

複合トラス構造格点部の弾塑性挙動特性に関する基礎的考察

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.目的

近年、開発実用化されている新しい橋梁形式として、PC 上下弦材と鋼斜材とを組み合わせた複合トラス橋がある。これは PC 箱桁のウェブ部を鋼トラスにすることで、コストの削減や、施工の合理化を図ったものである。しかし、複合トラス橋には上下床版と鋼トラス斜材との結合部である格点部の力学特性について、解明すべき多数の課題が残されているのが現状である。本研究では複合トラス構造の実験供試体およびその格点部構造について有限要素解析を行い、複合トラス構造の弾塑性挙動特性について考察を行う。

2.解析概要

2.1 解析対象

解析対象は、図-1 の寸法を持つ複合トラス橋の実験供試体である。ジベルとして頭付きスタッド（φ 22mm）を用いている。供試体に使された材料の力学特性を表-1 に示す。

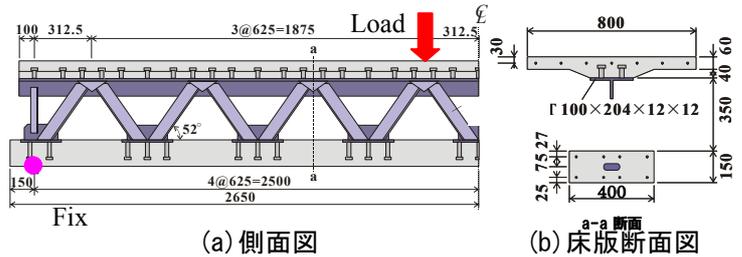


図-1 実験供試体寸法（単位：mm）

2.2 解析モデル

本解析は以下に示す 2 種類のモデルについて解析を行う。

1)2 次元複合トラスはり供試体モデル

図-1 に示す実験供試体の全体挙動を計算するために、2 次元平面応力状態を仮定して供試体解析モデルを作成した。ここでは、全体挙動をできるだけ簡易なモデルで表現することを意図して格点部はスタッドを省略し、トラス材と床版の間には完全剛結を仮定した節点共有モデルを用いた。また、計算時間を短縮するために、対称性を考慮して支間の半分だけを解析領域とした 1/2 モデルを作成した。図-2 に解析モデル図を示す。

2)3 次元格点部構造モデル

本解析モデルでは床版内のスタッドの配置や形状に関して実験供試体を忠実に再現した。このモデルも対称性を考慮した 1/2 モデルとした。コンクリート要素と鋼材要素との境界面は、節点を共有した完全付着モデル（Case-1）と、以下に示すような 2 種類の異なる付着すべりの条件を仮定した場合の計 3 ケースで格点部の弾塑性挙動を比較・検討した。

- a)鋼とコンクリートの境界面に垂直な応力成分がコンクリートの引張強度を上回る場合に付着破壊が生じると仮定した場合（Case-2）
- b)鋼とコンクリートの境界面における最大主応力がコンクリートの引張強度を上回る場合に付着破壊が生じると仮定した場合（Case-3）

なお、解析モデルの全体挙動に対する境界条件には、トラス材上端を固定して床版に水平方向（部材軸方向）荷重を与えることにした。図-3

表-1 使用材料の力学特性

コンクリート	圧縮強度 (N/mm ²)	ヤング係数 (N/mm ²)
上床版	31.7	2.4 × 10 ⁴
下床版	36.2	2.9 × 10 ⁴
鋼材	降伏強度 (N/mm ²)	ヤング係数 (N/mm ²)
上弦材	245	2.1 × 10 ⁵
トラス材・スタッド		
鉄筋		
PC鋼材	1568	

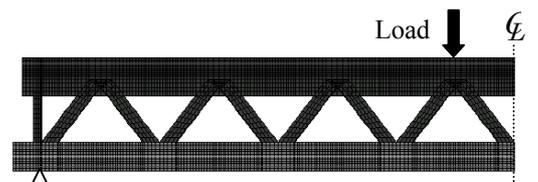


図-2 2次元複合トラスはり供試体モデル

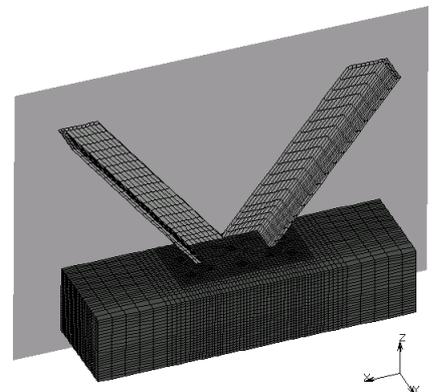


図-3 3次元格点部構造モデル

キーワード PCT 桁、格点部、有限要素解析、付着すべり

連絡先 〒812-8581 福岡県福岡市東区箱崎 6-10-1 TEL 092-642-3262

は、解析モデル全体を示したもので、図中のモデル背面は、対称面を表している。

3. 解析結果

3.1 2次元複合トラスはり供試体モデルの解析結果

(a) 荷重 - たわみ曲線

図-4 に荷重 - たわみ曲線を示す。実験値と解析値とを比較すると、全体的な挙動に大きな差は認められない。ただし、荷重 500kN 付近から解析値の方が実験値よりも剛性を大きく評価していることが確認できる。これは、2次元モデルが格点部における鋼 - コンクリート間の付着すべりを考慮していない完全付着を仮定していることが原因であると考えられ、格点部における付着すべりは荷重 500kN 付近で生じることが推測される。

(b) 最大主ひずみ分布

図-5 にモデル全体の最大主ひずみ分布を示す。この図から、下床版のスパン中央部においてひずみの集中が見られる。また、これを図-6 に示す実験供試体の破壊時におけるひび割れ分布図と比較すると、図-5 のひずみの集中部とひび割れの発生位置がほぼ同じであることがわかる。

3.2 3次元格点部構造モデルの解析結果

(a) 荷重 - 水平変位曲線

図-7 に床版中央部における荷重 - 水平変位曲線を示す。図-7 より、荷重 100kN 付近で完全付着モデルと2種類の付着すべりモデルで相違が生じ始めており、この時点で格点部の鋼材とコンクリート間で剥離が発生した領域があることが推察される。また、2種類の異なる付着すべりモデルで荷重 - 変位曲線は殆ど一致しており、格点部の耐荷力に対する影響は非常に小さいことが認められた。

(b) コンクリートの最大主ひずみ分布

図-8 にスタッド位置の橋軸方向断面におけるコンクリートの最大主ひずみ分布（最大荷重時）を示す。Case-1 においてはプレートとコンクリートの境界にひずみの集中が見られ、Case-2 ではスタッドの周面、Case-3 ではスタッドの頭部にひずみの集中が見られる。これは付着すべりの再現によりプレート部で行われていた応力の伝達がスタッドの頭部まで移動したためと考えられる。

4. 結論

本研究から以下の知見が得られた。

- 1) 全体挙動に対する付着すべりの影響は非常に小さく、耐荷力については完全付着モデルでも概ね再現することが可能であることが確認された。
- 2) スタッドの投錨効果等の格点部における詳細な挙動を再現するためには付着すべりの再現が不可欠であり、本解析で用いた2種類の付着すべりでは Case-3 が最も顕著に再現することができている。

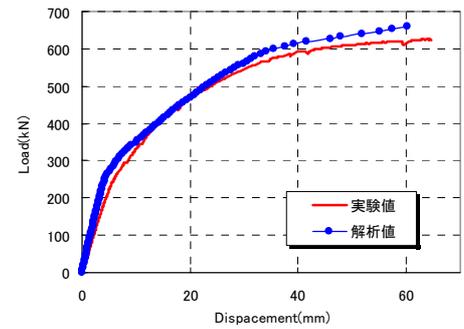


図-4 荷重 - たわみ曲線

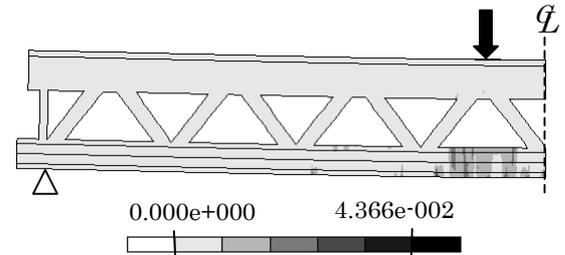


図-5 最大主ひずみ分布図

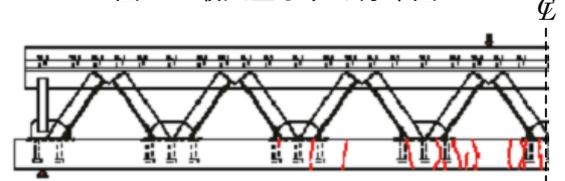


図-6 ひび割れ分布図

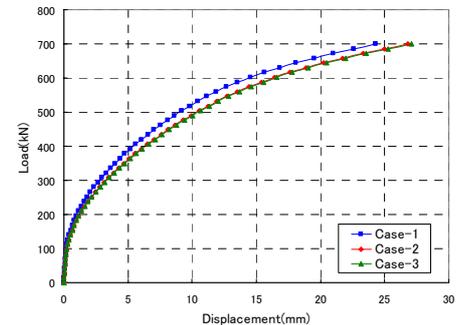
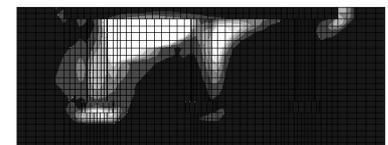
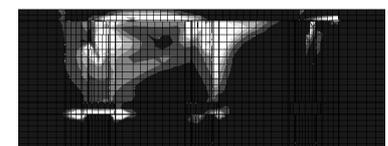


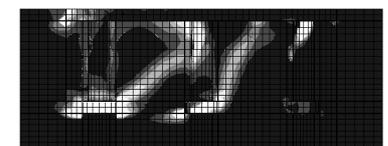
図-7 荷重 - 水平変位曲線



(a) Case-1



(b) Case-2



(c) Case-3

図-8 コンクリートの最大主ひずみ分布