

孔あき鋼板ジベルを用いた複合ラーメン橋剛構造の載荷試験

新日本製鐵 正会員 高木優任 正会員 室井進次
東海大学 正会員 中村俊一

1. はじめに 中小スパン橋梁の経済化，耐震性向上などに有効な構造形式として，鋼桁とコンクリート橋脚を剛結した複合ラーメン橋が注目を集めている。複合ラーメン橋のキー技術となる隅角部については，十分な耐力・耐久性を有するとともに施工の省力化も求められる。これらの要求に応えるものとして，孔あき鋼板ジベル(以下，「PBL」)を用いた剛構造¹⁾が提案されている。本文は，このような構造を有する隅角部構造の耐力について実験的に検証したので，その結果を報告するものである。

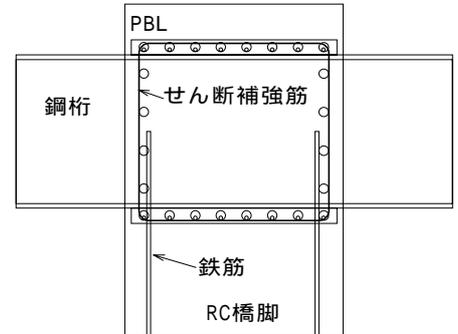


図-1 PBLを用いた剛構造

2. 剛結部の構造 着目した隅角部構造は，図-1に示すように，鋼桁の上下フランジにPBLを取り付け，桁から橋脚に直接荷重を伝達する構造である。PBLから橋脚鉄筋への荷重伝達が十分に行なわれるように，隅角部を取り囲むようにせん断補強鉄筋を配置している。

3. 試験の概要 (1) 載荷方法 桁から脚への荷重伝達性能を確認するため，図-1の構造により，橋脚と桁とを剛結し，図-2に示すように，桁の先端に鉛直に荷重を載荷する方法とした。載荷パターンは1方向の単調載荷としたが，載荷途中で適宜除荷し，挙動の線形性を確認した。

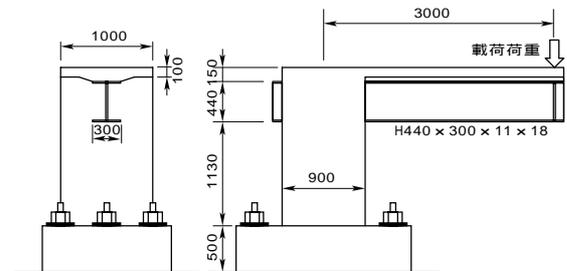


図-2 載荷方法

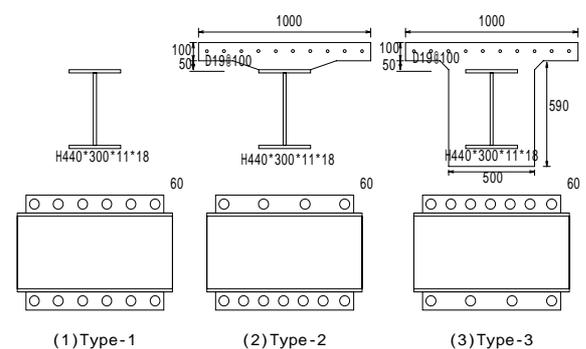
(2) 試験体 支間30m程度の5径間連続合成桁の複合ラーメン橋をイメージして試算を行い，桁と脚の幾何学的形状を決定した。主桁はH形鋼(高さ912mm)で設計可能であった。したがって，試験体の設計にあたっては，このような試算結果を考慮し，試験機などの制約条件から幾何学的寸法を1/2サイズとし，桁は高さ440mmのH形鋼，橋脚は幅1000mm，厚さ900mmとした。

PBLはLeonhardtの提案式²⁾により許容耐力を求め，隅角部に作用する曲げモーメントをPBLの隅力のみで負担すると仮定して鋼桁許容応力時にPBLに作用する荷重を算出し，この荷重をもとにPBLの枚数，孔数などの配置を決定した。

試験においては，桁の補強効果と隅角部の強度の関係を調べるため，Type-1:鋼桁のみ(非合成桁)，Type-2:床版と桁とを合成(合成桁)，Type-3:桁端をコンクリート巻き(SRC構造)の3体の試験体を用意した。試験体の概要を表-1に示す。Type-3のSRC構造の設計においてはH形鋼を鉄筋換算して断面性能を評価した。なお，Type-2, Type-3では上下フランジそれぞれに作用する断面力が異なるため，PBLの孔配置が上下非対称となっている。

表-1 試験体の概要

	桁	床版鉄筋	脚鉄筋
Type-1	H440 × 300	-	D22@125
Type-2		D19@100	D22@125
Type-3		D19@100	D25@125



キーワード 複合ラーメン，剛構造，孔あき鋼板ジベル

連絡先 〒293-8511 千葉県富津市新富20-1 新日本製鐵(株)構造研究開発センター TEL:0439-80-2226

試験に使用した材料の材料試験結果を表 - 2 に示す。

表 - 2 材料試験結果

H形鋼(フランジ) :SS400
$y=338\text{N/mm}^2$
コンクリート(試験日強度) :30N/mm ²
$c_k=40.4\text{N/mm}^2$ (Type-1)
39.6N/mm^2 (Type-2)
40.0N/mm^2 (Type-3)
鉄筋 :SD295
$y=388\text{N/mm}^2$ (D19:床版)
$y=374\text{N/mm}^2$ (D22:脚)

4. 試験結果と考察 載荷荷重と載荷点直下における桁の鉛直変位の関係を図 - 3 に、実験結果と各種設計荷重との比較を表 - 3 に示す。図中では、表示を見やすくするため、載荷途中の徐荷経路は示さず、包絡線のみを示した。載荷初期においては Type-3, Type-2, Type-1 の順番で剛性が大きくなっており、合成桁化, SRC 構造化によって全体剛性が上昇している様子がわかる。

Type-1 は、橋脚引張側コンクリートのひび割れ、桁の降伏でたわみ勾配の変化が認められ、最終的には鋼桁の上下フランジが共に降伏して塑性化し、鋼桁の塑性化による回転の増大により終局を迎えた。

Type-2 は、床版、橋脚それぞれのコンクリートのひび割れ発生によって剛性の低下が生じ、たわみ勾配が変化した。その後、ほぼ荷重の増加と線形に変位は増大していったが、載荷荷重が設計荷重の約 2.2 倍の 300kN あたりで桁圧縮側フランジが降伏し、それとほぼ同時に橋脚鉄筋が降伏した。その後、載荷荷重 350kN あたりで床版鉄筋が降伏するとともに、それ以降は橋脚鉄筋の塑性化によって橋脚部分の回転が大きくなり、それに伴って載荷点直下の鉛直変位も大幅に増加した。橋脚鉄筋が降伏してから後も荷重は漸増していたが、試験機の制限により、変位が約 100mm となったところで試験を終了した。

Type-3 は、橋脚鉄筋の降伏に至るまでの挙動は Type-2 のそれとほぼ同じである。ただし、鋼桁がコンクリートで補強されているために、鋼桁は降伏に至らなかった。橋脚鉄筋の降伏後は、Type-2 と同じく、鉄筋の塑性化によって橋脚部分の回転が大きくなり、それに伴って載荷点直下の鉛直変位も大幅に増加した。橋脚鉄筋が降伏してから後も荷重は漸増していたが、試験機の制限により、変位が約 100mm となったところで試験を終了した。

いずれの試験体においても、終局状態において隅角部コンクリートには微細なひび割れが見られたものの、PBL の破壊、コンクリートの欠落ちなどの損傷は認められなかった。また、表 - 3 より、各試験体は設計荷重を 3 倍以上上回る耐力を示し、PBL を用いた隅角部構造が十分な強度を有することを確認した。

5. まとめ PBL を用いた、複合ラーメン橋の新しい隅角部構造について載荷試験を実施した。その結果、以下のことを確認した。

提案した隅角部構造は設計荷重を十分に上回る強度を有する。

床版との合成化, SRC 構造化などの補強によって、負曲げ部の桁の強度・剛性を向上させることができる。

参考文献

- 1)本間,平田:孔あき鋼板ジベルを用いた鋼桁-RC 橋台接合構造の実験的研究, 鋼構造論文集,2001.6.
- 2)F.Leonhardt,et.al:Neues,vorteilhaftes Verbundmittel fur Stahlverbund Tragwerke mit hoher Dauerfestigkeit,beton und stahlbetonbau,1987

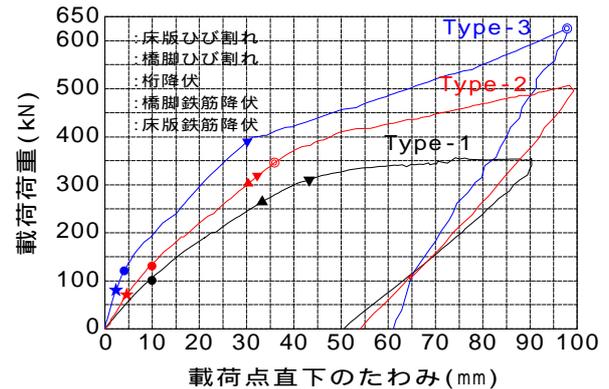


図 - 3 荷重-たわみ関係

表 - 3 実験結果と各種荷重

		Type-1	Type-2	Type-3
設計荷重*		114kN	134kN	133kN
鋼桁降伏荷重	設計	196kN	230kN	385kN
	実験	264kN	302kN	降伏せず
脚鉄筋降伏荷重	設計	226kN	226kN	292kN
	実験	310kN	318kN	380kN
実験時最大荷重		356kN	507kN	625kN
/		3.12	3.78	4.7
/		1.35	1.31	-
/		1.37	1.41	1.3

*設計荷重: Type-1, Type-2=鋼桁許容応力時
Type-3=SRC部コンクリート許容応力