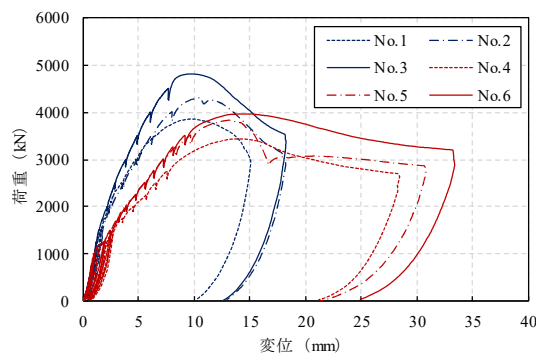


図-3 荷重—変位関係

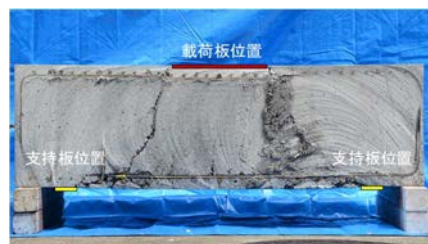


図-4 No. 2 の切断面

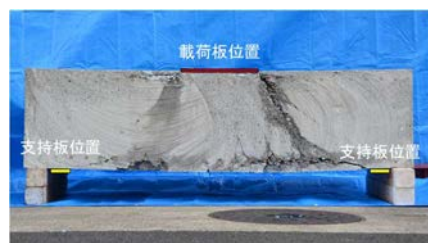


図-5 No. 5 の切断面

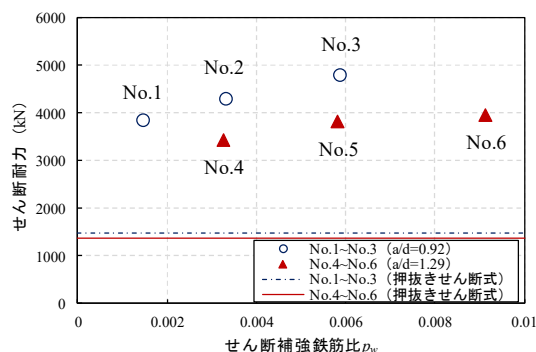
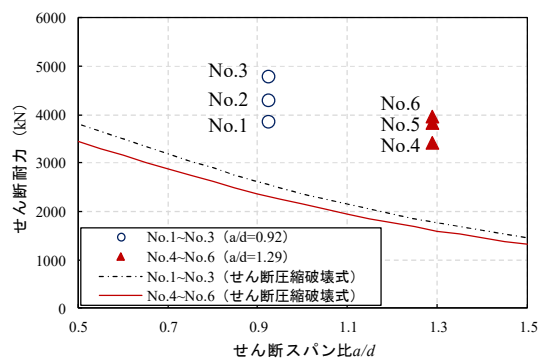


図-6 せん断耐力とせん断補強鉄筋比の関係



参考)  $V_{dd}$ : 設計せん断圧縮破壊耐力<sup>1)</sup>

$$V_{dd} = 0.19 \sqrt{f'_c} \sqrt{1000/d} \frac{1 + \sqrt{100p_c}}{2} \frac{5}{1 + (a/d)^2} b_w d / \gamma_b$$

※  $b_w$ は押抜きせん断式と同様の照査断面を仮定し算出。

図-7 せん断耐力とせん断スパン比の関係