

鋼・コンクリート複合トラス橋格点部の応力伝達機構に関する実験的研究

福岡大学 学生会員 ○米永義明 九州大学大学院 正会員 日野伸一
 九州大学大学院 正会員 山口浩平 (株) 富士ピー・エス 正会員 左東有次
 九州大学大学院学 生会員 太刀掛正俊

1. はじめに

複合トラス橋において、鋼トラス斜材とコンクリート床版との結合部である格点部は、トラス材に作用する断面力を床版へと伝達する重要な部位となるため、その構造は十分な安全性を有する必要がある。また、格点構造はその構造が施工性や経済性等に与える影響が大きく、これまで各種の構造が提案され、模型実験等によりその耐力や疲労耐久性などが検証されている¹⁾。しかし既往の格点構造は、その安全性確保を最優先する理由から複雑で、必ずしも合理的な構造とは言えないものとなっている。そこで本研究では、既往の格点構造よりもシンプルで、その耐力評価式や疲労耐久性などが比較的解明されている、孔あき鋼板ジベル (以下 P.B.L) およびスタッドを用いた格点構造を提案し (図-1)、その静的載荷試験を実施して、本格点構造の応力伝達機構の解明ならびにその合理的な設計手法について検討することを目的とする。

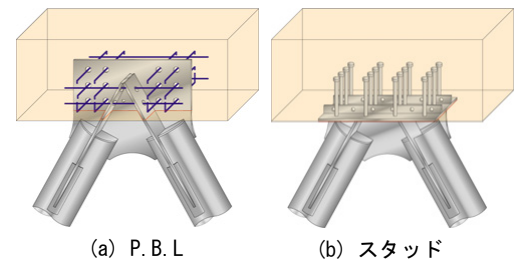


図-1 格点構造のイメージ図

2. 試験概要

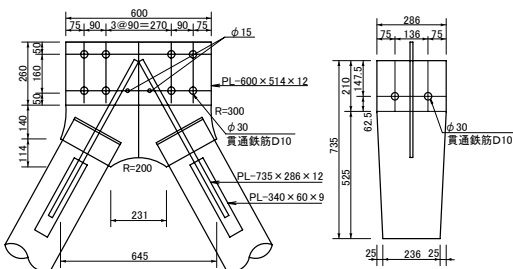
供試体は下床版-鋼トラス斜材間の格点部 (1/2 縮尺) を想定し、接合部を P.B.L による TYPE1-1 と TYPE1-2, スタッドによる TYPE2 の計 3 タイプとした。斜材鋼管には $\phi 216.3\text{mm}$, $t8.2\text{mm}$ の STK490 を用いた。表-1 に供試体概要, 図-2 に供試体詳細図, 表-2 に使用材料諸元をそれぞれ示す。TYPE1-2 は鋼管と格点部との溶接部位を他の 2 タイプと異なり、断面図心付近に限定させ、鋼管-格点部間における曲げ剛度を小さくした。これは写真-1 に示すような構造を模擬したものであり、鋼管-格点部間での剛度の違いによる、各部位の応力性状の変化を観察する。載荷は写真-2 に示すようにコンクリート床版を橋軸方向へ単純水平載荷した (載荷性能は 2000kN)。なお格点部の設計は、接合部での破壊を想定して、P.B.L では「複合構造物の性能照査指針 (案)」²⁾ 規定の保坂式 (貫通鉄筋あり) を、スタッドでは「P.C.I Design Handbook」³⁾ 規定の引張耐力式ならびにせん断耐力式をそれぞれ準用して行った。

表-1 供試体概要

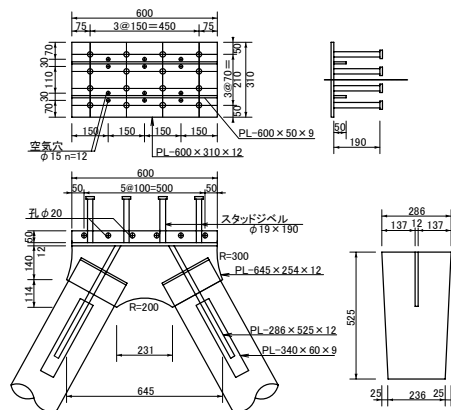
供試体名	TYPE1-1	TYPE1-2	TYPE2
構造名	P.B.L		スタッド
詳細	孔数計20	孔数計12	$\phi 19 \times 190, 16$ 本
溶接形状			
曲げ剛度	大	小	大

表-2 材料の力学的性質

種類	引張強度 (N/mm ²)	降伏強度 (N/mm ²)	圧縮強度 (N/mm ²)	弾性率 (kN/mm ²)	
鋼管	STK490	573	370	-	208.6
鋼材	SM400	439	295	-	207.6
鉄筋	SD295A : D10	533	376	-	-
	: D13	522	357	-	-
	: D19	531	365	-	-
コンクリート	(早強)	-	-	25.2	25.5



(a) TYPE1-2



(b) TYPE2

図-2 供試体詳細図



写真-1 低剛度のイメージ

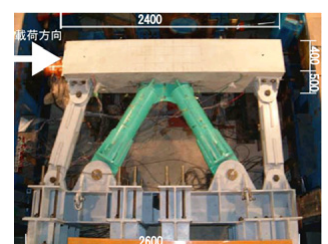


写真-2 載荷状況

3. 試験結果および考察

(1) 耐力評価

各供試体の最大荷重 P_{max} と設計耐力 P_d を比較したものを表-3 に、荷重-水平変位関係を図-3 にそれぞれ示す。 載荷初期の弾性領域では各供試体の剛性はほぼ等しい。 TYPE1-2 と TYPE2 は荷重 1200kN 付近で剛性低下がみられたが、格点部剛性の高い TYPE1-1 は、1600kN 付近まで顕著な剛性低下は認められなかった。 一方、最大耐力は、P.B.L タイプの TYPE1-1 及びTYPE1-2 が、試験機の最大能力である $P_{max}=1951\text{kN}$, 1844kN までそれぞれ耐力を保持した。 スタッドタイプの TYPE2 は、 $P_{max}=1604\text{kN}$ で格点部のずれにより破壊した。 最大耐力は TYPE2 で設計耐力の 2.0 倍、TYPE1-1 と TYPE1-2 では 1.6 倍以上、2.2 倍以上となり、いずれも安全性の高い結果となった。

表-3 最大荷重の比較

	TYPE1-1	TYPE1-2	TYPE2
P_{max} (kN)	1951	1844	1604
P_d (kN)	1255	916	779
P_{max}/P_d	1.6	2.2	2.0

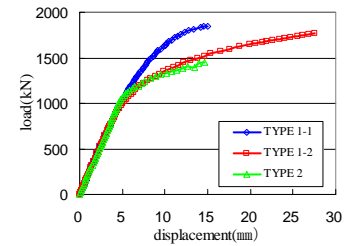
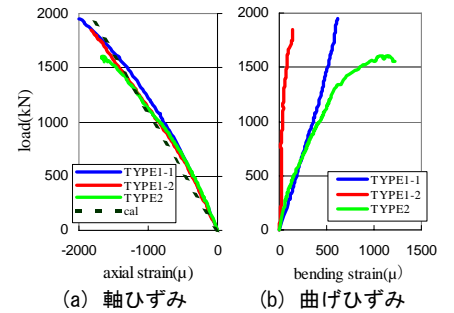


図-3 荷重-水平変位関係

(2) 鋼管のひずみ性状

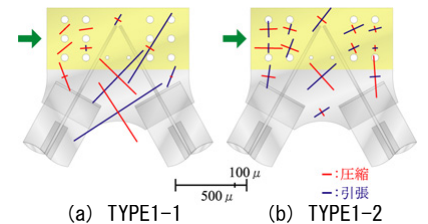
図-4 は各供試体の圧縮鋼管中央部における荷重-軸ひずみ関係、曲げひずみ関係を示したものである。 TYPE1-1 と TYPE2 は荷重の増加に伴い曲げひずみも増大しているのに対し、TYPE1-2 は高荷重時においても曲げひずみがほとんど発生していない。 これは鋼管-格点部の溶接形状の違いによる剛度の影響によるものである。 また、鋼管の軸力成分は概ねトラス理論による計算値と一致した。 以上より、TYPE1-2 は格点部のピン結合を考慮した設計が可能であるといえる。



(a) 軸ひずみ (b) 曲げひずみ
図-4 鋼管の荷重-軸・曲げひずみ関係

(3) P.B.L における応力伝達

P.B.L 部の 500kN 時における主ひずみ分布状況を図-5 に示す。 図中の黄色部分はコンクリート埋設部である。 TYPE1-1 は P.B.L の剛性が高い上に鋼管の曲げ影響によりガセット部にひずみが局部的に集中しているのに対し、TYPE1-2 はひずみが分散し、スムーズな応力伝達がわかる。 これも溶接形状の違いによるものと考えられる。



(a) TYPE1-1 (b) TYPE1-2
図-5 500kN 時における主ひずみ分布状況

(4) スタッドにおける応力伝達および変形状

TYPE2 のスタッドにおけるひずみ計測位置を図-6 に示し、基部の荷重-ひずみ関係を図-7 に示す。 引張鋼管直上に位置するスタッドは荷重が小さい範囲から引張ひずみが発生しているが、圧縮鋼管直上に位置するスタッドはほとんどひずみが発生していない。 これは引抜力にはスタッドが抵抗するのに対し、圧縮力にはスタッドを溶接したフランジプレートが支圧により抵抗するためであると考えられ、また供試体が破壊に近づく高荷重領域では圧縮鋼管直上 (ST5,ST6) のスタッドにも引張ひずみが発生していることが伺える。

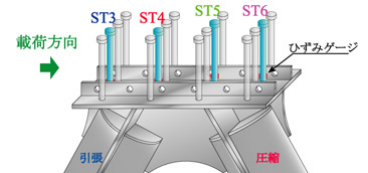
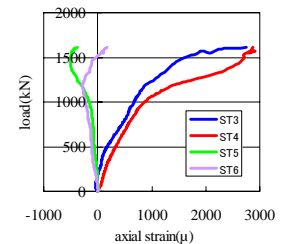
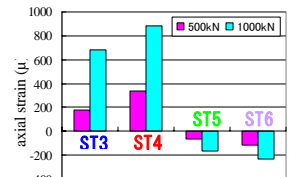


図-6 スタッドひずみ計測位置



(a) 荷重-軸ひずみ関係



(b) 500, 1000kN 時の軸ひずみ
図-7 スタッド軸ひずみ

4. まとめ

本実験より、以下のことが明らかになった。 ①P.B.L やスタッドの既往耐力評価式を用いた場合、いずれの供試体も設計耐力の約 2 倍もしくはそれ以上の安全側耐力評価となる。 ②鋼管-格点部の溶接部を中立軸付近に限定した TYPE1-2 は、斜材鋼管を軸力部材として設計が可能である。 また、P.B.L 部全体で応力を伝達する。 ③TYPE2 は設計において、引張域のスタッドのみに対して引抜力を考慮しており、その妥当性が確認できた。

今後はコンクリート充填性の良い、P.B.L タイプの格点部構造に対してより合理的な設計について究明する予定である。

参考文献 1) 社団法人プレストレストコンクリート技術協会：複合橋設計施工基準，技報堂出版（株），2005.11
2) 構造物の性能照査指針(案) 3) P.C.I Design Handbook