

複合トラス橋格点部構造に関する解析的考察

九州大学大学院 学生会員 ○手嶋 康博 九州大学大学院 正会員 園田 佳巨
九州大学大学院 正会員 日野 伸一 九州大学大学院 学生会員 工藤奈津子

1. はじめに

近年、従来の PC 箱桁橋に代わる新しい橋梁形式として、鋼トラス材とコンクリート床版を組み合わせた複合トラス橋が注目されている。複合トラス橋のような複合構造の場合、異種材料間の接合部が重要であり、鋼トラス材とコンクリート床版の接合部である格点部に関しては様々な構造が提案されているが、その設計手法は確立されていないのが現状である。本研究ではこの格点部を対象として、孔あき鋼板ジベル（以下 P.B.L.）およびスタッドジベルの 2 種類の格点部構造について FEM により解析を行い、その力学特性を把握することを目的とする。

2. 解析概要

本解析では複合トラス橋の格点部のみに着目して解析を行った。解析モデルおよび境界条件を図-1 に示す。解析モデルは床版内の鉄筋を除く全部材を 8 節点ソリッド要素で、鉄筋は 2 節点トラス要素で離散化した。境界条件はトラス材端部を自由に回転できるピン支持とし、床版端部に水平方向に載荷することで、それぞれのトラス材に引張軸力と圧縮軸力を作用させ、実際の複合トラス構造の応力状態を再現している。

解析対象とした格点部構造を図-2 に示す。P.B.L.は孔あき鋼板を、スタッドジベルは頭付きスタッドが溶接されたエンドプレートをコンクリート床版中に埋め込むことで滑り止めとした構造である。床版の外側のトラス材接合部は、ガセットプレートに鋼管のトラス材と斜めの繋ぎ板をかみ合わせた構造となっている。このトラス材接合部に関しては図-3 に示すように、鋼管とガセットプレートの要素間の節点を共有した曲げ剛性の大きいタイプ(a)と鋼管とガセットプレートの要素間を二重節点にした曲げ剛性の小さいタイプ(b)の 2 種類を想定した。図-2、図-3 の(a)、(b)の組み合わせにより、本解析では表-1 に示す 3 タイプについて解析を行った。なお、P.B.L.の孔数については、表-1 に示すように 2 種類を想定している。

本解析に用いた材料定数を表-2 に、材料構成則を図-4 に示す。降伏曲面は鋼材に Von Mises 則を、コンクリートに修正 Mohr-Coulomb 則を用いている。なお、鋼材とコンクリートの界面は付着すべりを考慮しない完全付着モデルとなっている。

3. 解析結果

(1) 荷重－水平変位関係

床版を水平方向に 40mm 強制変位させた際の、荷重と床版の水平変位の関係を図-5 に示す。この図から TYPE1-1 と TYPE2 においては 1800kN 前後で、TYPE1-2 においては 1300kN 前後で剛性の低下が確認できる。図-6 に剛性低下時の TYPE1-1,1-2 の鋼部材における相当ひずみ分布を示す。図中で黒く表示されている部分は降伏していることを示す。各モデルの剛性低下時のひずみ分布を比較すると、TYPE1-1,2 においては圧縮トラス材、引張トラス材の順に内側が降伏することで急激に剛性が低下している。TYPE1-2 では鋼管とガセットプレート間を二重節点にして

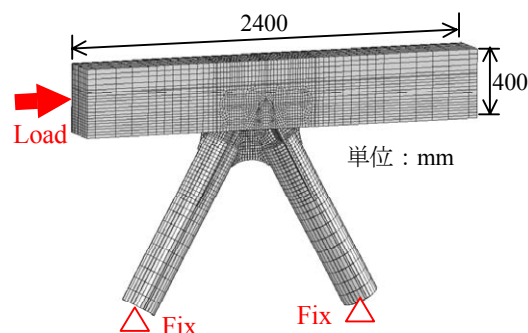
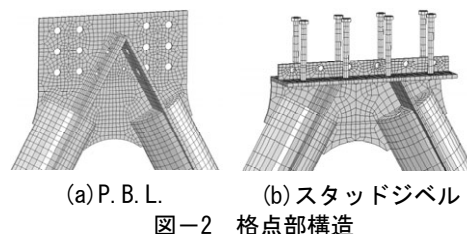
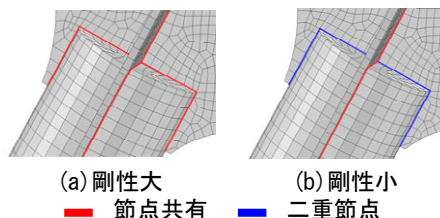


図-1 解析モデルおよび境界条件図



(a) P. B. L. (b) スタッドジベル
図-2 格点部構造



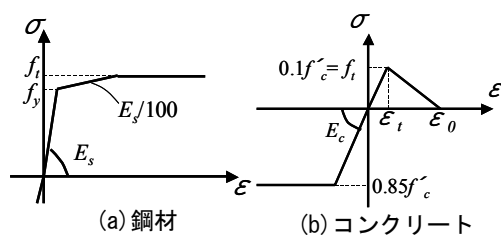
(a) 剛性大 (b) 剛性小
— 節点共有 — 二重節点
図-3 トラス材接合部

表-1 解析モデル分類

モデル名	TYPE1-1	TYPE1-2	TYPE2
格点部構造	P.B.L.		スタッド
詳細	孔数20	孔数12	φ19×190,16本
トラス材接合部	剛性大	剛性小	剛性大

表-2 材料定数

分類	鋼材				コンクリート
	鋼管	鋼板	鉄筋	スタッド	
ヤング率(N/mm ²)	210000				25600
ポアソン比	0.3				0.18
降伏強度(N/mm ²)	370	295	366	355	21.77
引張強度(N/mm ²)	573	439	529	488	2.5



(a) 鋼材 (b) コンクリート
図-4 材料構成則

いるために応力の伝達が行われず、繋ぎ板のみで応力を受け持つために、鋼管の降伏に先行して繋ぎ板が降伏しているため TYPE1-1,2 より早く剛性の低下が生じている。TYPE1-1 と TYPE2 の結果はほぼ等しく、ジベル構造の相違による耐力の違いが認められなかった。今後は、付着すべりが格点構造の耐力にどのような影響を与えるかを検討する必要があると考えられる。

(2) ジベルの相当ひずみ分布

図-7 に荷重 1500kN 時の各タイプのジベルおよびトラス材接合部の相当ひずみ分布および図中に示す 4 点の荷重-相当ひずみ関係を示す。分布図から TYPE1-1,2 においてはガセットプレート全体にひずみが集中し、降伏していることが確認できる。これに対し、TYPE1-2 においてはガセットプレート下部のひずみが減少し、上部のみに集中している。これは前述したように鋼管とガセットプレート間で応力の伝達が行われず、繋ぎ板からガセットプレートへと応力が伝達されるためである。以上のことから、トラス材接合部の剛性により格点部における損傷箇所にも相違が見られることが確認できた。

各タイプの荷重-ひずみ関係を比較すると、TYPE1-1,2 においてはひずみが分散しているのに対し、TYPE2 においては主に A,B 点にひずみが集中し、C,D 点では非常にひずみが小さくなっている。このことから、TYPE2 のスタッドジベル構造では圧縮トラス材側のスタッドが有効に機能していないと考えられる。これは、格点部に生じる曲げモーメントにより引張トラス材側のスタッドに引き抜き、圧縮トラス材側のスタッドに支圧力が作用するが、圧縮トラス材側ではエンドプレートがコンクリートから受ける支圧によって荷重を分担するためと推測される。この結果から、P.B.L.とスタッドジベルを比較した場合、P.B.L.の方がジベル全体を有効に活用でき、効率的であると考えられる。

(3) コンクリート床版の最大主ひずみ分布

ジベルの種類によりコンクリート床版の損傷にどのような差が生じるかを比較するために、図-8 に TYPE1-1,2 のコンクリート床版表面の最大主ひずみ分布を示す。図中で黒く表示されている部分は引張強度以上のひずみを示すコンクリート領域である。この図から、引張トラス材側でひずみが集中することが確認できる。ただし、コンクリートのひずみの集中部は鋼-コンクリート界面の付着すべりの有無によって大きく変わる可能性があるため、格点構造の耐力と合わせて検討していく必要があると考えられる。

4. まとめ

本研究から以下の知見が得られた。

- (2), (3) の結果から、格点部においては引張トラス材側にひずみが集中することが確認できた。
- P.B.L.とスタッドジベルを比較した場合、P.B.L.の方がジベル全体を有効に作用させることができるために合理的であると考えられる。

また、(1) の結果では格点部構造の耐力の違いが認められなかったため、今後は鋼-コンクリート界面の付着すべりの再現およびそれによりこれらの結果にどのような差異が生じるかを検討することを課題とする。

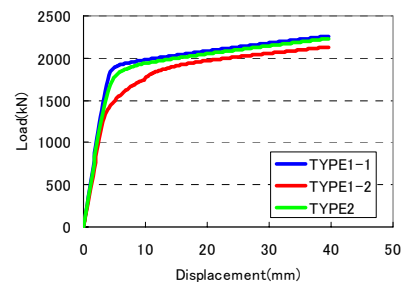


図-5 荷重-水平変位関係

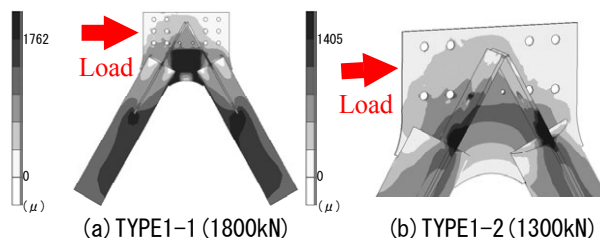


図-6 剛性低下時の相当ひずみ分布

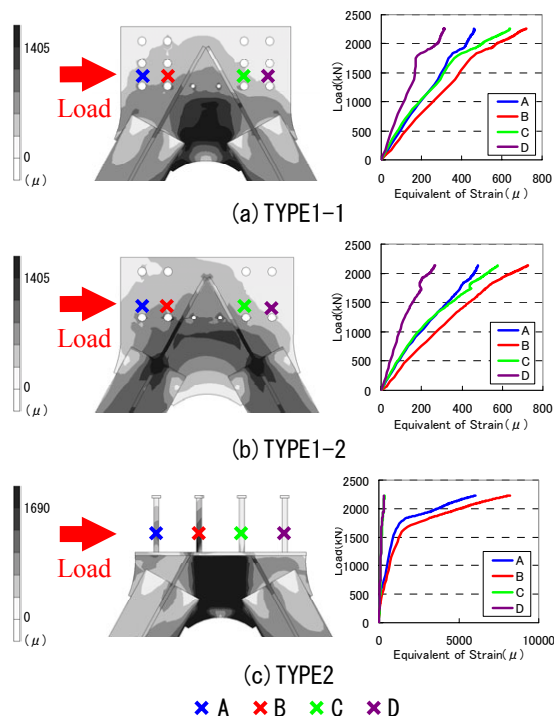


図-7 ジベルの相当ひずみ分布および荷重-相当ひずみ関係(1500kN)

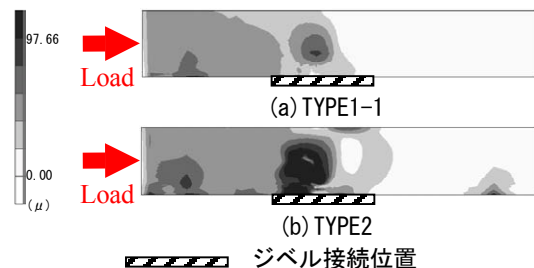


図-8 コンクリート床版の最大主ひずみ分布 (1500kN)