

鋼箱桁橋支承部ダイヤフラムへの CFT 補剛材の効果

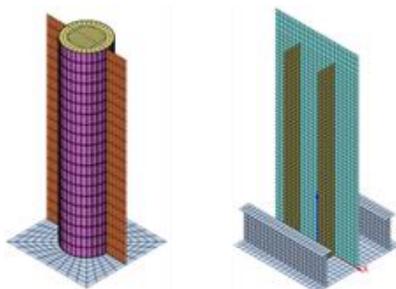
大阪市立大学大学院 学生員 ○牧野 修幸
株式会社横河ブリッジ 正会員 三浦 芳雄

大阪市立大学大学院 正会員 鬼頭 宏明
国土技術政策総合研究所 正会員 下津 隆介
大阪市立大学大学院 正会員 角掛 久雄

1. はじめに

現在、鋼箱桁橋支承部において、ダイヤフラムが支承からの反力により座屈するのを防止するために、道路橋示方書¹⁾に基づく許容応力度設計により、複数の厚肉鋼板から成る補剛材が配置されている。この補剛材配置には、経済性や施工性、維持管理性等いくつか改善すべき点が挙げられており、既往研究では力学的特性と施工性に優れ、簡潔な輪郭形状を有する CFT すなわちコンクリート充填鋼管をその代替として活用することを考え、CFT の許容耐力に基づく試設計から鋼重低減、溶接線短縮、維持管理上好ましくない狭隘な空間の解消などの優位性を示し、三次元材料非線形有限要素解析により、軸耐力に関して十分な耐力が得られることを示した²⁾。

ここでは、非線形有限要素解析により、従来の鋼製補剛材で軸方向に関して解析を行い、CFT 補剛材と死活荷重作用時の比較を行う(図-1)。さらに、死荷重に加え、レベル 1 地震時荷重である水平方向力を加えた解析を CFT 補剛材モデルにおいて実施し、更なる検討を加える。



(CFT 補剛材と従来の補剛材)

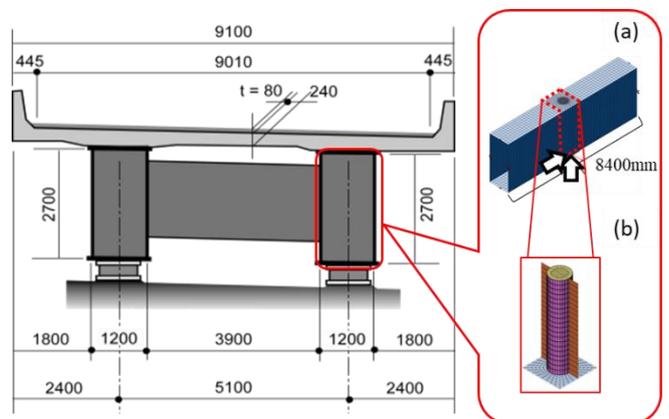
図-1 補剛材モデル

表-1 材料定数 (単位: MPa, ポアソン比除く)

	充填コンクリート	鋼材	
		鋼管	鋼管以外
圧縮強度	40		
降伏強度		325	355
ポアソン比	0.2	0.3	
弾性係数	32,200	205,000	

2. 数値解析手法

本解析では図-2 に示す鋼 2 主箱桁橋の 1 支承部を対象とする。鋼箱桁橋の設計例を参照し、図-2(a)の桁高の 3 倍程度の主桁長を考慮したモデルを対象に汎用数値解析ソフト DIANA³⁾を用いて解析を実施し、各部材の応力状態を検討する。なお、図-2(b)に内部の CFT 補剛材を示す。解析モデルの構築にて、充填コンクリート部はソリッド要素、鋼管は曲面シェル要素を用いた。モデルの境界条件は、ウェブの両端部をピン固定により拘束し、上下フランジの中央を橋軸直角方向並進拘束した。荷重条件は、図-2(a)矢印の様に支承部に作用させ与えた。死活荷重時は鉛直方向力のみ、地震時は、死荷重を一定軸力として導入した状態で、水平方向力を載荷し与えた。材料定数は、表-1 に示す。また充填コンクリートと鋼管の界面のすべりを表現するため、摩擦を考慮した。従来型補剛材についても、補剛材部分が異なるのみで、他のモデルの構築、材料定数、導入した設計荷重に関しては CFT 補剛材と同様である。材料構成則については、コンクリートは圧縮側に Prabolic モデルを、引張側には Hordijk モデル、鋼管は完全弾塑性材料を使用し解析を実施した。



(a) 解析モデル (b) 解析モデル内補剛材部

図-2 対象とする 2 主箱桁橋断面と解析モデル

キーワード コンクリート充填鋼管、鋼箱桁橋、支承部補剛材、非線形有限要素解析
連絡先 〒558-8585 大阪市住吉区杉本 3-3-138, 大阪市立大学大学院工学研究科, TEL 06-6605-2723

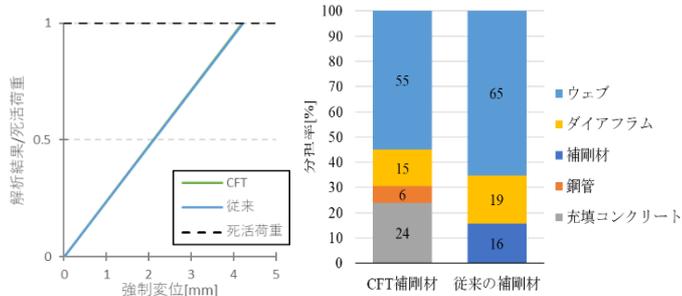


図-3 荷重変位関係

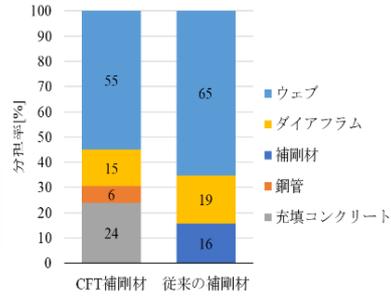


図-4 死活荷重分担割合

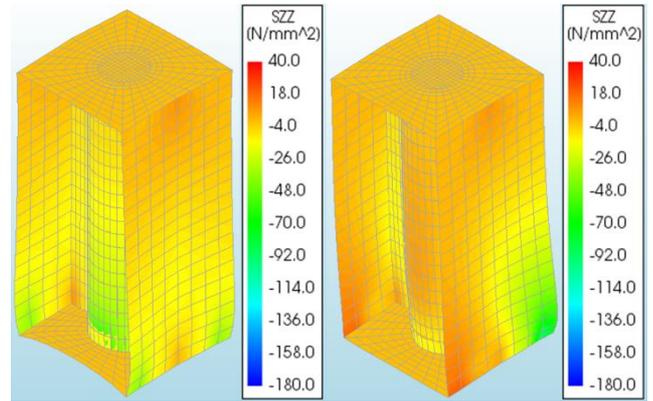
3. 数値解析結果

3.1. 死活荷重時

従来の鋼製補剛材モデルと、CFT 補剛材モデルでの死活荷重時までの荷重変位関係を図-3 に示す。図より補剛材の違いによる変形挙動への影響はほとんどなく、いずれも大きな応力集中は生じず、実用に供することが可能であることを確認した。次に、充填コンクリートの貢献度を把握するために、桁高の中央断面に着目し、各部材ごとの死活荷重負担割合を比較したグラフを図-4 に示す。これによると、充填コンクリートは 24%の鉛直力を担っていることが判明した。そのため、充填コンクリートが鉛直力を受け持つことにより、鋼部材の各部の応力度の低減に寄与するものと思われる。

3.2. 地震時

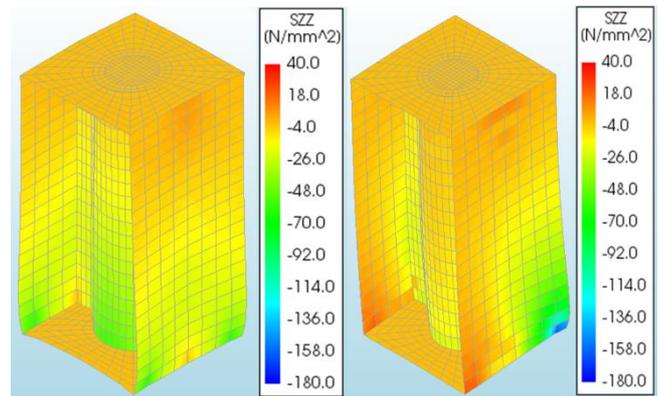
CFT 補剛材モデルにおける死荷重時、死荷重+水平力（地震時）の支承部付近の直応力コンター図を図-5 に示す。ただし、図の左側が曲げ引張側を示す。死荷重時において、下側では、ウェブと CFT 補剛材が主として圧縮応力を分担していた。また、地震時水平力により、ウェブ下端の支承端部付近に最大応力が作用しているものの、曲げ引張側の CFT 補剛材全体が引張応力となっていることから、CFT 補剛材全体で曲げ抵抗しており、地震時においても CFT 補剛材の有用性が確認できた。次に、地震時における充填コンクリートの役割と有用性を明らかにするため、充填コンクリートを取り除いたモデルでも解析を実施した。図-6 に直応力コンター図を示す。死荷重時に鉛直圧縮力の負担の大きいコンクリートが無い場合、全てに作用する圧縮応力は大きくなる。その影響もあり、地震時において補剛材の鋼管に作用する引張応力は低下した。しかし、ウェブに作用する引張応力はやや大きくなった。曲げ作用時の補剛



(a) 死荷重時

(b) 地震時

図-5 直応力コンター図 (CFT 補剛材モデル)



(a) 死荷重時

(b) 地震時

図-6 直応力コンター図 (鋼管のみモデル)

材の効果は小さくなり、コンクリートが曲げ引張にも抵抗していると考えられる。比較的薄い鋼管を用いているが、充填コンクリートがあることによりコンファインド効果も生まれ、レベル 2 地震動にも靱性の高い構造が期待できると考えられる。以上の事より、コンクリート充填による効果は大きいと考えられる。

4. まとめ

コンクリート充填による効果は大きく、CFT 補剛材とすることで、他部材への圧縮応力の緩和や、地震時の引張に対して CFT が有効に応力を受け持つため、CFT 補剛材は効果的であると分かった。

今後は、ダイアフラムの板厚減少や、コンクリートの部分充填など、更なる経済性の向上を目指し、CFT 補剛材の設計手法を検討していきたい。

参考文献

- 1) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説，(I 共通編・II 鋼橋編)，2012。
- 2) 牧野ら：鋼箱桁橋支承部ダイアフラムへの CFT 補剛材に関する数値解析的研究，土木学会年次講演会概要集，CS5-005，2017。
- 3) DIANA マニュアル ver10.0，2016