

外ケーブル片側緊張による定着部近傍の補強について

(株)日本ピーエス 正会員 ○小川 景一郎
 (株)日本ピーエス 源 弓枝
 鳥取県八頭総合事務所県土整備局 西川 直治
 鳥取県八頭総合事務所県土整備局 川原 真樹

1. はじめに

鳥取県東部の八東川に架橋されている船久橋は、橋長 133.4m の 4 径間ポストテンション方式 PC 単純 T 桁橋で、国道 29 号と国道 53 号および鳥取自動車道を結ぶ一般県道河原インター線の中に位置する。本橋は新たに建設される船岡インターチェンジの出口近傍にあり、アクセス道としての重要度が増大することから、車線の拡幅工事が行われることとなった。

本報告は、車線拡幅に伴う増加荷重に対応するために実施した外ケーブル方式による主桁の補強に関するものである。

2. 工事概要

工事名 : 県道河原インター線
 船久橋拡幅工事(上部工)(補助改良)
 構造形式 : ポストテンション方式
 4 径間 PC 単純 T 桁橋
 主な工事内容を表-1 に示す。

表-1 幅員拡幅・補強工法一覧

主桁補強工	定着ブラケット製作	40箇所
	補強PC鋼棒 (NAPP40S)	196本
	補強ケーブル	A1-P1 : 引張強度2000kN型
P1-P2 : 引張強度1100kN型		10本
横桁増厚工	コンクリート ($\sigma_{ck}=30N/mm^2$)	58.5m ³
	横締めPC鋼材 (1S17.8)	48本
張出ブラケット工	コンクリート ($\sigma_{ck}=30N/mm^2$)	34.5m ³
	横締めPC鋼材 ($\phi 23$)	80本
橋面工		1式

3. 上部工拡幅構造の特徴

拡幅部は既設桁の外側に床版を設け、張出ブラケットで床版を支持する構造とした。増加荷重に対しては主桁は外ケーブル補強, 横桁は中間横桁の増厚と横締めPC鋼材の追加による補強で対応した。図-1 に平面図, 図-2 に外ケーブル定着部と増厚横桁部の横断面図を示す。

外ケーブル方式による主桁補強は、主桁の両側にケーブルを配置するのが一般的であるが、本橋の場合、G6-G7 桁間に NTT 管が付設されており、定着ブラケットが配置できない。そのため G1・G2, G6・G7 の外ケーブルを片側配置とした。

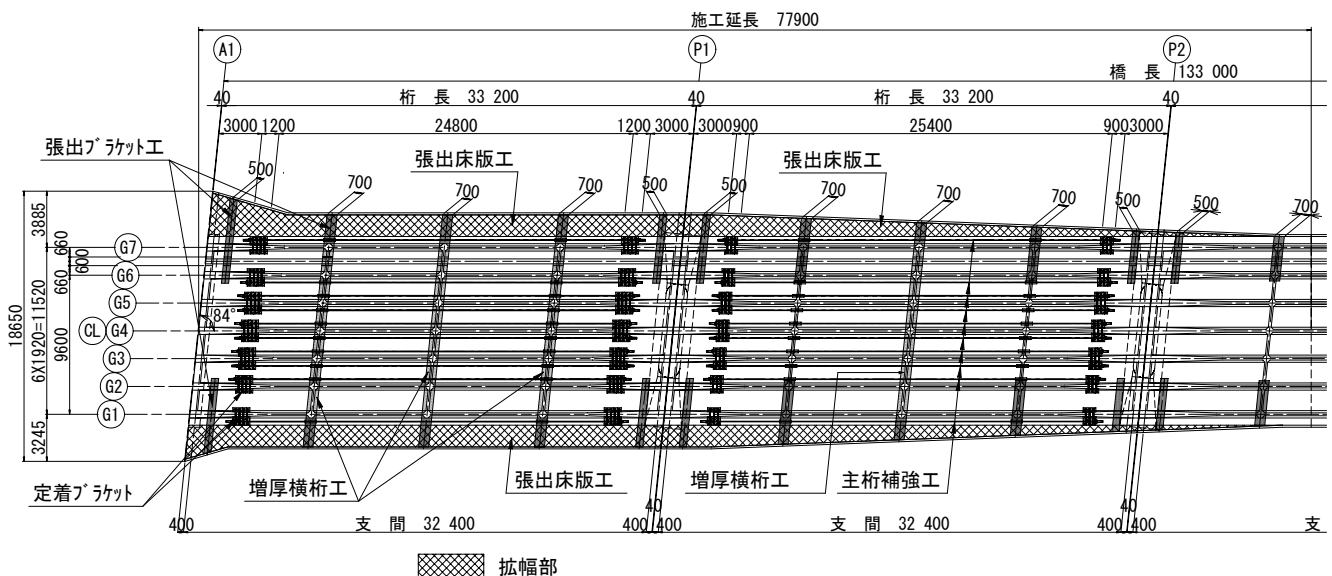


図-1 平面図

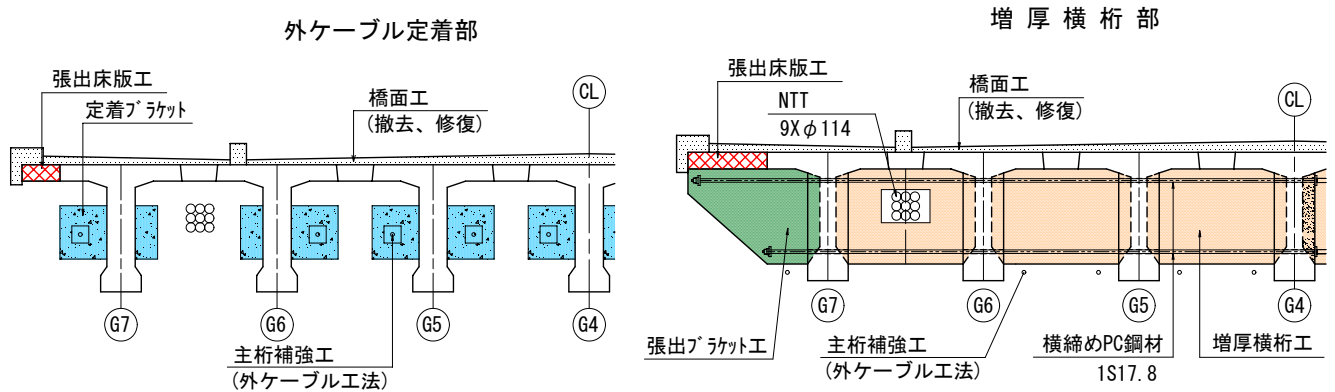


図-2 横断面図

4. 片側配置による問題点

図-2に示すとおり、G6・G7桁と反対側のG1・G2桁は外ケーブルが片側配置の非対称構造となっている。アンバランスな外ケーブル配置によるプレストレスの導入は、図-3に示す方向への回転変位を生じさせる。この変位により定着ブラケット近傍の主桁ウェブには引張応力が生じるが、比較的大型の外ケーブルを使用することから、主桁ウェブのひび割れ発生が懸念された。

そのため、3次元FEM構造解析により引張応力の発生状況を確認し、補強の必要性の有無を検証することとした。

5. 3次元FEM構造解析の内容および結果

FEM解析手順を図-4に示す。

5.1 解析モデル

解析モデルは、解析の目的が外ケーブルの緊張定着が構造物に与える影響の把握にあるため、橋軸方向及び幅員方向をそれぞれ分割した1スパンの1/4モデルとし、外ケーブルによる緊張力を定着部に载荷した(図-5)。

5.2 補強の必要性の判定基準

補強の必要性の判定基準として、コンクリート標準示方書(土木学会)の曲げひび割れ強度を採用した。主桁の設計基準強度($\sigma_{ck}=40 \text{ N/mm}^2$)より、判定値を 2.46 N/mm^2 とし、判定値を超えた場合は、炭素繊維シートによる補強を実施することとした。

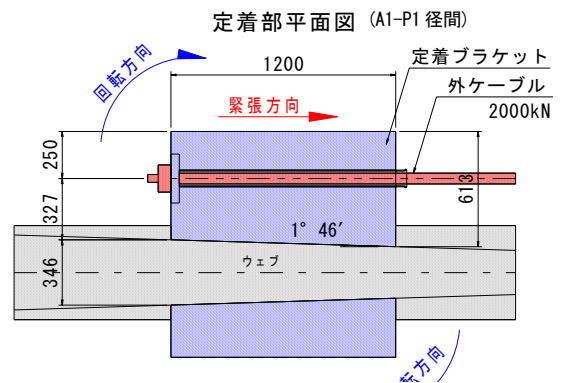


図-3 外ケーブル定着部(片側配置)

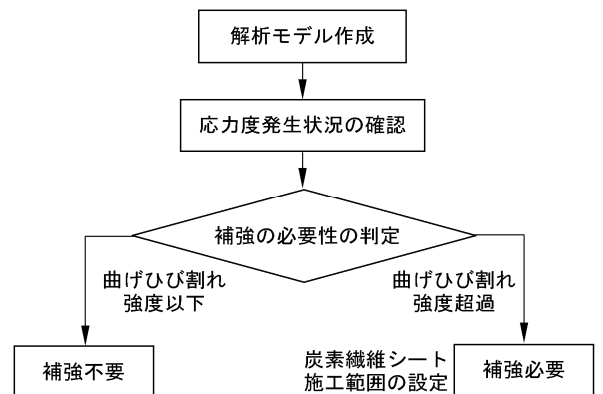


図-4 解析手順

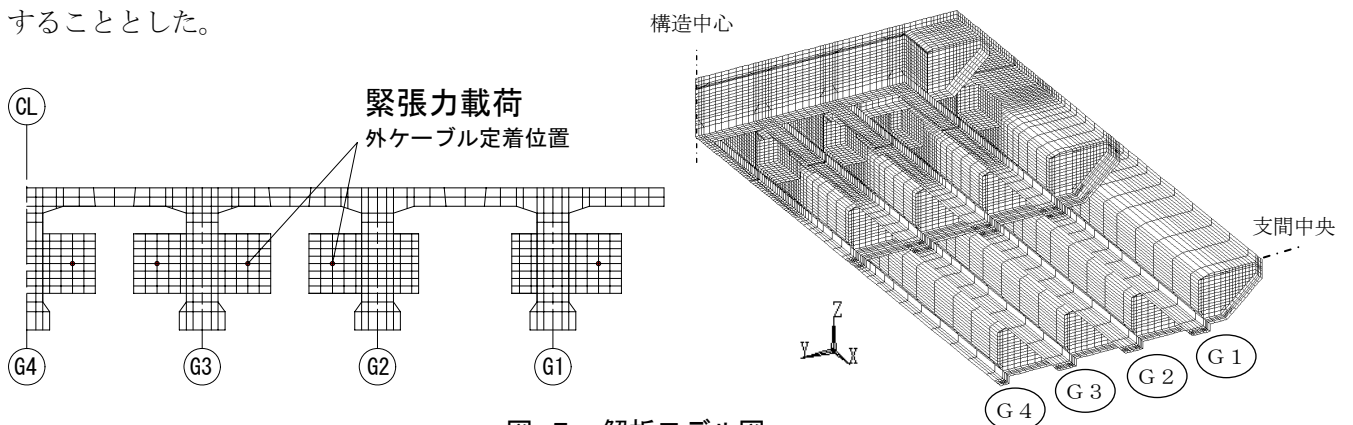


図-5 解析モデル図

5.3 解析結果

外ケーブルの緊張による引張応力の発生を、橋軸方向と鉛直方向において確認した。図-6に橋軸方向、図-7に鉛直方向の応力度コンター図を示す。また、各方向の解析結果を表-2、表-3に示す。

なお、定着ブラケットの前面と背面を図-8のように定義する。

(1) 橋軸方向

緊張側ブラケット前面及び非緊張側ブラケット背面にそれぞれ引張が発生したが、主桁の内ケーブルによるプレストレスを合成した結果、コンクリートの引張応力度は補強判定値を下回った。

表-2 解析結果一覧(橋軸方向)

検討ケース	コンクリート応力度 (ケーブル緊張)	既設桁 合成応力度	合計
	σ_c (N/mm ²)		
a) 定着ブラケット背面部 (G1非緊張側)	2.39	-4.54	-2.15
b) 定着ブラケット前面部 (G1緊張側)	7.26	-5.45	1.81
補強の有無判定値			2.46

なお、補強判定値以下となっているが、安全のために1層炭素繊維シートによる補強を行った。

(2) 鉛直方向

緊張側ブラケット前面及び非緊張側のブラケット背面にそれぞれ補強判定値を超える引張が発生した。既設桁の鉛直方向鉄筋は斜引張鉄筋であり、引張に抵抗する部材として扱えないため、炭素繊維シートによる補強を行った。

表-3 解析結果一覧(鉛直方向)

検討ケース	コンクリート応力度 (ケーブル緊張)	炭素繊維シート補強後	
		シート 層数	シート応力度 σ_{cf} (N/mm ²)
d) 定着ブラケット背面部 (G1非緊張側)	3.74	2層	335.53
e) 定着ブラケット前面部 (G1緊張側)	6.42	3層	508.86
補強の有無判定値		2.46	許容値 σ_{cfa}
			640.00

炭素繊維シートの性能表を表-4に、配置図を図-9に示す。

表-4 性能表

品番	FTS-C8-30
繊維種類	高弾性カーボン
繊維目付	300 g/m ²
設計厚さ	0.143 mm
引張強度	1900 N/mm ²
引張弾性率	6.4x10 ⁵ N/mm ²

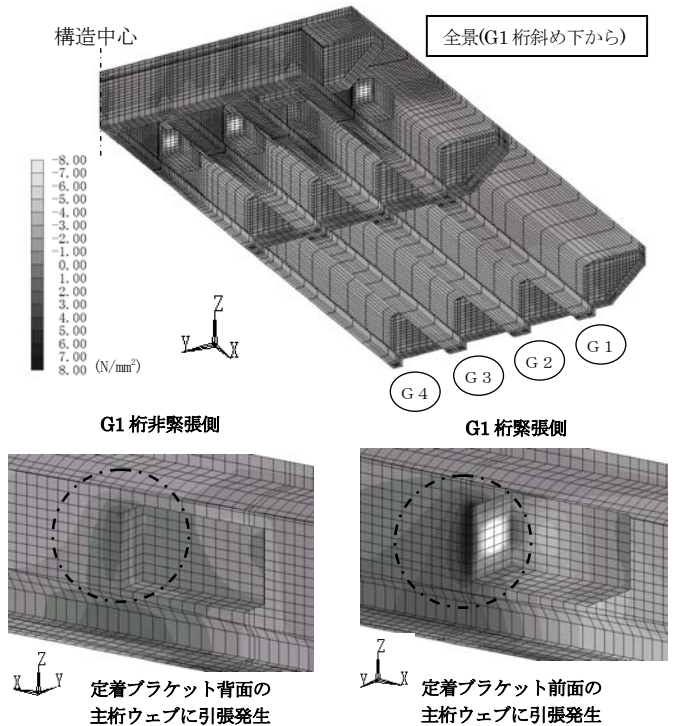


図-6 応力度コンター図(橋軸方向)

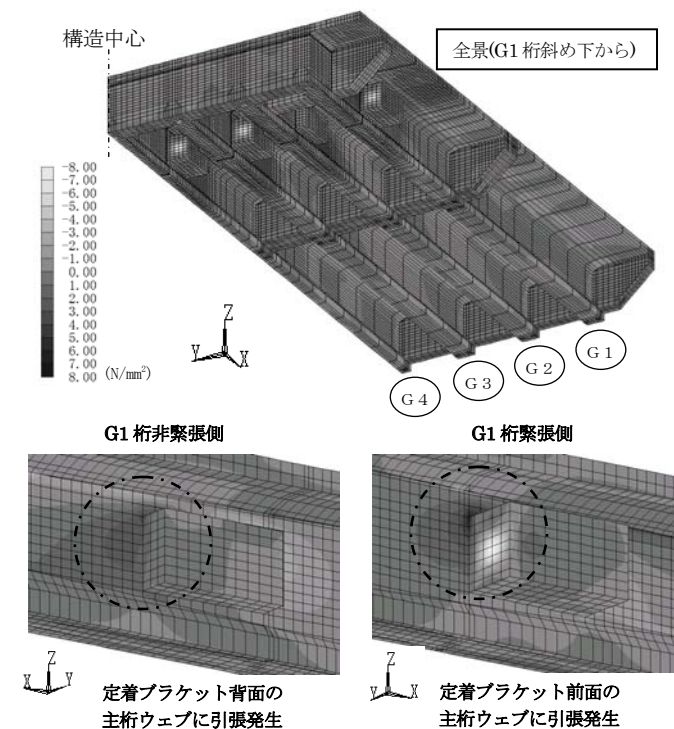


図-7 応力度コンター図(鉛直方向)

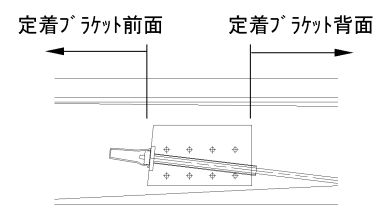


図-8 定着ブラケット位置

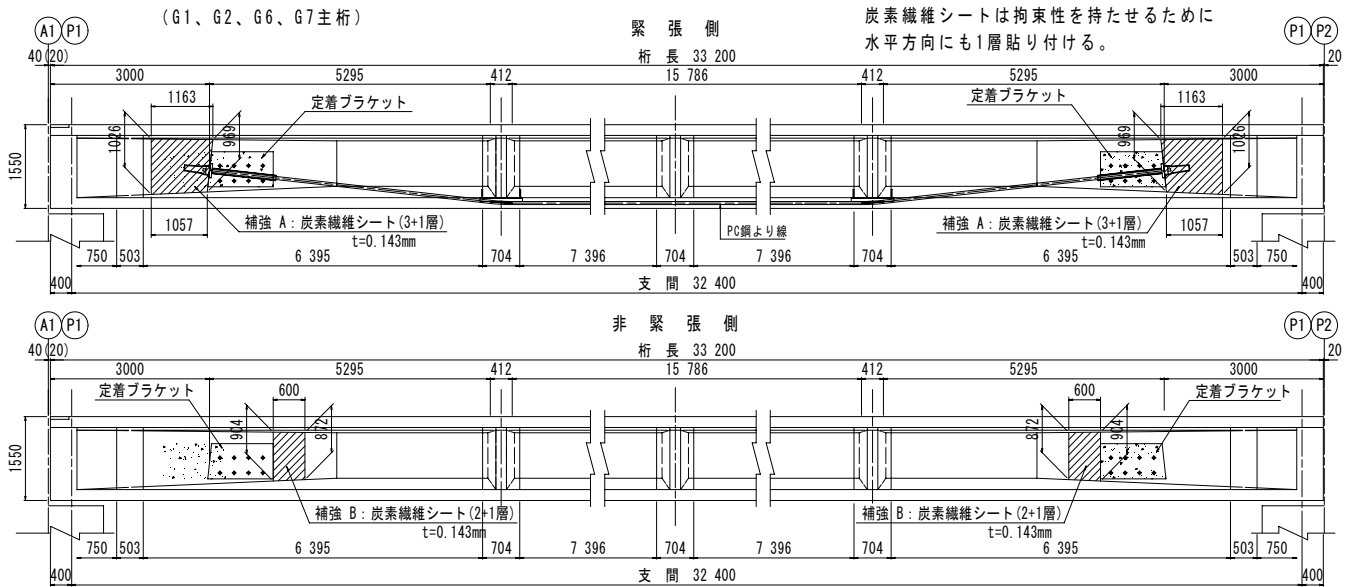


図-9 炭素繊維シート配置図

6. 炭素繊維シートによる補強

解析結果により補強が必要となった範囲に定着ブラケットを取付けた後、炭素繊維(高弾性カーボン)を貼付け(写真-1)、外ケーブルによりプレストレスを導入した。

緊張順序は図-10に示す2ケースと、各主桁については同時緊張と順次緊張のケースをFEM解析時に検討し、発生引張応力が最小となるケース(緊張順序1の同時緊張: G4→G3→G5→G6・G7→G1・G2)を選定した。また、G1・G2主桁とG6・G7主桁の片側配置部の外ケーブルは同時緊張とした。

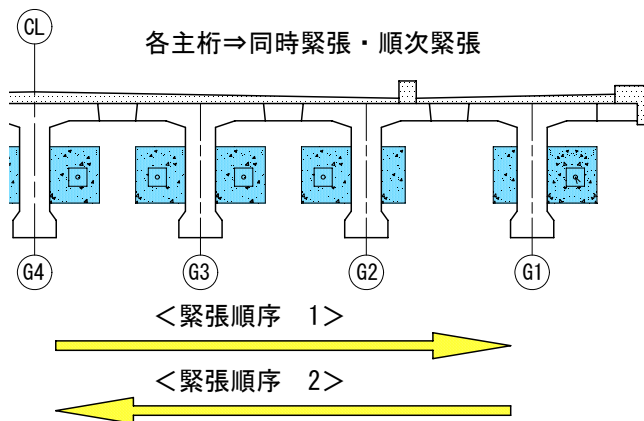


図-10 緊張順序検討ケース



写真-1 炭素繊維貼付後

7. おわりに

現在、一般県道河原インター線は今年3月に開通し、同じ時期に開通した姫路鳥取自動車道(河原IC～鳥取IC)へ接続しており、船久橋も含め円滑に通行できるようになっている(写真-2 完成写真)。

最後に、本橋の施工にあたり調査・設計等ご尽力戴いた関係各位に紙上をお借りして厚くお礼申し上げるとともに、本報告が今後の同種工事の施工に少しでも参考になれば幸いです。



写真-2 完成写真