

塩害環境下で30年経過した単純プレビーム合成桁橋の補修・補強設計

株式会社 オリエンタルコンサルタンツ 正会員 ○田口靖朋

//

正会員 九鬼裕之

1. 目的

供用開始から34年経過した道路橋に対してH24年道示規格を満足させる補修・補強設計を実施した。

本橋は、塩害の対策区分S¹⁾の該当箇所に架橋され、補修・補強事例の少ない単純プレビーム合成桁橋の劣化状況報告と当初TL-20活荷重対応の上部工に対してB活荷重に対応させた炭素繊維シート工法による補強設計について概説する。

2. 橋梁概要

既設橋の橋梁諸元を表-1に、橋梁側面図を図-1に示す。本橋は海上運河部に架かり昭和55年に供用された道路橋である。橋長18.5m、幅員30.8m(13主桁)、桁高0.64mで上部工純かぶりは40mmである。上部工の基準はプレビーム合成げた橋設計施工指針²⁾が適用されている。

3. B活荷重対応の補強設計

B活荷重載荷の現行手法で照査した結果、現況断面では設計荷重時における支間中央の合成曲げ応力度が 7.0N/mm^2 になり、許容値 6.6N/mm^2 に対し 0.4N/mm^2 超過していた。一方、活荷重増に伴う「曲げ破壊に対する安全度」、「せん断応力度」、「たわみ」の照査は既設の余剰分によりいずれも許容値を満足しているため、設計荷重時の曲げに対する補強を実施した。ここで、プレビーム単純合成桁の曲げ補強の既往実績として数は少ないものの外ケーブルや連続繊維シートによる補強があり、本橋の場合は桁下制限や桁高が小さく狭窄な作業空間になることを勘案し、施工に有利な炭素繊維シート接着工法を選定した。また、プレビーム合成桁橋は、原理的には鋼合成桁橋とプレストレストコンクリート橋の折衷構造であることから、設計手法はコンクリート構造を対象とした「炭素繊維シート接着工法による道路橋コンクリート部材の補修・補強に関する設計・施工指針(以下、設計・施工指針と称す)」³⁾をプレビーム合成桁に準用した。鋼材と床版コンクリート、下フランジコンクリート及びウェブコンクリートを有効とした合成断面を抵抗断面とし、この合成断面の床版、ウェブ、下フランジコンクリートの設計強度(σ_{ck})はそれぞれ30, 24, 50N/mm^2 と異なるため公称の弾性係数比¹⁾により鋼とコンクリートからなる合成断面の断面定数を算出した。次に現況のTL-20活荷重の主桁の曲げモーメント(M_1)とB活荷重の主桁の曲げモーメント(M_2)を格子解析から算出し、図-2に示すようにこの差分に対する応力分布からコンクリートの引張合力Tを算出し、補強量を算出した。具体には、曲げモーメントの差分 $\Delta M(M=M_2 - M_1)$ は 100kNm 、桁断面の上縁には 1.24N/mm^2 の圧縮応力度、下縁には -1.52N/mm^2 の引張応力度が発生し、コンクリートに生じる引張応力の合力は 140kN となった。炭素繊維シート量および

表-1 橋梁諸元

道路規格	4種1級
設計速度	40km
上部構造形式	単純プレビーム合成桁橋
下部構造形式	RCラーメン橋台(パイルベント形式)
基礎構造形式	場所打ち杭, PC杭
橋梁種別	B種の橋
活荷重	TL-20
有効幅員	車道: $2@9.250\text{m}$, 歩道: $2@4.500\text{m}$
斜角	$90^\circ00'00''$
縦断勾配	4.873% 5.200%
横断勾配	車道: 1.500% 歩道: 1.0%

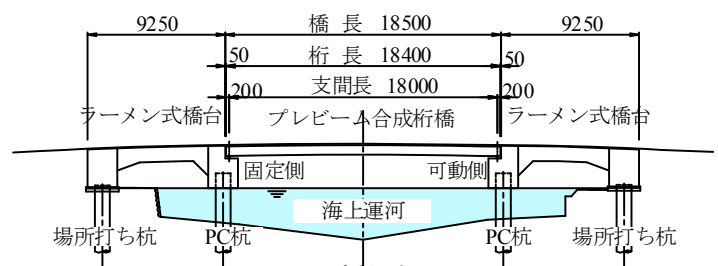
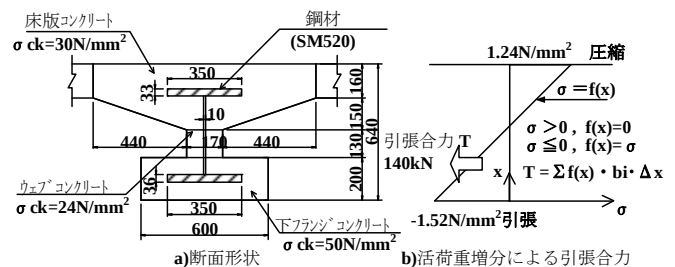


図-1 橋梁側面図

図-2 断面構成と ΔM 作用時の曲げ応力状態

キーワード：プレビーム合成桁、炭素繊維シート補強工法

連絡先：〒530-0005 大阪市北区中之島3-2-18 13F (株)オリエンタルコンサルタンツ TEL：06-6479-2137

積層数は、設計・施工指針に準拠して式(1)、(2)により算出した。なお、下フランジコンクリートに配置されている既設鉄筋 A_s は、既設荷重に対して抵抗しているものとみなして補強量としては見込んでいない。差分 ΔM に対して発生する炭素繊維シートの最大ひずみは $1,000 \mu$ 以下に制限して炭素繊維シート量を決定した。

$$A_{cf} = (T_c / \sigma_{sa} - A_s) / (E_{cf} / E_s) \quad (1)$$

$$n = A_{cf} / (w \times t_{cf}) \quad (2)$$

A_{cf} : 炭素繊維シートの断面積(mm^2),

T_c : コンクリートに生じる引張応力の合力(N/mm^2),

σ_{sa} : 既設引張鉄筋の許容応力度(N/mm^2),

A_s : 既設引張鉄筋の断面積 (mm^2),

E_{cf} : 炭素繊維シートの弾性係数(N/mm^2),

表-2 炭素繊維シート積層数及び引張ひずみ

	$E_{cf}(\text{kN/mm}^2)$	$t_{cf}(\text{mm})$	n (枚)	ひずみ (μ)
高強度型	245	0.111	12	860
中弾性型	440	0.163	5	790
高弾性型	640	0.143	4	770

E_s : 既設引張補強鉄筋の弾性係数(N/mm^2),

w : 貼付け幅(mm),

t_{cf} : 炭素繊維シートの設計厚さ(mm),

n : 炭素繊維シートの積層数(枚)

炭素繊維シートを補強材として使用する際の材料は、既往実績を踏まえると高強度型、中弾性型、高弾性型の3タイプに大別され、既往実験においては最大10層まで積層してもシートの引張強度およびコンクリートとの付着強度の低下が見られないことが設計・施工指針に報告されていることから、上限層数(目安値)を10層までとした。目付量をいずれも 300g/m^2 とした3タイプの必要積層数及び引張ひずみを表-2に示す。これより、高強度は上限総数を超過するため採用不可となり、また、高弾性の方が最大ひずみの $1,000 \mu$ 以下の制限から中弾性の積層数よりも少なく、高弾性を採用した。

4. 変状と対策

プレビーム合成桁(下フランジ下面)から採取したコンクリートコアによる塩分含有量調査(JIS A 1145)を実施し、コンクリート表面から内部深さ 90mm までの塩化物イオン濃度分布を図-3に示す。調査した範囲の塩化物イオン濃度は、いずれも腐食発生限界値 1.2kg/m^3 ⁴⁾を上回っているが、外観目視では収縮ひび割れ等(0.02mm以下)は見られるものの鉄筋腐食に起因するコンクリートの浮きや剥離、錆汁等の特異的な変状は見られなかった。これより、プレビーム合成桁を構成する鋼部材は曲げ及びせん断に対する主要な抵抗部材であり、また、活荷重載荷時においては鋼部材と下フランジに配置される引張鉄筋は合成抵抗としての機能を有するため、コンクリート表面洗浄と外来塩分の浸透を遮蔽するコンクリート塗装による対策を立案した。

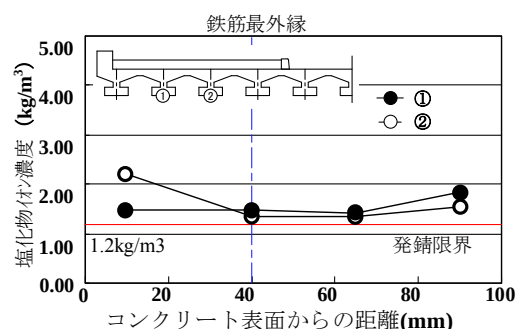


図-3 塩化物イオン濃度分布

5. まとめ

①プレビーム合成桁の補強設計に対して設計・施工指針等の知見を活用し、高弾性型 4 層(目付量 300g/m^2)の炭素繊維シート工法による補強計画を立案した。②塩害対策区分 S に架橋され、供用後 30 年以上経過している単純プレビーム合成桁は、塩化物イオン濃度の大きさに対して、塩害等による明確な変状は顕在化していないものの予防保全としてコンクリート塗装による補修対策を立案した。③最後に、車両大型化に対する補強の実施例が少ないプレビーム合成桁橋の補強方法について、今回の報告内容を参考いただければ幸いである。

参考文献

1)日本道路協会：道路橋示方書・同解説Ⅲ コンクリート橋編，pp.86，pp.174-179，H24.3

2)(財)国土開発技術研究センター：プレビーム合成げた橋設計施工指針，S50 年

3)建設省土木研究所：コンクリート部材の補修・補強に関する共同研究報告書(Ⅲ)

炭素繊維シート接着工法による道路橋コンクリート部材の補修・補強に関する設計・施工指針，1999.12

4)土木学会：コンクリート標準示方書 維持管理編，pp.94，pp.102，2007.3，