

開断面箱桁複合ラーメン橋剛結部の荷重伝達機構と設計法

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が、上下部構造間の荷重伝達機構を普遍的に捉える事が困難であり、明確な剛結部の設計法が確立されていない。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、橋軸方向水平力および面内曲げモーメント作用時における上下部構造間の力の伝達機構について検討する。またその検討に基づき、橋軸方向水平力と面内曲げモーメント載荷時の剛結部の設計法を提案する。

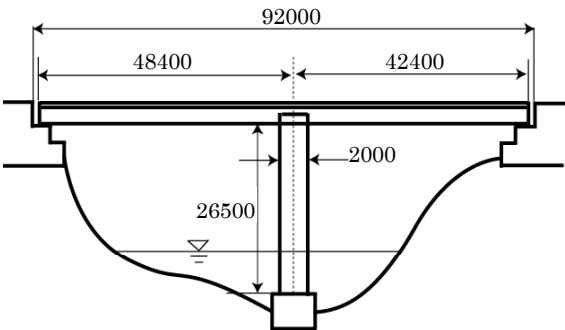


図-1 対象構造側面図

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。

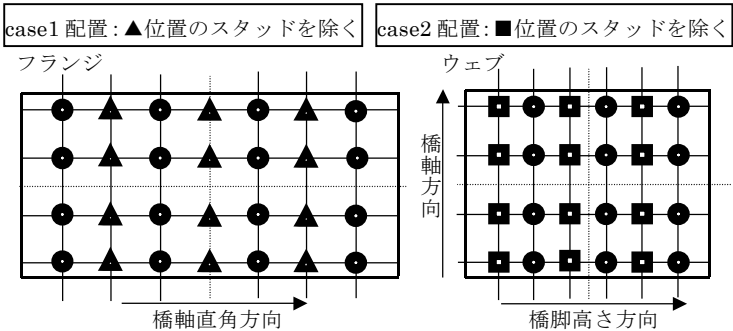


図-2 スタッド基本配置図

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種類と斜めウェブモデルのスタッド本数を基本配置から図-2のように変化させた2種類に3種類のスタッド剛性を組合せた6種類の計12種類である。スタッドの形状を表-1に示す。垂直ウェブモデルのウェブ間隔は、図-3に示すように斜めウェブ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-2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、梁の両端に対する

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

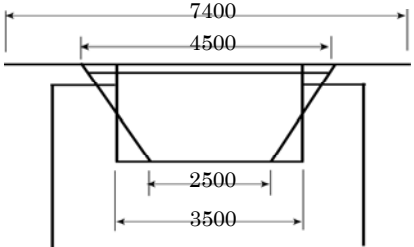


図-3 桁断面図

表-2 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

正負の鉛直荷重（面内曲げモーメント）および桁端部ウェブ図心高さに対する橋軸方向水平荷重とした。解析には汎用 FEM 解析ソフトウェア MARC を用いた。

4. 解析結果と設計法の提案

紙面の都合上、本文では橋軸方向水平力載荷時の結果のみを示し、面内曲げモーメント載荷の場合については、講演当日示すこととする。

解析結果の一例として図-5 に斜めウェブモデルのフランジスタッド橋軸方向せん断力とウェブスタッド（剛性中）橋軸方向せん断力を示す。図-5 から分かるように、橋軸方向水平力載荷時におけるスタッドの挙動としては、フランジスタッドの橋軸方向せん断力は各スタッドでほぼ同程度となっており、ウェブスタッドの橋軸方向せん断力は、橋脚高さ方向に直線的に変化している。この傾向は全モデルで同様の結果となった。このことから、橋軸方向水平力載荷時には剛結部内に付加的な面内曲げモーメントが作用しており、結果として橋脚高さ方向に沿ってウェブスタッドの橋軸方向せん断力が大きくなっているものと考えられる。

斜めウェブモデルにおける各スタッドの水平荷重分担率を表-3 に示すが、今回実施したいずれの解析においても、フランジスタッドで橋軸方向せん断力の 20%程度を、ウェブスタッドで 80%程度を負担する結果となった。そこで、安全側の設計となるように、図-6 に示すような設計法、すなわち、ウェブスタッドには橋軸方向水平力 S が、フランジスタッドにはフランジスタッドの断面積と全スタッドの断面積の比に応じた橋軸方向水平力が作用するものとしてスタッドの照査を行う設計法を提案する。

5. まとめ

今回の研究では、橋軸方向水平力および面内曲げモーメント載荷時における上下部構造間の荷重伝達機構を明らかにし、対象構造剛結部の設計法を提案した。今後の課題としては、鋼桁とコンクリート橋脚の支圧、付着性能を考慮し、より実構造に近い解析を行い、提案法の妥当性を更に検証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

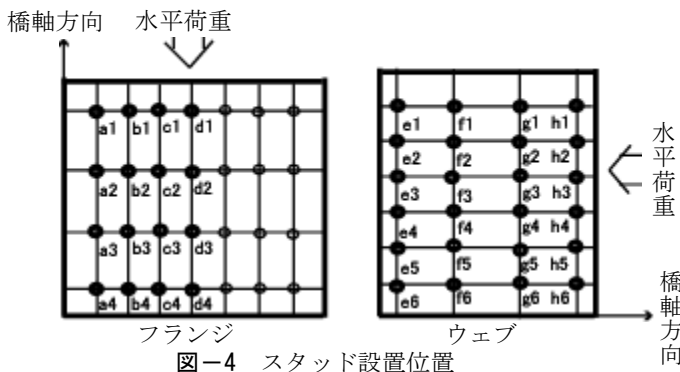


図-4 スタッド設置位置

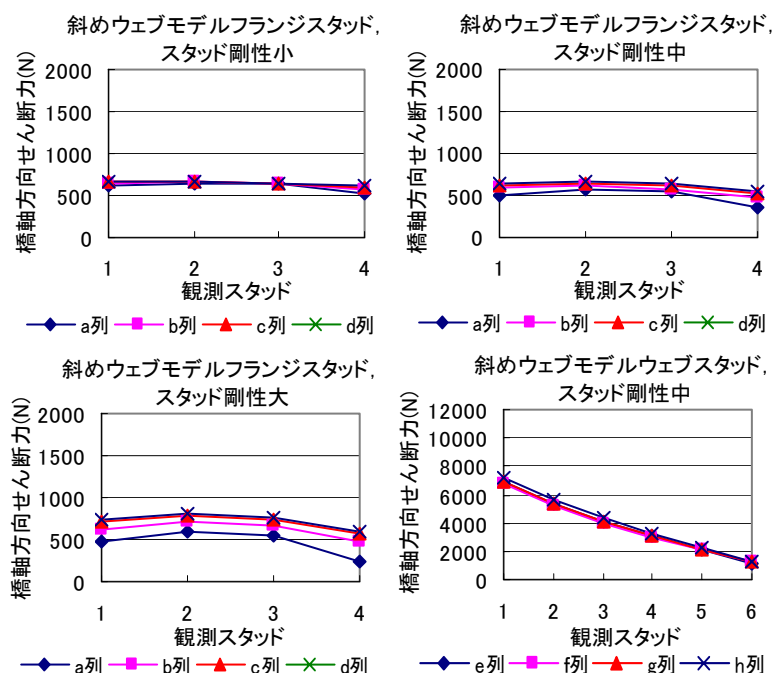


図-5 斜めウェブモデルのスタッド橋軸方向せん断力

表-3 斜めウェブモデルのスタッド水平荷重分担率

斜めウェブモデル（スタッド剛性中）

	フランジ	ウェブ	ウェブ	Σ
スタッド本数	28	24	24	76
橋軸方向せん断力(N)	15822.26	92088.87	92088.87	200000
水平荷重分担率	7.91%	46.04%	46.04%	100.00%

斜めウェブ(case1 配置)（スタッド剛性中）

	フランジ	ウェブ	ウェブ	Σ
スタッド本数	16	24	24	64
橋軸方向せん断力(N)	8047.038	95976.48	95976.48	200000
水平荷重分担率	4.02%	47.99%	47.99%	100.00%

斜めウェブ(case2 配置)（スタッド剛性中）

	フランジ	ウェブ	ウェブ	Σ
スタッド本数	28	12	12	52
橋軸方向せん断力(N)	37139.56	81430.19	81430.19	200000
水平荷重分担率	18.57%	40.72%	40.72%	100.00%

$$S_f = \frac{A_{fs}}{A_{total}} \times S$$

$$S_w = S$$

S_f : フランジスタッドが分担する橋軸方向せん断力

S_w : ウェブスタッドが分担する橋軸方向せん断力

S : 載荷している橋軸方向水平力

A_{fs} : フランジスタッドの断面積（全てのスタッドの断面積が等しいときには本数）

A_{total} : 全てのスタッドの断面積（全てのスタッドの断面積が等しいときには本数）

図-6 橋軸方向水平力載荷時における剛結部の設計案