

第 I 部門

高強度ねじ付きスタッドを用いた鋼・コンクリート合成床版底鋼板継手の純曲げ挙動解析

大阪市立大学工学部 学生員 ○岡本 真樹 川田工業(株) 正会員 吉田 賢二
 大阪市立大学大学院 正会員 山口 隆司 川田工業(株) 正会員 奥原 大貴

1. 研究背景

鋼・コンクリート合成床版(以下、合成床版)の底鋼板は、橋軸直角方向に高力ボルトによる一面摩擦接合継手を有している。しかし、ボルト頭部の防錆塗装のため、床版下面からの作業が必要となり改善が望まれている。そこで、床版上面からのみの施工となる高強度ねじ付きスタッド(以下、スタッドボルト)による摩擦接合継手が検討されている。また、一般部と異なり、継手部にはずれ止めがなく合成効果の低下が考えられ、底鋼板-コンクリート間での相対ずれの発生が懸念される。

2. 研究目的

既往研究¹⁾において、表-1 に示す 3 ケースの継手構造のはり試験体を対象に 4 点曲げ試験(以下、既往試験)が行われた。図-1 に試験時の様子を示す。このうち、合成効果を期待して添接板に頭付きスタッドを溶殖した HS ケースでは、図-2 に示すように継手部の母板間変位が最も低い荷重で著しく増加し、底鋼板-添接板間ですべりが生じたと考えられている。これは頭付きスタッドによる影響と考えられているがそのメカニズムは未解明である。

本研究では、既往試験の再現解析を行い、合成床版底鋼板継手部にスタッドボルト摩擦接合を用いた場合の継手部の力学的挙動、特に添接板の頭付きスタッドがすべり挙動に与える影響に着目して検討している。

3. FEM 解析の概要

汎用構造解析システム DIANA10.2 を使い、図-3 に示す既往試験体の 1/4 モデルに対し、非線形解析を行った。解析ケースは既往試験における S ケース(S モデル)および HS ケース(HS モデル)で、使用要素は、鉄筋以外は 20 節点 6 面体二次要素で、鉄筋は埋め込み鉄筋要素でモデル化し、鉄筋は完全付着とした。材料特性について、コンクリートのひび割れモデルには多方向固定ひび割れモデルを用い、引張・圧縮挙動は図-4 に示すとおりとした。また、鋼材は完全弾塑性でモデル化した。コンクリート-鋼材間の界面における付着力および、添接板-底鋼板間と添接板-座金間の界面における摩擦力

表-1 既往試験における試験体ケース

ケース名	Hケース	Sケース	HSケース
構造の概要図			
構造の特徴	高力ボルト摩擦接合継手	スタッドボルト摩擦接合継手	添接板に頭付きスタッドを溶殖したスタッドボルト摩擦接合継手

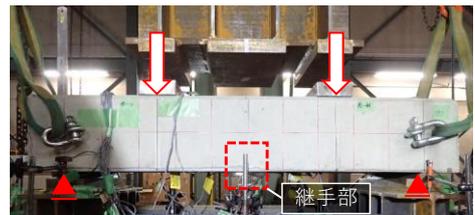


図-1 試験時の様子

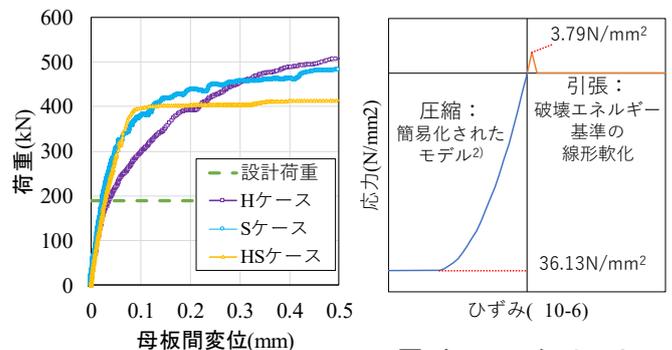
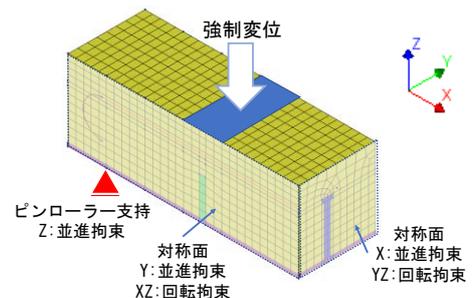
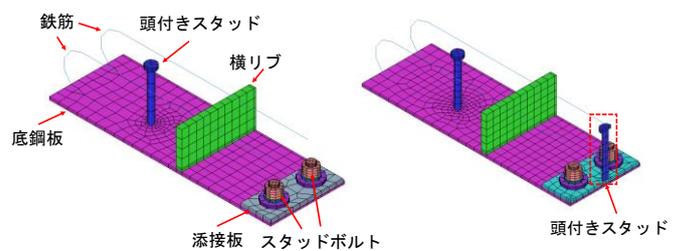


図-2 荷重-母板間変位

図-4 コンクリート材料モデル



(a) 荷重・境界条件



(b) Sモデル

(c) HSモデル

図-3 FEM 解析モデル

はインターフェース要素を用いてモデル化した。それぞれの界面で用いたインターフェース要素の構成則は既往試験の結果を参考に設定している。

4. FEM 解析結果

荷重一支間中央の鉛直変位関係を図-5 に、荷重一継手部の母板間変位関係を図-6 に示す。これらより HS モデルでは 500kN 付近で荷重が増加せず、鉛直変位と母板間変位のどちらも増加しており、試験結果と同様の傾向を示した。また、図-6 において解析結果の S モデルと HS モデルを比較すると、すべり発生を継手部の母板間変位が 0.2mm とした時のすべり荷重は、試験結果と同様に HS モデルの方が低い。

添接板一底鋼板間および添接板一コンクリート間の縁端における鉛直方向の離間量を図-7 に示す。いずれも HS モデルは S モデルの 1/3 ほど少ない。設計荷重時(189.2kN)における継手部の橋軸方向直応力コンターを図-8 に、ボルト位置での断面のひずみ分布を図-9 に示す。図-8 より S モデルと異なり HS モデルでは板厚方向の応力分布にコンクリートと添接板間で連続性が見られる。また、図-9 より HS モデルの中立軸位置が S モデルに比べて約 30%低くなった。これらより、HS モデルは S モデルに比べ合成効果が高いと考えられる。

設計荷重時における底鋼板の断面力とその算出位置を表-2 および図-10 に示す。断面力は橋軸方向直応力をもとに算出した。HS モデルでは、底鋼板の断面力が S モデルに比べて約 20%高く、底鋼板が負担する荷重が増加している。これより HS モデルでは合成効果が高まったことで底鋼板が負担する荷重が増加し、すべり荷重が低下したと考えられる。

5. まとめ

本研究により得られた結果を以下に示す。

- 1) スタッドボルトのみの摩擦接合継手に比べ、添接板に頭付きスタッドを溶殖した継手構造は、ボルト位置での断面中立軸位置が約 30%低くなり、合成効果が向上した。
- 2) しかし、添接板に頭付きスタッドを溶殖した継手構造では、合成効果が高まることで底鋼板の分担荷重が増加し、すべり荷重が約 7%低下した。
- 3) 頭付きスタッドを添接板に溶殖する場合は、設計において上記を考慮する必要がある。

今後は、曲げとせん断が作用する継手部の力学的挙動に関して解析的検討を行う。

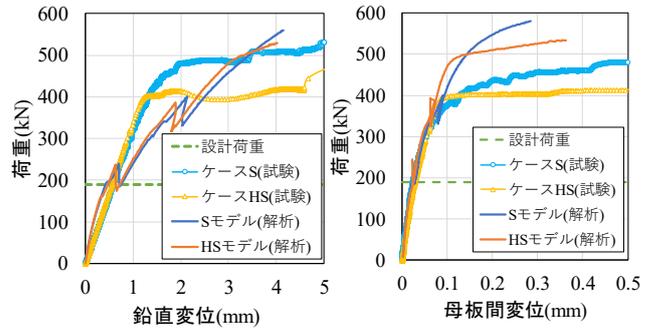
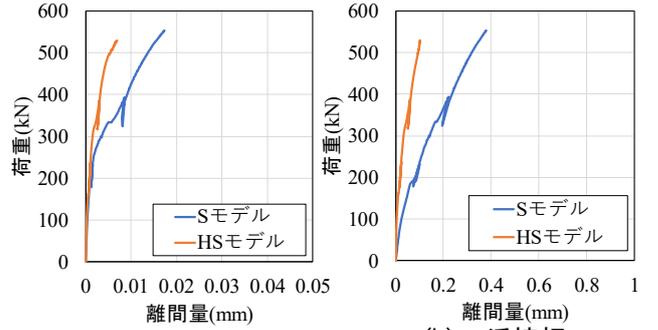


図-5 荷重一鉛直変位

図-6 荷重一母板間変位



(a) 添接板一底鋼板間

(b) 添接板一コンクリート間

図-7 荷重一離間量の比較

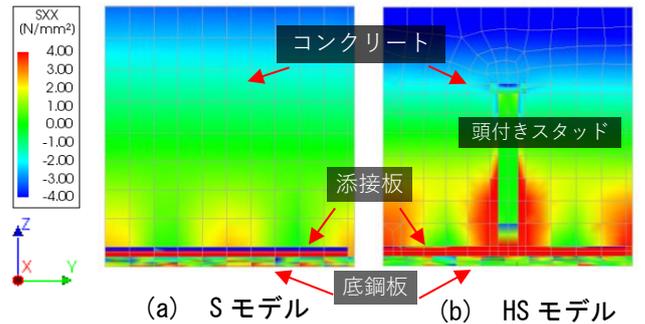


図-8 設計荷重時の継手断面の応力コンター

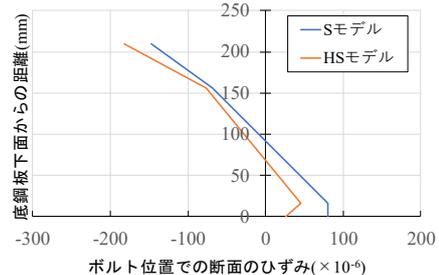


図-9 設計荷重時の断面のひずみ分布

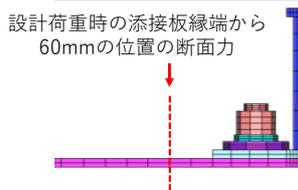


図-10 断面力算出位置

表-2 設計荷重時の底鋼板断面力

Sモデル	HSモデル	増加率
23.8 kN	28.4 kN	19.4 %

<参考文献>

- 1) 奥原大貴：高強度ねじ付きスタッドを用いた鋼・コンクリート合成床版継手構造の開発とその力学的挙動に関する研究，大阪市立大学修士論文，2019。
- 2) 土木学会：コンクリート標準示方書(2012年制定)-設計編，2013。