

委員会報告

PC 斜張橋・エクストラードズド橋維持管理指針

— PC 斜張橋・エクストラードズド橋維持管理指針作成委員会報告 —

酒井 秀昭*1・上東 泰*2・井谷 計男*3・河村 直彦*4

1. はじめに

1.1 背景

近年、長大橋の分野では、国内外で PC 斜張橋やエクストラードズド橋の建設が増加しており、国内でも 150 橋を超える橋梁が供用されている（写真 - 1, 2）。



写真 - 1 揖斐川橋



写真 - 2 Can Tho 橋

一方、PC 斜張橋やエクストラードズド橋の維持管理に関しては、本協会の「PC 斜張橋・エクストラードズド橋設計施工規準¹⁾」にその基本的な考え方が規定されているのみで、各橋の管理機関が個別に独自の維持管理規準等を整備して対応しているのが現状である。実橋においては、一般橋梁と同様に主として材料の劣化・損傷に着目した点検が実施されている。しかし今後は、既設の PC 斜張橋やエクストラードズド橋の経年化に伴い、PC 斜張橋やエクストラードズド橋の構造特性を考慮した、より具体的で合理的な維持管理手法に関する規準等の整備が必要となって

くると考えられる。

海外においても、近年ベトナム国においてカントー（Can Tho）橋などの PC 斜張橋が建設されている。これらの橋梁に対して、ベトナム国から日本へ PC 斜張橋の計画・設計・維持管理などの技術移転に対する強い要請があり、「カントー橋における研修および技術移転アドバイザー業務」を中日本高速道路（株）、（株）建設技術研究所および（株）長大が受注している。本業務のうち、中日本高速道路（株）が主として行う PC 斜張橋の維持管理手法の規準等の整備については、中日本高速道路（株）から（社）プレストレストコンクリート技術協会へ委託された。ベトナム国をはじめ東南アジア諸国においては、アメリカやヨーロッパの規準等が多く採用されており、今回日本の規準等がベトナム国で採用されることは画期的であるばかりでなく、今後のわが国の橋梁技術の海外での評価に大きく寄与するものである。

以上から、PC 斜張橋・エクストラードズド橋の維持管理手法に対する将来の国内外からの技術要請に応えること、本協会からの強力な技術発信として本分野における国際的な技術の発展に大きく寄与することを目的として、PC 斜張橋・エクストラードズド橋維持管理指針作成委員会を設立して維持管理指針をまとめることとした。本指針は、「2007 年制定コンクリート標準示方書 [維持管理編]²⁾」第一部を参考に、基本的な考え方や用語は同示方書に準拠しつつ、斜張橋およびエクストラードズド橋の構造特性を考慮したものとなっている。

1.2 活動概要

本委員会は作業の効率化を図るため、委員会の下に幹事会を設置した。本委員会は 2010 年 5 月より約 9 ヶ月間活動し、その間に委員会 2 回および幹事会 6 回を開催している。

委員会および幹事会では、最新の維持管理技術の調査研究を整理するとともに、維持管理指針の執筆方針を確認して、指針として取りまとめた。

2. 維持管理指針の概要

2.1 維持管理指針の構成

PC 斜張橋・エクストラードズド橋維持管理指針（以下本指針と呼ぶ）では、一般のコンクリート構造物と同様

*1 Hideaki SAKAI：中日本高速道路（株）

*2 Yasushi KAMIHIGASHI：中日本高速道路（株）

*3 Kazuo IDANI：三井住友建設（株）

*4 Naohiko KAWAMURA：（株）ピーエス三菱

に、桁・床版・支承および付属物の維持管理手法について記述するとともに、混合桁等の複合構造に採用されている鋼箱桁構造およびPC斜張橋・エクストラードズド橋特有の部材である塔・斜材の維持管理手法について記述している。

また、維持管理における一連の流れである、維持管理計画の策定・点検・評価および判定・対策・記録について、部位ごとに詳細に記述している。

本指針では、有益な情報を具体的に提供するため、執筆時点で実用化されている斜材および外ケーブルの種類および概要、既設PC斜張橋における維持管理の事例および既往の変状事例を参考資料として掲載した。

本指針の章構成を表-1に示す。

表-1 維持管理指針の章構成

章番号	章タイトル
1章	総則
2章	要求性能
3章	維持管理の方法
4章	点検
5章	診断における評価および判定
6章	対策
7章	記録
参考資料-1	斜材システムの種類および概要
参考資料-2	外ケーブル構造の種類および概要
参考資料-3	既設PC斜張橋の点検の着目点と調査方法の事例
参考資料-4	既往の変状事例

2.2 維持管理指針の記述内容

(1) 1章 総則

1章では、適用の範囲・維持管理の原則・用語の定義・記号・関連規準について記述している。

本指針の適用の範囲として、塔から吊った斜材により主桁を補剛した斜張橋およびエクストラードズド橋を対象としている。なお、斜張橋とエクストラードズド橋は、その構成要素が同じであり、維持管理を行うにあたっては明確に区分せずに同一のものとして取り扱うこととした。

また、本指針では、塔がコンクリート構造、主桁がコンクリート構造または鋼コンクリート複合構造（合成構造・混合構造）である斜張橋およびエクストラードズド橋を対象としている。

(2) 2章 要求性能

2章では、要求性能について記述している。維持管理の対象となる要求性能として、安全性、供用性、耐久性を考慮し、これらが予定供用期間を通じて要求された水準以上に保持することを確認することとしている。

(3) 3章 維持管理の方法

3章では、維持管理のフローおよび維持管理計画の策定について記述している。維持管理は、維持管理計画の策定・点検・評価および判定・対策・記録という一連の行為を繰り返すことである。図-1に維持管理の手順、図-2に維持管理計画策定の手順を示す。

維持管理の区分は、橋梁あるいは部位・部材の重要度・

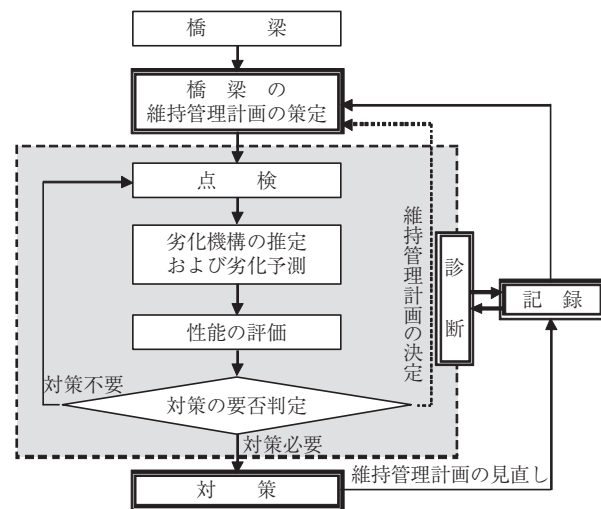


図-1 維持管理の手順

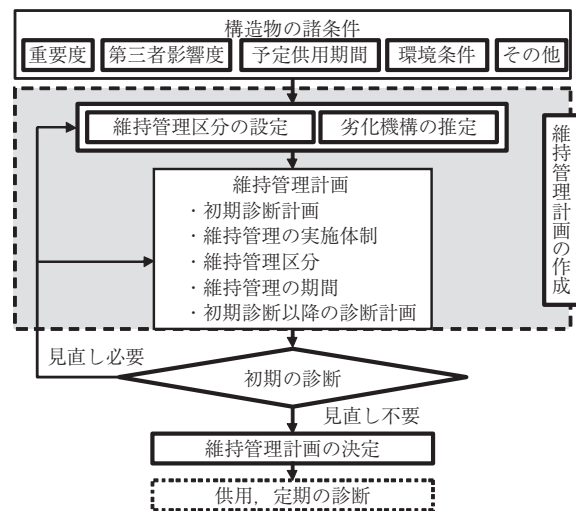


図-2 維持管理計画策定の手順

第三者影響度・予定供用期間・環境条件・ライフサイクルコストなどを考慮して、次の3種類のものから選定する。

A：予防維持管理

橋梁の性能低下を引き起こさせないために、劣化を顕在化させないことなどを目的として実施する維持管理

B：事後維持管理

供用期間中に補修・補強を繰り返すことで、対症療法的に橋梁の性能レベルを落とさない維持管理

C：観察維持管理

目視観察による点検を主体とし、所定の性能レベル以下に低下したら適宜更新するような維持管理

(4) 4章 点検

4章では点検について記述している。点検とは、構造物や部材に異常がないかを調べる行為の総称であり、点検の種別として初期点検・日常点検・定期点検・臨時点検・緊急点検に区分している。おのおのの点検種別の特徴と概要を表-2に、点検種別・点検方法・点検頻度の概要を図-3に示す。

○ 委員会報告 ○

表 - 2 点検の種類

点検種別	特徴・概要
初期点検	維持管理開始時点での橋梁の初期性能を把握することを目的とする。
日常点検	日常の巡回で点検が可能な範囲について、劣化、損傷の有無や程度の把握を目的とする。
定期点検	日常点検では把握しがたい部位、部材も含んだ橋梁全体の劣化、損傷の有無や程度の把握を目的とする。
臨時点検	災害や事故など供用中の橋梁に偶発的な外力が作用した場合で、損傷を受けた可能性がある橋梁あるいは部位・部材を対象とし、可能なかぎり早急を実施する。
緊急点検	類似の橋梁あるいは部位・部材に著しい変状や変状に伴う事故等が発生した場合に、同種の変状が生じる可能性がある部位、部材を対象として実施する。

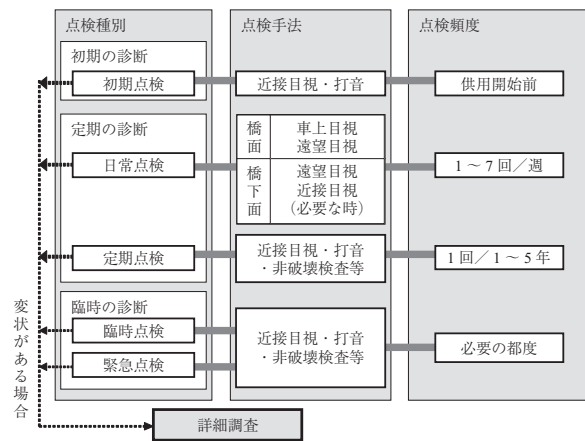


図 - 3 点検種別・点検方法・点検頻度の概要

点検における調査の方法は、

- ① 書類などによる方法（書類調査）
- ② 目視による方法
- ③ 打音による方法
- ④ 非破壊検査機器を用いる方法
- ⑤ 局部的に材料を切り出す方法
- ⑥ 車両の走行および荷重載荷による方法
- ⑦ 環境作用、荷重等を評価するための調査方法等がある。

部材ごとの着目点と調査の方法について、本指針では桁（コンクリート、鋼）、斜材定着部、斜材定着部横桁、塔、斜材および外ケーブル、支承および橋梁付属物のおのおの

について、具体的な着目点・着目部位・点検方法・頻度等を詳述することとしている。部材および点検種別ごとの点検項目を表 - 3 に示す。

(5) 5章 診断における評価および判定

5章では、4章の点検によって得られた情報に基づき、性能の評価および判定を行うこととしている。

構造物の性能の評価とは、対象とする変状が、点検時点および供用期間中の構造物あるいは部位・部材の性能に与える影響を学術的・工学的な事実に基づき客観的に求める行為である。

一方、判定とは、評価から得られた構造物あるいは部

表 - 3 部材および点検種別ごとの点検項目

部材	点検項目	点検種別				
		初期点検	日常点検	定期点検	臨時点検	緊急点検
主桁（コンクリート）	変形	○	-	△	-	△
	ひび割れ、はく離（浮き）	○	○	○	△	△
	エフロレッセンス、漏水					-
床版・横桁・斜材定着部（コンクリート）	ひび割れ・はく離（浮き）	○	○	○	△	△
	エフロレッセンス・漏水					-
主桁（鋼）	損傷・変形	○	-	○	△	△
	腐食	○	○	○	△	△
	疲労ひび割れ	○	-	○	△	△
床版（鋼）	損傷・変形・腐食	○	-	○	△	△
	疲労ひび割れ	○	-	○	△	△
斜材定着部（鋼）	損傷・変形・腐食	○	-	○	△	△
	疲労ひび割れ	○	-	○	△	△
塔	ひび割れ、はく離（浮き）	○	○	○	△	△
	エフロレッセンス、漏水					-
サドル構造	損傷・変形・腐食	○	○	○	△	△
	ひび割れ	○	○	○	△	△
斜ケーブル	張力	○	-	△	△	△
	振動	○	○	○	△	△
斜材定着具	損傷・変形・腐食	○	-	○	△	△
斜材制振装置	損傷・劣化	○	-	○	△	△
斜材保護管・被覆材	損傷・変形・変色	○	○	○	△	△
外ケーブル	張力・振動・損傷	○	-	○	△	△
支承および橋梁付属物	損傷・劣化	○	-	○	△	△

凡 例 ○：点検を実施する項目
△：責任技術者の判断により必要に応じて点検を実施する項目

位・部材の性能に与える影響程度に基づいて、構造物の重要度などの固有の制約を加味したうえで、対策の要否を決定する行為と定義している。したがって、対策の要否の判定は、構造物の残存予定供用期間・重要度・維持管理区分などを考慮して行うこととなる。

評価基準としては、機能面に対する評価はAA～CおよびOKに区分し、第三者等被害に対する評価はEに区分している。評価基準の例を表-4に示す。

表-4 評価基準の例

評価区分	一般的状況	
機能面に対する評価	AA	変状が著しく、機能面からみて速やかに補修が必要である場合。
	A	変状があり、機能低下が見られ補修が必要であるが、速やかに補修を要しない場合。
	B	変状があるが機能低下が見られず、補修の必要はないが、変状の進行状態を継続的に観察する必要がある場合。
	C	機能面に対する判定を行うために、調査を実施する必要がある場合。
	OK	変状がないか、もしくは軽微な場合。
第三者等被害に対する評価	E	安全な交通または第三者に対し支障となる恐れがあり、緊急補修の必要のある場合。

(6) 6章 対策

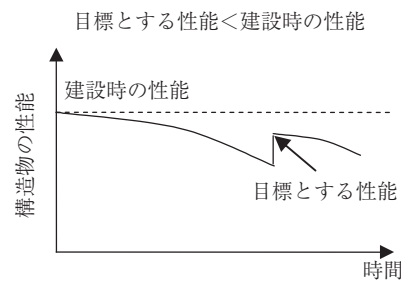
6章では、診断の結果、対策が必要と判定された場合について記述している。構造物の重要度、維持管理区分、残存予定供用期間、劣化機構、構造物の性能低下の程度などを考慮して目標とする性能を定め、対策後の維持管理のしやすさや経済性を検討したうえで、適切な種類の対策を選定し、実施することとしている。

目標とする性能のレベルは、図-4に示すように①建設時と現状の中間の性能への回復もしくは現状の性能の維持、②建設時の性能への回復、③建設時よりも高い性能への向上、の3つが考えられる。

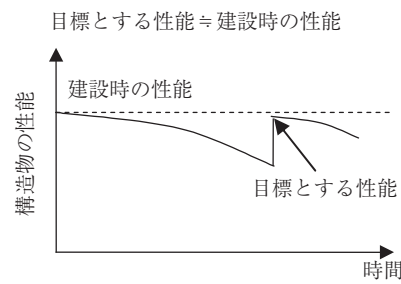
対策の種類には、点検強化、補修、補強、供用制限等があり、この中から適切に選定しなければならない。表-5に目標とする性能のレベルに応じた対策の種類を示す。

表-5 目標とする性能のレベルに応じた対策の種類

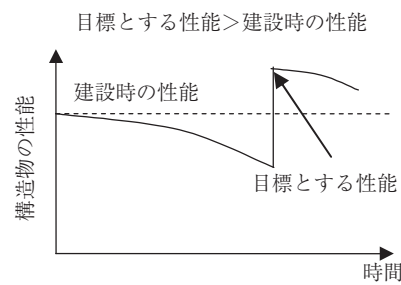
構造物の性能	目標とする性能のレベルと対策の種類		
	① 建設時と現状の中間の性能もしくは現状の性能	② 建設時の性能	③ 建設時よりも高い性能
安全性	点検強化・補修・供用制限	補修	補強
供用性	点検強化・補修・供用制限	補修	補強(機能向上)
第三者影響度	点検強化・補修・供用制限	補修	-
美観・景観	点検強化・補修	補修	補修
耐久性	点検強化・補修・供用制限	補修	補修



① 建設時と現状の中間の性能への回復
もしくは現状の性能の維持



② 建設時の性能への回復



③ 建設時よりも高い性能への向上

図-4 目標とする性能レベル

(7) 7章 記録

7章では、維持管理の記録について記述している。斜張橋およびエクストラード橋の維持管理においては、診断および対策などの結果を維持管理計画に基づいた適切な方法で記録、保管しなければならないこととしている。表-6に診断および対策に関わる標準的な記録の項目の一例を示す。

3. 既設 PC 斜張橋の点検内容事例

本指針の参考資料として掲載している点検事例の概要を以下に述べる。

3.1 点検の概要

点検項目の内、PC斜張橋に特有の事項の一つとして、斜材の張力がある。また、PC斜張橋は主桁の剛性が低いいため、設計値以上のたわみが生じて斜材の張力がゆるむと他の斜材に負荷が生じ、部材を損傷させる場合があるため、重要な測定項目である。

将来の維持管理を目的にたわみと斜材張力の初期値を計測し、設計値と比較した事例を以下に示す。

表 - 6 診断および対策に関わる標準的な記録の項目の一例

		記録の項目	担当者
診断	一般	担当者等氏名	維持管理者（管理責任者、責任技術者、専門技術者、点検担当者など）、診断業務委託者（責任技術者、専門技術者など）
		構造物の諸元等	構造物の名称、荷重、周辺環境条件、予定供用期間、維持管理区分、維持管理実績
	点検	点検の種類 時期 位置 項目 方法 結果	初期点検、日常点検、定期点検、臨時点検、緊急点検 実施日時 調査対象構造物、調査部材、調査の詳細な位置 調査項目 項目ごとの方法（規格外の方法は詳細に記述） 調査項目ごとの結果、各種試験結果および判定結果
		劣化予測	用いた劣化予測モデルあるいは式と各パラメータ 潜伏期・進展期・加速期・劣化期の予測結果
	性能の評価 および判定	性能の評価および判定の方法	構造物の性能算定方法、評価に用いた基準
劣化のグレーディング		構造物の外観上のグレーディング	
結果		部位・部材あるいは構造物ごとの評価および判定結果	
対策	担当者等氏名	維持管理者（管理責任者、責任技術者、専門技術者、点検担当者など）、対策業務委託者（責任技術者、専門技術者など）	
	対策の種類 対策の方法 施工記録	点検強化、補修、補強、供用制限、解体・撤去 対策の施工計画書、施工計画図面 対策の実施時期、対策の竣工図面、実施報告書、 対策の履歴	

(*) 「2007年制定 コンクリート標準示方書【維持管理編】」第一部 8章 解説 表 8.3.1 に準拠

橋梁概要：4 径間連続波形鋼板ウェブ PC・鋼複合斜張橋

橋 長：820 m

支 間 長：173.4 + 235 + 235 + 173.4 m

幅 員：43.8 m

3.2 主桁たわみの計測

広幅員の長大橋の場合、測点数が少ないと橋の変化が明確に現れず変状を見逃す可能性がある。そのため、相対差（たわみ・ねじれ）が把握できるように橋軸直角方向に3箇所、橋軸方向には全体の挙動が把握できるように20mピッチで42箇所の測点を設けて計測を行っている。図-5に橋軸直角方向の測点箇所を、写真-3に計測状況を示す。

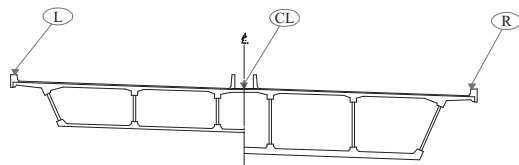


図 - 5 主桁たわみの計測位置



写真 - 3 計測状況

3.3 斜材張力の計測

斜材の張力測定方法としては、一般的に強制振動法を用いて行われている。測定結果を図-6に示す。なお、張力とたわみとは密接な関係があり、より詳細な維持管理を行うためにも張力とたわみの両方の計測を行う方がよい。

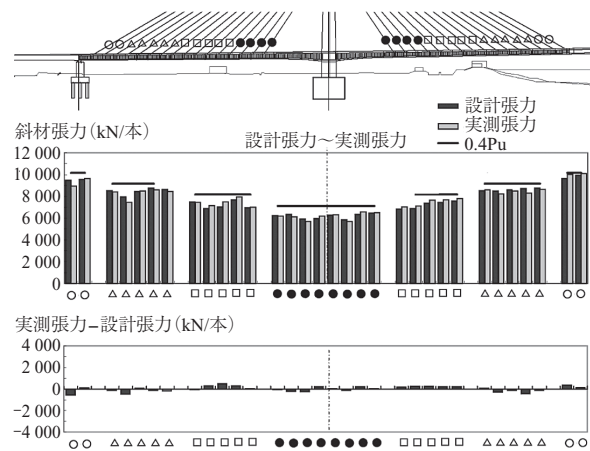


図 - 6 斜材の張力測定結果

4. 変状事例

PC斜張橋が日本で採用されてから年数は短く、一般的に長大橋であり建設にあたっては十分な管理のもとで設計・施工が行われているため、現状では大きな変状は発生していない。ここでは、本指針で記述した内容と同様の変状事例として、一般的なコンクリート橋梁の変状事例も含め紹介する。

4.1 コンクリート部材

コンクリート部材の変状事例を表 - 7 に、伸縮装置からの漏水による桁端部の劣化状況の事例を写真 - 4 に示す。

表 - 7 コンクリート部材の変状事例

部位	変状	要因
主桁	浮き・はく離・鉄筋腐食	伸縮装置からの漏水による塩害
主桁	浮き・はく離・鉄筋腐食	路面排水による塩害
主桁	漏水・エフロレッセンス	路面排水の浸透
主桁	空洞、PC 鋼線の腐食	コンクリートの充てん不良およびグラウトの充てん不良
定着部	後埋めモルタルのはく離	後埋めモルタルの乾燥収縮および雨水の浸入による付着切れ
壁高欄	鉄筋の露出・腐食	かぶり不足による中性化



写真 - 4 漏水による桁端部の劣化状況

4.2 斜材

斜材の変状事例を表 - 8 に、具体的な事例として高減衰ゴムダンパーの破損状況を写真 - 5 に示す。

表 - 8 斜材の変状事例

部位	変状	要因
斜ケーブル (斜材に用いる PC 鋼材)	緊張力の低下 (伸び)・破断	地震、ケーブルのリラクセーション、大型車荷重の繰返し、定着部の損傷、火災
	腐食	保護管内部への水の浸入
保護管	亀裂・割れ等	経年劣化、火災
防錆材	変色・剥がれ等	経年劣化、火災
斜材定着部	腐食	滞水、塗装の経年劣化
制振装置	高減衰ゴム等の損傷・粘性体の漏出	風

4.3 鋼床版

鋼床版の変状事例を表 - 9 に、輪荷重の繰返し荷荷による U リブの疲労亀裂の事例を写真 - 6 に示す。

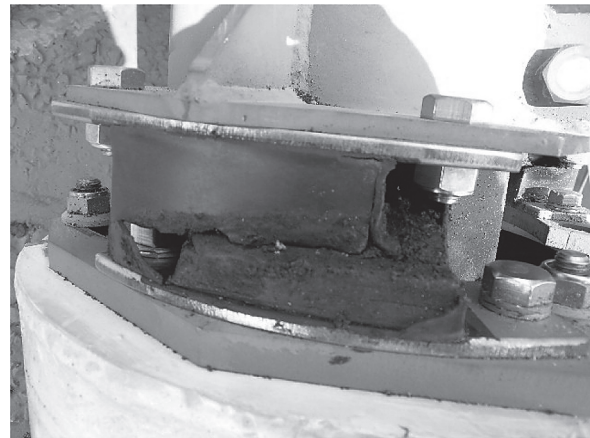


写真 - 5 高減衰ゴムダンパーの破損状況

表 - 9 鋼床版の変状事例

部位	変状	要因
鋼床版	溶接部のひび割れ (疲労亀裂)	繰返し荷重
	デッキプレートのひび割れ (亀裂)	溶接量不足・溶接不良



写真 - 6 輪荷重の繰返し荷荷による U リブの疲労亀裂

4.4 伸縮装置

伸縮装置の変状事例を表 - 10 に、フェイスプレート取付けボルトの破断状況の事例を写真 - 7 に示す。

表 - 10 伸縮装置の変状事例

部位	変状	要因
フェイスプレート	破断	繰返し荷重による疲労
フェイスプレート	段差	支承の変形
フェイスプレート取付けボルト	破断	磨耗腐食
排水装置	脱落	経年劣化、施工不良

4.5 支承

支承の変状事例を表 - 11 に、鋼製支承の腐食状況の事例を写真 - 8 に示す。

○ 委員会報告 ○



写真 - 7 フェイスプレート取付けボルトの破断状況

表 - 11 支承の変状事例

部位	変状	要因
鋼材	腐食	伸縮装置からの漏水
ピン・ローラー	腐食・脱落・異常遊間	伸縮装置からの漏水, 地震
ペンデル支承	腐食	排水設備不良
沓座モルタル	ひび割れ	伸縮装置からの漏水



写真 - 8 鋼製支承の腐食状況

5. おわりに

PC斜張橋・エクストラード橋は国内外の長大橋、特に重交通路線等の重要路線に採用されることが多く、所期の機能を発揮できない場合は経済活動に多大な影響を与えるため、適切な維持管理が重要である。また、東南アジア等の経済発展が著しい諸国では、PC斜張橋・エクストラード橋が多数建設されており、適切な維持管理が次世代の課題となると思われる。

このようなニーズに対して、本稿および維持管理指針がその一助となれば幸いである。

謝 辞

本報告は、日本からベトナム国へのPC斜張橋の計画・

設計・維持管理などの技術移転の一環として、中日本高速道路(株)の依頼により(社)プレストレストコンクリート技術協会が、受託業務として「PC斜張橋・エクストラード橋維持管理指針作成委員会」を発足させ、約9ヵ月間にわたり審議してきた成果である。本指針の作成にあたっては、山崎委員長始め、顧問、当委員会の委員各位の協力により、短期間に多くの資料の収集、取りまとめ、熱心な議論が交わされた。

最後に、実際に指針作成の作業を分担していただいた幹事、委員各位、資料収集等の協力をしていただいた委託者である中日本高速道路(株)の関係者各位、委員会活動を支えていただいた事務局の皆様にご感謝の意を表します。

参考文献

- 1) プレストレストコンクリート技術協会：PC斜張橋・エクストラード橋設計施工規準，2009.4
- 2) 土木学会：2007年制定 コンクリート標準示方書〔維持管理編〕，2008.3
- 3) プレストレストコンクリート技術協会：外ケーブル構造・プレキャストセグメント工法設計施工規準，2005.6
- 4) プレストレストコンクリート技術協会：複合橋設計施工規準，2005.11
- 5) プレストレストコンクリート技術協会：外ケーブル構造・プレキャストセグメント工法設計施工規準，2005.6
- 6) 土木学会：2007年制定 コンクリート標準示方書〔規準編〕，2007.5
- 7) 土木学会：2007年制定 コンクリート標準示方書〔設計編〕，2008.3
- 8) 土木学会：2007年制定 コンクリート標準示方書〔施工編〕，2008.3
- 9) 日本コンクリート工学協会：コンクリートのひび割れ調査、補修・補強指針－2009－，2009.3
- 10) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説〔I共通編〕，2002.3
- 11) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説〔II鋼橋編〕，2002.3
- 12) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説〔IIIコンクリート橋編〕，2002.3
- 13) 酒井秀昭・上杉泰右・上平謙二・安森浩：全外ケーブルPC橋のEMセンサによる応力測定と長期モニタリングに関する一考察，プレストレストコンクリートVol.45, No.6, 2003.11
- 14) 横山和昭・上東泰・窪田賢司：橋梁マネージメントシステム(JH-BMS)の構築，日本道路公団技術情報, No.170, 2003.7
- 15) Transportation Research Board：Inspection and Maintenance of Stay Cable Systems, 2005
- 16) Masato MATSUMOTO et al：Development of Lifetime Bridge Management System for Expressway Bridges in Japan, 3rd International Workshop on Lifetime Engineering of Civil Infrastructure

委員会構成

本委員会の委員構成は、以下のとおりであった。

委員長	山崎 淳	日本大学
副委員長	大塚 一雄	鹿島建設(株)
顧問	池田 尚治	(株)複合研究機構
委員	池田 甫	日本工営(株)
委員	睦好 宏史	埼玉大学大学院
委員	細田 暁	横浜国立大学大学院
委員兼幹事長	井谷 計男	三井住友建設(株)
委員兼幹事	加藤 敏明	(株)大林組

委員兼幹事	河村 直彦	(株)ピーエス三菱	委託側委員		
委員兼幹事	立山 晃	(株)建設技術研究所	委員兼幹事	宮内 秀敏	中日本高速道路(株)
委員兼幹事	堤 忠彦	(株)富士ピー・エス	委員兼幹事	酒井 秀昭	中日本高速道路(株)
委員兼幹事	並木 涉	(株)長大	委員兼幹事	上東 泰	中日本高速道路(株)
委員兼幹事	細谷 学	大成建設(株)			
委員兼幹事	三浦 芳雄	(株)横河ブリッジ			
委員兼幹事	水谷 公昭	大成建設(株)			

【2011年3月15日受付】



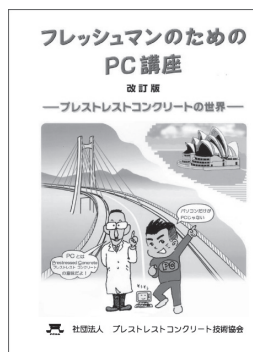
図書案内

フレッシュマンのための PC 講座・改訂版

— プレストレストコンクリートの世界 —

大変ご好評をいただいております「フレッシュマンのための PC 講座」も平成 9 年に第一版が発刊されてから約 10 年が経過いたしました。

その間に、基準値・規格値をはじめとした技術基準が従来単位系から SI 単位系に移行しました。また、プレストレストコンクリート構造物においても、複合構造等の新しい構造物が誕生しています。そこで、これらの項目を新しく見直して、改訂版を発刊することにいたしました。これからの技術者を育てるためには、大変有意義な図書であると確信しておりますので、是非有効利用されることをお勧めいたします。



主な改訂項目

- ・従来単位系から SI 単位系に変更しました。
- ・PC を利用した構造物の紹介に、最近の新しい構造物を盛り込みました。

発刊日：2007年3月

定価：3,600円/送料400円/冊

会員特価：3,000円/送料400円/冊

体裁：A4判, 140頁

申込先：社団法人プレストレストコンクリート技術協会