

定着構造の違いによる鋼ポータルラーメン橋の剛結部に関する力学的挙動について

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

1. はじめに

中小スパンの単純桁橋において、建設コスト削減や維持管理の観点から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は桁埋め込み方式が主流となりつつある。しかし、躯体前面側の下フランジ下側の境界面に大きな支圧力が作用することや桁埋め込み側背面のコンクリートに引張力が作用するなど改善の余地も残されている。そこで筆者らは力学的にも合理性があると考えられる孔あき鋼板ジベル(以下 PBL)を配置した支圧板方式による剛結部構造を提案している¹⁾。本稿では、定着構造の違いおよび支圧板厚に着目して FEM 解析を行い、終局強度に至るまでの挙動について検討した。

2. 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を試設計し比較した。表-1 に示す Type-I ~Type-III の試設計を行い、剛結部の FEM モデルを作成した。Type-I は現在我が国で主流となりつつある桁埋め込み方式であり、Type-III は PBL を配置した支圧板方式である。支圧板の板厚は、支圧板と下フランジの交差部の板曲げによる影響を確認するために、t32mm,t20mm,t16 mm の 3 ケースについても実施した。また諸外国では、定着構造として支圧板に頭付きスタッドを配置した構造も見られることから、水平剛性に寄与しないケース (Type-II) についても解析を行

った。

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 $24(\text{N/mm}^2)$ 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応力-ひずみ関係を完全弾塑性型のバイリニアモデルとした。頭付きスタッドや PBL については文献 3) を参考に線形バネ要素でモデル化した。載荷については、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漸増させた(図-1)。

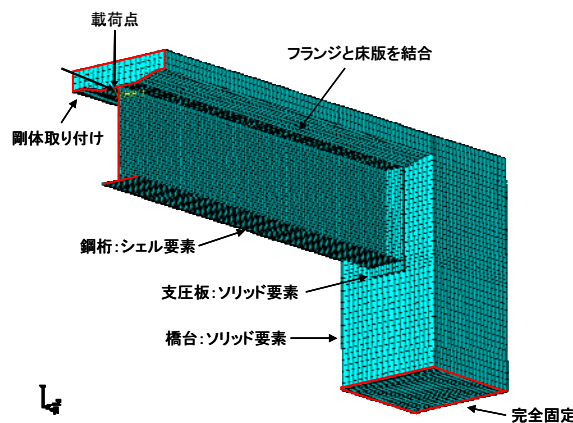


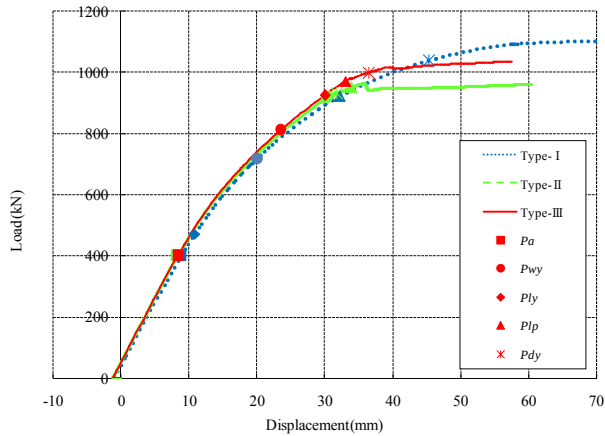
図-1 解析モデル

表-1 解析ケース (単位: mm)

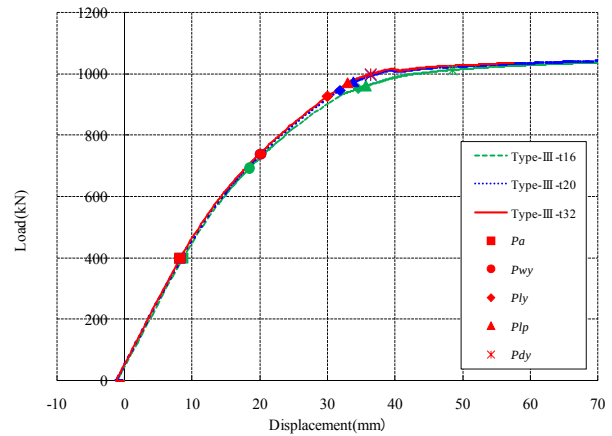
解析ケース	Type-I 桁埋め込み方式	Type-II 支圧板方式 (頭付きスタッド配置)	Type-III-t32,20,16 支圧板方式 (PBL 配置)
剛結構造			
鉄筋	D19@125	D22@125	D22@125
鋼桁断面	1-U.flg PL 580x22	1-U.flg PL 580x22	1-U.flg PL 580x22
	1-Web PL 1,300x9	1-Web PL 1,300x9	1-Web PL 1,300x9
	1-L.flg PL 580x22	1-L.flg PL 580x22	1-L.flg PL 580x22
剛結部詳細	I-Section	1-Base PL 600x32	<u>1-Base PL 600x32,20,16</u>
	6-Pbl PL 130x22	18-Stud φ22x150	1-Pbl PL 390x9(18- PBL)

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, 孔あき鋼板ジベル

連絡先: 〒556-0011 大阪市浪速区難波中 2-10-70 高田機工(株) TEL 06-6649-5170 FAX 06-6649-2439



(a) 剛結構造の違いによる影響



(b) 支圧板厚による影響

図-2 荷重-変位関係

表-2 各限界状態における荷重-変位関係

	i) P_a	ii) P_{wy}		iii) P_{ly}		iv) P_{lp}		v) P_{dy}		P_{by}	
	水平荷重 (kN)	水平荷重 (kN)	変位 (mm)	水平荷重 (kN)	変位 (mm)	水平荷重 (kN)	変位 (mm)	水平荷重 (kN)	変位 (mm)	水平荷重 (kN)	変位 (mm)
Type-I	400.0	717.1 (1.79)	20.1	470.7 (1.18)	10.9	921.4 (2.30)	32.2	1038.4 (2.60)	45.4	-	-
Type-II		917.6 (2.29)	30.4	921.1 (2.30)	30.6	950.4 (2.38)	34.0	932.4 (2.33)	31.9	948.3 (2.37)	38.7
Type-III-t16		690.0 (1.72)	18.5	952.8 (2.38)	34.6	960.8 (2.40)	35.8	1012.9 (2.53)	48.5	597.6 (1.49)	14.7
Type-III-t20		739.3 (1.85)	20.3	946.9 (2.37)	31.9	975.2 (2.44)	33.9	995.0 (2.49)	36.5	689.2 (1.72)	18.0
Type-III-t32		810.1 (2.03)	23.5	925.6 (2.31)	30.1	971.3 (2.43)	33.1	999.0 (2.50)	36.5	996.9 (2.49)	36.1

 P_a : Design allowable Load P_{dy} : Reinforcement bars yields Load P_{wy} : The web of steel girder yields Load P_{by} : Bearing Plate yields Load P_{ly} : The lower flange of steel girder yields Load

3. 弾塑性有限変位解析の結果と考察

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-2に示している。図-2(a)は、剛結構造の違いによる影響に着目し、図-2(b)は、支圧板厚による影響について着目している。あわせて表-2には各限界状態における荷重-変位関係を示す。

3. 1 剛結構造の違いによる影響

Type-I と Type-III の桁埋め込み方式と支圧板方式の違いによる影響は、鋼桁ウェブの降伏荷重 P_{wy} が 717kN と 810kN で Type-III の方が 13%程度高い結果となったが、鉄筋降伏荷重は 1,038kN と 999kN とほとんど変わらなかった。終局状態はともに設計荷重の 2.5 倍以上あるものの、Type-III では、終局荷重以降の荷重増加は Type-I と比べて小さい結果となった。

定着方式が頭付きスタッドと PBL で異なる Type-II と Type-III-t32 では、下フランジ降伏荷重 P_{ly} までは荷重-変位関係に大きな差異は見られない。床版鉄筋降伏荷重 P_{dy} は 948kN と 997kN と Type-III-t32 の方がと約 5%程度の耐力向上が見られることから、桁降伏後あたりから橋軸方向水平力の負担に PBL が寄与するものと考えられる。

3. 2 支圧板厚の違いによる影響

支圧板厚の薄い Type-III-t16, t20 の 2 ケースでは支圧板の降伏荷重が 598kN と 689kN と早期に支圧板が

降伏している。一方 Type-III-t32 では、終局状態まで支圧板が降伏しない結果となった。しかしながら、支圧板厚の違いによる荷重-変位関係にほとんど差異は見られなかった。これは今回の解析において、コンクリートの応力-ひずみ関係を完全弾塑性型と仮定しており、支圧板と下フランジの交差部に発生が予想される応力集中によるコンクリートの圧壊がモデル化されていないためと考えられる。

4. まとめ

定着構造の違いおよび支圧板厚に着目して FEM 解析を行った。得られた結果を下記に示す。

- 1) 桁埋め込み方式と支圧板方式ともに設計荷重に対して 2.5 倍以上の耐力を有している。
- 2) 孔あき鋼板ジベルの有無による耐力の違いは、5%程度であり桁降伏後あたりから水平力の負担に PBL が寄与する。
- 3) 支圧板が薄いと早期に降伏するものの、32mm まで板厚を厚くすると終局状態まで支圧板が降伏しない結果となった。

【参考文献】

- 1) 山口ら：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，第 66 回年次学術講演会，2011.9.
- 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.