

開断面箱桁複合ラーメン橋の隅角部の力学特性に関する基礎的研究

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 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に優れ、高価な支承部や伸縮装置がないため経済的であり、維持管理が簡単であるなどの利点から、近年採用実績が増加している構造形式¹⁾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隅角部を対象とし、立体 FEM 解析により上下部構造間の力の伝達機構について検討する。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

今回対象とした解析モデルは、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、梁の両端に対する正負の鉛直荷重(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。

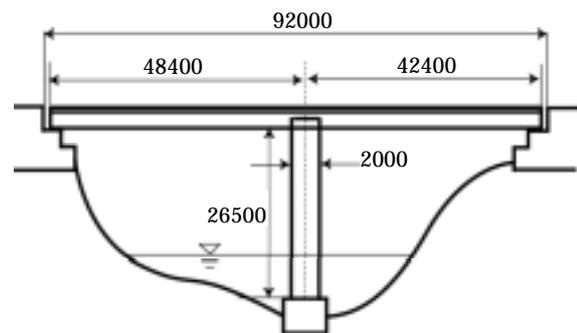


図 - 1 対象構造側面図

表 - 1 スタッドの形状

	スタッド1	スタッド2	スタッド3
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

	スタッド1	スタッド2	スタッド3
斜めweb	model-1-1	model-1-2	model-1-3
垂直web	model-2-1	model-2-2	model-2-3

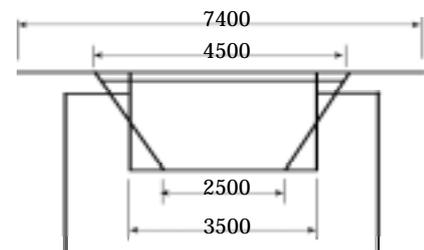


図 - 2 桁断面図

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

キーワード: 複合ラーメン橋, スタッドジベル, 剛結構造

連絡先: 〒852-8521 長崎市文教町 1-14 長崎大学工学部社会開発工学科(TEL&FAX)095-819-2613

4. 解析結果と考察

4-1 水平荷重載荷時

解析結果の一例として、図-3に示す各スタッドについて、代表的なモデルにおける橋軸方向せん断力を図-4に示す。フランジ設置スタッドのせん断力の分布は列の中央付近で高く、端で低くなっている。また、スタッドの剛性が低い場合には全スタッドがほぼ一様にせん断力を分担しているのに対し、剛性が高くなるとa~dの各列において分担する水平せん断力の差が大きくなるとともに、同一列内でのばらつきも大きくなっている。一方、ウェブ設置スタッドのせん断力は、高さ方向に変化しており、e~hのすべての列で分布形状はほぼ一致している。これらの傾向は、すべてのモデルで共通であった。なお、フランジ設置スタッドの水平荷重分担率は、斜めウェブモデルで8~9%、垂直ウェブモデルで11~15%であった。

4-2 鉛直荷重載荷時

表-4に各列分担力の平均値の比を示した。ここで P_{W1}, P_{W2} はウェブの各列スタッドに作用する力の鉛直成分、 P_{F1}, P_{F2} はフランジの各列スタッドの軸力である。また d_{wi} はスタッド列の間隔である（図-5参照）。この結果から今回検討した範囲では、スタッドに作用する力の鉛直成分はおおよそスタッド位置に依存すると考えることができ、次式が成立することがわかる。

$$P_{W1} : P_{W2} = dW1 : dW2$$

$$P_{F1} : P_{F2} = dW1 : dW2$$

上式において、スタッド列の間隔は既知であるため、フランジとウェブに作用する力の鉛直成分の値をそれぞれ一つずつ知ることができれば、他の列のスタッドに作用する力を知ることが可能である。

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、本研究では考慮しなかった面外曲げモーメントやねじりモーメントに対する荷重伝達機構を明らかにすることなどが挙げられる。

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

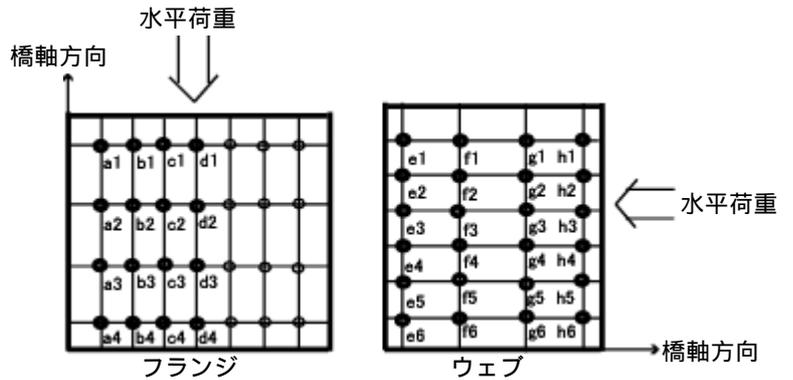


図-3 スタッド設置位置

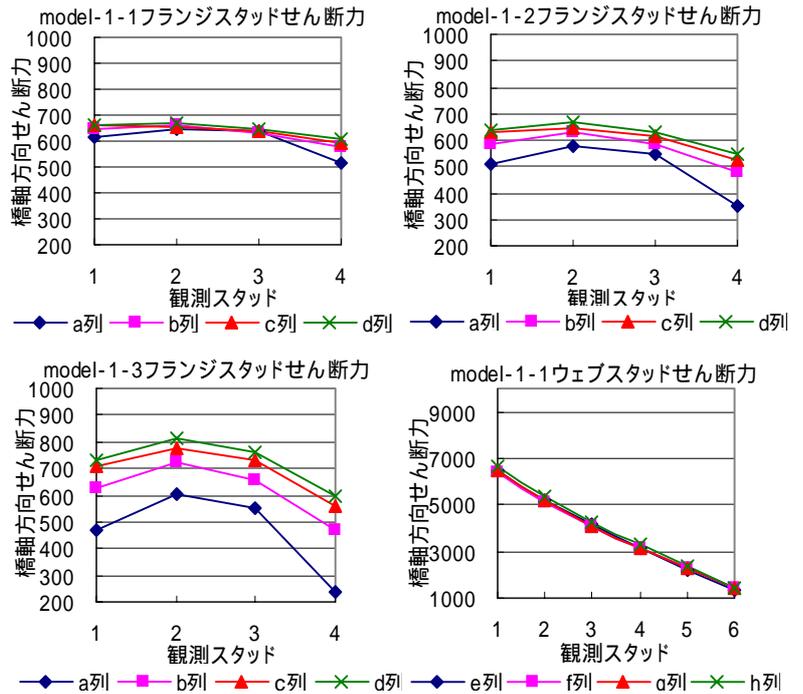


図-4 ウェブ斜めモデルフランジ設置スタッドせん断力とmodel-1-1ウェブスタッドせん断力

表-4 各モデルの d_{w1}/d_{w2} , P_{W1}/P_{W2} , P_{F1}/P_{F2}

model-1-1		model-1-2		model-1-3	
d_{w1}/d_{w2}	0.333	d_{w1}/d_{w2}	0.333	d_{w1}/d_{w2}	0.333
P_{W1}/P_{W2}	0.319	P_{W1}/P_{W2}	0.316	P_{W1}/P_{W2}	0.309
P_{F1}/P_{F2}	0.335	P_{F1}/P_{F2}	0.343	P_{F1}/P_{F2}	0.349
model-2-1		model-2-2		model-2-3	
d_{w1}/d_{w2}	0.333	d_{w1}/d_{w2}	0.333	d_{w1}/d_{w2}	0.333
P_{W1}/P_{W2}	0.319	P_{W1}/P_{W2}	0.309	P_{W1}/P_{W2}	0.296
P_{F1}/P_{F2}	0.329	P_{F1}/P_{F2}	0.337	P_{F1}/P_{F2}	0.342

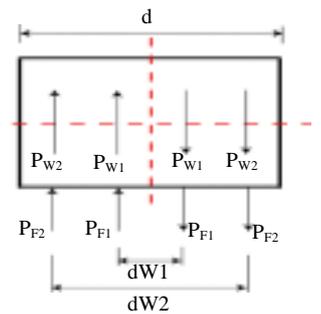


図-5 剛結部耐荷機構