

鋼材とRCとの複合構造物の太径鉄筋を用いた結合部の直接せん断実験

首都高速道路公団      ○正会員   森   健太郎

首都高速道路公団      正会員   角田   浩

清水・鴻池・東亜JV   正会員   高梨   智之

清水建設株式会社    正会員   井上   啓明

清水建設株式会社    正会員   吉武   謙二

清水建設株式会社    正会員   田尾   一憲

1. はじめに

近年、鋼殻の切開き接合や、鋼製地中連壁の本体利用等、鋼材とRCとの複合構造物が増加している。鋼材とRCの一体化には鉄筋を用いる方法がある。これまでの研究で、細径の接合鉄筋のせん断特性に関する実験の報告はあるが、太径鉄筋（D32～D51）に関してはない。そこで、本実験では太径鉄筋のせん断耐力やせん断バネ値を把握することを目的とし、実験を行った。

2. 実験概要

試験体概要:試験ケースを表1に、代表的な試験体の寸法と形状を図1に示す。接合鉄筋は、鋼材に溶接したカップラとスリーブを介して機械的に接合した。試験体の形状・寸法は「床版接合部押し抜きせん断試験」<sup>1)</sup>を参考にした。試験は、鉄筋径、軸力導入量、本数、せん断面位置の異なる9体について実施した。なお、接合鉄筋の定着長は12D（Dは鉄筋径）、コンクリートの圧縮強度は40N/mm<sup>2</sup>とした。

載荷方法および計測項目：載荷状況を図2に示す。載荷は静的単調載荷とし、左右フランジに荷重を当分配させるため球座を介して実施した。試験体のコンクリート部と試験体セット用ベース間には、石膏を敷き試験機と試験体との不陸を調整した。荷重は試験機によって計測し、せん断バネ値算定のため、フランジとコンクリート間に生ずる相対ずれをせん断鉄筋と同じ高さにおいて前後4ヵ所測定した。

3. 実験結果

荷重－平均相対ずれ関係を図3に示す。試験体 No.7 と No.9 は載荷能力(600kN)を超えたため、最大荷重を捉えることができなかった。図3に示すように、載荷終了後に試験体についてコンクリート部を除去し接合鉄筋の損傷状況

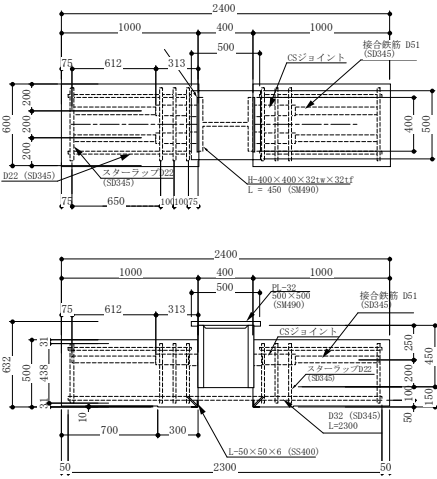


図1 試験体寸法および形状

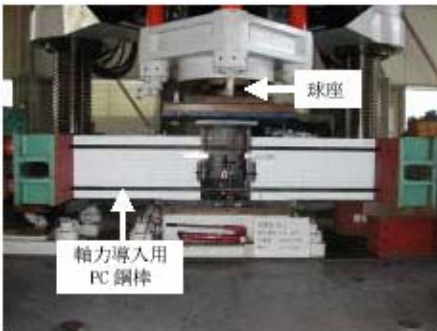


図2 載荷状況

表1 試験体および試験結果一覧

| 試験<br>No. | 軸力<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 接合鉄筋 |     | 定着長<br>(mm) | せん断面<br>位置 | 接合鉄筋                            |                                |           |                              | 実験値                   |                         | 計算値    |              |                 |                  |                |
|-----------|----------------------------|------|-----|-------------|------------|---------------------------------|--------------------------------|-----------|------------------------------|-----------------------|-------------------------|--------|--------------|-----------------|------------------|----------------|
|           |                            | 本数   | 呼び径 |             |            | 公称断面<br>積<br>(mm <sup>2</sup> ) | 引張降伏強度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) |           | 引張強度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | せん断<br>バネ値<br>(kN/mm) | せん断鉄筋 1 本あたりのせん断耐力 (kN) |        |              |                 |                  |                |
|           |                            |      |     |             |            |                                 | 規格値                            | 材料<br>試験値 |                              |                       | 降伏耐力                    | 最大耐力   | 規格値による<br>計算 |                 | 材料試験値による<br>計算   |                |
|           |                            |      |     |             |            |                                 |                                |           |                              |                       |                         |        | A            | f <sub>sy</sub> | f <sub>sy0</sub> | V <sub>y</sub> |
| 1         | 2.5                        | 4    | D32 | 384         | カップラ       | 794                             | 345                            | 387.8     | 600.6                        | 421.0                 | 435.0                   | 858.5  | 164.4        | 357.3           | 184.7            | 357.4          |
| 2         | 0.0                        |      |     |             |            |                                 |                                |           |                              | 305.3                 | 381.5                   | 776.0  |              |                 |                  |                |
| 3         | 2.5                        | 4    | D38 | 456         | カップラ       | 1140                            |                                | 393.3     | 603.5                        | 540.5                 | 566.0                   | 1167.5 | 236.0        | 513.0           | 269.0            | 513.0          |
| 4         | 5.0                        | 4    | D41 | 492         | カップラ       | 1340                            | 345                            | 399.8     | 602.7                        | 409.0                 | 636.8                   | 1295.3 | 277.4        | 603.0           | 321.4            | 603.0          |
| 5         | 0.0                        |      |     |             | スリーブ       |                                 |                                |           |                              | 1084.2                | 510.5                   | 1192.0 |              |                 |                  |                |
| 6         | 0.0                        |      |     |             | カップラ       |                                 |                                |           |                              | 484.8                 | 126.3                   | 103.3  |              |                 |                  |                |
| 7         | 5.0                        | 4    | D51 | 612         | カップラ       | 2027                            | 382.7                          | 578.2     | 616.3                        | 741.3                 | 1515.3                  | 419.6  | 912.2        | 465.4           | 912.2            |                |
| 8         | 5.0                        | 2    |     |             |            |                                 |                                |           | 806.1                        | 1016.0                | 2324.0                  |        |              |                 |                  |                |
| 9         | 0.0                        | 4    |     |             |            |                                 |                                |           | 827.2                        | 624.8                 | 1515.8                  |        |              |                 |                  |                |

※鉄筋の材質:SD345

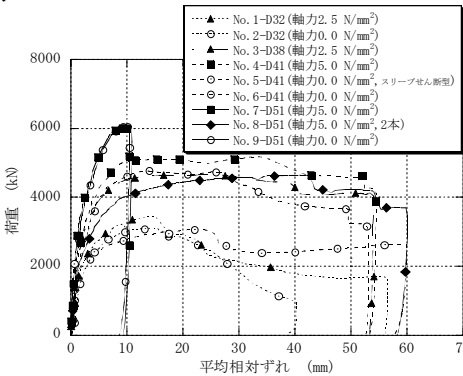


図3 荷重－平均相対ずれ関係

**キーワード：**直接せん断試験，せん断耐力，せん断バネ値

**連絡先：**〒160-0023 東京都新宿区西新宿 6-6-2 TEL (03)5320-1665 FAX (03)5320-1658

況を調べた。その結果、以下の2つの接合鉄筋の破壊パターンが確認できた。

- 1,カップラおよび中継ボルトの破壊
- 2,スリーブ内の中継ボルトと圧着鉄筋の間での破壊

ほぼ全ての接合鉄筋がカップラおよび中継ボルトの破壊であった。

試験結果を降伏耐力、せん断耐力、およびせん断バネ値に着目し、表1にまとめ、せん断耐力に関して図5に示した。なお、降伏耐力は「頭付きスタッドの押し抜きせん断試験方法（案）とスタッドに関する研究の現状」<sup>2)</sup>に準じて、せん断耐力の1/3の割線剛性を0.2mm オフセットした荷重とした。また、せん断バネ値は最大荷重の1/3での割線剛性とした。

表内のせん断耐力は下記の式(1)、(2)を基に算定した。

- (1)「鋼管矢板基礎設計施工便覧」<sup>3)</sup>方法

$$V = A \times f_{sy} \times 0.6$$

- (2)「H形鋼を芯材とする土留め壁本体利用の設計の手引き」<sup>4)</sup>の方法

$$V = 0.5 \times A \times (f'_{ck} \times E_c)^{0.5}$$

$$\text{但し } 500 \text{ N/mm}^2 \leq (f'_{ck} \times E_c)^{0.5} \leq 900 \text{ N/mm}^2$$

ここで、 $f'_{ck}$ はコンクリートの圧縮強度、 $E_c$ はコンクリートのヤング係数である。

鉄筋径が大きくなるとともに、せん断耐力が向上している。せん断耐力に関しては、式(1)、(2)より算出した値を全て上回った。以上より、本接合方式を用いた場合、トンネル技術協会の式(2)によりせん断耐力を算定できることがわかった。また、定着長12Dで十分なせん断耐力を有することが確認できた。

せん断バネ値と鉄筋径の関係を図6に示す。鉄筋径が大きくなるにつれ、せん断バネ値が向上した。また、本接合方式を用いたせん断バネ値は、接合鉄筋のせん断バネ値がφ22の頭付きスタッドのせん断バネ値に直径比の2乗を乗ずることにより算定できると仮定した式(3)に対して上回っていた。これは、太径のカップラを用いたためであると考えられる。

$$k_{sr} = 100 \times (\phi / 22)^2 \quad [\text{kN/mm}] \quad (3)$$

軸力のせん断特性に及ぼす影響を検証するため、試験体 No.1 と No.2, No.4 と No.6, No.7 と No.9 を比較する。軸力によりせん断耐力は若干増加する傾向にあるが、せん断バネ値は増加したものと減少したものがあつた。今回の実験では、軸力の影響による顕著な差異は見られなかった。

#### 4. まとめ

本実験で得られた知見を以下に示す。

- ・ コンクリート中でせん断力を受ける接合鉄筋の破壊パターンを把握することができた。
- ・ 本接合方式を用いた場合、(2)式により算定したせん断耐力を満足することがわかった。
- ・ 本接合方式を用いた場合、式(3)に示す2次推定式により算定したせん断バネ値を上回ることが確認できた。
- ・ 定着長12Dで十分なせん断耐力を有することが確認できた。

#### 参考文献

- 1) 鋼製地中連続壁協会：鋼製地中連続壁設計施工指針（案），1997。
- 2) （社）日本鋼構造協会：頭付きスタッドの押し抜きせん断試験方法（案）とスタッドに関する研究の現状，1996
- 3) （社）日本道路協会：鋼管矢板基礎設計施工便覧，1997
- 4) （社）日本トンネル技術協会：H形鋼を芯材とする土留め壁本体利用の設計手引き，2002



図4 接合鉄筋損傷状況写真

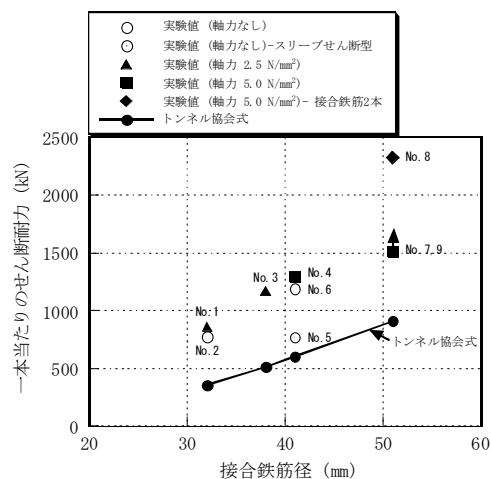


図5 せん断耐力－鉄筋径関係

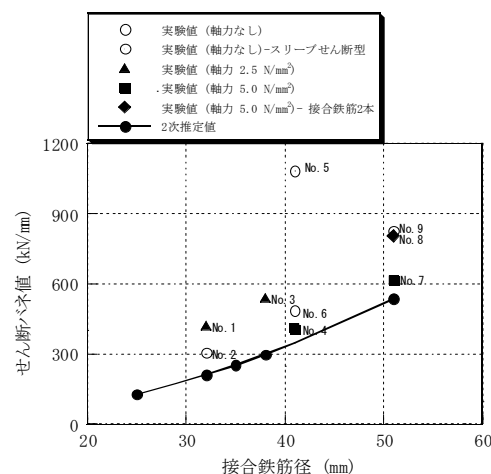


図6 せん断バネ値－鉄筋径関係