

CFT方杖部材を有する複合ラーメン橋の格点構造に関する解析的検討

(株)横河ブリッジ 正会員 ○小池 洋平, 正会員 亀川 博文
正会員 春日井 俊博, 正会員 高田 和彦

1. はじめに

筆者らはこれまでコンクリートを鋼管に充填した CFT (Concrete Filled Tube) 方杖部材を有する複合ラーメン橋を提案し、試設計による検討から従来の複合ラーメン橋と比較し、約 15%のコスト縮減と約 1 ヶ月の施工工期の短縮などの優位性を確認している¹⁾。本稿では、CFT 方杖部材の格点構造の検討として、試設計において断面力が大きい図-1 に示す桁側の格点部を対象に FEM 解析を実施し、応力性状および応力低減効果を調べることで、格点構造の適用性を確認した。

2. CFT 方杖部材の格点構造

CFT 方杖部材の格点構造を表-1 に示す。桁側および橋脚側の格点構造をそれぞれ 2 タイプ考案した。桁側の鋼製台座タイプと橋脚側のコンクリート台座タイプは既存の橋梁で用いられる構造を方杖部材の取付角度に合わせて形状を変化させたタイプであり、既存の技術で設計が可能な構造である。桁側の鋼管連続化タイプと橋脚側のソケット継手タイプは美観性や施工性の向上を目指した新しい構造で今後の検討が必要なタイプである。本稿では、桁側格点構造の鋼製台座タイプを対象に FEM 解析を実施した。

3. 解析モデルおよび解析方法

解析対象は、文献 2)に示す支間割 75m+2@90m+75m の 4 径間連続鋼 2 主 I 桁複合ラーメン橋の試設計モデルとした。試設計モデルにおいて、CFT 方杖部材は、鋼管 $\phi 812.8\text{mm} \times 12.7\text{mm}$ (STK490) に設計基準強度 40N/mm^2 のコンクリートを充填する断面構成であり、CFT 方杖部材と主桁との角度は 45° 、桁側の CFT 方杖部材の格点位置は橋脚中心から中央径間部支間長の 0.15 倍 ($90\text{m} \times 0.15 = 13.5\text{m}$) である。

解析検討の手順は、全橋をモデル化した骨組解析を実施し、断面力が最大となる荷重ケースを抽出した後、桁側の格点部近傍を対象に詳細にモデル化した FEM 解析を実施し、格点部の応力性状を確認することとした。

図-2 に剛結部近傍の骨組解析モデルを示す。CFT 方杖取付部や剛結部の部材は剛部材とし、剛性を他の部材の 100 倍程度とした。

表-2 に FEM 解析モデルを示す。桁側の格点部近傍のみを対象に、橋軸直角方向の対称性を考慮し、1/2 モデルとした。鋼部材(格点構造を含む)をシェル要素で、コンクリート床版をソリッド要素、CFT 方杖部材を梁要素

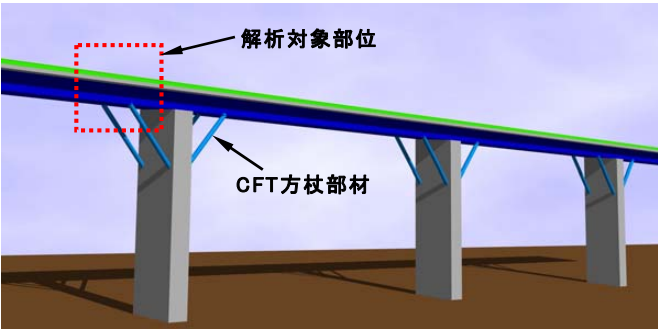
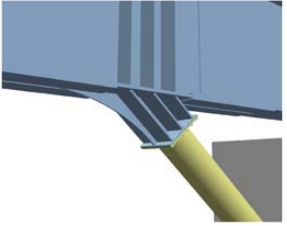
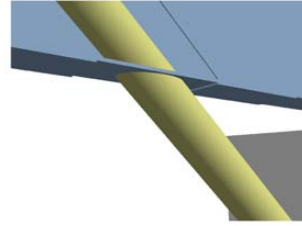
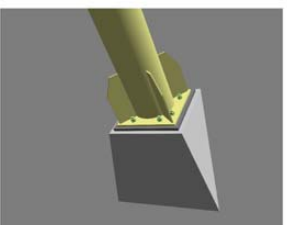
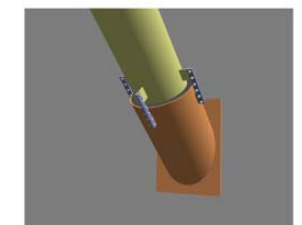


図-1 CFT 方杖複合ラーメン橋の外観

表-1 CFT 方杖部材の格点構造

桁 側 格 点 構 造	
鋼製台座タイプ	鋼管連続化タイプ
	
・主桁下フランジに鋼製台座を設置する構造 ・CFT方杖部材のベースプレートと高力ボルトで接合	・半割れの鋼管を主桁ウェブの両側から設置する構造 ・格点部の補剛材を省略するとともに、美観性を向上
橋 脚 側 格 点 構 造	
コンクリート台座タイプ	ソケット継手タイプ
	
・橋脚前面にコンクリート台座を設置する構造 ・CFT方杖部材のベースプレートとアンカーボルトで接合	・ソケット継手で取り合う構造 ・部材設置時の誤差吸収性能を向上

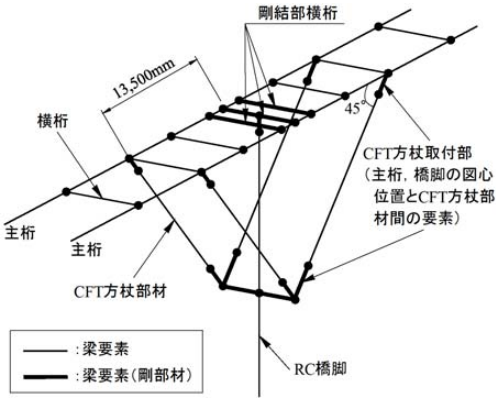


図-2 骨組解析モデルの概要

キーワード 複合ラーメン橋, CFT, 格点構造, FEM 解析, 応力集中

連絡先 〒273-0026 千葉県船橋市山野町 27 番地 (株)横河ブリッジ TEL:047-435-6161

素でモデル化した。ここで、鋼製台座は、骨組解析で得られた断面力(D1(前死荷重)+D2(後死荷重)+L(活荷重))、いわゆる常時状態の断面力で設計し、これを基本ケースとした。また、形状寸法は施工性(高力ボルト接合時の作業性)などを考慮して決定した。

骨組解析の結果、格点部の曲げモーメントが最大となる載

荷状態は、D1+D2+EQ(地震の影響)であり、この変位をFEM解析では、強制変位として端部の節点に与えた。なお、EQは地震時の時刻歴応答解析(レベル2(タイプII)I種地盤の代表3波形)の最大応答値であり、FEM解析モデル端面の節点は、強制変位を与える図心位置の節点と剛結することにより平面を保持させた。また、前死荷重(D1)には鋼主桁のみ抵抗し、後死荷重(D2)+地震荷重(EQ)にはコンクリート床版と鋼主桁の合成断面で抵抗するものとし、2種類のモデルでFEM解析を実施し、両解析の応力を足し合わせることで格点部の応力を評価することとした。

4. 解析結果

基本ケース格点部の相当応力のコンター図を表-3に示す。表-3より鋼製台座のフィレット部(a部およびb部)に応力集中が見られ、合成前後の合計で評価すると、a部では降伏応力(450N/mm²)を上回る部分も見られた。

鋼製台座の降伏後の挙動が明確ではなく、地震時にエネルギー吸収部材として想定していないため、鋼製台座の発生応力を降伏応力以下とすることを目的とし、台座リブ厚、台座ウェブ厚、台座ウェブ数、フランジの有無などをパラメータとしてFEM解析を実施した。その結果、鋼製台座フィレット部の応力集中の緩和に最も効果的であったのは、フランジ(200mm×16mm)を追加することであり、表-4に示すようにa部、b部ともに弾性域となった。なお、フランジ追加ケースでは、製作性を考慮し、b部のR加工はしないこととした。

5. おわりに

CFT方杖部材の格点構造として、表-1に示す鋼製台座タイプの解析検討を実施した。本稿で提案した格点構造は既存の技術で設計が可能な構造であり、一解析検討ではあるが、試設計モデルのような大規模で断面力が高い橋梁においてもフランジを設置することで対応でき、適用性が高い構造であることがわかった。

【参考文献】1) 亀川ら:CFT方杖部材を有する複合ラーメン橋の架設方法とコスト縮減効果, 第62回年次学術講演会講演概要集, 2007.9. 2) 亀川ら:CFT方杖部材を用いた鋼2主桁複合ラーメン橋のコスト縮減効果に関する検討, 第60回年次学術講演会講演概要集, 2005.9.

表-2 FEM解析モデルの概要

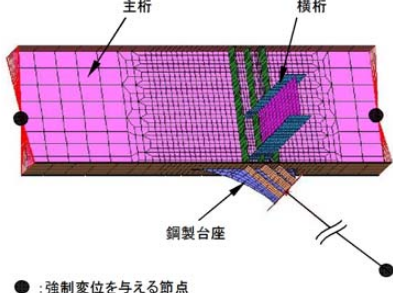
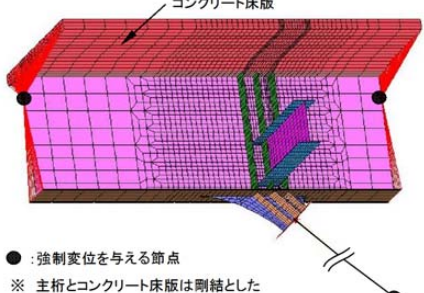
荷重状態	前死荷重(D1)	後死荷重(D2)+地震荷重(EQ)
抵抗断面	鋼断面	合成断面(コンクリート床版有効)
解析モデル		
	●: 強制変位を与える節点	●: 強制変位を与える節点 ※ 主桁とコンクリート床版は剛結とした

表-3 鋼製台座の応力分布(変形倍率:50倍)

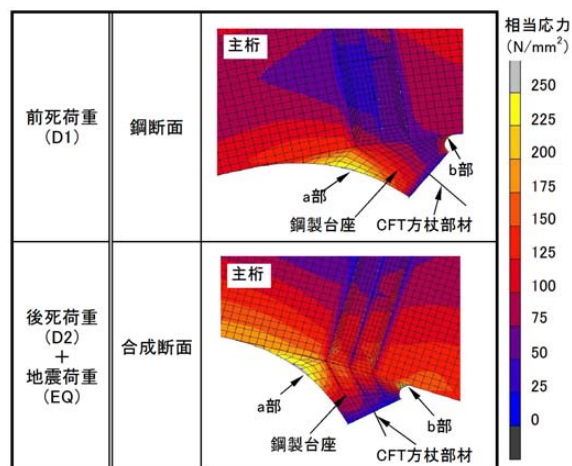
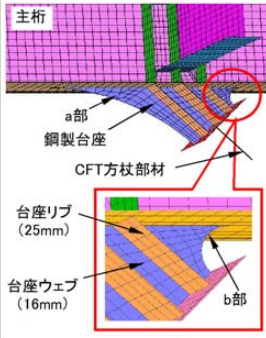
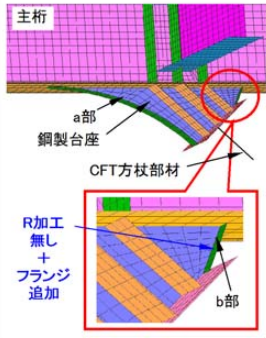


表-4 基本ケースとフランジ追加ケースの相当応力の比較

解析ケース	基本ケース	フランジ追加ケース
解析モデル	モデル図 	モデル図 
a部相当応力(N/mm ²)	合成前: 260.2 合成後: 258.3 合計: 518.5	合成前: 202.6 合成後: 217.0 合計: 419.5
b部相当応力(N/mm ²)	合成前: 127.6 合成後: 312.0 合計: 439.6	合成前: 80.7 合成後: 161.2 合計: 241.8