

(109) 大平インター陸橋 補強工事の施工報告

オリエンタル建設(株)

○ 河野慎司

同上

正会員 吉田須直

1. はじめに

近年、活荷重の増大に伴う橋梁の補強工事は主に床版を対象に増加してきている。主桁については損傷劣化の著しいものや交通量が多い重要路線において補強対策がなされている。補強工法には増桁工法、上下面増厚工法、鋼板接着工法、高強度繊維接着工法等があり、それぞれの特徴を生かせる部材に適用されている。

本工事は鋼単純活荷重合成鉄桁橋のB活荷重補強工事である。補強工事内容は主桁の外ケーブル補強とRC床版の炭素繊維シート接着補強である。RC床版の炭素繊維補強は様々な機関、企業等で試験等が行われており、その補強効果はほぼ実証されている。一方、主桁の外ケーブル補強はコンクリート桁(PC、RC)について実績は多い。特に近年では新設のPC橋における外ケーブル化が注目されており、その技術開発の進歩には著しいものがある。

プレストレスの導入は主としてコンクリート構造物を対象としており、鋼構造物への適用は少ない。本橋の工事にあっても、既存の資料等が少なくプレストレス導入による効果の確認や鋼桁の挙動の把握に対する経験が不足していることは歪めない。今後、この種の補強工事を推進していくためには、経験の蓄積が不可欠である。そこで、今回の実工事において外ケーブル補強による桁の挙動を測定し、その効果を確認するとともに設計値との比較を行い、今後の設計・施工の参考とするものである。

鋼桁の外ケーブル補強工法の特徴としては以下の事項が挙げられる。

- 1) 補強工法そのものが、他の工法と比較して簡便で安価である。
- 2) 既設部材への溶接熱に伴う加工が不要である。
- 3) 施工時の供用荷重が補強効果に及ぼす影響が少なく、基本的に供用化での施工が可能である。
- 4) 補強による死荷重の増加が比較的少ない。

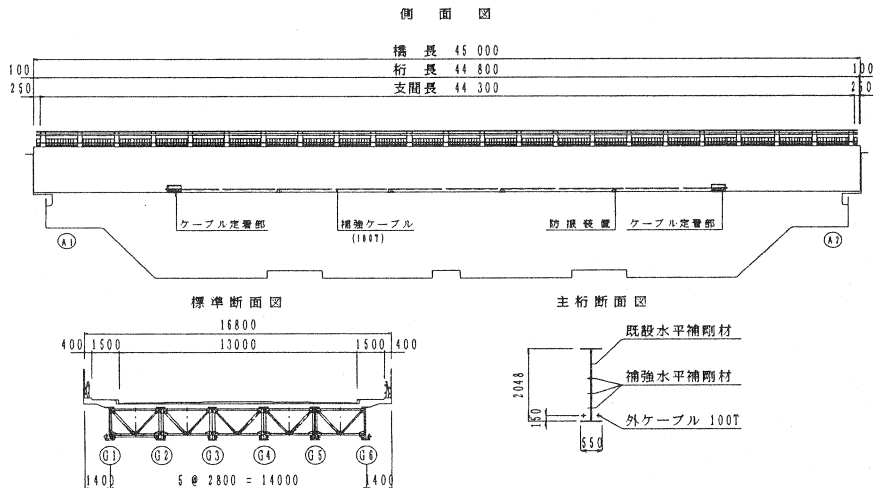


図-1 補強一般図

2. 試験目的

本橋では、設計活荷重をTL-20からB活荷重にランクアップする工法として、外ケーブル添加による桁補強を行う。鋼桁に対して外ケーブルによりストレスを導入する工法は過去、新設橋の経済性を追求した構造形式として数橋の実施例があるが、既設橋の補強工法として用いられた事例は少ない。そこで、数少ない事例の報告書を参考として本橋の施工に際して各種の試験を行い、ストレスの導入効果を確認すると同時に補強設計時における手法の妥当性を確認する。

今回の外ケーブル工法には次の効果が考えられる。

中立軸より下側に偏心した位置に外ケーブルを配置し、ストレスを導入すると主桁には死荷重によるモーメントとは逆向きのモーメントと軸圧縮力が発生する。これにより作用荷重による主桁断面力が低減され、荷重の大型化（B活荷重）による主桁の応力度増加を低減することが可能となる。

このストレス導入による桁の挙動と効果を確認するために以下のような実橋試験を行った。

- 1) 補強前の主桁のそりと補強後のそり変化の確認
- 2) ストレス導入による補強効果（主桁の応力度変化）の確認
- 3) 定着部付近の局部応力の確認
- 4) ジャッキ盛り替えによる主桁応力変動の確認

3. 試験内容

1) 補強前構造に対する確認

補強前構造における桁のそりを確認した。

主桁のそり測定を行いストレス導入前の形状を把握する。そりの測定は橋面上の15点を選びレベル測量を行った。

2) ストレス導入時の測定

ストレス導入の効果を確認するため、導入に伴う桁のそり量の変化及び主桁の応力度（ひずみ）を測定した。測定はストレス導入段階にあわせて行った。

(1) ケーブル緊張力の測定

通常のストレス導入時の緊張管理（伸びと圧力）とは別に、ポンプのマノメータ前方に電気式の圧力計を取付け、緊張力の管理を行った。

(2) ストレス導入に伴う主桁の応力度の測定

ストレス導入時に主桁に発生する応力度を測定した。測定位置は以下とした。

- ・各主桁中央部および支間1/4点付近

(3) 定着部近傍の主桁に発生する局部応力度の測定

ストレス導入時の力の伝達性状および局部応力の発生状況を把握し、座屈に対する定着部の補強効果を確認した。測定位置は図-2のとおりである。

(4) 主桁端部における水平方向移動量の測定

ストレス導入に伴う桁端部の移動量を測定し、桁の弾性短縮の確認を行い、支承の正常な挙動を確認する。測定は可動支承端に変位計を設置して行う。

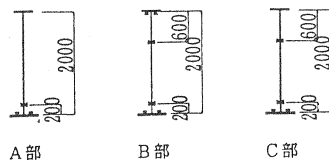
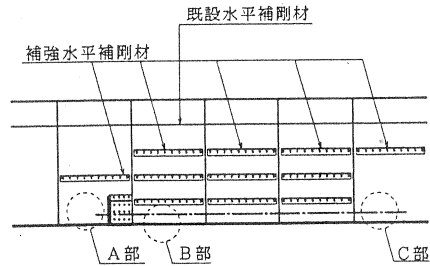


図-2 局部応力度の測定位置

(5) ストレス導入に伴う桁のそり量変化の測定

補強前構造において測定したそり量測定と同様の測定を行いそり量の変化を確認する。また、支間中央においては地盤より単管パイプを立ち上げ主桁下フランジ下面に変位計を設置し、主桁のそりを直接測定する。

4. 試験結果

1) 導入緊張力

緊張力の導入は70t用センターホールジャッキによる片引き緊張とした。ジャッキは6台使用し、G1, G2桁グループとG3, G4桁グループ及びG5, G6桁グループの中で緊張ステップ毎に盛り替えを行って緊張力を与えた。即ち、G1, G3, G5桁を同時に緊張し、次にジャッキを盛り替えてG2, G4, G6桁を緊張する順序を繰り返し所定の緊張力まで徐々に張力を与えた。また、各主桁においては2ケーブルの導入力に差異が生じないように連動ポンプを使用して2ケーブル同時緊張とした。

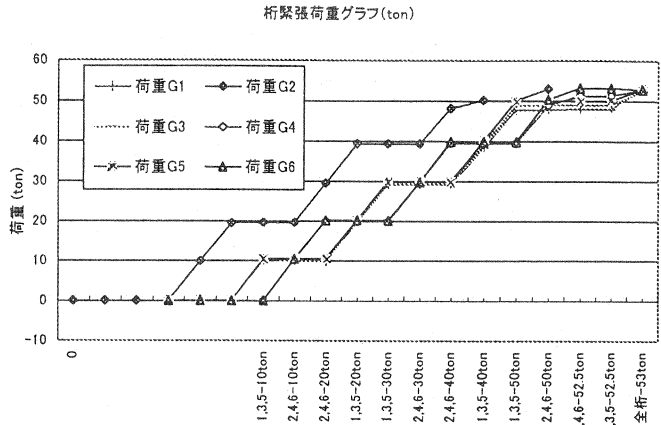


図-3 緊張段階

本工事の緊張工では、通常のマノメーターの読みと同時に電氣的に油圧を計測し、緊張力を管理した。(図-3)

2) 主桁の応力度

外ケーブルによって主桁に導入される応力度（設計値）は耳桁下フランジで 33.8N/mm²、中桁では 44.1N/mm²である。これに対して測定値は耳桁で 28.9N/mm²（75%）、中桁では 30.2N/mm²（68%）となり、設計値より小さなものとなった。

このような傾向は¹⁾宮の前橋（JH中国自動車道）で施工された外ケーブル補強結果にも現れている。表-1に宮の前橋の応力度測定結果を示す。これによると実測値は格子解析値に対して73~77%程度の小さな値となっている。格子解析においては、地覆、高欄、舗装などの荷重抵抗部材が考慮されていない。

表-1 プレストレス導入による主桁応力度と鉛直たわみ

	下フランジ [*] 応力度 (N/mm ²)			鉛直たわみ (mm)		
	G1	G2	G3	G1	G2	G3
① 実測値	-38.2	-37.7	-40.4	11.1	12.2	13.4
② 格子解析値	-40.2	-41.2	-42.6	17.6	17.5	17.4
①/②	0.73	0.73	0.77	0.63	0.69	0.77

しかし、実橋においてはこれらの部材が機能し、外ケーブルによるストレスを分担したものと考えられる。このことは活荷重の載荷に対しても同様であり、活荷重による発生応力度もプレストレスと同様に小さな値となると考えられる。

実設計においては、本橋でも採用した格子解析がその簡便さから用いられることが一般的であるが解析値の評価に際しては2次の部材（地覆・高欄等）の荷重分担の影響を考慮する必要があると考えられる。

3) 定着部近傍の応力度

G1, G2桁定着部付近のフランジの応力変化グラフを示す。(図-4、5) この付近の応力度は最大で 35.0N/mm² 程度で支間 1/4 点の応力レベルと同等となっており、局部的な過大応力は発生していない。また、この表-2 に示すウェブ両面の応力度についても両面の応力度差が少なく、主応力方向も主桁軸水平方向であることが判る。これはアングル鋼による補強水平補剛材が有効であったことを示すものである。

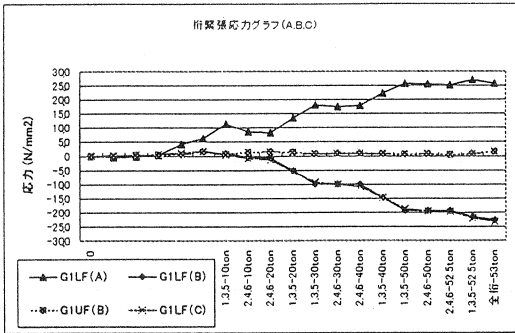


図-4 G1桁のフランジ応力変化グラフ

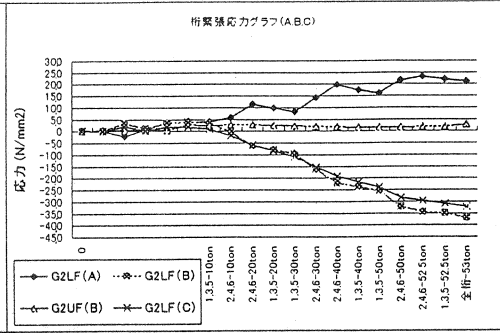
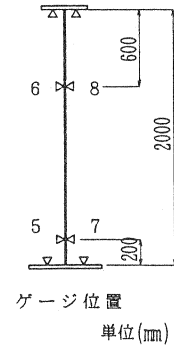


図-5 G2桁のフランジ応力変化グラフ

表-2 ウェブ両面の応力度

単位 (N/mm²)

位置	G1桁の応力度								G2桁の応力度							
	ゲージ5		ゲージ7		ゲージ6		ゲージ8		ゲージ5		ゲージ7		ゲージ6		ゲージ8	
	σ	θ	σ	θ	σ	θ	σ	θ								
	0.0		0.0		0.0		0.0		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1,3,5 緊張10t	-0.8		-1.7		-1.3		-0.9		-0.8	-2.3		-1.1		-1.5		
2,4,6 緊張10t	-0.7		-1.4		-0.9		-0.7		-2.2	-2.4		-1.4		-2.1		
2,4,6 緊張20t	-1.3		-2.1		-1.6		-0.7		-6.6	-6.0		-1.4		-1.7		
1,3,5 緊張20t	-5.2		-6.5		-2.1		-1.2		-8.4	-7.6		-2.2		-2.1		
1,3,5 緊張30t	-9.3		-10.9		-2.9		-1.7		-9.9	-9.1		-3.1		-2.4		
2,4,6 緊張30t	-9.3		-10.8		-3.1		-1.8		-15.2	-14.5		-3.8		-2.6		
2,4,6 緊張40t	-9.3		-11.3		-3.4		-1.5		-20.2	-19.0		-3.9		-2.9		
1,3,5 緊張40t	-13.8		-16.8		-3.7		-2.5		-21.6	-20.4		-4.5		-3.0		
1,3,5 緊張50t	-18.2		-21.7		-4.7		-3.4		-23.6	-22.5		-5.7		-4.0		
2,4,6 緊張50t	-19.0		-22.4		-5.2		-3.6		-28.5	-27.6		-6.1		-4.5		
2,4,6 緊張52.5t	-19.0		-22.1		-5.8		-3.9		-30.6	-29.1		-5.8		-4.4		
1,3,5 緊張52.5t	-21.5		-25.0		-5.8		-4.4		-31.0	-29.7		-6.3		-4.6		
全桁 緊張53t	-22.5	1.6	-27.0	5.3	-6.7	22.5	-5.8	0.0	-32.1	4.3	-31.0	5.1	-6.0	22.5	-4.5	6.2



ゲージ位置
単位 (mm)

4) 桁端部の変位

桁端部の移動は緊張時にはほとんど確認できなかった。しかしながら、桁の上縁が伸び、下縁が短縮していることから桁のそりによる回転が発生していることがわかる。（図-6）

解析上は約3mmの短縮移動量が計算されている。この移動量が測定されなかった原因としては、計測上からは設計値そのものが小さなことと温度上昇（2℃）によって1mm程度は伸びていることが考えられる。また、構造機能の面から支承機能の低下が考えられる。これは温度の年変化のような長期の移動には追従できるが、今回の工事のような短期の移動には追従できないことが推測される。

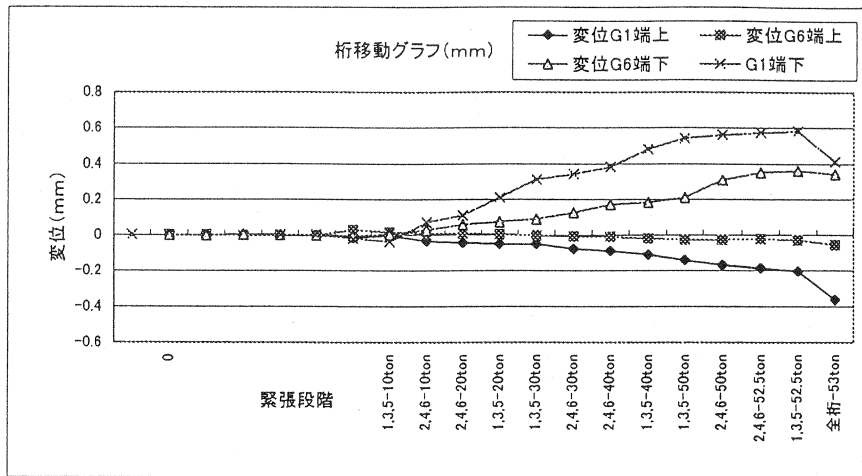


図-6 桁端部の移動グラフ

5) 主桁のそり温度変化

主桁のそり量の変化グラフを図-7に示す。そり量の最終値は全主桁11mmとなった。これは主桁応力度と同様に設計値の7割に相当する値である。

変位計と別途に橋面高をレベル測量した値（支間中央で+11mm）もこれと同様の結果を得た。

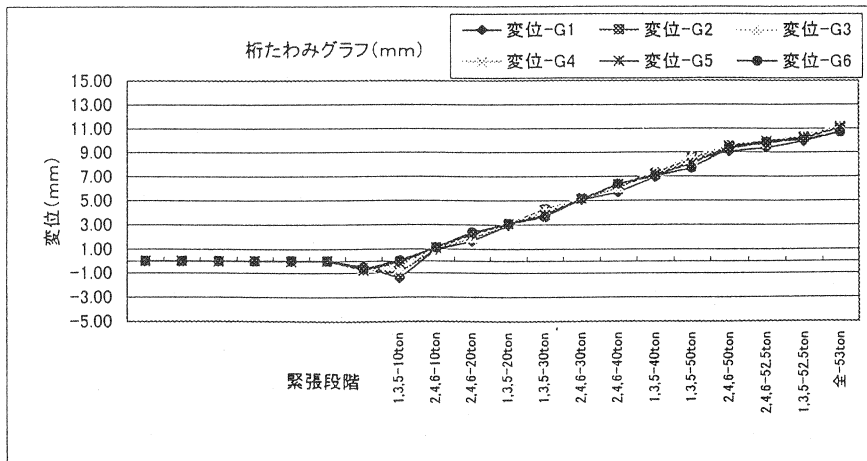


図-7 主桁そり量の変化グラフ

5. まとめ

鋼鈎桁橋の外ケーブル補強の工事にあたって、その補強効果を確認するための各種測定を行った。その結果の要約を下記に示す。

- 1) 鋼鈎橋においてもコンクリート桁橋と同様に外ケーブルによるストレス導入が可能である。
- 2) 設計における必要ストレス量の計算にあたっては既設橋であることから橋面上の付帯施設(地覆・高欄等)が後荷重に対して応力分担機能を持っていることを考慮する必要がある。但し、このことは増加活荷重に対しても同様であるが、補強効果の評価は荷重の性質が異なるため困難である。
- 3) ジャッキ盛り替えに伴う隣り合う主桁間の緊張力差が桁の導入応力に及ぼす影響は主桁の応力及びたわみ変化グラフから判断すると、緊張力を与えていない主桁グループもほぼ同等の応力、たわみが生じていることから緊張力の分配率が良いことが判る。これは事前に行った面外フレーム解析結果と一致する結果となった。
- 4) 外ケーブルの定着部付近は局部応力が発生するため、圧縮力を与えることを目的とする本工法ではこれらの局部応力とそれに伴う座沓に対する補強対策を十分に講じる必要がある。

【参考文献】¹⁾ 橋梁と基礎 96年3月号 既設鋼鈎桁のプレストレス導入による補強 八塚 博 他