

水・塩分による疲労・劣化対策の高耐久性プレキャストPC床版の開発

黒沢建設株式会社 正会員 ○平井 圭
九州産業大学 フェロー会員 豊福 俊泰

1. まえがき

昭和50年頃から橋梁などの劣化問題が多発したため、「RC構造物の水による疲労・劣化、PC鋼線のフレッキングによる疲労破断」^{1), 2)}等が研究され、この解決策として膨張コンクリート、PC床板、防水工の採用等が提案された。その後、PC構造物の高耐久性の確保を図るため、全素線塗装型PC鋼より線(図-1, SCストランド)^{3), 4)}、高耐久性プレキャストPC床版が開発され、これらをわが国で最初に採用した高耐久性の早川橋が建設されるに至っている⁵⁾。

2. 高耐久性プレキャストPC床版の性能評価

高耐久性プレキャストPC床版の性能評価は、表層透水係数P値($\times 10^{-10}$ m/s)を現場で測定可能な非破壊検査試験法であるダブルチャンバー式加圧透水・透気試験機(WAPP法、写真-1)により行った⁶⁾。P値は、塩化物イオン浸透深さDC(mm)を診断可能であることが既設橋梁でも確認されており(図-1)、これに性能確認試験(表-1, 図-2)の結果を加えると、コンクリート標準示方書の透水係数 K_K 式 $\log K_K = 0.043W/C - 12.5$ から海洋コンクリートの最大水セメント比W/C45%に該当するのは $P = 0.27 \times 10^{-10}$ m/sであるが、これではDCが15mm程度となる可能性があることが示されている。DCが10mm以下とするには、 $P = 0.11 \times 10^{-10}$ m/sに該当するW/C36%とする必要があることが解明された。

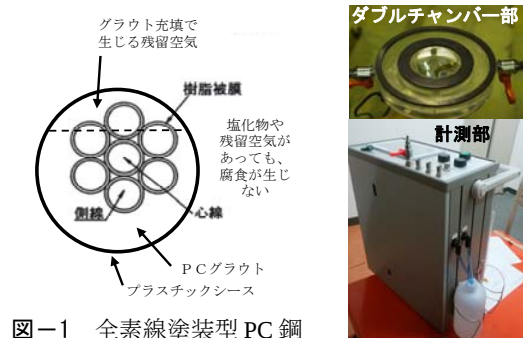


図-1 全素線塗装型PC鋼より線の防食効果³⁾

写真-1 WAPP法の試験装置

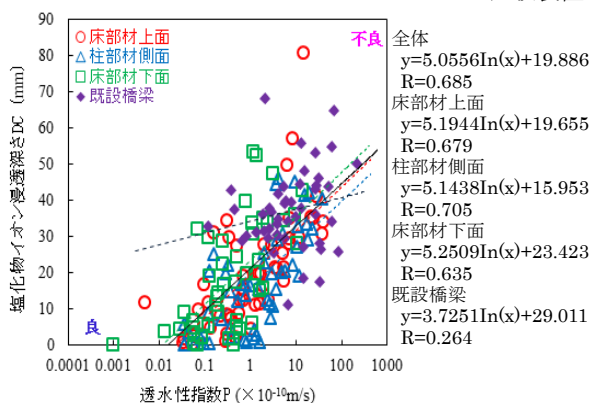


図-1 P値と塩化物イオン浸透深さの関係⁶⁾

表-1 性能確認試験(データ数 n=248)

区分	コンクリートの種類 (注)	水セメント比 W/C (%) (W/C, kg/m ³)	材齢	供試体の種類 (寸法, 測定面)	暴露条件 (測定面の養生方法)
W 増 減	普通30W185	61(185/304)	4週	・柱部材(高さ 60×幅50× 20cmの片側側面)	材齢: 4週~2年 ・屋内暴露(空気中, 屋内暴露) ・屋内暴露(5日間湿潤養生, 屋内暴露)
	普通30W164	54(164/304)	7週		
	普通30W150	49(150/304)	1年 2年		
W/C 増 減	普通15	87(166/192)	2年 3年 4年 5年 6年 7年 8年 9年	・床部材(高さ 20×幅60× 50cmの上面・ 下面) ・柱部材・床部材から採取した φ10×20cmのコア	材齢: 1~9年 ・屋外暴露(空気中, 屋内暴露約3か月後屋外暴露) ・屋外暴露(5日間湿潤養生, 屋内暴露約3か月後屋外暴露)
	普通15	86(165/192)			
	普通22	68(165/243)			
	普通30	54(164/304)			
	普通30	52(163/314)			
	普通40	45(172/383)			
	普通45	38(180/474)			
	普通45	37(179/484)			
	普通60	30(170/567)			
	普通60	29(170/597)			

(注)

- ・スランブ: 8±2.5cm, 空気量: 4.5±1.5%, 粗骨材の最大寸法: 25mm, セメント: 普通ポルトランドセメント, 細骨材: 玄界灘産海砂+宍道産海砂, 粗骨材: 古賀産砕石, 混和剤: AE減水剤, 高性能AE減水剤(普通60のみ)を使用し, 単位セメント量C変化のコンクリート
- ・普通30W185・普通30W150: 普通30のW=164kg/m³をW=185kg/m³・150kg/m³(C=304kg/m³で一定)とし, スランブが変化のコンクリート
- ・普通30W164: 普通30のW=164kg/m³のコンクリート(スランブ: 8±2.5cm)

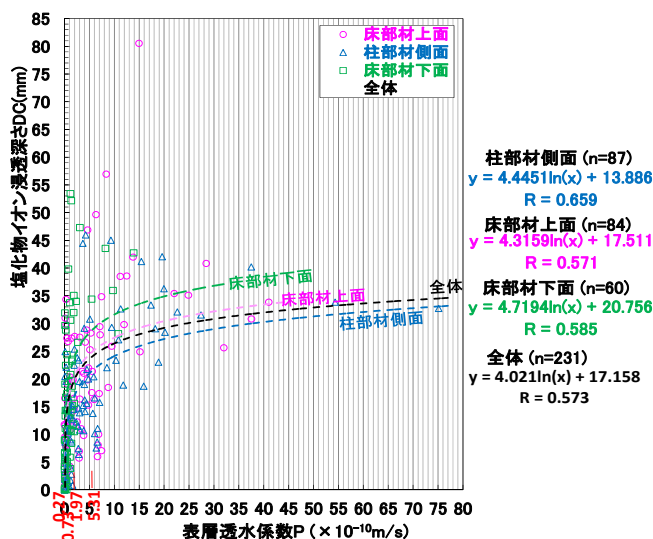


図-2 P値と塩化物イオン浸透深さの関係

キーワード 高耐久性, プレキャストPC床板, 塩化物イオン浸透深さ, 非破壊検査法, 表層透水係数
連絡先 〒163-0717 東京都新宿区西新宿 2-7-1 小田急第一生命ビル 17階 TEL: 03-6302-0225

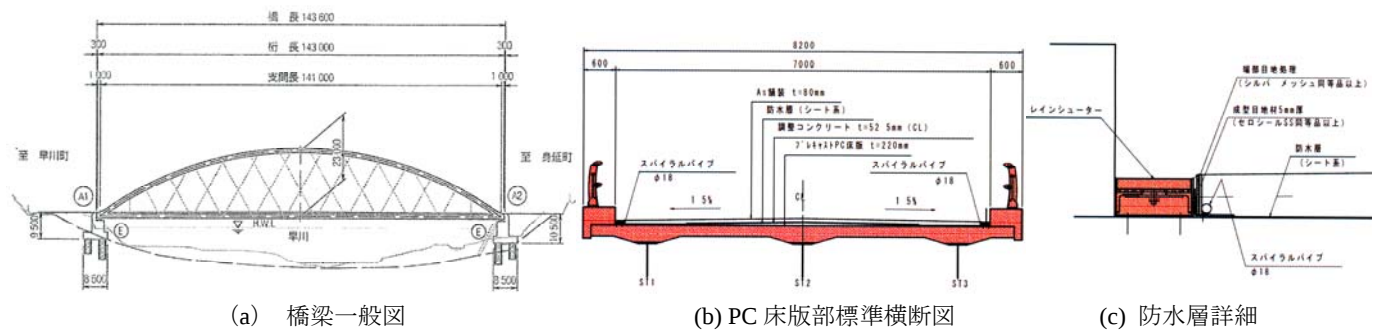


図-3 早川橋の高耐久性プレキャスト PC 床版部の概要⁶⁾

表-2 早川橋の高耐久性プレキャスト PC 床版のコンクリート配合

部 材	配合名	水セメント比 (%)	細骨材率 (%)	単位量 (kg/m ³)							コンクリートの性質		
				水 W	セメント C	混和材 GBFS	細骨材 S	粗骨材 G	化学混和剤 ^{※2}		スランプ (cm)	空気量 (%)	圧縮強度 ^{※3} (N/mm ²)
									HWR	AE			
A1-A2 間 PC 床版部	普通 50-12-20H ^{※1}	36.0	39.2	163	453	229	671	1060	2.72	8.14	12.0	4.0	50.0

※1 配合強度：62.0N/mm², 空気量：4.0%, 塩化物含有量：0.2kg/m³以下, アルカリ骨材反応抑制対策の方法：A
※2 HWR：高性能減水剤, AE：AE 剤
※3 PC 床版と同一養生した供試体の材齢 14 日の圧縮強度

3. 高耐久性プレキャスト PC 床版 の建設

早川橋 (図-3)⁵⁾は、ニールセンローゼ橋で高耐久プレキャスト PC 床版を採用した橋梁である。同橋は、寒冷な山梨県身延町に位置することから凍結防止剤による塩害とフレッティング疲労に対して高耐久性が確保できるように、斜材ケーブルに PE 被覆の全素線塗装型 PC 鋼より線 (SC アンボンド), 床版緊張材に全素線塗装型 PC 鋼より線を用いた高耐久性プレキャスト PC 床版 (図-3, 図-4) および防水層が採用されている。

高耐久性プレキャスト PC 床版は、W/C=36% (表-2) とし DC が 10mm (P 値が 0.11×10^{-10} m/s) 以下となるようにし、さらに SC ストランドを使用し (写真-2) 高耐久化を図った。W/C=36%とすることにより、水の浸透による疲労劣化の防止とともに床版上面の砂利化現象の防止が図れるもので、本来防水層は不要であるが、フェイルセーフの考え (PC 鋼より線の補修は困難である) からこれも設置することとされ、防水性が確保されている。

4. まとめ

水・塩分による RC 構造物の疲労・劣化, PC 鋼線のフレッティングによる疲労破断に対する対策に関する研究の結果に基づき建設された早川橋の SC ストランドを使用した高耐久性プレキャスト PC 床版 (W/C36%) は、透水性・塩化物イオン浸透性・疲労破断性の低減が図られ高耐久性が確保できることが確認された。

参考文献

1) 日本道路公団試験所コンクリート試験室：道路橋鉄筋コンクリート床版の損傷機構に基づく健全度判定と補修工法の選択, 試験所技術資料第 413 号, pp.1-319, 1985.3
2) 豊福俊泰・米田利博：P C 鋼より線の疲労強度, コンクリート工学, pp.37-40, Vol.25, No.7, 1987.7.
3) 豊福俊泰・神山徳夫・上津敏・田中和幸・辛軍青・前田悦孝・福地啓太：塩害に対応した高耐久性 P C 橋の建設と性能評価に関する16年間研究報告、土木学会論文集E2 (材料・コンクリート構造)、Vol.73、No.1、pp.16-35、2017.1.
4) 福地啓太・平井圭・豊福俊泰：全素線塗装型 P C 鋼より線を用いた P C 構造物の耐久性能評価に関する検討, 日本コンクリート工学会, コンクリート工学年次論文集2017, Vol.39, No.1, pp.979-984, 2017.7.
5) 清水敬一郎・降矢昌時・小林栄一：早川橋の計画と設計, 橋梁と基礎, pp.1225-1230, 2016.12
6) 高橋典子・白谷祐太・豊福俊泰・永松武則：ダブルチャンパー透水性・透気性試験機による表層コンクリートの非破壊検査法に関する研究、日本コンクリート工学会、コンクリート工学年次論文集 2016、Vol.38、No.1、pp.2025-2030、2016.7.

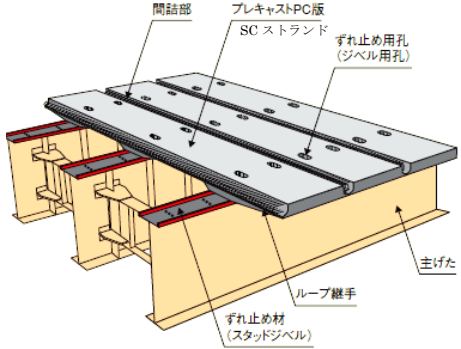


図-4 高耐久性プレキャスト PC 床版の概要



写真-2 SC ストランド使用の高耐久性プレキャスト PC 床版の製作