

## V-546

## 鉄筋が間隔を有する重ね継手部の破壊に関する研究

J R 東日本 上信越工事事務所 正会員 松尾 伸之

J R 東日本 東京工事事務所 正会員 成田 昌弘

## 1. はじめに

鉄筋の重ね継手は、各種継手の中でも施工の簡便な方法であるが、破壊メカニズムを作用する要素が多く、各要素が複合的に作用している。現在、重ね継手の設計で重ね継手の鉄筋が間隔を有した場合の耐力評価については、定式化されたものはない。今回、鉄筋が間隔を有する重ね継手の供試体を製作し、曲げを考慮した1点荷重試験を行ない、施工上の制約から鉄筋が離れを有する重ね継手を使用する場合の破壊形態や応力状態について検討した。

## 2. 試験概要

供試体は図-1に示すように重ね継手を上側鉄筋と下側鉄筋の中心部にとり、補強筋を重ね継手部に配筋しない簡略化したモデルとした。「重ね継手部の鉄筋の長さ $L_s$ 」、「重ね継手鉄筋の離れ $s$ 」、「鉄筋径および鉄筋本数」、「有効高さ $d$ 」をパラメータとして製作した。荷重は重ね継手の中心部での1点荷重とし、0.5tfピッチで供試体が破壊するまで荷重した。測定項目は、荷重荷重、初期ひび割れ荷重、破壊荷重、供試体のひび割れ形状とした。使用した鉄筋はSD345で、コンクリートの設計基準強度は240kgf/cm<sup>2</sup>とした。

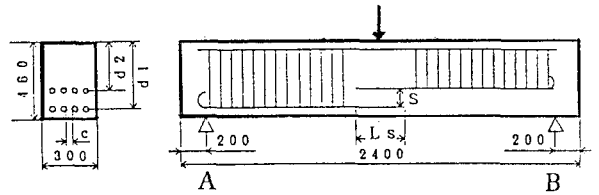


図-1 供試体の形状

表-1 供試体の寸法と破壊結果

| No | 鉄筋種類<br>本数 | $d_1$<br>(mm) | $d_2$<br>(mm) | $s$<br>(mm) | $L$<br>(mm) | $L \times \phi$ | 破壊荷重<br>(t) |
|----|------------|---------------|---------------|-------------|-------------|-----------------|-------------|
| 1  | D10-7      | 400           | 400           | 0           | 20          | 191             | 15.0        |
| 2  | D10-7      | 400           | 350           | 50          | 20          | 191             | 11.0        |
| 3  | D13-4      | 400           | 400           | 0           | 10          | 127             | 15.6        |
| 4  | D13-4      | 400           | 400           | 0           | 20          | 254             | 17.0        |
| 5  | D13-4      | 400           | 350           | 50          | 15          | 191             | 12.5        |
| 6  | D13-4      | 400           | 350           | 50          | 20          | 254             | 11.3        |
| 7  | D13-4      | 400           | 350           | 50          | 30          | 381             | 16.3        |
| 8  | D13-4      | 350           | 300           | 50          | 10          | 127             | 11.1        |
| 9  | D13-4      | 350           | 300           | 50          | 20          | 254             | 13.0        |
| 10 | D13-4      | 400           | 300           | 100         | 15          | 191             | 9.0         |
| 11 | D13-4      | 400           | 300           | 100         | 20          | 254             | 12.5        |
| 12 | D13-4      | 400           | 300           | 100         | 30          | 381             | 14.5        |
| 13 | D13-4      | 400           | 250           | 150         | 15          | 191             | 9.0         |
| 14 | D13-4      | 400           | 250           | 150         | 20          | 254             | 10.4        |
| 15 | D13-4      | 400           | 250           | 150         | 30          | 381             | 12.4        |
| 16 | D13-5      | 400           | 350           | 50          | 16          | 203             | 11.0        |
| 17 | D13-5      | 400           | 300           | 100         | 16          | 203             | 9.5         |
| 18 | D16-4      | 400           | 350           | 50          | 15          | 239             | 17.7        |
| 19 | D16-4      | 400           | 350           | 50          | 20          | 318             | 20.0        |
| 20 | D16-4      | 400           | 350           | 50          | 30          | 477             | 22.9        |
| 21 | D16-4      | 400           | 300           | 100         | 20          | 318             | 14.5        |
| 22 | D16-4      | 400           | 250           | 150         | 20          | 318             | 10.5        |
| 23 | D16-5      | 400           | 350           | 50          | 20          | 318             | 17.8        |
| 24 | D16-6      | 400           | 350           | 50          | 20          | 318             | 18.2        |

## 3. 試験結果および考察

破壊による試験結果を表-1に、破壊形状を図-2に示す。ひび割れは、下側鉄筋の先端の支点B側から発生する。重ね継手鉄筋の離れが10cmまでの時と15cmの時で、初期ひび割れ後のひび割れ形状と破壊形態が2つに分かれた。

重ね継手鉄筋の離れが10cmまでの時は上側の鉄筋に沿って、ひび割れが入るものが多い。その後、載荷点における曲げの影響が大きいため、載荷点に向かってひびが入り、破壊に至った。この形状から、破壊形態は、上側の異形鉄筋とその周りを囲むコンクリートとの付着割裂破壊で起こるものと考えられる。重ね継手鉄筋の離れが15cmになると上下の鉄筋間にひび割れが入るものが多い。その後のひび割れ順序は、離れ10cmまでの時と同じであるが、離れ15cmの供試体の中にはひび割れと同時に破壊する場合もあった。破壊形状から判断すると、重ね継手鉄筋

Orangunらの式による付着強度 $\tau$  (kgf/cm<sup>2</sup>)

$$\tau = \left( 1.2 + \frac{3 \cdot c'}{d_b} + 50 \cdot \frac{d_b}{\ell_s} \right) \cdot 0.265 \cdot \sqrt{\sigma}$$

$c'$  : 鉄筋間隔の半分(cm)  $d_b$  : 鉄筋径(cm)  
 $\ell_s$  : 付着長さ(cm)  $\sigma$  : コンクリート強度(kgf/cm<sup>2</sup>)

曲げ耐力算定式  $M$  (tfm)

$$M = \tau \cdot N \cdot \pi \cdot d_b \cdot \ell_s \cdot \left( d - \frac{a}{2} \right) / 100$$

$N$  : 鉄筋本数  $d$  : 上側鉄筋の有効高さ(cm)  $a$  : 圧縮側の有効高さ(cm)

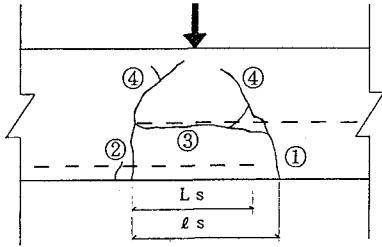


図-2 破壊形状 (①~④の順にひび割れ発生)

の離れが15cmの時の破壊状況は上側鉄筋と周辺のコンクリートの付着割裂破壊よりも先に、上下鉄筋間のコンクリート自体の破壊がおきているものと考えられる。

そこで、重ね継手鉄筋の離れが10cm以下(0cmを除く)の供試体に着目し、付着割裂強度算定式として用いられている Orangunらの式で、破壊耐力を計算し、実験結果の破壊耐力との比較を行った。(表-2)ただし、付着長は、初期ひび割れが上側鉄筋にかかった位置から上側鉄筋の先端まで( $\ell_s$ )とした。破壊荷重時のモーメントと Orangunらの計算式から求められるモーメント( $M_1$ )とを比較すると両者の比( $M/M_1$ )は平均で1.1程度となり、曲げとせん断力の両方を受けている状態において、離れを有した重ね継手部分の曲げ耐力は、付着割裂強度算定式を用いて耐力評価できることがわかる。

同じ式を使い、付着長を重ね継手長さ( $L_s$ )とした場合の曲げモーメント( $M_2$ )を計算し、同様に比( $M/M_2$ )をとると、すべての供試体で( $M/M_1$ )より( $M/M_2$ )の値の方が大きくなった。これは、付着長を短くとしたので( $M_2$ )が小さく計算されているためである。

したがって、設計においては、初期ひび割れの発生位置が下側鉄筋の先端より外側から発生するので、重ね継手の鉄筋間隔に着目し、重ね継手長さ( $L_s$ )を付着長に取り、付着割裂強度式を用いれば、安全側の耐力を得ることができる。

#### 4. おわりに

鉄筋が離れを有する重ね継手部の曲げ耐力は、鉄筋の間隔によって異なっている。離れが比較的小さい場合の重ね継手は、既存の付着割裂強度算定式で耐力評価ができる。一方、離れが比較的大きい場合は、鉄筋の効果が十分に現れないまま破壊することがあり、付着割裂強度算定式で求められる破壊耐力よりも小さい値で破壊する場合がある。今後、鉄筋の離れの考え方について、鉄筋径等との関連性を検討する必要があると考えている。

#### 参考文献

C.O.Orangun,J.O.Jirsa,J.E.Breen:A Reevaluation of Test Data on Development Length and Splices, ACI Journal, Title No.74-11, March 1977, pp.114-122

表-2 モーメントの比較

| No | 付着長<br>$\ell_s$ cm | M<br>t・m | M <sub>1</sub><br>t・m | M <sub>2</sub><br>t・m | M/M <sub>1</sub> | M/M <sub>2</sub> |
|----|--------------------|----------|-----------------------|-----------------------|------------------|------------------|
| 2  | 22                 | 5.5      | 7.2                   | 5.7                   | 0.76             | 0.96             |
| 5  | 20                 | 6.3      | 4.6                   | 3.9                   | 1.30             | 1.59             |
| 6  | 26                 | 5.7      | 4.8                   | 4.8                   | 0.99             | 1.19             |
| 7  | 40                 | 8.2      | 7.8                   | 6.4                   | 1.04             | 1.27             |
| 8  | 27                 | 5.6      | 5.0                   | 2.6                   | 1.11             | 2.10             |
| 9  | 28                 | 6.5      | 5.0                   | 4.0                   | 1.30             | 1.61             |
| 10 | 20                 | 4.5      | 4.0                   | 3.3                   | 1.13             | 1.35             |
| 11 | 35                 | 6.3      | 5.9                   | 4.0                   | 1.06             | 1.54             |
| 12 | 48                 | 7.3      | 7.6                   | 7.6                   | 0.96             | 1.33             |
| 16 | 20                 | 5.5      | 5.9                   | 4.9                   | 0.93             | 1.13             |
| 17 | 20                 | 4.8      | 5.0                   | 4.1                   | 0.95             | 1.15             |
| 18 | 32                 | 8.9      | 7.5                   | 5.3                   | 1.18             | 1.68             |
| 19 | 35                 | 10.0     | 8.0                   | 6.3                   | 1.26             | 1.59             |
| 20 | 55                 | 11.5     | 11.0                  | 8.4                   | 1.04             | 1.37             |
| 21 | 32                 | 7.3      | 6.1                   | 5.3                   | 1.18             | 1.36             |
| 23 | 32                 | 8.9      | 8.9                   | 7.7                   | 1.00             | 1.15             |
| 24 | 32                 | 9.1      | 10.4                  | 9.1                   | 0.87             | 1.00             |

M : 破壊曲げモーメント

M<sub>1</sub> : 付着長を $\ell_s$ としたときの曲げモーメント

M<sub>2</sub> : 付着長を $L_s$ としたときの曲げモーメント