

第 I 部門

鋼箱桁橋支承部ダイヤフラムへの CFT 補剛材の適用に関する数値解析的研究

大阪市立大学 学生員 ○永田 順一
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 学生員 下津 隆介

大阪市立大学大学院 正会員 鬼頭 宏明
大阪市立大学大学院 学生員 牧野 修幸

1. 研究背景と目的

現在、鋼箱桁橋の支承部において、ダイヤフラムの座屈で生じる箱桁の断面変形による橋梁の耐力低下を防ぐため、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鋼板から成る補剛材が配置されている(表-1(A))。この補剛材配置には、施工性や維持管理性、経済性など、いくつか改善すべき点が挙げられる。

これに対し著者らは、圧縮耐力と靱性に優れた CFT すなわちコンクリート充填鋼管 (Concrete Filled steel Tube) の補剛材への適用を考え、CFT の許容耐力に基づく試設計から、構成の単純化や鋼材使用量の削減、溶接線長の短縮、および雨水の停留を招く狭隘な箇所の解消が可能となることを示した²⁾ (表-1(B))。

ここでは三次元有限要素解析を用いた、従来の厚鋼板から成る補剛材と CFT から成る補剛材の応力性状の比較により、補剛効果及び CFT 補剛材の有用性の考察や、鋼管の幅厚比による補剛効果の違いの考察を行う。

表-1 補剛材配置

	(a)正面図	(b)側面図	(c)上面図
(A)厚鋼板補剛材			
(B)CFT補剛材			
方向	橋軸直角方向	橋軸方向	橋軸直角方向

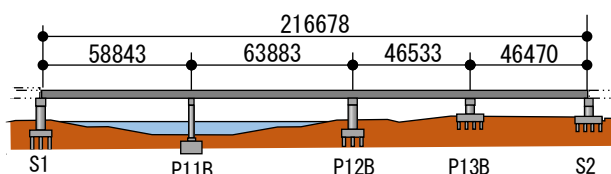


図-1 解析対象の鋼箱桁橋側面図 (単位 mm)

2. 数値解析手法

本研究では実設計の鋼箱桁橋(図-1)の支承部(図-2)を参照し、実際の箱桁支承部周辺に近いモデルを作成して三次元有限要素解析を行う。本研究では常時の死荷重と活荷重に伴う反力を考慮する。

解析には汎用解析コード DIANA 10.1³⁾を使用した。解析モデルの構築にて、充填コンクリートにはソリッド要素、鋼材には曲面シェル要素を用いた。材料構成則を図-3、材料定数を表-2に示す。なお、圧縮破壊エネルギーは中村ら⁴⁾の式を用いて算出した。また鋼材とコンクリートの接触界面にインターフェイス要素を設けることで付着破壊とせん断すべりを考慮した。

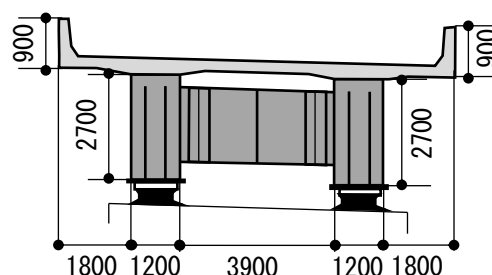


図-2 解析対象の支承部断面(P12B) (単位 mm)

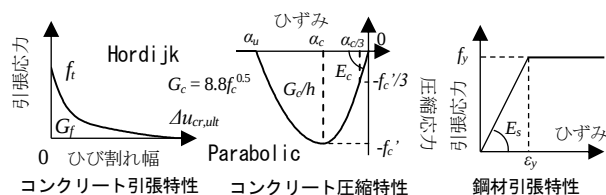
図-3 材料構成則³⁾

表-2 材料特性、界面特性諸量

コンクリート					
弾性係数 [N/mm ²]	ポアソン比	圧縮強度 [N/mm ²]	引張強度 [N/mm ²]	破壊エネルギー[N/mm]	
				圧縮	引張
3.1×10 ⁴	0.2	40	2.69	55.5	0.0928

鋼材(鋼管:STK490、鋼管以外:SM490Y)			
使用鋼材	弾性係数 [N/mm ²]	ポアソン比	降伏強度 [N/mm ²]
STK490	2.00×10 ⁵	0.3	325
SM490Y			355

インターフェイス(鋼-コンクリート接触界面)				
剛性[N/mm ³]		粘着力	摩擦角	引張強度
法線方向	せん断方向	[N/mm ²]	[rad]	[N/mm ²]
1.0×10 ⁴	1.0×10 ⁴	0.897	0.286	2.69

まずコンクリート充填鋼管構造設計施工指針⁵⁾に基づく許容耐力による設計手法により、既製鋼管のうち鋼管の幅厚比が最小になる、円形 CFT 補剛材や角形 CFT 補剛材の試設計を行った。既往の試設計²⁾による大幅厚比 CFT 補剛材（円形：C1，角形：R1）と、先述の試設計による小幅厚比 CFT 補剛材（円形：C2，角形：R2）の解析モデルを円形と角形それぞれに対して作成した（表-3）。更に従来の厚鋼板から成る補剛材の解析モデルも作成した。このモデルを xz 平面で切断した図を図-4 に示す。

支点部の鉛直反力と箱桁の曲げを同時に発生させるため、箱桁の両端に鉛直(z)下方向の 40mm の強制変位载荷を 200step に分けて行い、表-1(c)に示すソールプレート位置に鉛直方向の並進拘束を加えた（図-4）。

3. 数値解析結果

支点反力と载荷位置変位の関係を図-5 の太線に示す。補剛材による差は殆ど無く、箱桁の断面より算定した初期剛性や終局耐力に近い値をとった。これは反力がウェブに集中したことが理由として考えられる。

また鋼材の降伏開始時点を図-5 にプロットした。補剛材降伏時の支点反力は $C1 > R2 > R1 >$ 厚鋼板で、C2 の補剛材は降伏しなかった。よって厚鋼板補剛材より CFT 補剛材のほうが降伏しにくく、相似な補剛材形状同士で比較すると幅厚比が小さいほうが降伏しにくいことがわかる。

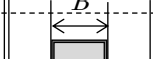
上下間中央の鉛直方向応力度の平均から、補剛材が負担する反力を計算したものに支点反力を除し分担率を計算したところ、図-6 の結果を得た。反力がウェブに集中するので常時では補剛材の反力分担率の合計は 20% にも満たなかったが、補剛材の断面積と補剛材の分担率は一直線状に近い分布となった。すなわち補剛材の反力分担率は補剛材が占める支承部の支持面積に依存すると推測できる。

4. 結論、今後の課題

- 1) 補剛材が橋梁全体に及ぼす影響は殆ど無い。
- 2) CFT 補剛材、特に円形 CFT 補剛材は厚鋼板補剛材に比べ鋼材が降伏しにくく、相似の形状の補剛材同士では幅厚比が小さいほど降伏しにくい。
- 3) 補剛材の反力分担割合の大きさは補剛材が占める支承部の支持面積に依存し、支持面積の大きい CFT 補剛材は高い分担割合を示す。

今後は地震時の横揺れを想定した解析による応力性状の比較検討や、橋台支点部に CFT 補剛材を適用した場合の補剛効果の違いの検討を行う予定である。

表-3 CFT 補剛材モデル一覧および寸法(単位 mm)

		円形CFT補剛材				角形CFT補剛材			
補剛材 上面図									
		モデル名	D	t	D/t	モデル名	B	t	B/t
幅厚比	大	C1	700	8	87.5	R1	500	9	55.6
	小	C2	558.8	12.7	44.0	R3	400	19	21.1

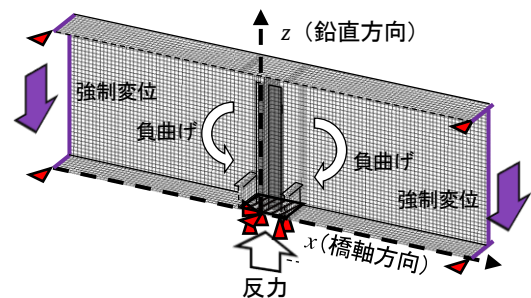


図-4 解析モデル、载荷手法、拘束条件

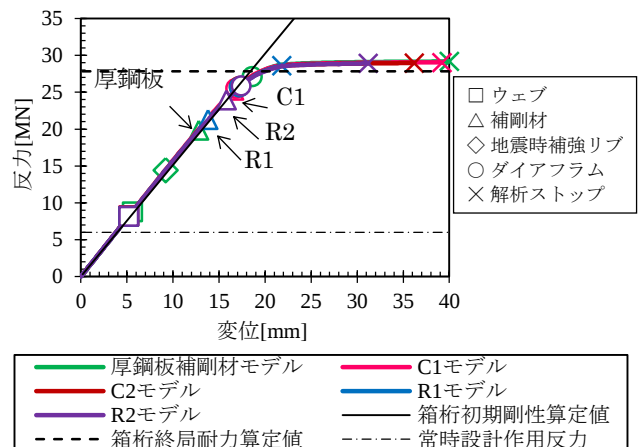


図-5 反力-変位関係と鋼材降伏開始時点

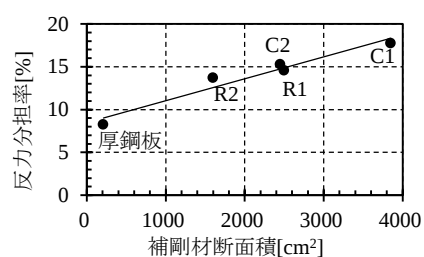


図-6 補剛材の反力分担割合（常時）

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) 下津ら：鋼箱桁橋支承部への CFT 補剛材の適用の検討，土木学会関西支部年次講演会概要集，I-25，2016。
- 3) DIANA FEA，DIANA マニュアル ver.10.1，2016。
- 4) H.Nakamura, T.Higai: Compressive fracture energy and fracture zone length of concrete, modeling of inelastic behavior of RC structures under seismic loads, ASCE, pp.471-487, 2001。
- 5) 日本建築学会：コンクリート充填鋼管構造設計施工指針，丸善，2008。