

上向きに溶接した高強度スタッドボルトの開発と疲労強度

日本スタッドウェルディング(株) 正会員 ○馬場 敏
 阪神高速道路(株) 正会員 田畑 晶子, 青木 康素
 川田工業(株) 正会員 吉田 賢二, 日鉄住金ボルテン(株) 正会員 吉見 正頼
 (一社)施工技術総合研究所 正会員 小野 秀一
 大阪市立大学大学院 正会員 山口 隆司

1. はじめに

著者らは, Uリブ鋼床版の交通規制を必要としないデッキ下面からの補強方法として, スタッドボルトを用いた当て板補強工法を提案している. 本研究は, 鋼床版のデッキプレート底面にスタッドボルトを上向き溶接した後に軸力を導入し, 摩擦接合として使用可能な高強度スタッドボルトの開発を目的としたものであり, 静的強度および, その疲労耐久性について検討した.

2. 高強度スタッドボルトの開発

溶接したスタッドボルトに軸力を導入して使用する上で, 材料はより高強度であることが望ましいが, 高力ボルトなどの市販材は炭素当量($C_{eq} = C + Mn/6$)が高く, 良好な溶接品質を確保するには困難である. 本研究では, 溶接構造用圧延鋼材 SM570 相当の機械的性質を有し, スタッド溶接用に適するよう化学成分を調整した HT570(呼称)のネジ付きスタッド(以下, ネジスタッド)を使用した. 表-1~2 および図-1 に HT570 の機械的性質とネジスタッドの形状寸法を示す. 形状寸法は, 溶接後に添設する補強鋼板の内径($\Phi 32\text{mm}$)および板厚($t 12\text{mm}$)と, 締結に必要な座金, ナット高さなどを考慮し, 設計を行った.

表-1 HT570 の機械的性質

項目 鋼種	機械的性質		
	降伏点 (N/mm^2)	引張強さ (N/mm^2)	伸び $GL=5.65 \sqrt{A}$ (%)
HT-570	460 以上	570 ~ 720	14% 以上

表-2 ネジスタッドの形状寸法(単位: mm)

M(呼称)	ΦD	L	Lo【溶接後】	S
M22	19	65	60	43

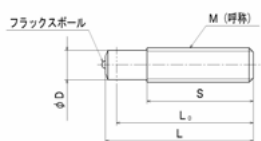


図-1 HT570 ネジスタッドの機械的性質及び形状寸法

3. $\Phi 19$ 上向き溶接専用フェルールの開発

フェールは, 無水ケイ酸および酸化アルミニウム等を主成分としたセラミック材で, 安定した溶接品質を得ることを目的とした補助部材である. これまで, 上向き溶接時のスタッド溶接部径は, 重力の影響による溶融金属の垂れ落ちなどに起因する溶接不良の発生を考慮し, $\Phi 16\text{mm}$ 以下までに限定する必要があったが, 本研究ではねじ径 22, 軸径 $\Phi 19\text{mm}$ のネジスタッドを溶接可能とする専用フェールを開発した.

4. ネジスタッドの静的引張試験

前述のネジスタッド及び専用フェールを用いて上向き溶接したスタッドの静的引張試験を実施した. 試験体は, 母材面との鉛直度確保を重視し, 治具固定のガンにより製作した. 母材材質は SM490A, 板厚は実際の鋼床版と同様の $t 12\text{mm}$, $\Phi 50\text{mm}$ の円盤形状の母材鋼板を用いた. 試験体製作数は $n=5$ 体とし, 外観検査(カラー欠損の有無), 溶接部外径の計測, スタッドボルトの溶接後全長, 鉛直度の計測を実施し, その後静的引張試験を行った.

5. 静的引張試験結果

試験結果及び試験状況を表-3, 写真-1 に示す. 試験体は規定強度の 570N/mm^2 に対し, 最大 620N/mm^2 の引張強さが得られた. 溶接部にカラーの欠損はなく, 良好な外観形状を呈しており, 最大外径は $\Phi 30\text{mm}$ 程度であった. 溶接後全長も判定基準(設計値の $\pm 2\text{mm}$ 以内)を満足し, 十分な溶込みが得られていた. 鉛直度は鉄骨工事技術指針¹⁾におけるスタッドジベルの判定基準($\pm 5^\circ$)で評価したが, 最大傾きは 2° 前後と十分な鉛直度を確保できた. 以上より, 軸径 $\Phi 19\text{mm}$ の上向き姿勢でも安定した溶接品質と高い静的強度が得られることを確認した.

キーワード 摩擦接合, 軸力導入, 高強度スタッドボルト, スタッド溶接, $\Phi 19\text{mm}$ 上向き溶接, 疲労強度
 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

表-3 静的引張試験結果

No.	HH-1	HH-2	HH-3	HH-4	HH-5
最大荷重(kN)	176.5	172.5	175.5	175.5	173.0
引張強さ(N/mm ²)	622	608	619	610	615

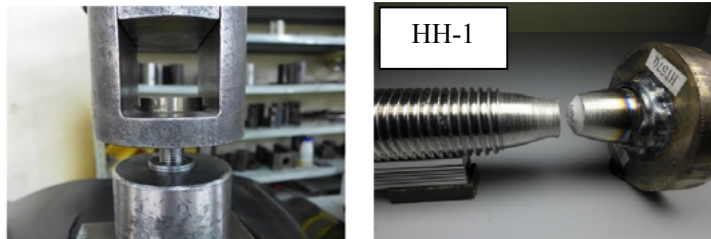
軸径 $\Phi 19$ 断面積: $A_s=283.5\text{mm}^2$ 

写真-1 静的引張試験状況

6. 引張疲労試験

スタッドボルトが溶接された鋼板の疲労強度、およびスタッドボルトへの軸力導入の有無が疲労強度に及ぼす影響を疲労試験より検討した。供試体形状、及びひずみゲージ貼付位置を図-2 に示す。供試体は厚さ 12mm の鋼板に M22 スタッドボルトを溶接し、厚さ 16mm、ボルト孔 $\phi 32$ の正方形板をスタッドボルトで締め付けたものである。母材は SM490YA、正方形板は SS400、スタッドボルトには HT570 を用いた。試験ケースは、スタッドボルトに軸力導入をしたものを Case1、導入をしないものを Case2 とした。さらに、軸力導入による摩擦の影響を排除し、正方形板が荷重分担しないように、母板と正方形板の間に樹脂およびグリース・鋼球を塗布したものを Case3 とした。荷重条件は応力比 0.05 の片振り引張載荷とし、応力範囲は 100, 125, 155N/mm² の 3 種類とした(Case1 は 100 N/mm² のみ)。

7. 引張疲労試験結果

疲労試験から得られた S-N 線図を図-3 に示す。全てのケースの疲労強度は、頭付きスタッドが溶接された鋼板の E 等級と同等以上であった。疲労き裂は全供試体で図-4 に示すようにスタッド溶接止端部で発生した。Case1 と Case2 を比較すると、軸力が導入される方が疲労強度は高かった。摩擦力を軽減する鋼球や樹脂がない Case1 は Case3 に比べて疲労強度が高く、摩擦により応力が正方形板にも伝達され、母板側の応力集中が低減されたためと考えられる。なお既報²⁾の FEM 解析結果においても摩擦によって正方形板に伝達される荷重が増えることが示されており、疲労試験結果と符合している。

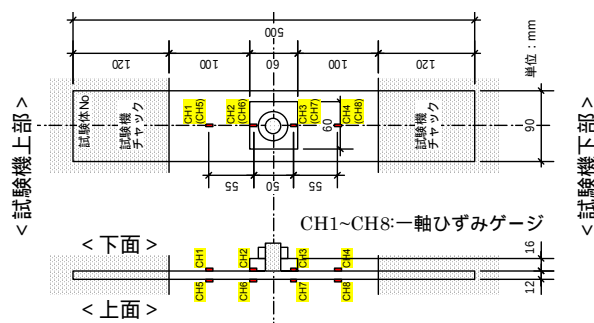


図-2 供試体寸法、ひずみゲージ位置(単位:mm)

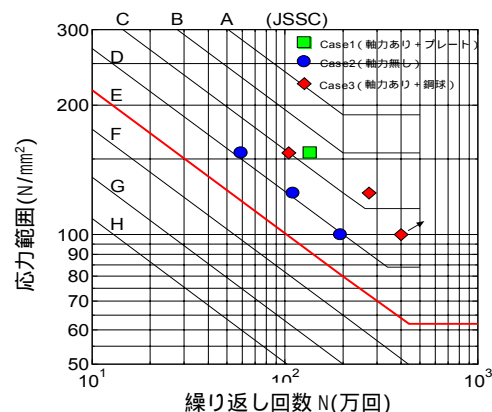


図-3 S-N 線図

図-4 試験体の破断面(Case1-応力範囲 100N/mm²)

8. まとめ

本稿では、Uリブ鋼床版のデッキ下面からの補強に使用可能な高強度スタッドボルトの開発を目的に、静的強度及びその疲労耐久性について検討した。以下に結論をまとめる。

- (1) 軸径 $\Phi 19\text{mm}$ の高強度ネジスタッドと、これを上向き姿勢で溶接可能な専用フェールを開発した。
- (2) 上向き溶接したスタッドの静的引張試験の結果、規定強度を上回る引張強度と、鉛直度など安定した溶接品質が得られることを確認した。
- (3) 引張疲労試験の結果、スタッドボルトへの軸力導入の有無にかかわらず、全てのケースにおいて、頭付きスタッドを溶接した鋼板の疲労強度と同等以上となった。

参考文献

- 1) 日本建築学会：鉄骨工事技術指針・工事現場施工編、2007 年 2 月
- 2) 儀賀他：スタッドボルトを溶接した鋼板の疲労強度に関する基礎的研究、平成 26 年度土木学会関西支部年次学術講演会講演概要集、2014 年。