

繊維補強材を使用した超高耐久 PC 橋の適用性に関する基礎的検討

技術本部	技術部	大山博明
技術本部	技術部	中井聖棋
東京土木支店	土木工務部	荒川直樹
技術本部	技術部	古村豊

1. はじめに

近年、コンクリート構造物の劣化事例が顕在化してきており、構造物の維持管理の重要性や新設構造物の長期耐久性などに対する関心が高まっている。今後、我が国は膨大な社会資本ストックの維持管理が必要となる一方で、財源や労働力が不足することが想定されている。このため、今後の新設構造物は、維持管理性に優れた構造物であることが求められる。そこで新設 PC 橋梁の超高耐久化を目的として、非腐食性材料である有機短繊維補強コンクリートや炭素系連続繊維補強材など使用して耐久性能を著しく向上させた PC 橋(以下、超高耐久 PC 橋)を試設計し、ライフサイクルコスト(以下、LCC)の比較を行うことにより、その適用性を検討した。

2. 検討条件

2.1 検討対象構造物

表-1 に検討対象構造物の仕様を示す。上部構造の構造形式は、ポストテンション方式 PCT 桁橋とした。架橋環境は、道路橋示方書の塩害区分 S とした。

表-1 上部構造の仕様

橋 種	道路橋
構造形式	単純 PCT 桁橋(PCa セグメント方式)
支 間 長	30.000m
総 幅 員	12.000m

2.2 検討ケース

検討ケースを表-2 に示す。検討ケースは、従来の塩害対策 PC 橋(以下、従来橋)が 1 案(Case1)と、超高耐久 PC 橋が 3 案(Case2~4)の計 4 ケースとした。各ケースの概要を述べる。

(1) Case1 従来橋

本案は従来の対策区分 S の塩害対策 PC 橋である。

(2) Case2 フルスベック案

本案は全部材に対して非腐食性材料である繊維補強材料を使用しており、最も耐久性能が高い案である。繊維補強コン

クリートはアラミド短繊維を用い、緊張材や補強材にはより線状の炭素系連続繊維補強材(以下、CFCC)を用いた。

(3) Case3 部材表層部に非腐食性補強材を使用する案

本案は全コンクリート部材の表層部に非腐食性補強材を用いることで、塩化物浸食部を重点的に高耐久化する案である。

(4) Case4 主桁に限定して高耐久化する案

本案は PCT 桁橋において部材劣化による構造性能への影響度が最も大きい主桁部材を重点的に高耐久化する案である。

3. 試設計

3.1 使用材料

各検討ケースの試設計に用いたコンクリートと緊張材の仕様を表-3 に示す。CFCC の材料強度や制限値は ACC 倶楽部の技術資料に準じ、CFCC 以外の使用材料については道路橋示方書を準用した。

表-3 各検討ケースの使用材料

	主桁部			場所打ち部	
	コンクリート		緊張材	コンクリート 強度	緊張材
	強度	短繊維補強材			
Case1	50MPa	—	12S12.7	30MPa	1S21.8
Case2	70MPa	アラミド繊維	12.5×12		17.2
Case3			12S12.7		1S21.8
Case4			12.5×12		1S21.8

3.2 設計方法

解析モデル、断面力算出および各部材の照査方法は道路橋示方書に準じた。なお、Case2~4 の主桁のせん断耐力の算出には繊維補強コンクリートが負担するせん断耐力を考慮した。

3.3 試設計結果

本試設計では、比較設計であるため、全ケースの桁高を同一として設計を行った。図-1 に各ケースの上部構造図の比較を示す。従来橋は、床版、主桁ともにかぶり 70mm を確保す

表-2 各検討ケースにおける部材ごとの材料条件

	主桁部				場所打ち部(床板・横桁)			地覆部	
	コンクリート	緊張材	補強材	表面塗装	コンクリート	緊張材	補強材	コンクリート	補強材
Case1	普通コン	裸 PC	エポ鉄筋	桁下塗装	普通コン	裸 PC	エポ鉄筋	普通コン	エポ鉄筋
Case2	繊維補強	CFCC	—	—	普通コン	CFCC	CFCC	普通コン	CFCC
Case3	繊維補強	被覆 PC	—	—	普通コン	被覆 PC	CFCC	普通コン	CFCC
Case4	繊維補強	CFCC	—	—	普通コン	被覆 PC	エポ鉄筋	普通コン	エポ鉄筋

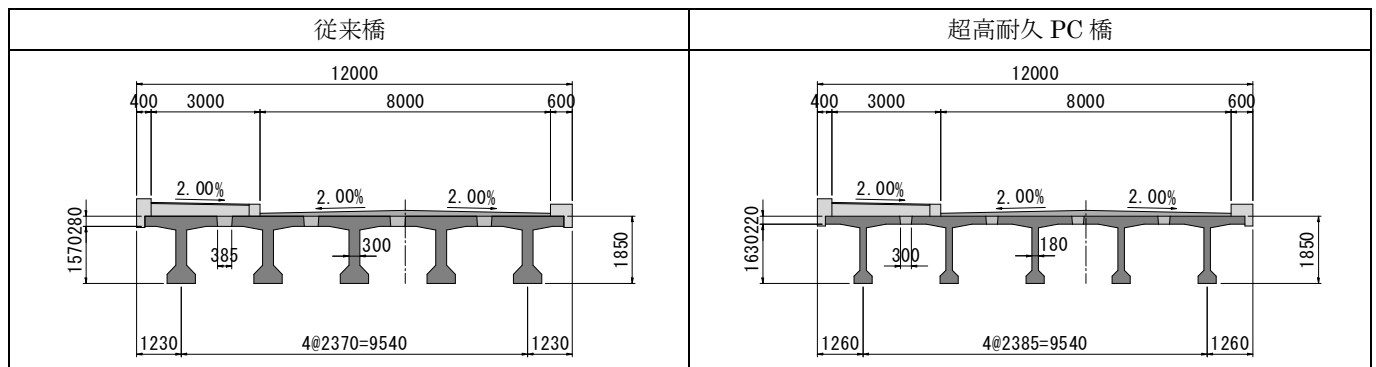


図-1 上部構造の比較

るため、比較的部材断面が大きくなる。これに対して超高耐久 PC 橋は、部材表層部に腐食性補強材が存在しないため、部材断面を小さくすることができる。

4. LCC の試算

4.1 初期建設費の試算

表-4 に各検討ケースの初期建設費を示す。超高耐久 PC 橋の価格は従来橋に比べて1~4割程度、高価格となった。

表-4 上部構造の初期建設費の比較

	直接費 (千円)	間接費 (千円)	工事価格 (千円)	比率
Case1	66,293	41,027	107,320	1.00
Case2	97,842	53,848	151,690	1.41
Case3	72,697	42,253	114,950	1.07
Case4	81,847	46,473	128,320	1.20

4.2 維持管理シナリオ

LCC の試算は供用期間を100年間とし、維持管理シナリオを図-2のように想定した。Case1の主桁下フランジ部は、塩化物が高濃度化するためコンクリート塗装が標準化されている。このため、コンクリート塗装の経年劣化を想定し、15年ごとの再塗装を計画した。Case2~4は、当該箇所の表層部に腐食性補強材を使用しておらず、劣化リスクがないためコンクリート塗装は行わず、補修計画を設定しないものとした。



図-2 維持管理シナリオ

定期点検は、5年に1度の頻度での実施が国土交通省より義務付けられているため、Case1の試算はこれに準じた。一方、超高耐久 PC 橋は、部材内部に腐食性補強材が少なく、従来橋に比べて耐久性が著しく高いことから、点検間隔を延

伸することが妥当と考えた。このため、本検討では Case3, 4 の点検間隔を10年、Case2の点検間隔を20年と設定した。

4.3 LCC の算出方法

LCC は、一般に使用される次式により算出した。

$$LCC = \sum_{i=0}^T (I + C_i + C_r) \left(\frac{1}{1+r} \right)^i$$

ここで、 I : 初期建設費、 C_i : 点検費、 C_r : 補修費、 r : 割引率(本検討では0%)、 t : 経過年数

4.4 LCC の試算

LCC の試算結果を図-3に示す。試算の結果、超高耐久 PC 橋の LCC は従来橋に比べて1~2割程度、低価格となった。また、超高耐久 PC 橋は従来橋に比べて約20%の上部工反力の低減が図れる。このため、下部構造建設費を含めることでさらなるコスト削減効果が期待できるものと考えられる。

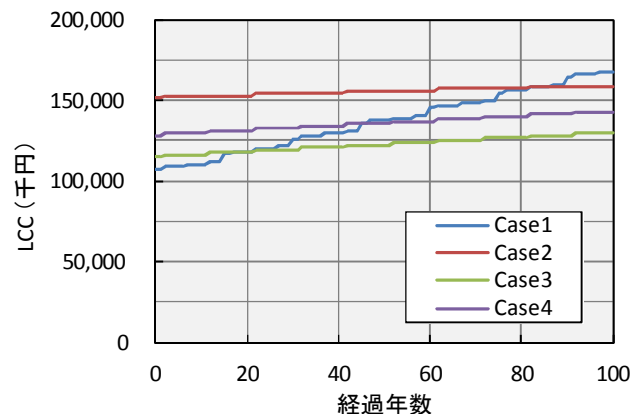


図-3 LCC の比較

5. まとめ

超高耐久 PC 橋は従来橋に比べて初期建設費が高価であるが、維持管理費が安価のため、LCCは従来橋よりも安価となる。本検討により、超高耐久 PC 橋は塩害対策橋における市場競争力を有していることを確認した。

Key Words: 繊維補強コンクリート, CFCC, 耐久性, LCC



大山博明

中井聖棋

荒川直樹

古村豊