

開断面箱桁複合ラーメン橋剛結部の荷重伝達機構に関する解析的研究

長崎大学大学院 学 生 会 員 ○森 圭司 長崎大学工学部 正 会 員 中村聖三
長崎大学工学部 フェロー会員 高橋和雄 長崎大学工学部 正 会 員 呉 慶雄
川鉄橋梁鉄構(株) 正 会 員 上村明弘 川鉄橋梁鉄構(株) 正 会 員 神田恭太郎

1. まえがき

複合ラーメン橋は耐震性・経済性に優れ、維持管理の簡略化に繋がる構造形式として、近年採用実績が増加している¹⁾が、鋼とコンクリートという異種材料を剛結するため、その荷重伝達機構を普遍的に捉える事が困難である。そこで本研究では、ウェブが傾斜した鋼箱桁を上部構造とし、埋め込み桁方式を採用している複合ラーメン箱桁橋の剛結部を対象とし、立体 FEM 解析により、面外曲げおよびねじれモーメントに対する上下部構造間の力の伝達機構を調査する。その際、比較のため垂直ウェブの場合についても解析するとともに、スタッド剛性の影響についても検討する。

2. 対象とする構造

本研究で対象とする構造は、実在する橋梁を参考に設定した図-1 に示す 2 径間連続複合ラーメン橋であり、鋼桁と橋脚の剛結部付近を解析対象とする。実橋では、鋼桁の大部分は橋脚に埋め込まれ、下フランジ、ウェブ、および支点上ダイアフラムに溶接されたスタッドジベルにより、鋼桁と橋脚との一体化が図られている。また橋脚、鋼桁、ダイアフラムに囲まれた部分には高強度コンクリート（桁内コンクリート）が充填されており、床版には鋼・コンクリート合成床版が用いられている。

3. 解析モデル

解析モデルは、2 種類の断面形状と 3 種類のスタッド剛性を組合せた 6 種類である。スタッドの形状を表-1、解析モデルの種類を表-2 に示す。垂直 web モデルのウェブ間隔については、図-2 に示すように斜め web モデルのウェブ高さ方向の中央点におけるウェブ間隔とし、両モデルで床版幅を合わせ 7400mm とした。鋼板の厚さは 8mm とし、合成床版についてはヤング係数比を用いて等価な鋼板（厚さ 37.86mm）に置き換え、シェル要素としてモデル化した。コンクリート橋脚と鋼桁の節点は分離し、スタッドを用いて両者を一体化させた。表-3 に使用材料とそのモデル化を示す。境界条件は橋脚基部を完全固定とし、荷重条件については図-3 に示すように、梁の両端に対して橋直方向に正負の鉛直荷重（面外曲げモーメント）および桁の両端のウェブ天端位置にねじれモーメントが作用するようにした。解析には汎用 FEM 解析ソフトウェア MARC を用いた。

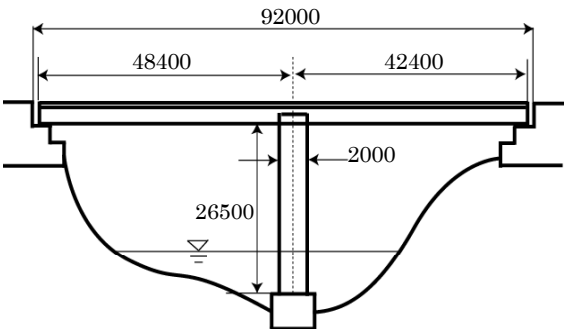


図-1 対象構造側面図

表-1 スタッドの形状

	剛性小	剛性中	剛性大
軸径(mm)	18.5	22.0	26.2
断面積(mm ²)	268.795	380.122	537.550
断面2次モーメント(mm ⁴)	5749.338	11498.675	22997.350

表-2 解析に用いたモデル

	剛性小	剛性中	剛性大
斜めweb	model-1-1	model-1-2	model-1-3
垂直web	model-2-1	model-2-2	model-2-3

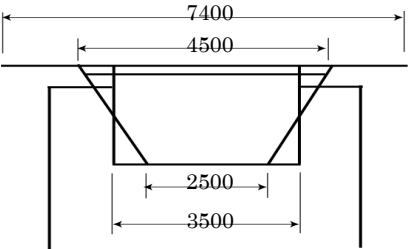


図-2 桁断面図

表-3 使用材料とそのモデル化

使用材料	使用要素	ヤング係数(N/mm ²)
橋脚コンクリート	8節点ソリッド	24500
桁内コンクリート	8節点ソリッド	27400
鋼板	4節点厚肉シェル	200000
スタッド	2節点はり要素	200000

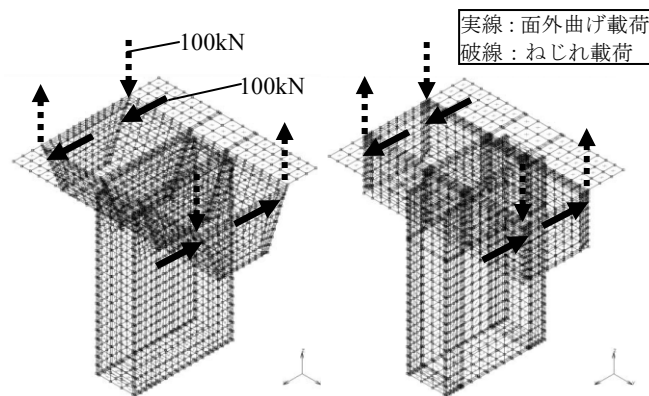


図-3 荷重条件

4. 解析結果と考察

紙面の都合上、本文では面外曲げモーメント載荷時の結果のみを示し、ねじれ載荷の場合については、講演当日示すこととする。

図-4 に示す各スタッドについて、図-5 にフランジスタッド橋軸・橋直方向せん断力の合力のベクトル図、図-6 にウェブスタッド橋軸方向せん断力・橋直方向軸力を示している。なお、フランジスタッドの橋軸・橋直方向のせん断力は、スタッドの剛性が高くなるにしたがって大きくなっていた。また橋軸方向せん断力は端部で最も大きく、直線的に変化して、各列の中心のスタッドには作用していなかった。図-5 から回転中心 O から各スタッドを結ぶ線分 L とせん断力 P の向きは直交し、その大きさは回転中心 O からの距離に比例する傾向にあることがわかる。これは垂直ウェブの場合も同様の結果となった。

ウェブスタッドに作用する橋軸方向せん断力、軸力の鉛直成分の分布については、スタッドの剛性による違いは見受けられないが、斜めウェブモデルと垂直ウェブモデルで橋軸方向せん断力の分布の形状が異なる。この原因としては、斜めウェブモデルのウェブスタッド軸力の橋脚高さ方向成分が剛結部内の付加的な面内曲げモーメントに影響しているためと考えられる。またこれらの結果から、ウェブに設置したスタッドに作用する力が他と比較し、大きいことがわかる。

5. まとめ

今後の課題としては、コンクリート橋脚と鋼桁の付着や摩擦、支圧等の接触の問題、鉄筋の配置などを考慮した、より実構造に近い解析を行うこと。また設計における合理的なスタッド配置について検討することが挙げられる。

参考文献 1) 岩立次郎，忽那幸浩：剛結構造，橋梁と基礎，Vol.8，pp40~44，2002.8

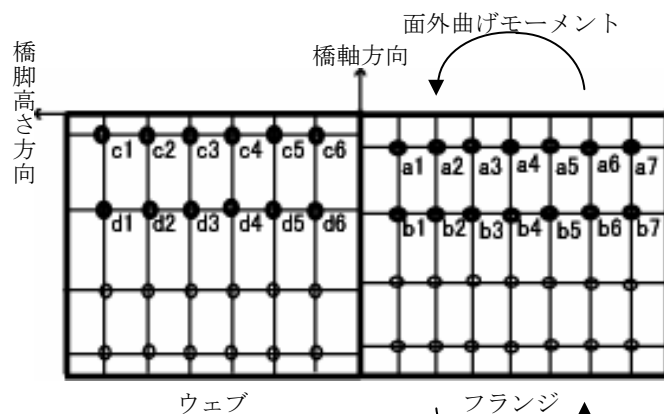


図-4 スタッド設置位置

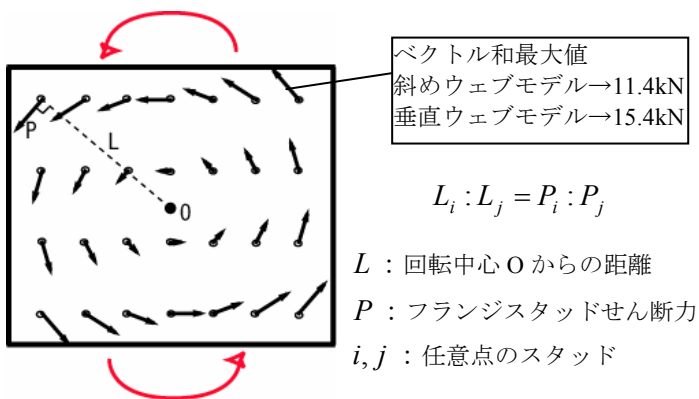
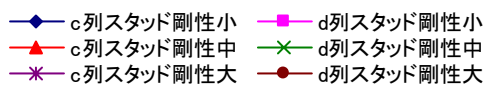
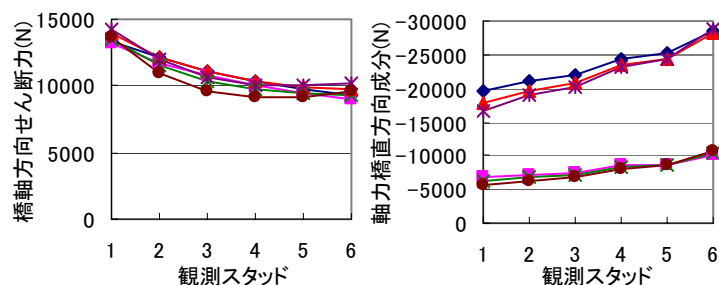


図-5 面外曲げモーメント載荷時フランジスタッドせん断力

斜めwebモデルウェブスタッド



垂直webモデルウェブスタッド

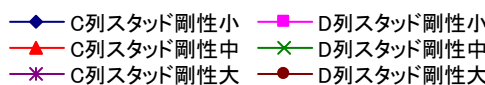
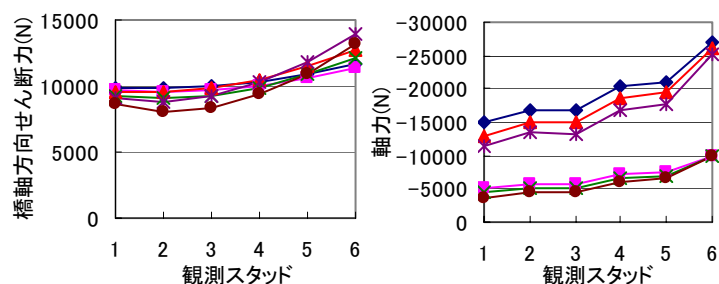


図-6 面外曲げモーメント作用時のウェブスタッドの挙動