支圧板方式による鋼ポータルラーメン橋の剛結部に関する解析的検討

大阪市立大学大学院　正会員　山口　隆司　高田機工㈱　正会員　佐合　大
大阪市立大学大学院　正会員　松村　政秀　高田機工㈱　正会員○山田　貴男
大阪市立大学大学院　学生員　川元　悠平　高田機工㈱　谷　一成

１．はじめに

中小スパンの単純桁橋において，建設コスト縮減や維持管理の観点から支承や伸縮装置を必要としない鋼ポータルラーメン橋の採用が増えてきており，鋼桁とコンクリート橋台の剛結部構造には桁埋め込み方式が主流となりつつある．しかし，桁埋め込み方式では，躯体前面側の下フランジ下の境界面に大きな支圧力が作用すること，埋め込み桁背面のコンクリートに引張力が集中すること等の構造的課題がある(**写真-1**)．

写真-1 橋台躯体のひび割れ状況[1)]

本研究では，これらの課題を解決し，力学的にも合理性がある支圧板方式の剛結部構造を提案し，力学的挙動を弾塑性有限変位解析により検討する．

２．支圧板方式による剛結部構造

支圧板方式による剛結部構造およびその力学的概念図を**図-1** に示す．本構造は，剛結部に作用する偶力に対し，上フランジ側の引張力は，鋼桁と合成した床版の鉄筋と支圧板背面の孔あき鋼板ジベル（以下 PBL と示す.）で，下フランジ側の圧縮力に対しては，PBL で補強した支圧板に荷重伝達させる構造である．なお，せん断力は支圧板背面の PBL にて抵抗させる．

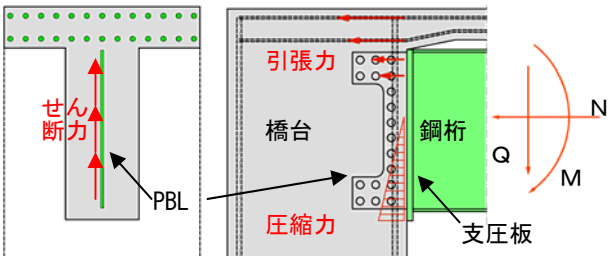
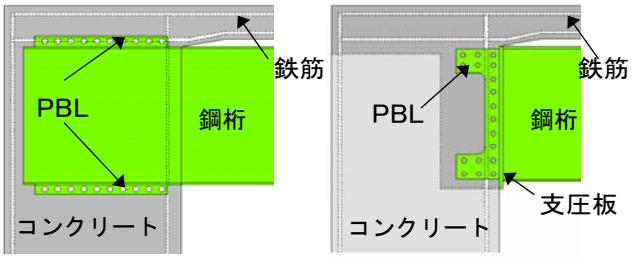


図-1 支圧板方式による剛結部構造とその力学的概念

剛結部の設計は，鉄筋および鋼材(PBL)とコンクリートを弾性体と仮定し，コンクリートの引張力を無視して計算し，鋼材(PBL)応力より PBL のせん断抵抗列数を決定している．

３．解析方針

文献２）を参考に橋長 30m の鋼ポータルラーメン橋の剛結部構造を試設計し，両方式の剛結部構造(**図-2**) を弾塑性有限変位解析により比較した．解析には汎用コード ABAQUS を使用している．



(a) 桁埋め込み方式　　(b) 支圧板方式

図-2 剛結部構造の比較

解析で与えた鋼材とコンクリートの材料特性を**図-3** に，解析モデルを**図-4** にそれぞれ示す．材料特性は複合構造物標準示方書[3)] を参考に，各材料の応力ーひずみ関係をバイリニアでモデル化した．PBL はせん断ばね，フランジとコンクリートの結合は支圧ばねにてモデル化し，そのばね剛性には，**表-1** に示す値を用いた．なお，鋼桁と床版は合成桁として剛結合している．載荷は，試設計による偶力が作用するように解析範囲を決定し，断面全体に設計軸力 550kN を作用させ，中立軸位置に鉛直変位を与えた．

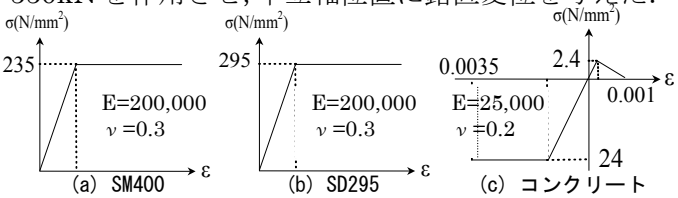


図-3 材料の応力-ひずみ関係

キーワード：　鋼ポータルラーメン橋，剛結部構造，支圧板方式，弾塑性有限変位解析
連絡先：　〒556-0011　大阪市浪速区難波中 2-10-70　高田機工㈱　TEL 06-6649-5145　FAX 06-6649-2439

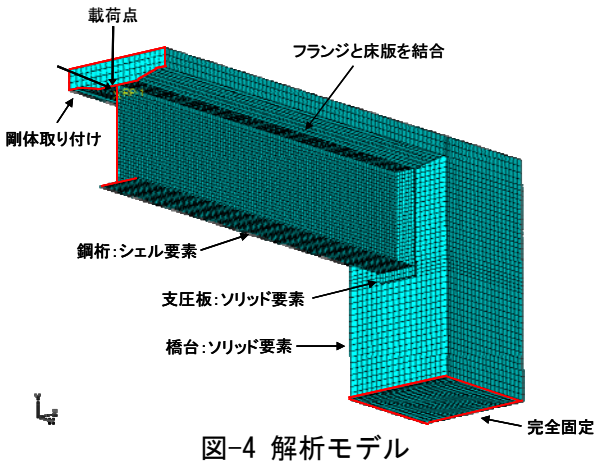


図-4 解析モデル

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	
3697(kN/mm)	3697(kN/mm)	40(kN/mm)	10(kN/mm/mm^2)

※ばね剛性は文献2)3)を参照し，決定．

4．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-5** に示す．**図-5** は，桁埋め込み方式と支圧板方式それぞれの載荷点位置での鉛直荷重と鉛直変位の関係を示している．

両方式ともに剛結部直上の床版鉄筋が降伏に達した後，荷重支持力が徐々に低下してゆく．その時の荷重は，桁埋め込み方式が 1,001kN，支圧板方式は 998kN を示し，どちらも設計許容荷重（400kN）に対して 2.5 倍程度の耐力を有している．

また両方式とも鉄筋降伏時には，鋼桁の下フランジが先行して降伏する．

表-2は，剛結部の単位重量当たりの耐力を示し，耐力に対する使用鋼材の効率性を表す．比較の結果，

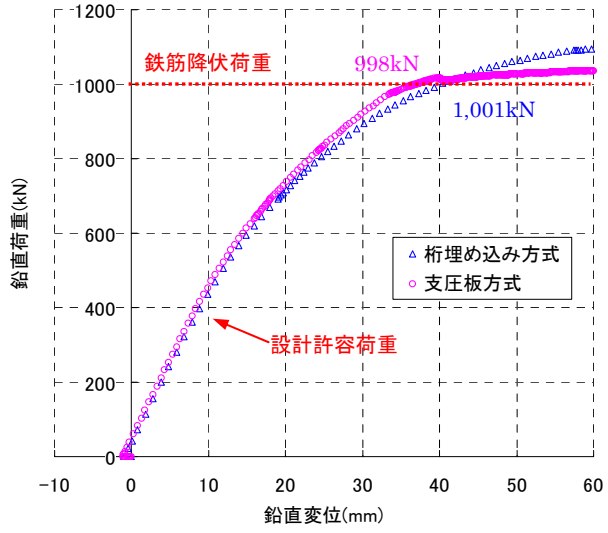


図-5 荷重－変位関係

支圧板方式が桁埋め込み方式よりも 1.6 倍程度高く，合理的であることがわかる．

図-6 は，引張側 PBL ばねの橋軸方向および鉛直方向のばね反力合計値と鉛直荷重の関係を示す．PBL は，鉛直方向力に対して線形的に抵抗し，せん断力を支持する．偶力に対しては，設計許容荷重を超えたあたりから補助的に荷重を支持する．

表-2 剛結部単位重量当たりの耐力比較

	桁埋め込み方式	支圧板方式
鉄筋降伏荷重	1001kN	998kN
鉄筋寸法・配置	D19@125	D22@125
鋼桁断面	1-Uflg PL 580x22	1-Uflg PL 580x22
	1-Web PL 1300x9	1-Web PL 1300x9
	1-Lflg PL 580x22	1-Lflg PL 580x22
剛結部断面	I-Section	1-Base PL 600x32
	6-Pbl PL 130x22	1-Pbl PL 390x9
剛結部重量(鉄筋含)	663kg	422kg
単位重量当たり耐力	1.51kN/kg	2.36kN/kg

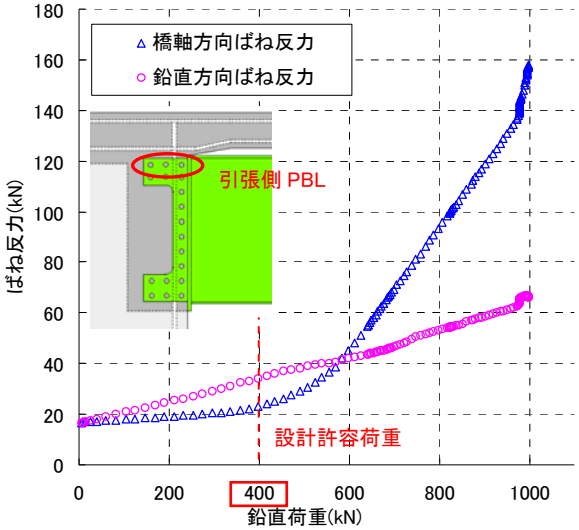


図-6 ばね反力－荷重関係

5．まとめ

弾塑性有限変位解析の結果，①同一条件にて試設計した場合，両方式の耐力は同程度となり，設計許容荷重に対し2.5倍程度の耐力を有する．②剛結部単位重量当たりの耐力を比較すると支圧板方式が桁埋め込み方式よりも1.6倍程度高く，合理的である．今後は，構造実験を行い解析結果の妥当性について検証するとともに，合理的な剛結構造を構築するための設計情報を整備する必要がある．

参考文献

1) 土木研究所他：橋台部ジョイントレス構造の設計法に関する共同研究報告書(その 1), Vol. 369, 2007. 4.

2) 道下, 櫻井, 本間, 渡辺, 平田, 藤川：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.

3) 土木学会：2009年制定複合構造標準示方書, 第1版, 2009. 12