

耐荷力が低下した既設 PCT 桁の外ケーブル補強

— 阪神高速 14 号松原線 PC 桁等大規模修繕工事 —

大阪支店	土木技術部	岡下裕一
大阪支店	土木技術部	田邊睦
大阪支店	土木工事部	杉浦一毅
大阪支店	土木工事部	佐藤裕也

1. はじめに

阪神高速道路の高速道路リニューアルプロジェクトの一環として、阪神高速 14 号松原線において、PC 桁の大規模修繕工事が実施されることとなった。本稿では本路線において、当社が実施した 88 径間の PCT 桁の外ケーブル補強について報告する。

2. 橋梁概要

本橋梁（88 径間）は 1979 年（昭和 52 年）に完成してから約 50 年が経過したポストテンション方式単純 PCT 桁橋である。主桁内ケーブルの定着に上縁定着ケーブルが採用されていることから、PC ケーブルの腐食による耐荷力の低下が懸念され、大規模修繕の対象橋梁となった。橋梁諸元を表-1、代表的な橋梁一般図を図-1 に示す。

表-1 橋梁諸元

工事名	PC桁等大規模修繕工事（2019-3-松）
路線名	大阪府道高速大阪松原線（14号松原線）
発注者	阪神高速道路株式会社
工期	2019年7月20日～2022年12月10日
構造形式	ポストテンション方式単純PCT桁橋
橋長	20.0m～35.0m
支間長	19.3m～34.2m
総幅員	5.8m～31.9m
施工者	ピーエス三菱・極東興和JV

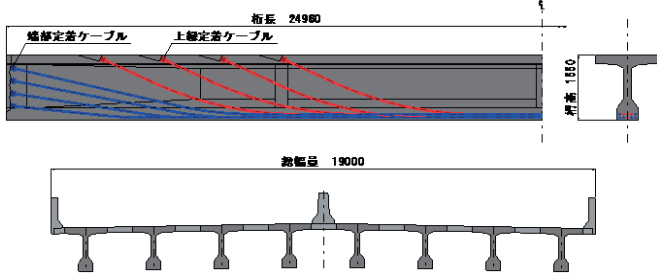


図-1 橋梁一般図

3. 外ケーブル補強

3.1 外ケーブル構造

外ケーブルは主桁ウェブ側に構築した突起に定着し、中間横桁下面に 2 箇所の偏向部を設ける構造（クイーンポスト方式）とした（図-2）。

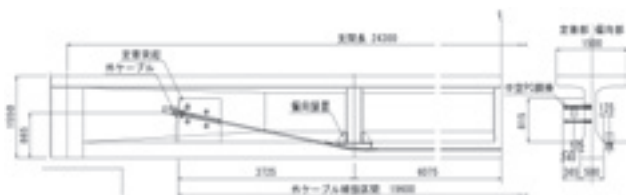


図-2 外ケーブル構造図

3.2 外ケーブル定着突起

阪神高速は都市高速であるため、路下道路の占有ならびに施工ヤードに厳しい制約が課せられる。よって、一般的な定着突起の施工と同様の条件で、コンクリートポンプ車を用いた打設を行うことは困難であった。また、コンクリートのスランプロスによる充填不良を防止する観点から、コンクリートポンプ車に代えて、配管全長でフレキシブルホースを用いた圧送が可能なスラリー車を用いることとした（写真-1, 2）。そのため、主要材料を従来のコンクリートから無収縮モルタル（以下、モルタル）に変更する必要があった。



写真-1 路下環境



写真-2 スラリー車

3.3 モルタル製突起の性能確認

モルタル製突起は性能が明らかでないことから、従来のコンクリート製突起と同等の性能を有することを保証する必要があった。そのため、本工事では、モルタル製突起の性能を確認するために各種検討を行った。

3.3.1 モルタルの自己充填性

モルタル製突起では、モルタルの自然流下ならびにパイプレータで締め固めを行わないことによる充填不良が懸念されたため、実物大試験（写真-3, 4）を実施し、モルタルの自己充填性を確認することとした。外ケーブル定着面の型枠は逆ハンチ状に傾斜していることから、外ケーブル定着プレートおよびさや管の周りに材料沈下やエア溜まりによる隙間が生じることが懸念されたが、自然流下で密実に充填されることが確認できた。



写真-3 試験体型枠組立状況



写真-4 実物大試験体

3.3.2 モルタルの引張強度

一般にモルタルの引張強度に対する知見が少ないことから、モルタルの引張強度試験を実施することとした。供試体の材齢3日時点における割裂試験の結果および引張強度、設計引張強度の算出結果を表-2に示す。なお、設計引張強度は引張強度から求めた特性値を材料係数 $\gamma_m=1.3$ で除した値とした。

表-2 割裂試験結果と設計引張強度

割裂試験値 P	引張強度 ft		引張強度の特性値 ftk
No. 1	23.9kN	3.07N/mm ²	平均 ftm 2.78N/mm ² 設計引張強度 ftd 2.14N/mm ²
No. 2	23.3kN	2.98N/mm ²	
No. 3	27.8kN	3.55N/mm ²	3.20N/mm ²

外ケーブルのプレストレスによる引張応力がモルタルの設計引張強度を超過しないことを確認するために、実構造をモデル化した FEM 解析を行った。外ケーブル緊張力載荷時に定着部周辺に生じるひずみを図-3に、引張応力を表-3に示す。引張応力（解析値）は最大で 1.2N/mm² 程度であり、設計引張強度以下であることを確認した。

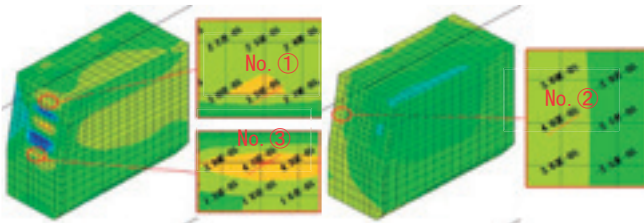


図-3 ひずみカウンター

表-3 設計引張強度

測点No.	①	②	③
引張応力	0.83N/mm ²	1.01N/mm ²	1.18N/mm ²
σ_{ct}/f_{td}	0.39	0.47	0.55

外ケーブルの実緊張では、FEM 解析で引張応力が卓越した箇所について、突起表面のひずみを計測することとした（写真-5, 6）。実橋においても、引張応力（計測値）は最大で 1.2N/mm² 程度であり、設計引張強度以下であることを確認した。



写真-5 計測状況（起点側） 写真-6 計測状況（終点側）

3.3.3 モルタルの温度ひび割れ

モルタル製突起はコンクリート製に比べて単位セメント量が多く、モルタルの水和反応時の温度上昇に起因するひび割れの発生が懸念されたため、低発熱型の無収縮モルタルを採用するとともに、温度応力解析を実施することとした。解析はモルタルの特性値（圧縮強度、引張強度、ヤング係数、断熱温度上昇量など）を考慮し、夏季施工と冬季施工を想定した2ケースについて行った。夏季施工において、突起のひび割れ指数（引張強度/引張応力）が 1.0 未満になる箇所が確認されたため（図-4）、ひび割れ指数が 1.0 以上となるように対策を行うこととした。

【夏季施工】

【冬季施工】

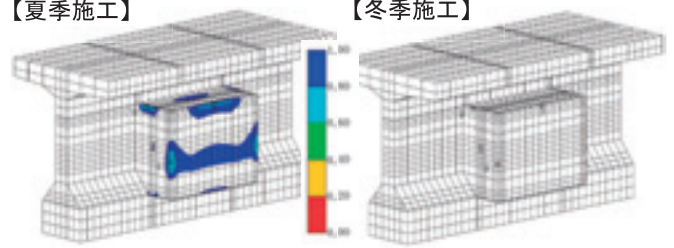


図-4 ひび割れ指数カウンター

対策の検討にあたっては、夏季施工に先立ち、実橋のモルタル製突起の温度履歴を計測し、これを解析にフィードバックすることで、解析精度の向上を図ることとした（写真-7）。なお、対策には保温養生を採用し、その有効性について検討した。保温養生を考慮した場合、外ケーブル定着時表面の最小ひび割れ指数は 1.24 を示し、本対策は温度ひび割れの抑制に有効であることを確認した（図-5）。



写真-7 熱電対配置状況

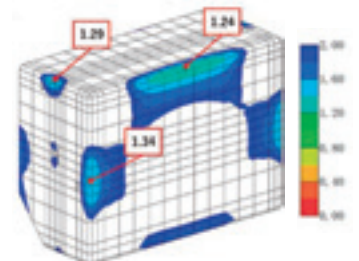


図-5 対策後のひび割れ指数

3.4 モルタル製突起の適用

施工に先立ち、実物大試験および FEM 解析を併用することで、自然流下による充填の確実性およびモルタル製突起が力学的な要求性能を満足することを事前に確認することができた。また、夏季の施工に先立ち、温度ひび割れ対策としての保温養生の有効性を確認し、ひび割れの発生を防止することができた。これらの検討により、外ケーブル定着突起としての要求性能を満足するモルタル製突起を、問題なく実橋に適用することができたものと考えている（写真-8, 9）。



写真-8 モルタル打設状況



写真-9 外ケーブル緊張完了

4. おわりに

本報告が今後の同種工事の参考となれば幸いである。

Key Words : 外ケーブル補強, モルタル製突起



岡下裕一 田邊睦 杉浦一毅 佐藤裕也