

複合トラス橋格点部構造の弾塑性挙動特性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

1. はじめに

鋼とコンクリートの長所を組み合わせた複合構造には様々な形式が考案されているが、その一つ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存在する。複合トラス橋のような複合構造の場合、異種材料間の界面の取り扱い(付着すべりなど)が重要となる。そこで、本研究では鋼-コンクリート間の付着の有無による影響について考察し、さらに複合トラス橋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、その構造特性について比較検討を行った。

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。本解析に用いた材料定数を表-1に、材料構成則を図-3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。

前述した鋼-コンクリート界面の取り扱いについては、図-4に示すモデルで検討を行った。(a)に示すように、コンクリート中にスタッドが埋め込まれている状態を平面応力状態でモデル化を行い、スタッドに引き抜き力を作用させた。界面は節点を共有させた完全付着モデル(CASE1)と界面の付着および摩擦を全く考慮しないモデル(CASE2)の2種類を想定している。それぞれの最大主ひずみ分布を比較すると、CASE1ではスタッドの底面にひずみが集中しているのに対し、CASE2ではスタッド頭部に投錨効果が確認できた。このことから、簡易ではあるがCASE1よりもCASE2の方が望ましいと考えられる。そこで、以下の解析はCASE2の状態で行っている。

3. 解析結果

(1)荷重-水平変位関係

床版に作用させた荷重と水平変位の関係を図-5に示す。なお、こ

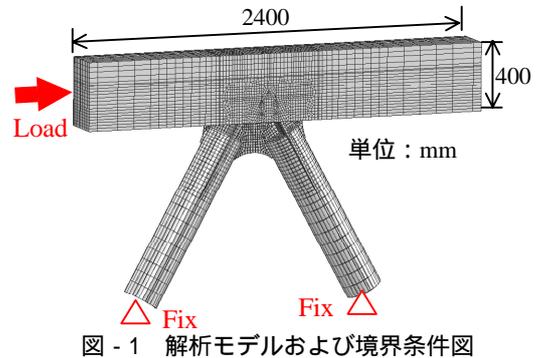
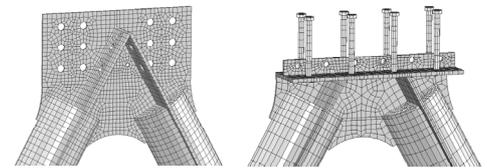


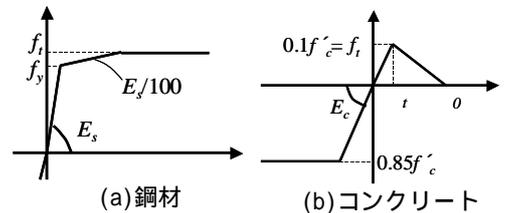
図-1 解析モデルおよび境界条件図



(a)P.B.L. (b)スタッドジベル
図-2 格点部構造

表-1 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-3 材料構成則

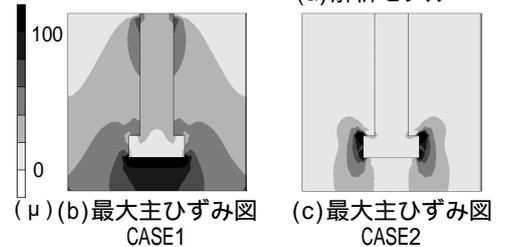
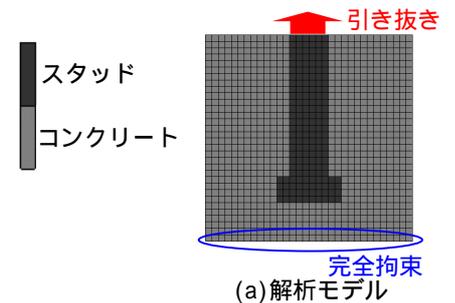


図-4 付着の有無に関する検討

キーワード 複合トラス橋, 格点部, 有限要素法, 付着
連絡先 〒819-0395 福岡県福岡市西区元岡 744 番 TEL 092-802-3370

では比較のために CASE1 の結果についても載せている．それぞれのケースで比較すると，いずれのタイプのモデルにおいても荷重が約 1 割低減していることがわかる．これは，図 - 6 に示すように界面における付着を切り離すことで，鋼とコンクリートの間で目開きが生じていることが一つの要因であると考えられる．

(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を示す．図中で黒色に表示されている部分は降伏している部位を示す．この図から，いずれの格点部構造においても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．このことから，今回の解析対象のようなモデルでは，床版内部のジベルではなく外部のガセットプレートによってトラス材の軸力が伝達される割合が大きいことがわかる．したがって，このような構造を実際に用いる際には，ジベルを有効に作用させるためにガセットプレートが降伏しない程度の板厚を確保する必要があると考えられる．

各タイプのジベル部のひずみ分布を比較すると，TYPE1 では概ね孔あき鋼板全体にひずみが分散しているのに対し，TYPE2 ではスタッドの頭部のひずみを見ると，引張トラス材側（図中左側）の 2 本にひずみが集中していることが認められる．このことから，ジベルとして有効に作用しているのは主に引張トラス材側のスタッドであることがわかる．したがって，この構造は TYPE1 と比較して若干非効率的であると言える．また，圧縮トラス材側のスタッドの根元にひずみが集中しているが，これは図 - 6 に示すようにエンドプレートとコンクリートの間でずれが生じるため，スタッドの根元に大きなせん断力が働くためである．

(3)コンクリート床版の最大主ひずみ分布

各タイプのコンクリート床版内の相当ひずみ分布を図 - 8,9 に示す．図中で黒色に表示されている部分は圧壊ひずみを越えた部位を示しており，圧壊やひび割れなどで損傷が生じていると考えられる．

図 - 8 を見ると，鋼 - コンクリート界面が完全に切り離されているために孔あき鋼板の孔中のコンクリートに大きなひずみが集中し，圧壊に至っていることが確認できる．また，載荷側（図中右側）の鋼板端面においてもひずみの集中が見られる．したがって，TYPE1 のような格点部構造では鋼板端面の支圧も格点部の耐力に影響を与えることが推測される．図 - 9 では引張トラス材側の頭部から斜めにひずみの進展が見られ，投錨効果が認められる．このように，界面の付着を切り離すことで孔中コンクリートの抵抗や投錨効果などの床版内におけるひずみ分布をある程度再現できることが確認できた．

4.まとめ

本研究から以下の知見が得られた．

- 1)鋼 - コンクリート界面の付着を切り離すことで，ジベルのすべり止めとしての機能のある程度再現することが確認できた．
- 2)ジベル全体を効率的に利用するという観点から見ると，P.B.L.の方が合理的な構造であると考えられる．

今回用いた CASE2 では界面の抵抗が全く存在しないため，今後は現実の付着特性を再現することができる付着すべりモデルを構築することを目的とする．

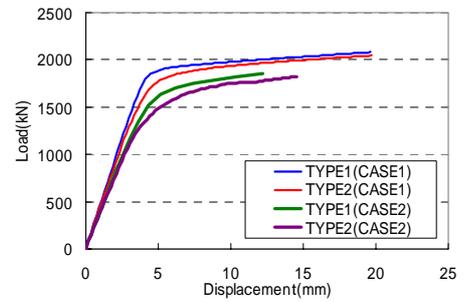


図 - 5 荷重 - 水平変位関係

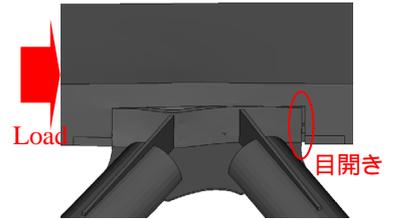


図 - 6 TYPE2 目開き状況
(変形倍率 10 倍)

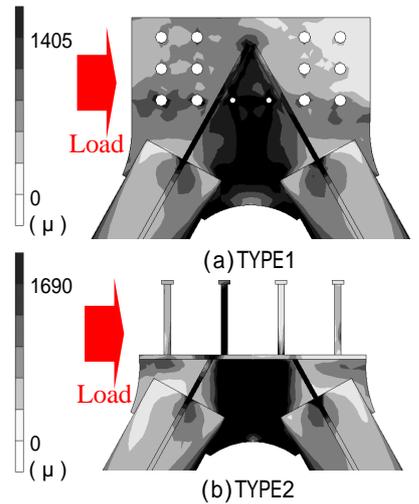


図 - 7 ジベルの相当ひずみ分布

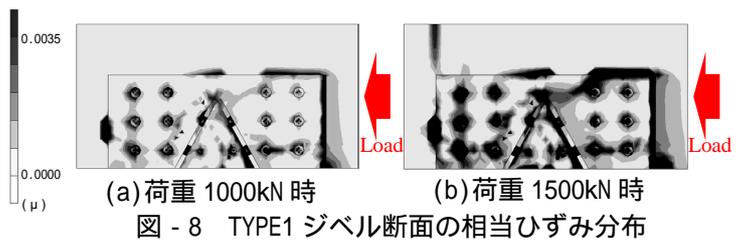


図 - 8 TYPE1 ジベル断面の相当ひずみ分布

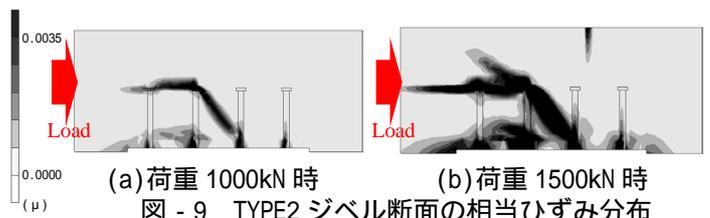


図 - 9 TYPE2 ジベル断面の相当ひずみ分布