

付着型ずれ止めの耐力および靱性に関する研究

山口大学大学院 学生員    〇山本大祐                      山口大学 正会員    高海克彦  
山口大学工学部 正会員    濱田純夫                      (株)ピー・エス    石井暢治

1. はじめに

現在、鋼とコンクリートの複合構造には、ずれ止めとして頭付きスタッドジベルが多用されている。しかし、近年の床版支間の拡大化などに伴い、通常ずれ止めに作用するせん断力のほかに軸引張力を考慮しなければならない。そこで本研究ではT形鋼をH形鋼の上フランジ部に溶接したものをずれ止めとして考案した(以下付着型ずれ止めと称す)。これまでの研究の結果、スタッドに比べ付着型ずれ止めは、軸引張力を受けた場合においても十分なせん断耐力を有していることが確認されている。しかしながら、本研究で提案したずれ止めは付着を基本にするため準ぜい性的なずれ特性が予想される。そこでT形鋼ウェブ中心に貫通鉄筋を設置し、靱性確保を期待した。本研究の目的は単調載荷、および漸増繰返し載荷の2通りの押抜きせん断試験を行い、付着型ずれ止めの耐力、およびずれ特性を検討するものである。

2. 実験供試体の詳細

実験供試体の寸法は、頭付きスタッドジベルの押抜きせん断試験方法(案)に基づきコンクリート部の呼称寸法W150×D400×H400mm、H形鋼の呼称寸法200×200×8×12mmのものを使用し、ずれ止め部のT形鋼については呼称寸法100×75×6×9mmのものをを用いた。供試体の種類はT形鋼とコンクリートの自然付着のみで合成している供試体(以下P0)、靱性を持たせるため貫通鉄筋(D13 異形鉄筋)をT形鋼ウェブ中心に設置供試体(P0-T)を作製した。また、せん断耐力の向上を期待し、T形鋼フランジ上面にD10 異形鉄筋1本溶接した供試体(以下P1)の計3種類である。

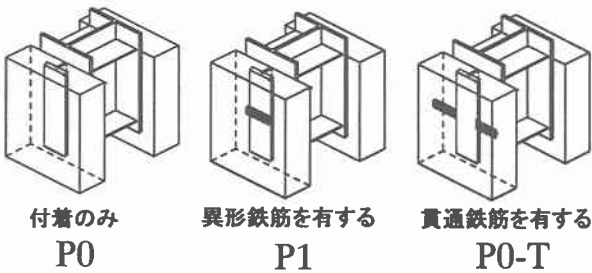


図-1 実験供試体の詳細

3. 試験概要

載荷はH形鋼の突出部に油圧式万能試験機(MAX300tf)を使用し、付着面にせん断力を導入した。単調載荷試験については、コンクリート、もしくはT形鋼の溶接部が波断するまで載荷を行った。

漸増繰返し試験は変位制御による載荷、除荷の漸増繰返し載荷を行った。載荷手順については、相対ずれが1.0mmまで0.2mm増すごとに、それ以降、4.0mmまで1.0mm増すごとに、載荷、除荷を繰返した。さらに4.0mm以降、破壊まで1.0mmの増分間隔で単調載荷を行った。

測定項目は、①コンクリートとH形鋼接合部のずれ量および荷重、②最大荷重、および③破壊状況である。

4. 単調載荷試験結果および考察

4.1 破壊状況

P0の破壊に関して、載荷初期から最大荷重に達するまで、ほとんどひび割れが認められず、最大荷重に達し付着が切れた後はそのままT形鋼が抜落ちる結果になった。P0-Tについても、P0と同様な破壊状況を示した。またP1についてはコンクリート全般に細かいひび割れが発生した。この理由は一般的にコンクリートとの付着が大きい鋼材は、ひび割れ分散性が良いからである。

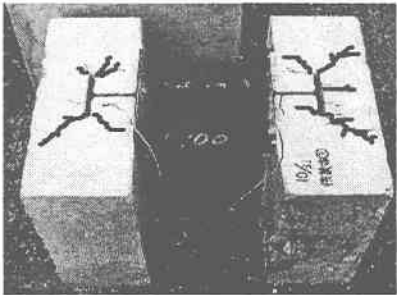


写真-1 破壊状況

#### 4.2 荷重-ずれ特性(単調載荷試験)

P0 は載荷初期から T 形鋼とコンクリートの付着が切れるまでずれが発生せず荷重のみが増加し、付着が切れた後は最大荷重を保持しつつ、ずれが増加していることが分かる。P1 は載荷初期においては P0 と同様な傾向を示しているが付着が切れた後も荷重が増大するが、ずれが約 4mm 発生した時点から急激に荷重が減少した。これは異形鉄筋がコンクリートと T 形鋼フランジ上面の界面に乗り上げるためである。

P0-T は、付着が切れた後も緩やかに荷重が増大し続けた。P0-T の耐力は P0 の約 1.5 倍になり、最大荷重点の最大ずれ量は約 11mm に達した。これは貫通鉄筋の効果で、付着が切れ始めてもずれ止めとしての効果が期待できる。

#### 5. 結果及び考察(漸増繰返し試験)

図-3、図-4 に示すように、載荷・除荷の繰返し回数に関係なく、載荷時のずれ点における最大荷重到達点の傾きに変化は見られない。貫通鉄筋の効果はずれ止めのせん断耐力を増大させ P0 の約 1.5 倍となった。また、P0-T では、P0 に比べ、ずれ量の回復が多い。したがって、貫通鉄筋を入れることで、付着型ずれ止めの靱性を確保することができたといえる。

#### 6. 理論計算法

合成桁橋梁に付着型ずれ止めを用いた場合の適用性について考察した。

図-5 に示す合成桁断面のスパン中央に集中荷重  $P$  (kN) が作用したときの鋼桁下フランジの応力が、許容応力度  $\sigma_y=140$  (N/mm<sup>2</sup>) に達する時の付着応力  $\tau$  (N/mm<sup>2</sup>) を次式で導く。計算結果を表-2 に示す。

$$Q = A_c \cdot \frac{d_c}{n} \quad \begin{array}{l} Q: \text{コンクリート断面の断面 1 次モーメント (mm}^3\text{)} \\ A_c: \text{コンクリートスラブの断面積 (mm}^2\text{)} \\ d_c: \text{合成桁中立軸から鋼桁下縁の距離 (mm)} \end{array}$$

$$H_p = \frac{Q \cdot P / 2}{I_v} \quad \begin{array}{l} n: \text{ヤング係数比}=7 \\ H_p: \text{水平せん断力 (N/mm}^2\text{)} \end{array}$$

$$\tau = \frac{H_p}{u} \quad \begin{array}{l} I_v: \text{合成桁全体の断面 2 次モーメント (mm}^4\text{)} \\ u: \text{付着周長 (mm)} \end{array}$$

また、実験から得られた付着強度  $\tau_{max}$  の結果を表-3 に示す。ただし、付着強度は最大荷重  $P$  (N) を総付着面積  $A$  (mm<sup>2</sup>) を除して算出した。

#### 7. 結論

- (1) 貫通鉄筋を T 形鋼ウェブ中央に設置した場合、付着が切れた後も最大荷重が緩やかに増大し、最大ずれ量は約 11mm に増加した。
- (2) 繰返し荷重を受ける場合においても、付着型ずれ止めは貫通鉄筋を有することで、準ぜい性なずれ特性を示さないことがわかった。
- (3) 異形鉄筋を有する場合は付着面積、および支圧面が増えるため、付着強度が増加した。しかし、最大荷重後は異形鉄筋がコンクリートと T 形鋼の界面に乗り上げるため貫通鉄筋と併用することが有効である。
- (4) 理論計算法により算出された付着応力に比して、実験から得られた付着強度が安全側の値を示した。実橋梁において付着型ずれ止めを用いた場合においても十分に実用に耐えられることがいえる。

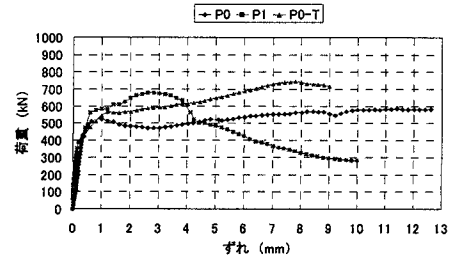


図-2 荷重 - ずれ関係 (P0 P0-T P1)

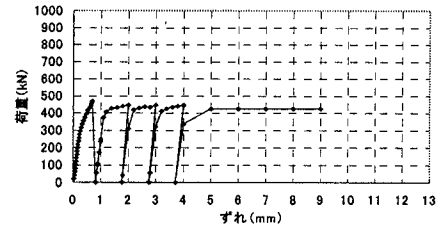


図-3 荷重 - ずれ関係 (P0)

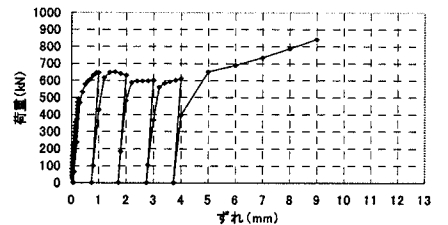


図-4 荷重 - ずれ関係 (P0-T)

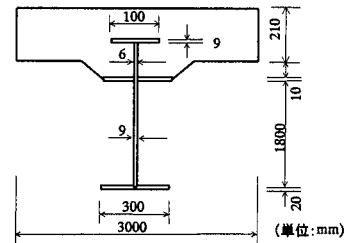


図-5 合成桁断面図

表-2 理論計算法による付着応力

|           |                |   |                             |
|-----------|----------------|---|-----------------------------|
| スパン長      | L              | → | 20 (m)                      |
| 集中荷重      | P              | → | 633.9 (kN)                  |
| 断面1次モーメント | Q              | → | 23060328 (mm <sup>3</sup> ) |
| 水平せん断応力度  | H <sub>p</sub> | → | 0.19 (N/mm <sup>2</sup> )   |
| 付着周長      | u              | → | 581 (mm)                    |
| 付着応力      | τ              | → | 0.32 (N/mm <sup>2</sup> )   |

表-3 実験値による付着応力

|      | 最大荷重<br>(N) | 付着面積<br>(mm <sup>2</sup> ) | 付着強度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) |
|------|-------------|----------------------------|------------------------------|
| P0   | 585982      | 375200                     | 1.56                         |
| P0-T | 717260      | 376340                     | 1.91                         |
| P1   | 680190      | 375200                     | 1.81                         |