

藤木新橋の外ケーブル補強工事について

ピーシー橋梁㈱ 西日本工務統括部大阪技術G 正会員 ○ 渡邊 悠祐
 兵庫県道路公社 遠阪トンネル管理事務所 吉本 幸二郎
 同上 鹿田 直夫
 ピーシー橋梁㈱ 西日本工務統括部技術部 正会員 廣井 幸夫

1. はじめに

藤木新橋は、今から約30年前に建設されたポストテンション方式5径間単純T桁橋である。B活荷重対応を目的とした外ケーブル補強工事を受注し事前調査を実施したところ、既設コンクリートの浮き・ひび割れ・遊離石灰等の劣化変状が確認された。この劣化要因の究明および劣化によるPC鋼材等の腐食状況を把握し、劣化状況に応じた外ケーブル補強工法の確立が必要であった。また、外ケーブル緊張時における既設構造物の性状を確認する目的で実橋計測を実施し、解析値との比較を行った。本稿では、工事実施に先立ち問題となった設計上の課題および実施における補強効果の確認方法について報告する。

2. 橋梁概要

本橋の橋梁概要を以下に示す(写真-1)。

構造形式：ポストテンション方式5径間PC単純T桁橋
 橋 長：153.800m
 支 間：5@30.000m
 有効幅員：9.500m
 活 荷 重：TL-20
 建設時期：1976年



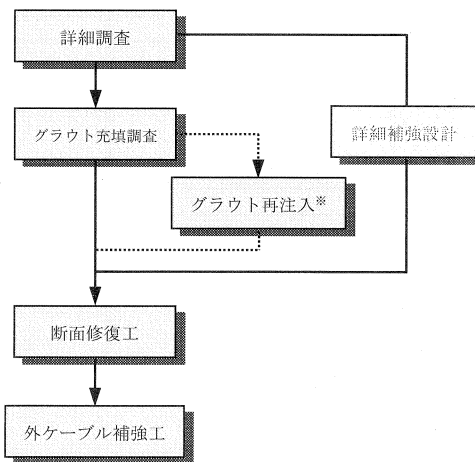
写真-1 藤木新橋全景

事前調査において、確認された劣化位置を調査したところ以下のことが判明した。

- ① 上縁定着部付近において、劣化変状が多く確認された。
- ② 各径間、中桁に比べて外桁の劣化変状が著しかった。

劣化変状が特に顕著だったのが、上縁定着部付近における浮き変状であったことから、以下の要因により劣化変状が生じたと類推される。

- ① 上縁定着部付近においては、グラウト未充填および後打ちコンクリートの収縮等により、水および冰雪融解剤等の浸透したことによる鋼材の腐食膨張。
- ② 中桁に比べて外桁に劣化が著しいことから、気候および外気の影響等による凍結融解。



*グラウト再注入は、グラウト未充填箇所が確認された場合実施

図-1 補強設計および施工フロー

これらの類推結果より、まず詳細調査を実施し、変状確認および既存のPC鋼材の腐食状況を調査した。次に詳細調査結果を受けた詳細補強設計を行い、既設部の現状における応力状態を把握し、適切な外ケーブル配置を決定する。最後に既設橋の断面修復を実施し、外ケーブル補強を実施することとした(図-1)。

3. 補強計画

3. 1 詳細調査

事前調査(外観調査)により発見された、浮き・ひび割れ・遊離石灰等の劣化変状については、たたき点検およびはつり調査を実施し、補修の重要度でグルーピングを行った。その後、PC鋼材の腐食が考えられる上縁定着部付近については、削孔調査(削孔径:φ25)を実施し、直接目視・CCDカメラおよび通気試験により、グラウト充填度およびPC鋼材健全度確認を行った(写真-2・図-2)。

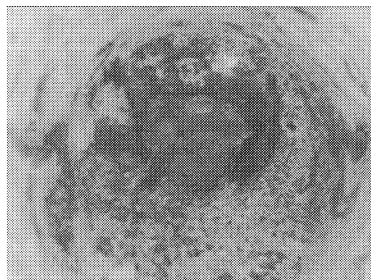
調査結果より、グラウトの充填不良がPC鋼材の腐食に必ずしも追従していないことが判明した。

これにより、PC鋼材の腐食にはグラウト未充填による要因だけでなく、外的因子(水・塩分等)の浸入による複合劣化によるものと考えられた。

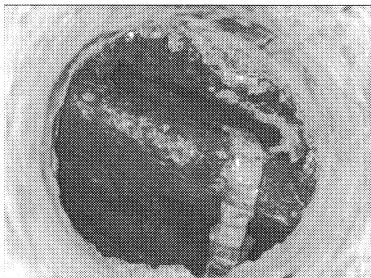
その他、調査結果を以下に示す。

- ① 上縁定着部付近のグラウト充填状況については、A1-P1 径間において充填不足の箇所が多い傾向であった。
- ② PC鋼材の腐食劣化は、一部で腐食のみならず破断も確認された。

以上の結果から、PC鋼材の腐食劣化の影響により既存PC鋼材の緊張力の低下が予想されたため、使用性能および安全性能を勘案した外ケーブル補強工法を再考する必要がある。



a. グラウト充填箇所



b. グラウト充填不良箇所(鋼材腐食)

写真-2 PC鋼材健全度調査

	A1-P1					P1-P2					P2-P3				
	C1	C2	C3	C4	C5	C1	C2	C3	C4	C5	C1	C2	C3	C4	C5
G5桁	×	○	×	○	○	○	○	○	○	○	○	×	○	○	○
G4桁	○	○	×	×	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
G3桁	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
G2桁	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
G1桁	○	×	×	○	○	×	×	○	○	○	○	○	○	○	○

	P3-P4					P4-A2				
	C1	C2	C3	C4	C5	C1	C2	C3	C4	C5
G5桁	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
G4桁	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
G3桁	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
G2桁	○	×	○	○	○	○	○	○	○	○
G1桁	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○

※) × : 腐食ケーブルを示す。
○ : 健全ケーブルを示す。

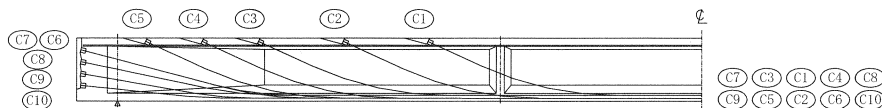


図-2 PC鋼材健全度調査集計

3. 2 詳細補強設計

詳細補強設計では、各径間および各主桁で既存P C鋼材の腐食・破断状況を集計し、B活荷重載荷時における既設構造物の応力状態を確認し、外ケーブルの形式を決定することとした。ここで、従来の外ケーブル配置方法を採用した場合、130t~100tクラスの外ケーブルを一律配置する必要があり、コスト面で不経済となる。そこで各桁に必要な緊張力を算出し、各桁で異なった外ケーブルを配置することでコスト面で問題を解決した(図-3)。

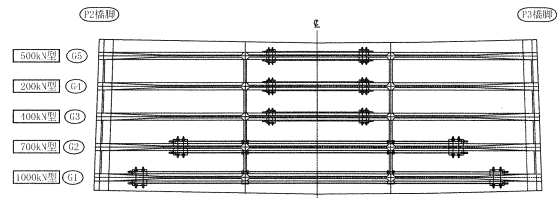


図-3 外ケーブル配置図 (P2-P3 径間)

3. 3 3次元解析による性状確認

前項で決定した外ケーブルの配置方法は、前例が少ないため、外ケーブル緊張時における各桁の性状確認を行う必要があった。そこで、本橋では3次元格子解析とともに3次元FEM解析を併用し、外ケーブル緊張時における既設構造物の性状を確認することとした(図-4、図-5)。

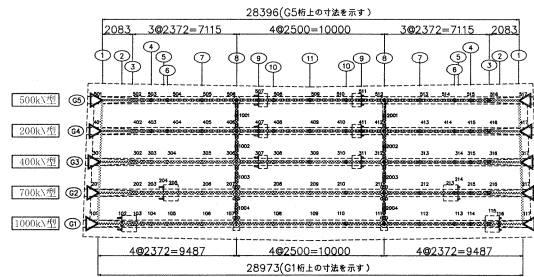


図-4 3次元格子解析モデル

解析時に懸念された事項を以下に示す。

- ① 緊張力の横方向分配の影響
 - ② 各桁緊張時における既設構造物の全体挙動
- 解析結果により、本橋の要求性能は満足し、決定した外ケーブル配置は解析上問題ないことが立証された。

最後に実橋計測を実施し、解析値と実測値の整合性を確認することとした。

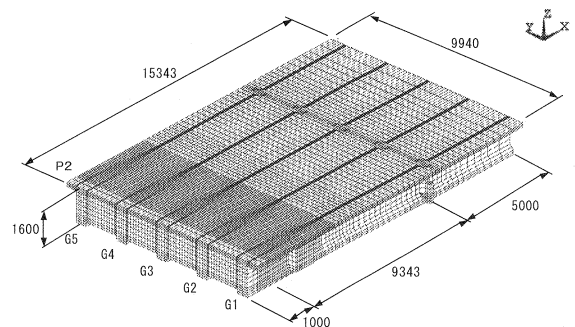


図-5 3次元FEM解析モデル

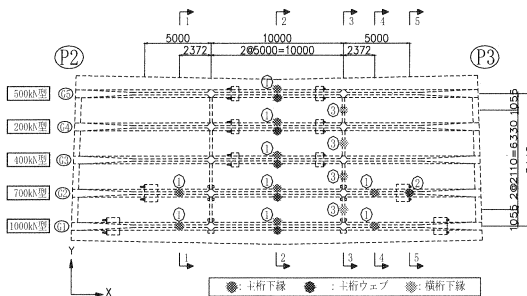
4. 実橋計測

4. 1 計測概要

補強設計の解析値と実施工での挙動を確認する目的で、ひずみ計測を実施した。

なお、ひずみゲージ設置位置および配置要領を以下に示す(図-6)。

- ① 1/4L および 1/2L 位置での橋軸方向ひずみ [X 方向]
- ② G2 桁定着部背面の橋軸方向ひずみ [X 方向]
- ③ 各桁間の横桁中央部の橋軸直角方向ひずみ [Y 方向]



	1-1断面 (1/4L)		2-2断面 (1/2L)		3-3断面 (橋桁位置)		4-4断面 (1/4L)		5-5断面 (1/4L)	
	下縁	ウェブ	下縁	ウェブ	下縁	ウェブ	下縁	ウェブ	下縁	ウェブ
G5桁 X方向	---	---	1箇所	1箇所	---	---	---	---	---	---
G4桁 X方向	---	---	1箇所	1箇所	---	---	---	---	---	---
G3桁 X方向	---	---	1箇所	1箇所	---	---	---	---	---	---
G2桁 X方向	1箇所	---	1箇所	1箇所	---	---	1箇所	---	---	1箇所
G1桁 X方向	1箇所	---	1箇所	1箇所	---	---	1箇所	---	---	---
横桁 Y方向	---	---	---	---	1箇所	---	---	---	---	---
小計	2箇所		0箇所		5箇所		20箇所		1箇所	
	2箇所		25箇所		1箇所		2箇所		0箇所	
									1箇所	
									合計: 37箇所	

図-6 ひずみゲージ設置詳細図

4. 2 計測結果

図-7に示す緊張順序にて、外ケーブル緊張を行った際の計測結果を図-8に示す。

各桁緊張時における挙動は、3次元解析による解析値と実橋計測による実測値がほぼ同様の傾向を示す結果となった。

このことから、コスト面に着目し採用した外ケーブル配置の補強効果および外ケーブル緊張時における各桁の性状確認は、3次元解析を実施することにより設計段階である程度の推測が可能であることが立証された。

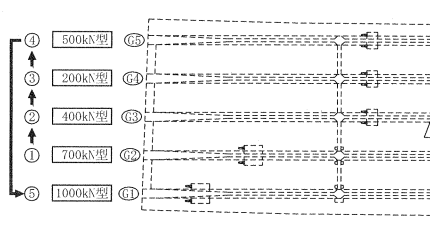
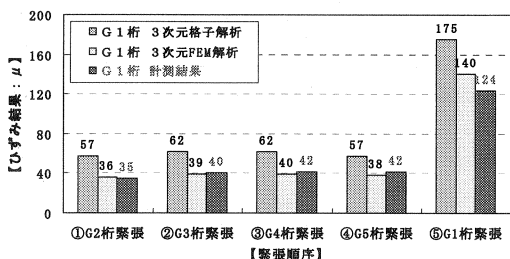
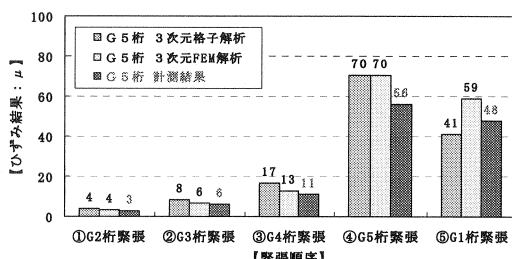


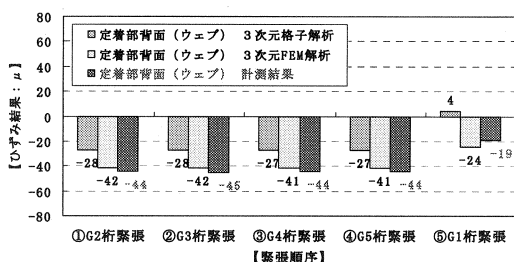
図-7 外ケーブル緊張順序



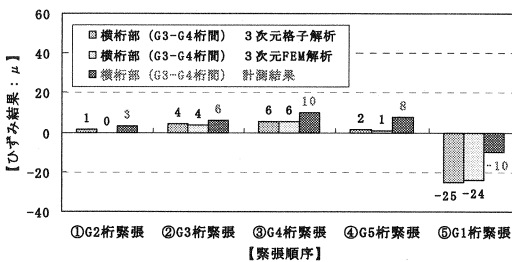
a. G1桁一主桁下縁 (支間中央部)



b. G5桁一主桁下縁 (支間中央部)



c. G2桁 (定着部背面)



d. G3-G4桁間 (横桁部)

図-8 ひずみ計測結果集計

5. おわりに

外ケーブル補強工法は、B活荷重対応を目的とした補強工法として実績の多い工法である。本稿では、コスト面に着目し従来と異なる外ケーブル配置を採用するにあたり3次元解析を実施した。解析値と実橋計測による実測値を比較することにより、設計段階において、外ケーブル配置の補強効果および緊張時における既設構造物の性状確認が十分可能であることを立証できた。しかし、現状として、本橋で採用した外ケーブルの配置方法に関する報告¹⁾ および参考文献²⁾ が少ない点を考えると、本稿が類似工事の設計施工の一助となれば幸いである。

【参考文献】

- 1) 西川孝一・石村勝則・野島昭二・江良和徳：外ケーブルにより補強するPC合成桁橋の補強効果の検証，第13回プレストレストコンクリートの発展に関するシンポジウム論文集，pp.451-456，2004
- 2) プレストレスト・コンクリート建設技術協会：外ケーブル方式によるコンクリート橋の補強マニュアル，1998