

簡易押抜き試験による頭付きスタッドの疲労強度特性

日本スタッドウェルディング 正会員 ○馬場 敏

川田工業 正会員 吉田賢二

近畿大学 正会員 東山浩士

大阪工業大学 フェロー 松井繁之

1. はじめに 鋼コンクリート構造物の一体化を目的として用いられる頭付きスタッド（以下、スタッド）のせん断強度，せん断-ずれ関係および疲労強度特性を評価する方法として，日本鋼構造協会の押抜き試験方法¹⁾が標準化されている．本研究では標準押抜き試験（以下，標準試験）に替わる新しい試験方法の提案を目的に，スタッド単体による簡易押抜き試験（以下，簡易試験）を実施し，標準試験との疲労強度特性を比較する．また，一般的なスタッド溶接用フェルール（以下，従来型フェルール）と著者らの研究²⁾で開発している改良型フェルールの2種類を用いて，両者の疲労強度特性の違いも併せて検証する．

2. スタッド材料および使用フェルール 試験体製作に使用したスタッドは $\phi 16 \times 60$ (JIS B 1198)とし，フェルールは下部に排気溝が設けられた従来型と，溶接時に発生する高温ガスを上部の排気溝から噴出させる構造を持つ改良型の2種類を用いた．フェルール形状とフェルール毎のスタッド溶接外観を図-1に示す．改良型フェルールを用いることで，鋼板側のスタッド溶接止端部は滑らかな形状となることから，既往の研究²⁾ではスタッド溶接部の疲労強度向上に効果があると報告している．

3. 試験体および試験方法 試験体の概要と試験状況を写真-1および写真-2に，試験治具の概略寸法を図-2に示す．試験体は $170\text{mm} \times 22\text{mm} \times 270\text{mm}$ (SS400)のベースプレート中央部にスタッド1本を溶接しており，従来型フェルールおよび改良型フェルールを用いて溶接したスタッドをそれぞれ従来型スタッドと改良型スタッドとした．さらに，標準試験と同様にスタッドをコンクリートに埋設した状態を再現するため，ベースプレート中央部には角形鋼管 $100\text{mm} \times 100\text{mm} \times 3.2\text{mm}$ (STKR400)を設置し，鋼管内部に圧縮強度 23.8 N/mm^2 のコンクリートを充填している．コンクリートの配合を表-1に示す．本試験では荷重位置（ベースプレート面から 18mm ）のずれを防止するため，荷重板の前方にはフラットローラーを挿入するとともに，浮き上がり防止板を設置した．浮き上がり防止板はスタッドのき裂発生時から破壊に至るまで完全固定することなく，コイルスプリングによ

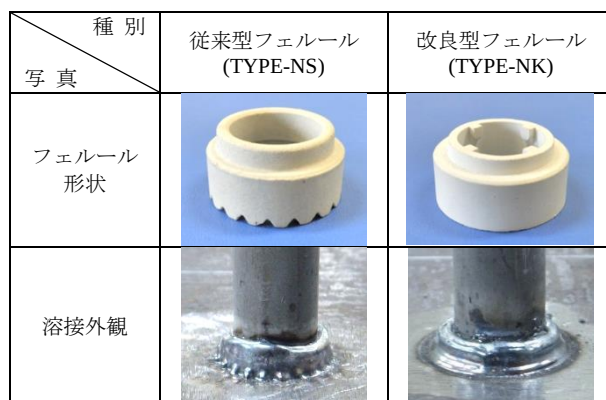
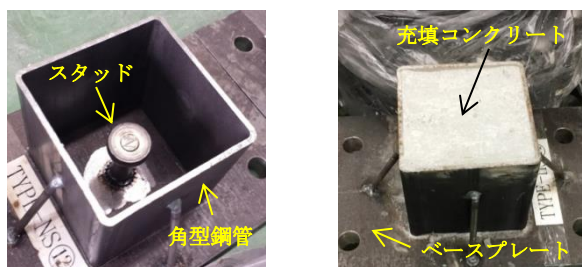


図-1 フェルール形状および溶接外観



(a) 打設前

(b) 打設後

写真-1 試験体概要

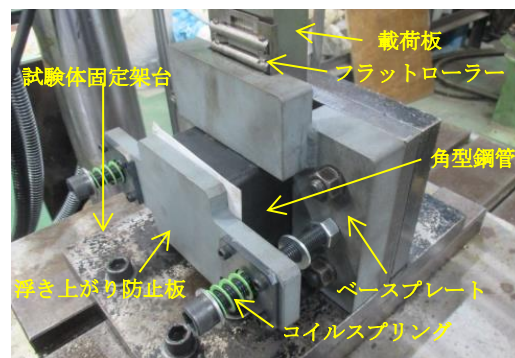


写真-2 試験状況

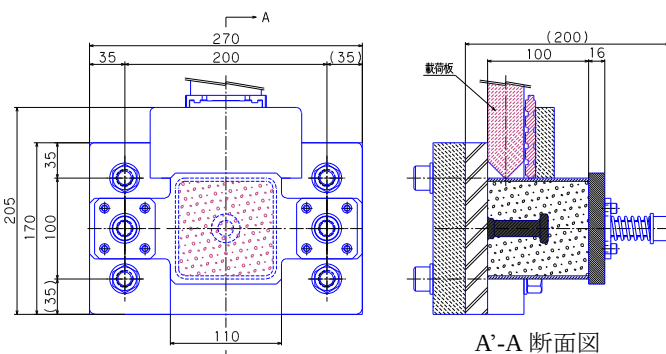


図-2 試験治具の概略寸法

表-1 コンクリート配合表

割合(%)		単位量(kg/m ³)				
水セメント比	細骨材率	水	セメント	細骨材	粗骨材	混和剤
53.0	41.4	170	321	787	1076	3.21

キーワード 押抜きせん断試験，疲労強度，改良型フェルール，スタッド溶接

連絡先 〒529-1422 滋賀県東近江市五個荘小幡町 474 番地 TEL 0748-48-4600

り押さえつけた状態で試験を行った。この構造により破断したスタッドを含む角型鋼管がベースプレートよりずれる際、破断してベースプレートに残るスタッド溶接部が障害とならないように配慮している。試験時のせん断応力振幅は 80, 100, 120, 150N/mm² の計 4 パターンとし、完全片振りの荷重制御で載荷速度は 3Hz としている。この条件下で 2 種類のフェルルールによる試験体を各 3 体準備して試験を実施した。

4. 簡易押抜きせん断疲労試験 疲労強度特性のばらつきを評価するため、本研究では対数正規分布^{3), 4)}による平均疲労寿命で S-N 曲線を求めた。簡易試験による疲労強度特性を図-3 に、試験体の代表的な破壊形態を写真-3 に示す。せん断応力振幅 80~150N/mm² における改良型スタッドの疲労寿命は、従来型スタッドに比べて 1.08~1.87 倍とばらつきがみられたが、両 S-N 曲線で比較すると平均にして約 1.4 倍の疲労寿命向上効果が確認できた。

試験結果のばらつきは溶接後に形成されるカラー形状の大きさやコンクリートの破砕形態など、様々な要因が考えられるため、今後、FEM 解析により詳細な検証が必要といえる。

5. 標準試験と簡易試験との比較 本研究で得られた試験結果と既往の標準試験結果との比較を図-4 の S-N 曲線に示す。式(1)は標準試験の疲労強度評価式⁵⁾に本研究の諸量(スタッドの軸径および全高、コンクリート圧縮強度)を代入して求めた平城式であり、ここに本研究で得られた繰返し回数を代入して、標準試験との比較をおこなった。

$$R_1 = 428.8674 \cdot N^{-0.105} \quad \dots \dots (1)$$

ここに、 R_1 : スタッドに作用するせん断応力振幅 (N/mm²)

N : 破壊に至るまでの繰返し回数 (回)

簡易試験の疲労強度は標準試験よりも低くなっている。この要因として、フランジに合計 4 本のスタッドを溶接している標準試験では 1 本のスタッドに疲労き裂が発生して剛性の低下があると、他のスタッドへ荷重が分配されるとともに、き裂進展が抑制されることが繰り返され、外観的に長寿命と評価されるためである。

<参考文献>

- 1) 社団法人日本鋼構造協会：頭付きスタッドの押抜き試験方法（案）とスタッドに関する研究の現状 JSSC テクニカルレポート No35, 1996.11
- 2) 吉田賢二：改良型フェルルールを用いたスタッドの疲労強度の向上に関する研究，土木学会第 66 回年次学術講演会 I-033, PP.65-66, 平成 23 年
- 3) 酒井達雄：金属材料の静的強度および疲労強度特性値の適合分布形について，日本材料学会 Vol41, No.466, PP.1014-1024, 1992.7
- 4) 井上正一：コンクリートの圧縮疲労特性と疲労強度の特性値に関する研究，土木学会論文集 No.451/V-17, PP.59-67 平成 4 年 8 月
- 5) 平城弘一：頭付きスタッドの静的および疲労強度と設計法に関する研究，平成 2 年 2 月

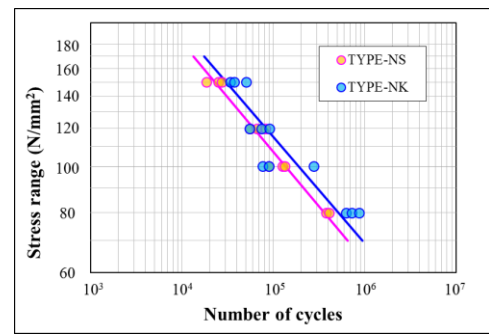


図-3 簡易押抜き試験による疲労試験結果



TYPE-NS (120N/mm²)



TYPE-NK (120N/mm²)

写真-3 試験体の破壊形態

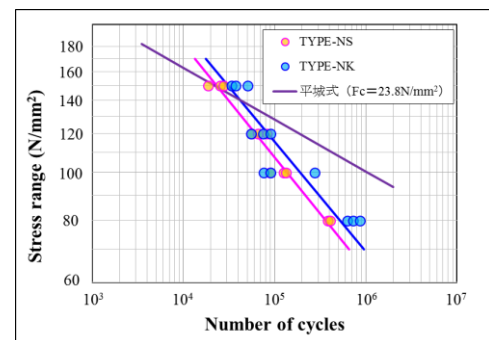


図-4 標準試験（平城式）と簡易試験との比較

6. まとめ

(1) 簡易試験における改良型スタッドの疲労強度は、既往の研究と同様に従来型スタッドよりも高い疲労強度を有することを確認できたが、コンクリートに埋設されたスタッドのせん断疲労強度および S-N 曲線をより適切に評価するためには、コンクリート強度の影響を考慮する必要がある。

(2) 簡易試験と標準試験との比較において、本試験方法による疲労強度は標準試験よりも低くなった。これは、スタッド本数の違いによる荷重分担効果の差異と推測される。