

勝浦大橋の調査・補強設計について

大日本コンサルタント(株)
(株)富士ピー・エス

○原田 豊
正会員 杉江 匡紀

1. はじめに

一般国道128号の勝浦大橋は、昭和43年に架設された9径間PC単純ポステンT桁橋（橋長230m）である。海岸沿いに位置する本橋は、塩害による劣化で過去数回にわたり断面修復工やコンクリート保護工などの補修を行ってきた。その後、再劣化による損傷の進行が確認されたため、平成22年度より3カ年にわたり電気防食工法による補修工事を実施してきたが、平成24年度の工事中にPC鋼材の破断が確認された。

そこで、PC鋼材破断による耐荷力低下の影響を把握するために補強前調査を行った上で、補強設計を実施した。さらに補強後調査により補強効果の確認を行った。対象橋梁の全景を写真-1に、一般図を図-1に示す。



写真-1 勝浦大橋の全景

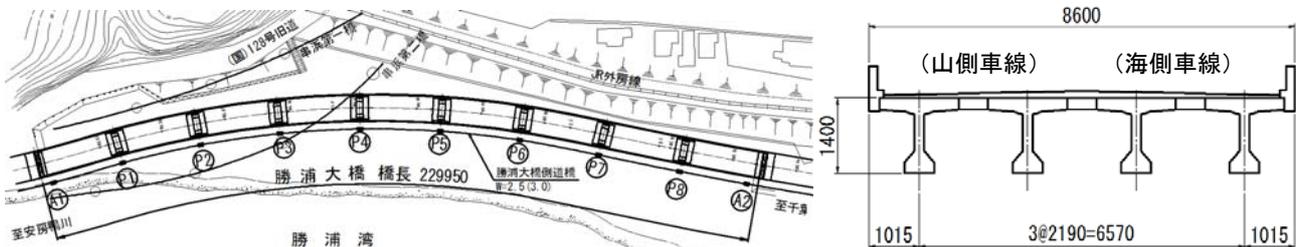


図-1 勝浦大橋の一般図

2. 損傷概要

2.1 損傷状況

第9径間の主桁および床版の剥離・鉄筋露出およびうき箇所を図-2に示す。また、PC鋼材10本中4本に破断が確認された第9径間G1桁のPC鋼材の破断状況を写真-2に示す。

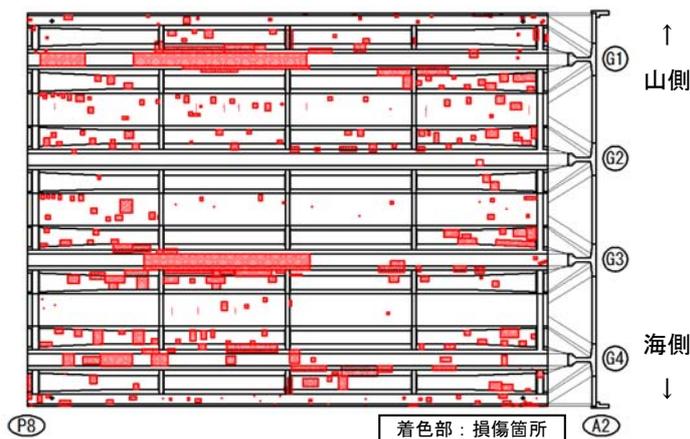


図-2 第9径間の損傷状況



写真-2 PC鋼材破断状況

2.2 損傷原因の推定

塩害による損傷が最も著しかったのは、海からの風が山側に設置された擁壁により遮られて主桁に飛来塩分が付着しやすい環境にある終点側の第8, 9径間であった。また、本橋はコンクリート表面に剥落防止工が施されているため、ひび割れなどの損傷は確認できなかったが、PC鋼材が上縁定着されていることから、上縁定着部近傍におけるグラウト未充填の可能性があった。

3. 応急対応

PC鋼材が破断した主桁の応力照査を行った結果、第9径間G1桁上の山側車線に大型車を通行させることが不可能であった。そのため、大型車を迂回させた上で、そのほかの一般車両は、海側車線を利用した片側交互通行による24時間規制を行った。

また、第8, 9径間の主桁に生じる活荷重によるたわみをモニタリングし、たわみが上限管理値を超えた場合に関係者へメールで通知する仕組みを構築した。さらに、第9径間は、不測の事態に備えるために待受けベント（写真-3）を設置した。



写真-3 待受けベント設置状況

4. 補強前調査

4.1 载荷試験および応力頻度測定

現況の耐荷力を把握するために载荷試験および応力頻度測定を実施し、片側交互通行規制で通行可能な車両重量を確認した。検討の結果、片側交互通行により海側車線を通行可能な車両は、車両重量14tまでであることが分かった。

4.2 キャンバー計測

第8, 9径間の8主桁に対して、キャンバー量の計測を行った。その結果、全桁のキャンバー測定値は21~39mmであり、桁の垂れ下がりは見られなかった。

4.3 グラウト未充填調査

主桁ウェブ側面から、インパクトエコー法によるグラウト未充填調査を第8, 9径間の8主桁の全PC鋼材80本について行い、7箇所「充填不良の疑いあり」が認められたが、削孔調査の結果、グラウトがしっかり充填されていることを目視確認した。また、第9径間の舗装をはつり、床版上面からドリル削孔によりPC鋼材上縁定着部のグラウト充填状況調査を行った。その結果、起点側の定着具から約200mmの範囲にグラウト未充填が確認された（図-3、写真-4）。今回発見された上縁定着部近傍のグラウト未充填は、ほかの箇所にもある可能性はあるが、グラウト状況を確認するためには、すべての上縁定着部近傍をドリル削孔し調査を行う必要があり、ケーブルを痛める可能性がある。一方、今回の調査から既設の橋面防水工は、十分機能していると考えられるため、橋面防水工をこれまで同様に定期的に更新し、定着具に水が侵入しな

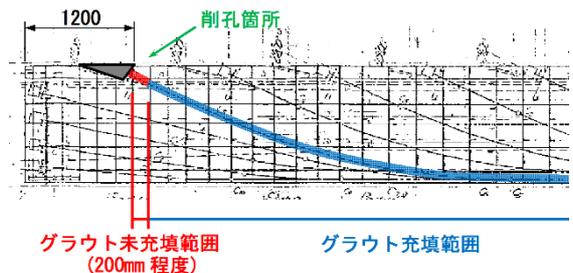


図-3 グラウト未充填範囲

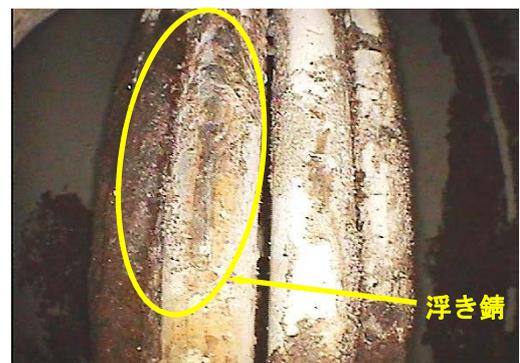


写真-4 グラウト未充填部の鋼材

い対策を行うのが現実的であると判断した。なお、グラウト未充填部のPC鋼材の腐食は、表面錆程度であった。

4.4 コンクリートの塩化物イオン含有量試験

主桁に含まれる塩化物イオン含有量をEPMAにより分析した結果を図-4に示す。第9径間G1桁の下面から140mmの範囲の塩化物イオン量は1.2~3.6 kg/m³ (平均値) で、支間中央付近の最下段PC鋼材および下面鉄筋の腐食の激しさを裏付けるものである。140mmより内側の塩化物イオン量は、1.2 kg/m³以下であり、一部はつり調査を行った結果からもPC鋼材に著しい腐食は生じていなかった。

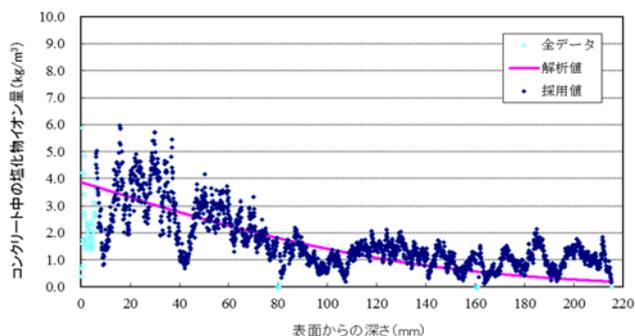


図-4 第9径間G1桁の塩化物イオン量

5. 補強設計

PC鋼材の破断が確認された第8, 9径間の主桁は、建設当時までの耐荷性能復元を目的として、活荷重TL-20に対して外ケーブル補強を行った。また、第9径間G1桁は、PC鋼材破断の影響でせん断補強が必要なため、ウェブの増し厚を行った。せん断補強は、桁間に落橋防止構造としてコンクリート壁が設置してあり、桁間での増し厚が困難なため、外側のみで増し厚を行った。図-5に補強後の主桁断面、写真-5に外ケーブル補強状況を示す。

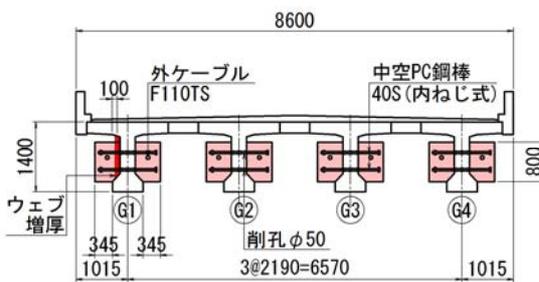


図-5 主桁補強断面図

なお、外ケーブル補強の実施に先立ち、外ケーブル定着部の安全性確認として緊結鋼棒用のウェブ削孔から得られたコア(約φ45mm)を利用して圧縮強度試験を行った。その結果、主桁コンクリートの圧縮強度は50.9~76.8N/mm²の値が得られたため、設計基準強度(40N/mm²)以上であることを確認した。



写真-5 外ケーブル補強状況

6. 補強後調査

6.1 载荷試験および応力頻度測定

海側車線と山側車線に20tのダンプトラックを同時载荷した場合の主桁下縁の合成応力度は、1.54N/mm²であり許容応力度(-1.50N/mm²)内に収まっているため、20t車の海側・山側車線同時走行に対する安全性が確認できた。また、応力頻度測定結果から、実走行車両に対する安全性も確認できた。

6.2 外ケーブル緊張時計測

外ケーブルによる張力が導入されたことを確認するため、第8, 9径間支間中央のひずみ計測、たわみ計測、および外ケーブルの固有振動数計測を緊張前・緊張後に行った。

支間中央下フランジの主桁のひずみ計測結果は、第9径間で計算値の70~80%程度であった(表-1)。計測結果は、計算値に比べ小さい値であったが、载荷試験時のひずみ値も概ね3割程度小さくなる傾向であったため、想定どおりの導入張力が入っていると判断した。

また、たわみ計測結果は、計算値よりも計測値が2mm程大きくなる傾向となった(表-1)。この影響は、計測時刻の違いに伴う主桁の温度差による影響と考えられる。別途実施したモニタリング結果では、気温が4度上昇すると温度差により桁が3mmそり上がることが確認できた。

表－1 第9径間緊張時の支間中央でのひずみおよびたわみ

測定日時	緊張桁	支間中央コンクリートひずみ				支間中央桁たわみ			
		G1桁 フランジ*	G2桁 フランジ	G3桁 フランジ	G4桁 フランジ	G1桁 たわみ	G2桁 たわみ	G3桁 たわみ	G4桁 たわみ
		μ	μ	μ	μ	mm	mm	mm	mm
2013/10/30 11:05	G2	-	-48	-33	-27	3.43	3.13	2.52	1.75
2013/10/30 14:19	G3	-	-87	-73	-84	6.45	6.41	5.86	3.22
2013/10/30 15:51	G4	-	-111	-120	-171	6.21	8.22	9.76	10.85
2013/10/30 17:11	G1	-	-163	-137	-162	10.54	10.95	11.06	10.93
	計算値	-	-210			8.7			
	測定/計算	-	0.78	0.65	0.77	1.2	1.3	1.3	1.3

* G1桁フランジゲージは不具合が生じたため除外する。

ひずみ+:引張 -:圧縮 たわみ+:上方 -:下方

外ケーブルの固有振動数の計測を行い、所定の張力が外ケーブルに導入されたことを確認した。なお、この計測値は、今後ケーブル張力を定期的に管理するための初期値として利用することとした。

6.3 外ケーブル定着部背面のひずみ計測

外ケーブル緊張時に定着部背面のコンクリートに異常なひずみが生じないことを確認するため、第8、9径間で計測を行った。計測の結果、主応力度が許容応力度以下であることを3軸ゲージのひずみ計測により確認するとともに、目視によってひび割れが生じていないことを確認した。表－2に計測結果を示す。

表－2 外ケーブル定着部背面コンクリート主応力度 (第9径間_G2桁)

	橋軸方向 ひずみ	鉛直方向 ひずみ	45° 方向 ひずみ	最大 引張 主応力 $\sigma_{c \max}$	最小 引張 主応力 $\sigma_{c \min}$	最大 せん断応力	最大主応力 の方向 θ
	μ			N/mm ²			度
起点側P8	23	-11	4	-1.3	-0.1	-0.6	-14
終点側A2	25	-20	-3	-0.7	0.4	-0.6	-7
許容応力度	14.0 < σ_{ca} < -1.5						

-:引張 +:圧縮 (Ec=31000N/mm²)

7. まとめ

(1) 耐荷力

床版および主桁コンクリートの圧縮強度は、圧縮試験結果から、設計強度40kN/mm²以上あることが確認できた。また、下記調査結果から、本橋は補強後の耐荷力を有していることが確認できた。

- ①外ケーブル緊張時の計測から所定のケーブル張力の導入が確認できた。
- ②補強後の載荷試験、応力頻度測定結果から大型車両の通行に対して耐荷力を有していることが確認できた。

(2) 耐久性

今回確認したグラウト未充填は、施工不良によるものではなく、PC鋼材破断の直接的な原因ではなかった。そのため、PC鋼材破断の原因は塩害であると判断した。今後の維持管理として、PC鋼材および鉄筋のこれ以上の腐食の進行を阻止することが重要となる。そのためには、電気防食装置の定期的な電位測定による監視、および橋梁定期点検による損傷進行の確認を行い、適切な維持管理を継続していくことが耐久性向上につながると考えられる。

最後に、本設計の着手から工事完了までの期間、たくさんの方々にご指導・ご協力を頂いたことに深く感謝いたします。