

大阪市立大学工学部 学生員 ○川元 悠平  
 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

高田機工株式会社 正会員 佐合 大  
 高田機工株式会社 正会員 山田 貴男  
 高田機工株式会社 谷 一成

1. 研究背景および目的

近年、支間が 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、鋼ポータルラーメン橋が注目されている。

しかし、鋼ポータルラーメン橋の最も重要な部位である、鋼桁とコンクリート橋台の剛結部構造は複雑で、ずれ止めの挙動や荷重伝達機構に関しては未解明の部分が多い。また、現在ポータルラーメン橋の剛結部構造で主流となりつつある桁埋込方式では、躯体前面側境界の下フランジ下面に大きな支圧が作用する、埋め込み桁背面のコンクリートに引張応力が集中する、等の構造的問題があり、施工性の観点から見ても、合理的とは言えない。

本研究では、桁埋め込み方式(図-1(a))よりも力学的に合理性があると考えられる支圧板方式(図-1(b))を新たに提案し、FEM 解析により、ずれ止めの挙動や荷重伝達機構を解明し、剛結部構造の一層の簡略化の可否について検討する。

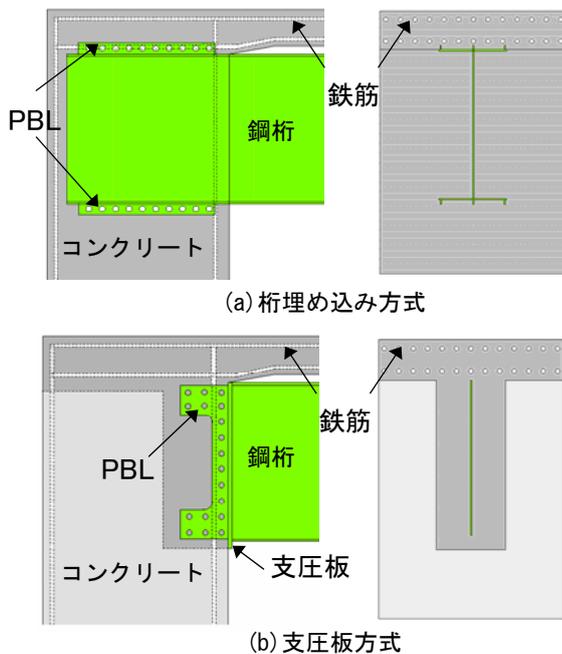


図-1 剛結部構造の比較

2. 解析方針

文献 1) を参考に両方式の試設計を行い、それを基に剛結部の FEM モデルを作成した。本解析では汎用コード ABAQUS を使用した。

コンクリート橋台・床版は 8 節点ソリッド要素、鋼桁は 4 節点シェル要素、鉄筋はトラス要素を用いてモデル化した。支圧板には 8 節点ソリッド要素を用い、板厚方向に 2 分割している。また、孔あき鋼板ジベル(PBL)はジベルばねとしてモデル化し、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し、ばね剛性は、文献 1) を参考に表-1 に示す値を用いた。鋼桁と床版は結合し、合成桁としている。

鋼桁と支圧板に SM400 材、鉄筋に SD295 を用い、コンクリートには圧縮強度を 24(N/mm<sup>2</sup>)とし、引張強度を圧縮強度の 1/10 と仮定した。解析では、これらの材料特性を基に、複合構造標準示方書<sup>2)</sup>を参考に、それぞれの材料の応力-ひずみ関係をバイリニアでモデル化した(図-2)。

荷重については、活荷重載荷時の設計曲げモーメント、およびせん断力が隅角部に作用するように解析範囲を決定し、先端に剛体を取り付け、断面全体に軸力 550kN を作用させた後、中立軸位置に鉛直変位を与え、所要の曲げモーメントを与えている。境界条件は橋台基部を完全固定としている(図-3)。

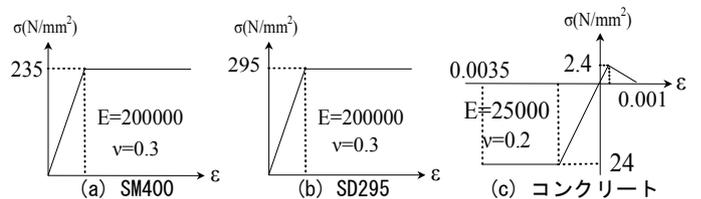


図-2 材料の応力-ひずみ関係

表-1 ばね剛性

PBLばね			支圧ばね
橋軸方向	鉛直方向	橋軸直角方向	
100(kN/mm)	100(kN/mm)	40(kN/mm)	10(kN/mm/mm <sup>2</sup> )

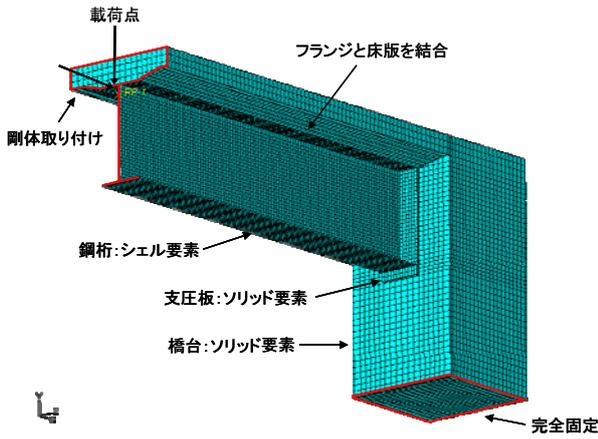


図-3 FEM モデル

### 3. 解析結果と考察

本解析では床版鉄筋の降伏を終局状態と定義し、終局状態に至るまで変位を漸増した。得られた荷重-変位関係を図-4 に示す。図-4 は、桁埋め込み方式と支圧板方式それぞれにおける、載荷点での鉛直荷重と鉛直変位の関係を示している。

剛結部直上の床版鉄筋降伏時の荷重（終局耐力）は、それぞれ 1,000kN, 794kN であり、両方式とも設計許容荷重（400kN）は満たしていることが確認できた。なお、桁埋め込み方式では 877kN で下フランジが完全降伏している。

図-5 は、引張側の PBL ばねの橋軸方向および鉛直方向のばね反力の合計と鉛直荷重の関係を示している。ばね反力は、PBL 孔に作用するせん断力として評価できる。図-5 から、PBL ばねが効果的に効き始める荷重レベルは 500kN を超えたあたりであることがわかる。設計における PBL 孔 1 つ当たりのせん断耐力は 138kN だが、PBL 孔 3 つで高々 100kN であり、PBL が終局に至るまでには、荷重の負担がまだ可能であることがわかる。

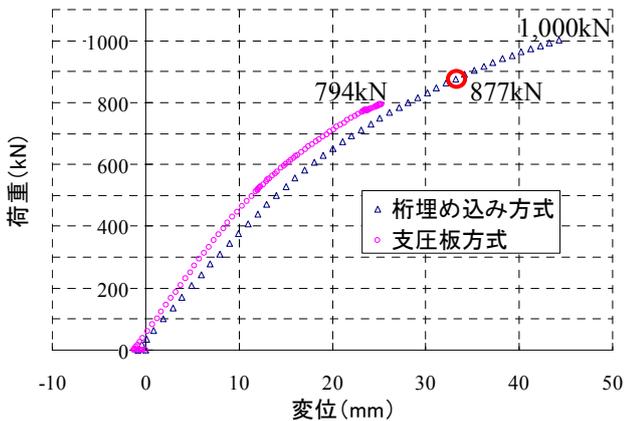


図-4 荷重-変位関係

このことから、支圧板方式において終局耐力が桁埋め込み方式を下回るのは、PBL が負担する荷重の割合が小さいため床版鉄筋の負担が大きくなり、床版鉄筋が早期に降伏に至ることが原因として考えられる。また、桁埋め込み方式ではフランジ部分もコンクリート橋台に埋め込んでいるため、橋台背面の鉄筋にも荷重が伝達されており(図-6(a))、その分だけ床版鉄筋の降伏が遅れ、終局耐力が上昇していると考えられる。

### 4. 今後の課題

今後は、支圧板方式において、支圧板の板厚が隅角部の挙動に与える影響や、剛結部直上の床版鉄筋の鉄筋径を大きくすることで終局耐力がどれだけ上昇するかなどについても検討し、より一層合理的な支圧板方式の構造詳細を提案していく必要がある。

### 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，pp11-18, 2001-2.
- 2) 土木学会：2009 年制定複合構造標準示方書，第 1 版，2009.12.10.

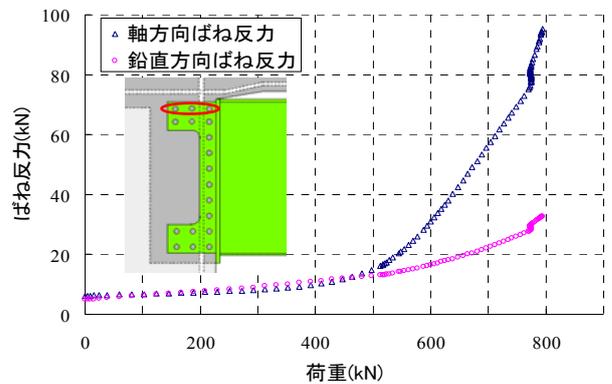
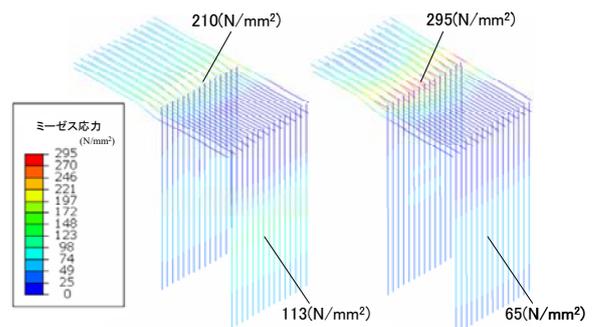


図-5 ばね反力-荷重関係



(a) 桁埋め込み方式

(b) 支圧板方式

図-6 794kN 時の鉄筋の応力状態