

大阪市立大学	学生会員	○崎野 真悟	大阪市立大学大学院	正会員	山口 隆司
大阪市立大学大学院	正会員	松村 政秀	片山ストラテック(株)	正会員	吉川 彰彦
片山ストラテック(株)	正会員	大久保 宜人	大阪市建設局		大野 良昭

1. 研究背景および目的

近年、支間 30~50m の単純桁橋において、建設コスト削減や維持管理性の観点から、伸縮装置・支承・落橋防止装置等を省略できる、ポータルラーメン橋の採用が増えている。橋台と鋼桁の剛結部は機械的接合材を用いて定着されるのが一般的であるが、その実橋計測や詳細な FEM 解析の実績は少なく、剛結部の力学的挙動が明確でないため、合理的な設計手法の確立には至っていない。

本研究では、支間 16m のポータルラーメン橋を対象とし、剛結部に着目した設計検証とその力学的挙動の解明を目的としている。静的荷重試験、動的計測のデータを元に FEM 解析モデルを作成し、剛結部の荷重伝達メカニズムを解明する。剛結部には軸力、曲げモーメント、せん断力が作用する。これらの作用力に対し、軸力は上下フランジおよび腹板の全てのスタッドで、曲げモーメントには上下フランジと腹板の上下桁高 1/4 のスタッドで、せん断力は腹板のスタッドで一様に抵抗する構造と仮定し (図-1)、設計荷重載荷時に対してスタッドのせん断力が許容値内に収まるように設計されている。

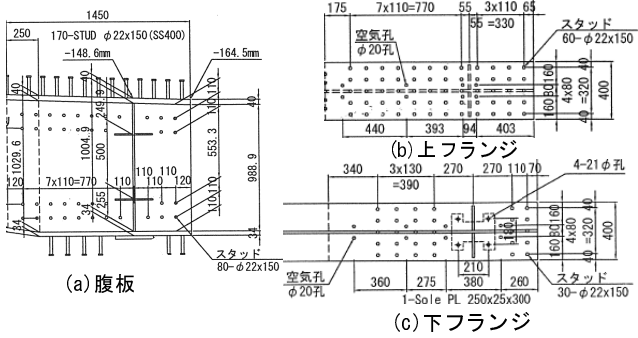


図-1 隅角部のスタッド配置図 (単位:mm)

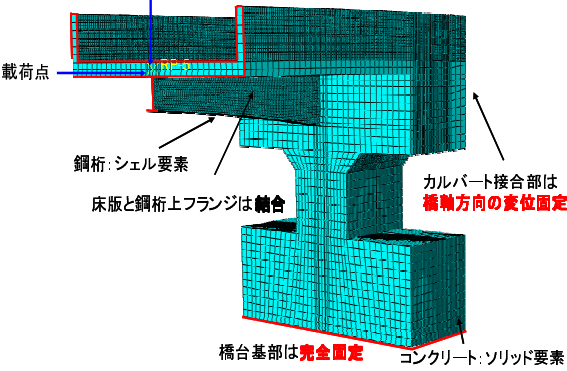


図-2 FEM 解析モデル

2. 解析モデルと解析手法

剛結部を含む、橋台前面 5,000mm の位置から橋台部までを FEM 解析モデル (図-2) によりモデル化した。鋼桁には SM570 材、鉄筋には SD345 を用いている。解析には汎用構造解析コード ABAQUS を使用している。

スタッドは文献 1) を参考に、スタッド位置にばね要素を配置することで再現し、フランジとコンクリートの節点は支圧ばねで結合した。ばね要素はいずれも線形ばねとする。鋼桁と床版は節点共有によって、合成桁としている。

解析では、実橋で用いた材料の材料特性を基に、各材料の応力-ひずみ関係をバイリニアでモデル化した (図-3)。ばね定数は表-1 に示す。

実橋計測と解析結果を比較し、モデルの妥当性を確認した後に設計荷重を載荷する。設計荷重載荷時の隅角部に作用する断面力を表-2 に示す。載荷に関しては、断面が一体として挙動するように断面変形を拘束し、中立軸位置に断面力を与えている。

3. 解析結果と考察

(a) 解析モデルの妥当性の検証

実橋計測値と FEM 解析により求めた剛結部前面断面の

表-1 ばね定数²⁾

作用方向	ばね定数 [kN/mm]
支圧ばね	鉛直
スタッドばね (上下フランジ)	橋軸
スタッドばね (腹板)	橋軸直角

表-2 設計断面力

荷重ケース		曲げモーメント <i>M</i> (kNm)	軸力 <i>N</i> (kN)	せん断力 <i>S</i> (kN)
設計断面力	常時+支点沈下あり	-3.083.2	-1.363.3	997

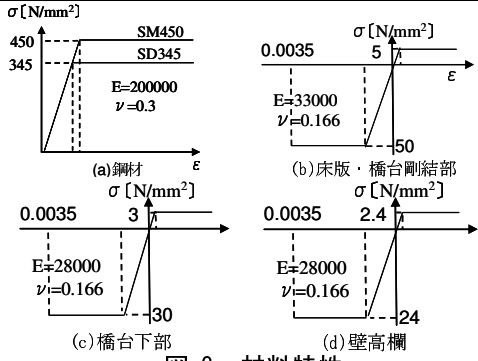


図-3 材料特性

ひずみ分布の比較を図-4に示す。図より両者は良好に一致しており、本モデルは妥当であると考えられる。

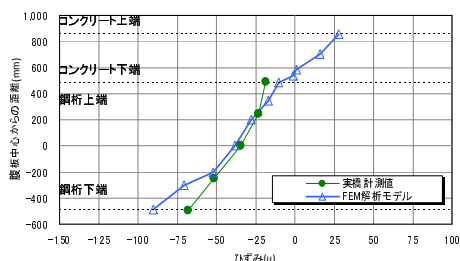


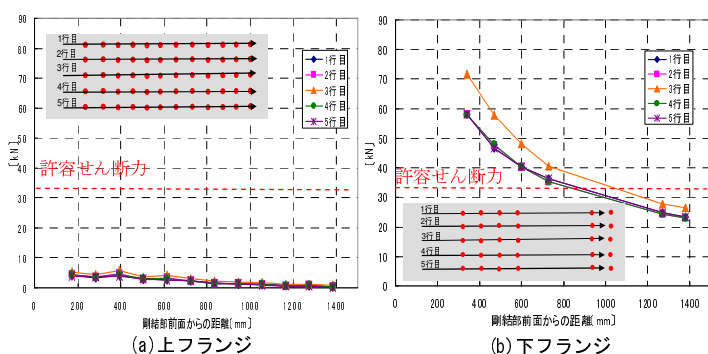
図-4 ひずみ分布の比較

(b) 剛結部における荷重分担

設計荷重載荷時における、上下フランジと腹板のスタッドのせん断力（橋軸方向）分布を図-5(a), (b), (c)に示す。設計ではすべてのスタッドが一樣に抵抗する設計仮定であるが、解析ではスタッドのせん断力は一樣ではなく、下フランジと腹板の剛結部前面のそれが許容値を超過していた。実橋計測でも、前面のスタッドのせん断力分担が高いことは確認している。一方、中立軸が上フランジ直上に位置することから、上フランジのスタッドはほとんど寄与していないことが確認できた。さらに図-5(b)より、下フランジの腹板直上のスタッド(3行目)は、鋼桁の拘束が高く、スタッドに作用するせん断力が卓越している。したがって腹板直上のスタッドをフランジ幅方向にずらし、剛結部前面のスタッド本数を増やすことでスタッドに作用するせん断力の低減が期待できる。

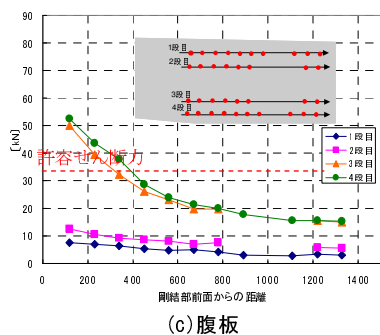
(c) 剛結部における応力状態

設計荷重載荷時の鋼桁と剛結部コンクリートの応力コ



(a) 上フランジ

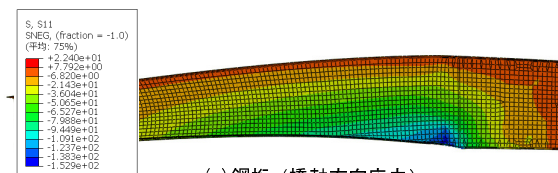
(b) 下フランジ



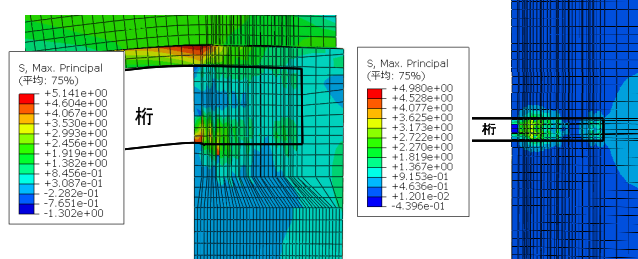
(c) 腹板

図-5 スタッドのせん断力分布

ンターを図-6に示す。鋼桁下フランジの下部に強い圧縮力 (150N/mm^2) がかかっている。さらに下フランジの剛結部前面のスタッドの抵抗値も大きいことから、桁からスタッドを介してコンクリートに応力伝達されていることが確認できる。剛結部コンクリートでは、剛結部前面のスタッド付近に局所的な引張力が作用していることが分かる。



(a) 鋼桁（橋軸方向応力）



(b) 腹板横コンクリート（主応力）

(c) 下フランジ下コンクリート（主応力）

図-6 剛結部の応力コンター

4. まとめ

剛結部は鋼桁・スタッド・コンクリートが一体となって挙動し、桁からスタッドを介して、コンクリートに応力伝達されることが確認できた。また、設計荷重載荷時において、下フランジと腹板の一部のスタッドのせん断力が許容値を超過し、設計の仮定と異なることを確認したが、限界耐力には至っていなかった。これは、隅角部の設計において中立軸を正確に考慮していないことや合成力の照査を行っていないこと、解析においてスタッドを節点間を結合するばね要素でモデル化していることなどが原因と考えられる。

今後はスタッドの合理的な設計を行うために、それに作用するせん断力分布を適切に考慮できる設計仮定を検討する必要がある。

参考文献

- 1) 道下恭博, 櫻井信彰, 本間宏二, 渡辺弘明, 平田尚, 藤川敬人: インテグラル複合ラーメン橋の設計と施工, 橋梁と基礎, pp.11-18, 2001.2
- 2) 大久保宜人: スタッドをグループ配置した連続合成桁に関する研究, 2005.6