

頭付きスタッドを用いた鋼-コンクリート接合部の耐力評価に関する解析的研究

(一社)日本橋梁建設協会 正会員 ○岑山 友紀, 楠田 広和, 橋 肇
 (独)土木研究所 正会員 和田 圭仙, 遠藤 繁人, 七澤 利明

1. 目的

橋台部ジョイントレス構造における鋼桁と鉄筋コンクリート橋台の接合部(以下, 鋼-コンクリート接合部と称す)のずれ止めとして一般的に用いられている頭付きスタッド(以下, スタッドと称す)について, 既往の研究成果では, 曲げモーメントを受ける部位での耐力特性は明らかにされておらず, 地震時挙動に対する知見や具体的な照査方法等が明らかでない。そこで本研究では, スタッドを用いた鋼-コンクリート接合方法を対象とし, 鋼桁埋込長およびフランジ下面支圧の有無を変化させた接合部に, 曲げモーメントを作用させた正負交番実験¹⁾の実験供試体を対象として, 3次元弾塑性解析を実施した。この解析により, 鋼-コンクリート接合部における抵抗特性を解明し, 将来的には要求性能を満足させる照査方法や構造細目等を確立していくことを目的としている。

2. 解析の概要

図-1に解析モデルの概要図を示す。表-1に解析ケースを示す。縮尺は実験と同様に実橋の約1/3とし, 構造の対称性を考慮して1/2モデルで解析を行った。接合部のスタッドは一般的に採用されている軸径19mm, スタッド全高150mmを採用し, 曲げモーメントに対して上下フランジに配置されたスタッドがそれぞれ偶力に抵抗し, せん断力に対してウェブに配置されたスタッド, また軸力に対して上下フランジおよびウェブに配置された全てのスタッドが抵抗すると想定した。スタッドは, 接合部のような剛域におけるスタッドのずれ性状を確認するために行った正負交番実験¹⁾と同じ方針とし, 1本あたりのスタッドの許容せん断力を道路橋示方書²⁾の評価式で算定される値の2倍として安全率を半分に低減させた上で必要本数を配置した。

使用要素は, フランジ付きスタッド・鋼桁フランジ・堅壁をソリッド要素, ウェブ付きスタッドをばね要素, 鋼桁ウェブ・鉄筋をシェル要素としてモデル化した。鋼桁フランジとコンクリート間は摩擦を考慮することとし, 文献3)を参考に摩擦係数0.5, 最大せん断応力 0.5N/mm^2 として設定した。

境界条件は, 堅壁基部をX方向, Y方向, Z方向変位を固定, 堅壁側面をY方向変位を固定とした。荷重方法は, 鋼桁端部に鉛直方向(Y方向)の強制変位を与えた。荷重荷重は, 実験と同様に Case1 および Case2 では鉛直変位 $\delta y=7.1\text{mm}$, Case3 では鉛直変位 $\delta y=4.6\text{mm}$ を荷重基本変位 $1\delta y$ とし, 変位制御により $+1\delta y, -1\delta y, +2\delta y, -2\delta y$ として各正負交番荷重を行った。荷重基本変位 $1\delta y$ は, 初めにスタッドがせん断降伏に達すると想定される堅壁前面側のスタッド基部のせん断力を推定し, スタッド基部がこのせん断力に達したときの荷重点の鉛直変位から設定した値である。本解析では, 汎用構造解析プログラム ABAQUS⁴⁾を用いた。

3. 解析の結果

図-2に Case1 の荷重点における荷重荷重-鉛直変位の履歴曲線を示す。図中には比較のため, 荷重実験より得られた荷重荷重-鉛直変位の関係を示す。変位量

表-1 解析ケース

| | Case1 | Case2 | Case3 |
|------------|--------|--------|--------|
| 埋込長(mm) | 585(深) | 585(深) | 400(浅) |
| フランジ下面支圧抵抗 | 有 | 無 | 有 |

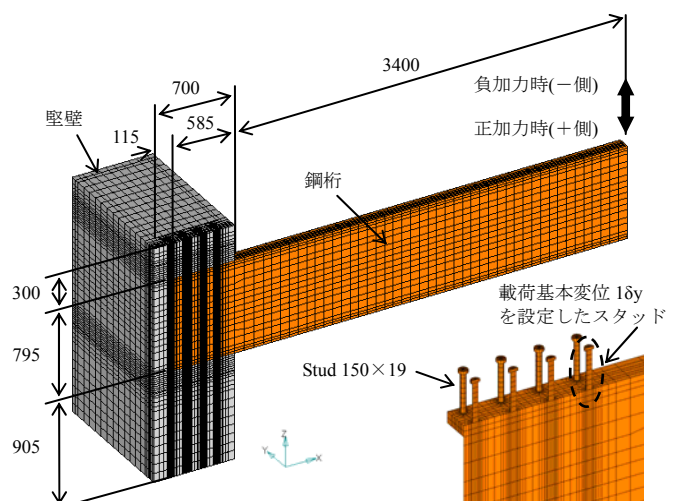


図-1 解析モデル概要図(Case1, 2)

キーワード 橋台部ジョイントレス構造, 頭付きスタッド, 耐力特性, 3次元弾塑性解析

連絡先 (一社)日本橋梁建設協会 〒105-0003 港区西新橋1-6-11 TEL: 03-3507-5225 FAX: 03-3507-5235

は堅壁の回転や浮き上がりに起因する変位量を控除するための補正を行い、載荷点部のみの鉛直変位を示している。実験結果と解析結果の比較において、初期勾配はおおむね一致する結果であった。

接合部の各抵抗力を抽出し、水平方向および鉛直方向の力の釣り合いを確認した。これにより水平方向の抵抗力は①フランジ付きスタッドの水平せん断力、②ウェブ付きスタッドの水平せん断力、③フランジとコンクリート間の摩擦力、④堅壁背面側ウェブコバ面の接触力、⑤堅壁背面側フランジコバ面の接触力の5成分に分割でき、鉛直方向の抵抗力は①フランジ付スタッド頭上面支圧力、②フランジ付スタッド頭下面支圧力、③フランジ上面支圧力、④フランジ下面支圧力、⑤ウェブ付スタッド鉛直せん断力の5成分に分割できることが分かった。上記に示す10成分について、作用力に対する各抵抗力の比率を検討した結果を図-3に示す。水平方向抵抗力と鉛直方向抵抗力を比較するために、水平方向抵抗力は桁高中心を中立軸、鉛直方向抵抗力は埋込桁長の半分の位置を中立軸として仮定し、各抵抗力に中立軸からの距離を乗じて曲げ換算し抵抗比率を算出した。作用力は、載荷荷重に橋軸方向中立軸から載荷点までの距離を乗じて算出した。図-3より、各抵抗力の合計は Case1 では全抵抗力の99%~102%であり、Case2 では+1δy時以外は98%~100%、Case3 では95%~99%であり良く一致していた。フランジスタッドの水平せん断力の抵抗比率は、Case1 では51%~60%、Case2 では57%~61%、Case3 では47%~51%であり、フランジ下面の支圧の有無によって変わらず、Case1 と Case2 でほとんど差がない結果であった。また埋込長が浅い Case3 では埋込長が深い Case1 に比べて4%~9%抵抗比率が低下する傾向であった。フランジの支圧力の抵抗比率は Case1 では24%~34%、Case2 では正加力時は6%~10%、負加力時は13%~16%であり、支圧の有無による影響が現れていた。Case3 では18%~26%であり Case1 に比べ5%程度低い値であった。

4. まとめ

フランジ付きスタッドの水平せん断での抵抗率は60%程度であるため、スタッドの抵抗力に加え鋼桁フランジ面の支圧力やコンクリートへの分担も考慮した設計を行うことが合理的と考えられる。

謝辞：(独)土木研究所との共同研究の一環として実施し、本研究に際して、大阪工業大学の栗田章光教授および大阪大学の小野潔准教授に多大なるご協力を頂いた。記して関係各位に感謝の意を表します。

参考文献：1)遠藤繁人, 和田圭仙, 七澤利明：頭付きスタッドを用いた鋼-コンクリート接合部の耐力評価に関する実験的研究, 土木学会第69回年次学術講演会概要集, I-177, pp.353-354, 2014.9. 2)(社)日本道路協会：道路橋示方書・同解説Ⅱ鋼橋編, 2012.3. 3)土木学会：複合構造標準示方書2009年制定, 2009.12. 4) Dassult Systems Simulia：ABAQUS 6.13 Abaqus/CAE User's Guide,2013.

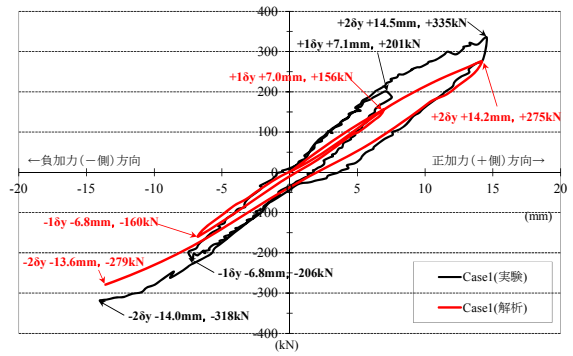
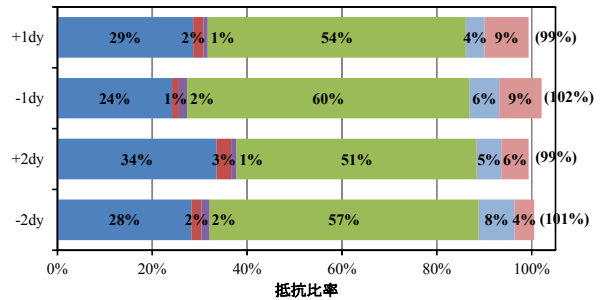
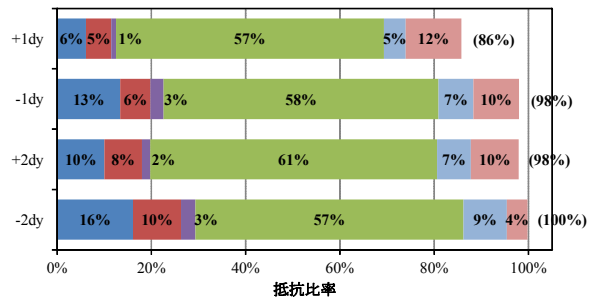


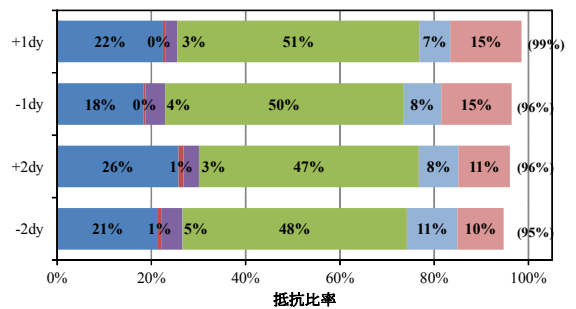
図-2 載荷荷重-鉛直変位履歴曲線 (Case1)



(a) Case1 (埋込長：深, フランジ下面支圧力：有)



(b) Case2 (埋込長：深, フランジ下面支圧力：無)



(c) Case3 (埋込長：浅, フランジ下面支圧力：有)



図-3 接合部各抵抗比率