

実構造物が受ける荷重パターンを考慮したスタッドの静的耐荷挙動

撰南大学 工学部 学生員 ○山川 糧平
 駒井エンジニアリング(株) 伊藤 秀栄 撰南大学 工学部 正会員 平城 弘一
 松尾橋梁(株) 正会員 武藤 和好 日本スタッドウェルディング(株) 正会員 重田 尚孝

1. まえがき 近年、建設業界では、コスト削減を目指して盛んに合理化が進められ、鋼とコンクリートの合成・複合構造物を活用した新しい構造形式が採用されることが多くなっている。それに伴い、合成・複合構造の性能を確保するために必要な「ずれ止め」の要求性能が高まっている。しかし、ずれ止めを新しい構造形式に適用する場合、従来の強度特性などをそのまま適用するには、設計上 支障をきたす場合がある、と考えられる。例えば、連続合成桁のような場合で、中間支点部の床版コンクリートは常に引張域となり、また支間中央部や桁端部の床版コンクリートでは荷重状態によって応力状態が圧縮域または引張域となる。それに対してずれ止めは、連続合成桁の中間支点部付近で完全両振り、支間中央部で完全両振りもしくは1/4点付近では部分両振り、桁端では完全片振りの繰返し水平せん断力を受ける、と考えられる。そこで本研究では、ずれ止めとして「頭付きスタッド(以下、スタッドと略記する)」を研究対象とし、実構造物の床版コンクリートが受ける荷重パターン(引張域・圧縮域)に対応でき、同時に、スタッドへの荷重パターン(完全片振り・部分両振り・完全両振り)の水平せん断力を作用させることができる試験を実施することにした。本文は静的試験から得られた結果を述べるものである。

2. 実験の概要 実験に使用する試験体の形状・寸法を図1に示す。試験体の形状は、H形鋼(長さ300mm)のウェブ中央を長さ方向に切断してCT形断面とし、そのフランジ表面に1本(下部の荷重側)、または4本(上部の固定側)のスタッド(φ13×75)をそれぞれ溶植する。それらのスタッドは1つのコンクリートブロック内に埋め込まれている。試験対象とする下部CT形鋼のフランジ端面に上下の力を作用させて、コンクリートブロックに引張または圧縮域の応力状態を再現し、同時にスタッドへは正・負または両振りのせん断力を作用させることができる。表1に試験体の種類を示す。試験体数は全部で12体、試験パラメータは荷重パターンと荷重方法である。なお、引張域での部分両振りの荷重試験(STP)では、最小荷重(圧縮方向)で5kNを一定に保持して、最大荷重を漸増繰返し荷重で行った。使用コンクリートの圧縮強度は60.5N/mm²、ヤング係数は36.6×10³N/mm²であった。

3. 試験結果および考察 表2に静的試験結果の一覧を示す。最大せん断耐力(Q_{max})は、完全両振り(STC)の試験体を除き、ほぼ60kN程度であり、この値はスタッド材の引張強度

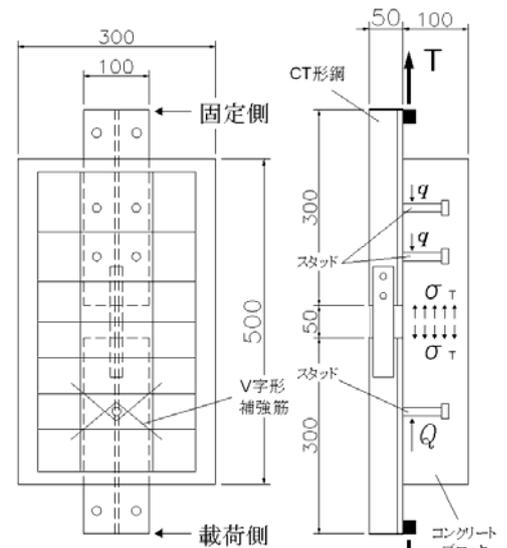


図1 試験体の概要

表1 試験体の種類

| 試験体名 | 荷重パターン | 荷重方法 |
|-------|-----------------|-------|
| STA-1 | 引張域での引張荷重 | 単調増加 |
| STA-2 | | 漸増繰返し |
| STA-3 | | 漸増繰返し |
| STP-1 | 引張域での部分両振り荷重 | 漸増繰返し |
| STP-2 | | |
| STP-3 | | |
| STC-1 | 引張・圧縮域での完全両振り荷重 | 漸増繰返し |
| STC-2 | | |
| STC-3 | | |
| SCA-1 | 圧縮域での圧縮荷重 | 単調増加 |
| SCA-2 | | 漸増繰返し |
| SCA-3 | | 漸増繰返し |

表2 試験結果一覧

| 試験体名 | 最大せん断耐力 ^{*1} Q _{max} (kN/本) | ずれ定数 ^{*2} K (kN/mm) | 破壊形式 |
|-------|--|---------------------------------|----------------|
| STA-1 | 58.98 | 195 | スタッド軸部破壊 |
| STA-2 | 59.18 | 204 | コンクリートの斜めせん断破壊 |
| STA-3 | 59.34 | 139 | スタッド軸部破壊 |
| STA平均 | 59.17 | 179 | - |
| STP-1 | 60.09 | 144 | スタッド軸部破壊 |
| STP-2 | 58.13 | 217 | |
| STP-3 | 63.50 | 185 | |
| STP平均 | 60.58 | 182 | - |
| STC-1 | 55.82 | - | スタッド軸部破壊(引張側) |
| STC-2 | 54.21 | 319・318 ^{*3} | スタッド軸部破壊(圧縮側) |
| STC-3 | 52.60 | 346・317 | スタッド軸部破壊(引張側) |
| STC平均 | 54.21 | 325 | - |
| SCA-1 | 58.60 | 297 | スタッド軸部破壊 |
| SCA-2 | 64.42 | 399 | |
| SCA-3 | 65.58 | 253 | |
| SCA平均 | 62.87 | 316 | - |

*1: 最大せん断耐力=作用せん断力のピーク値
 *2: ずれ定数=Q_{max}/3 の割線剛性 *3: (引張側・圧縮側)
 $T_u = f_{su} \cdot A_s = 53.07 \sim 66.33 \text{ kN}$
 $(f_{su} = 400 \sim 500 \text{ N/mm}^2, A_s = \pi d_s^2/4, d_s = 13\text{mm})$

キーワード ずれ止め, スタッド, せん断耐力, ずれ性状, 残留ずれ

連絡先 〒572-8508 大阪府寝屋川市池田中町17番8号 撰南大学 工学部 構造工学研究室 TEL: 072-839-9127

(Tu)の平均値(約 59.7kN)に近いものであった。この結果より、スタッドが水平せん断力を受けて軸部破壊する場合、スタッドの最大せん断耐力はスタッド材の引張強度の平均値とほぼ等しい、と考えられる。また、STA-2、STP-3ではスタッド軸部破壊直前にコンクリートの斜めせん断破壊を呈していた。ただし、完全両振りの場合、最大せん断耐力は 54kN 程度となり、スタッド材の引張強度より 1 割程度低い値を示していた。ずれ定数(K)は、引張域での引張载荷(STA)と引張域での部分両振り载荷(STP)の平均値が、180kN/mm 程度とほぼ等しかった。それに対して、完全両振り载荷(STC)の K(平均値)は 325kN/mm(STA, STP の約 1.81 倍)、同じく、圧縮域での圧縮载荷(SCA)の K(平均値)は 316kN/mm(STA, STP の約 1.75 倍)で、完全両振り载荷による結果が最も高かった。

図2～図4に各载荷パターンの代表的な試験体の作用せん断力と相対ずれの関係を示す。同図にはコンクリート強度 23.1N/mm²の結果も併記した。コンクリート強度の違いで比較すると、いずれの载荷パターンでも大きくずれ性状が異なっていることがわかる。

図5～図7に各载荷パターンの漸増载荷試験結果から得られた、作用せん断力と残留ずれの関係を示す。図6についてのみ、コンクリート強度 23.1N/mm²の結果も併記した。これらの図より、各载荷パターンを受けたスタッドのずれ変形が弾性域から塑性域へと推移していく様子わかる。また、図6からはコンクリート強度の違いによる、残留ずれ性状の違いを明らかにすることができた。図2～図4と図5～図7とを比較すると、残留ずれが大きくなるに伴い、相対ずれと残留ずれとが等価になることがわかる。つまり、スタッド自身が降伏点に達する程度を示唆している、と伺える。

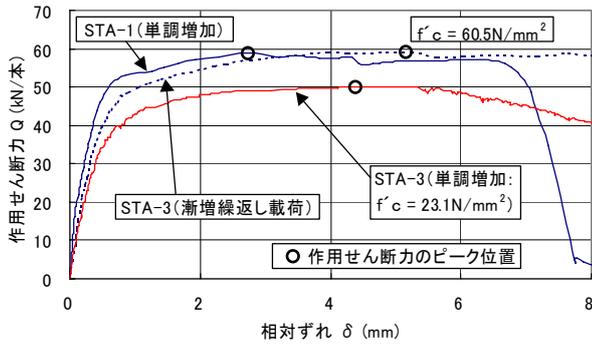


図2 作用せん断力と相対ずれの関係 (引張域での引張载荷)

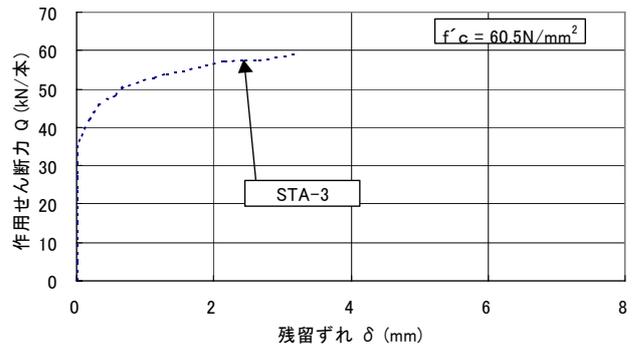


図5 作用せん断力と残留ずれの関係 (引張域での引張载荷)

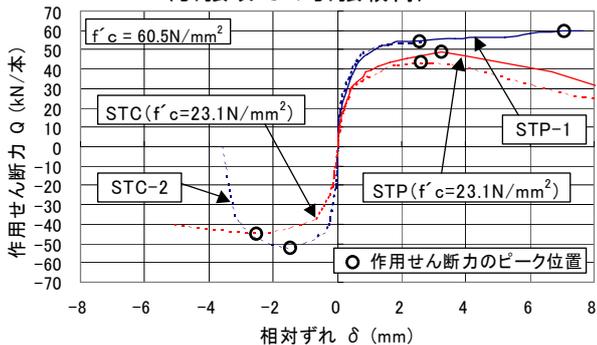


図3 作用せん断力と相対ずれの関係 [(部分・完全) 両振り载荷]

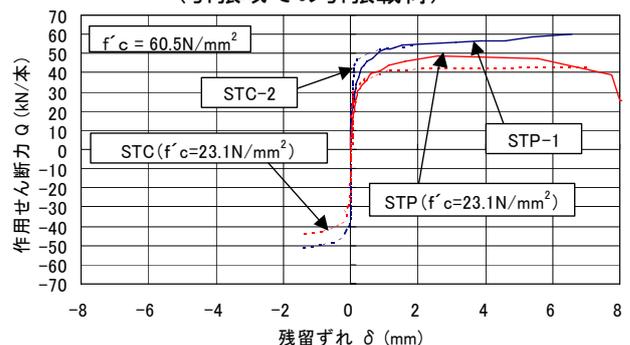


図6 作用せん断力と残留ずれの関係 [(部分・完全) 両振り载荷]

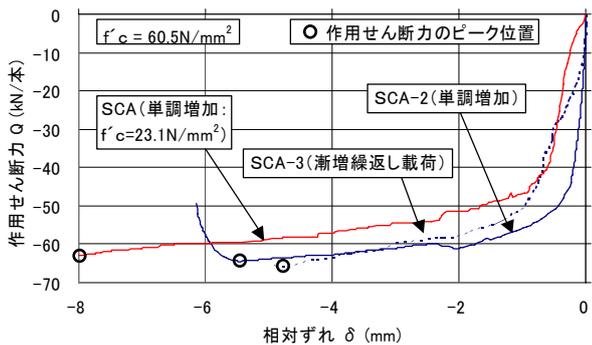


図4 作用せん断力と相対ずれの関係 (圧縮域での圧縮载荷)

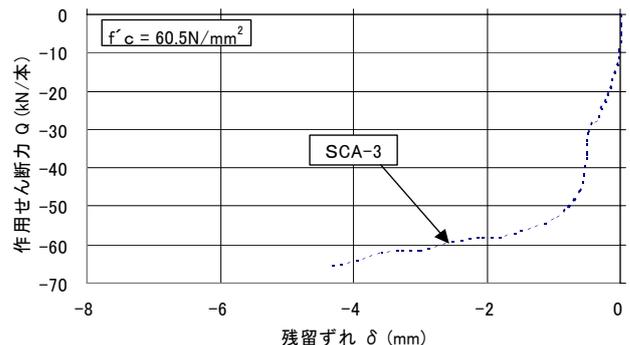


図7 作用せん断力と残留ずれの関係 (圧縮域での圧縮载荷)