

# ベトナムへの斜張橋技術移転業務

酒井 秀昭\*

中日本高速道路(株)においては、(株)建設技術研究所および(株)長大と共同で、ベトナム運輸省のミトアン PMU から「カントー橋における研修及び技術移転アドバイザー業務」を受注し、ベトナムに斜張橋の設計・維持管理と運用・プロジェクト管理について、研修および技術移転アドバイザー業務を実施中であり、当社は主として維持管理と運用に関する業務を担当している。

この維持管理と運用に関する業務は、ベトナムの技術者に対して、斜張橋の維持管理と運用についての日本での研修とベトナムの斜張橋での現地研修を行うことと、斜張橋の維持管理マニュアルを作成することが主な内容となっている。

本業務は、現在までに日本での研修と維持管理マニュアルの作成が完了している。日本での研修は、ベトナムの技術者 12 名に対して、現場における研修や維持管理手法等の講義などで約 2 ヶ月間実施した。

キーワード：斜張橋，維持管理，ベトナム

## 1. はじめに

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ロード橋の建設が増加しており、国内でも 150 橋を超える PC 斜張橋やエクストラードロード橋が供用されている。ベトナムにおいても、バイチャイ橋などの PC 斜張橋が供用されており、2010 年 4 月には、斜張橋部の橋長が 1 010 m の PC 鋼複合斜張橋であるカントー橋が供用されている。

中日本高速道路(株)においては、(株)建設技術研究所および(株)長大と共同で、ベトナムの運輸省 (Ministry of Transport) のミトアン PMU (MY THUAN Projects Management Unit) から「カントー橋における研修及び技術移転アドバイザー業務」(Advisory services for training and technology transfer of Can Tho Bridge) を受注し、ベトナムに斜張橋の設計・維持管理と運用・プロジェクト管理について、研修および技術移転アドバイザー業務を実施中である。本業務は、カントー橋の建設に関連して、ベトナムに日本の斜張橋に関する技術を移転することが主目的であり、ベトナムの資金により発注されたものである。中日本高速道路(株)は、主として維持管理と運用に関する業務を担当している。

中日本高速道路(株)が担当する業務は、ベトナムの技術者 12 名に対して日本で斜張橋の維持管理や道路の運用等に関する研修を行うこと、ベトナムにおいて実際の斜張橋で維持管理方法の研修を行うこと、PC 斜張橋の維持管理マニュアルを作成し成果品として引き渡すことである。現在は、日本における研修と維持管理マニュアルの作成が完了したところである。

PC 斜張橋やエクストラードロード橋の維持管理に関して

は、プレストレストコンクリート技術協会の「PC 斜張橋・エクストラードロード橋設計施工規準」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り、PC 斜張橋やエクストラードロード橋の構造特性を考慮した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いる。このため中日本高速道路(株)においては、プレストレストコンクリート技術協会に「PC 斜張橋・エクストラードロード橋維持管理指針の作成」を委託している。プレストレストコンクリート技術協会においては、「PC 斜張橋・エクストラードロード橋維持管理指針作成委員会」(委員長：日本大学理工学部土木工学科山崎淳教授)で「PC 斜張橋・エクストラードロード橋維持管理指針」を作成している。中日本高速道路(株)では、この成果を用いて、研修の実施および維持管理マニュアル(英文)の作成を行った。

本報文は、研修の概要と維持管理マニュアルの要点について述べるものである。

## 2. カントー橋の概要

カントー橋は、ベトナム南部のヴィンロン省とカントー市とを結ぶメコン川の支流ハウ川に架かる橋である。全長は 2 750 メートルで、斜張橋部(図 - 1、写真 - 1)の橋長が 1 010 m、中央径間長が 550 m の PC 鋼複合斜張橋であり、特別円借款事業として実施された。東南アジアの斜張橋では最長の橋である。

斜張橋部の中央径間長 550 m のうち径間中央部 210 m は鋼床版箱桁で、鋼床版箱桁を挟んだ両側は PC 箱桁で構成された混合桁構造となっている。主塔(写真 - 2)は、逆 Y 形で高さが 164.8 m、橋面からの高さが 134.7 m となっている。斜材は、工場製作ケーブルである NEW-PWS が

\*Hideaki SAKAI : 中日本高速道路(株)

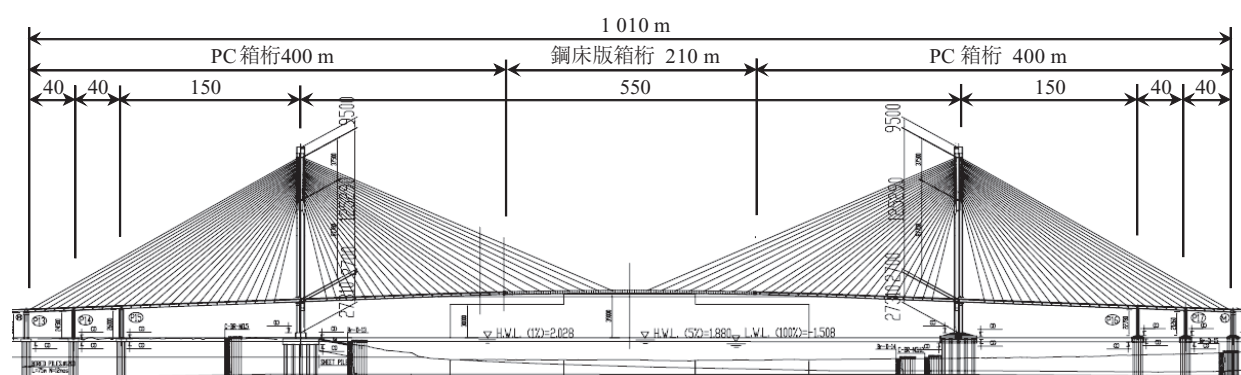


図 - 1 カントー橋（斜張橋部）側面図



写真 - 1 カントー橋（斜張橋部）全景



写真 - 2 カントー橋主塔

使用されており、主塔の斜材定着部は、分離固定方式のセパレート定着構造となっている。斜材は、耐風特性を向上させるため、表面にディンプル加工をしている。

### 3. 斜張橋の維持管理に関する研修

#### 3.1 研修の概要

斜張橋の維持管理に関する研修は、2010年10月4日から12月1日までの期間に、ベトナムの技術者12名に対して実施した。

研修は、休日等を除いて44日間実施し、現場における研修を12日間、室内における講義を32日間行った。現場

における研修の状況を写真 - 3に、室内における講義の状況を写真 - 4に示す。



写真 - 3 現場研修（木曾川橋）



写真 - 4 維持管理方法の講義

#### 3.2 維持管理マニュアルについて

室内における講義においては、プレストレストコンクリート技術協会が作成した「PC斜張橋・エクストラードーズ橋維持管理指針」をもとに、PC斜張橋維持管理マニュアルを英文で作成し、これをもとに講義を行った。

このPC斜張橋維持管理マニュアルにおいては、カントー橋の主桁がPC箱桁と鋼箱桁との複合構造（混合桁）であったため、その接合部と鋼箱桁についても対象としている。このPC斜張橋維持管理マニュアルの概要を以下に述べる。

##### (1) 維持管理マニュアルの構成

維持管理マニュアルは、Ch.1 General（総則）、Ch.2

○ 報文 ○

Required Performance (要求性能), Ch.3 Maintenance Procedure (維持管理の方法), Ch.4 Inspection (点検), Ch.5 Evaluation and Judgment for Diagnosis (診断における評価および判定), Ch.6 Measures (対策), Ch.7 Records (記録), Appendix 1 Type and Outline of Stay Cable System (斜材システムの種類および概要), Appendix 2 Type and Outline of External Cable (外ケーブル構造の種類および概要), Appendix 3: Focal Points of Inspection and Survey for Existing PC Cable-Stayed Bridge (既設 PC 斜張橋の点検の着目点と調査方法の事例), Appendix 4: Examples of Degradation in Existing Bridge (既設橋の変状事例) で構成されている。

(2) 維持管理の方法

PC 斜張橋の維持管理は、維持管理計画の策定、診断、対策、記録から構成される。「診断」は、点検、劣化機構の推定、劣化予測、橋梁の性能評価および対策の要否判定から構成される。「対策」は、診断結果に基づき必要に応じて実施され、点検強化、補修、補強、機能向上、供用制限、解体・撤去の 6 項目に分類される。図 - 2 に PC 斜張橋の維持管理の手順を示す。

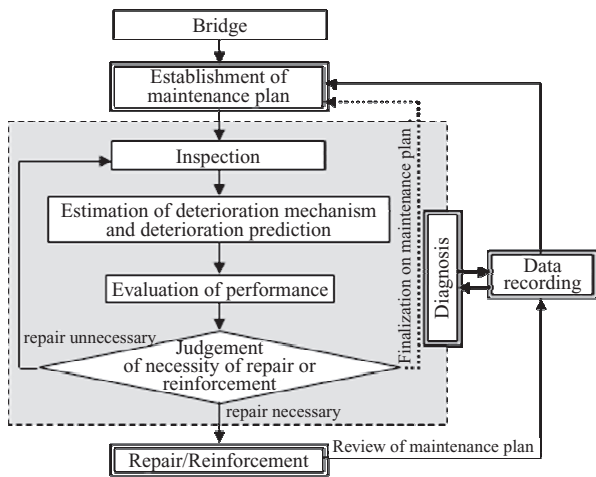


図 - 2 PC 斜張橋の維持管理の手順

(3) 維持管理計画

維持管理計画は、橋梁あるいは部位・部材ごとの維持管理区分を定め、予定供用期間中に想定される劣化機構を選定した後、対象橋梁あるいは部位・部材ごとに診断の方法を設定し、さらには予想される劣化状況に見合った対策やその選定方法および記録方法などを示すことを基本とする。維持管理計画は、維持管理の実施にあたってあらかじめ立案し、その後実施する初期の診断の結果に基づいて、必要に応じてその計画に修正を加えた後に決定することを原則とする。また、維持管理の実施中は、必要に応じて維持管理計画を見直すものとする。図 - 3 に PC 斜張橋の維持管理計画の主な策定手順を示す。

(4) 診断

診断は、点検、劣化機構の推定、劣化予測、橋梁あるいは部位・部材の性能評価および対策の要否判定から構成される。診断にあたっては、維持管理計画に基づいて点検を

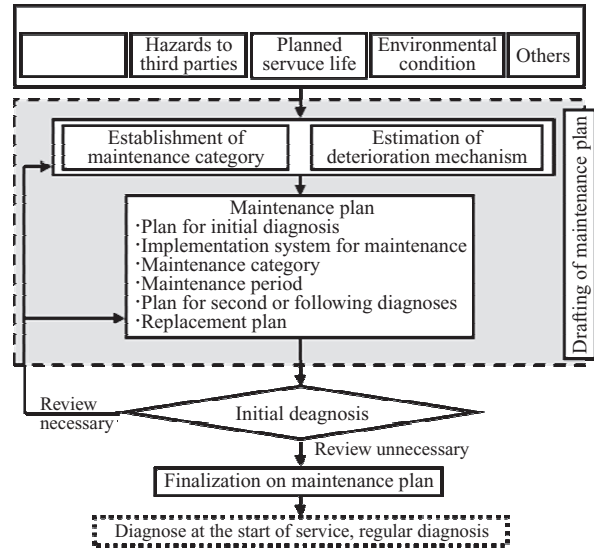


図 - 3 PC 斜張橋の維持管理計画の主な策定手順

実施し、その結果から劣化状態の推定、劣化予測ならびに橋梁あるいは部位・部材の性能評価を行い、対策の要否を適切に判定する。診断には、初期の診断、定期的診断、および臨時的診断があり、それぞれの目的に適した診断を、維持管理計画の策定時に定めた診断の計画に基づき、PC 斜張橋およびエクストラード橋の診断に関する十分な知識と経験を有する技術者が実施する。

(5) 点検

点検は、診断の目的に応じて適切な方法で実施する。初期の診断では、橋梁の維持管理上の初期状態を把握するために初期点検を行う。定期的診断では、橋梁の状態の変化を把握するために、日常点検ならびに定期点検を行う。臨時的診断が必要な場合には、その診断の目的に合わせて、臨時点検あるいは緊急点検を行う。点検では、維持管理計画に定められた頻度、項目および方法などに準拠した標準調査を行うことを基本とし、標準調査の結果から変状等が認められ、橋梁の詳細な状態を把握する必要があると判断された場合には、詳細調査を行う。点検の結果から、応急処置の必要があると判断された場合には、速やかに実施する。点検種別、点検手法、点検頻度の概要を図 - 4 に示す。

(6) PC 斜張橋の点検の着目点と調査の方法

PC 斜張橋は、主桁、斜材および塔で構成された吊形式の橋梁構造である。したがって、十分に構造特性を把握したうえで、安全性、供用性および耐久性に関する要求性能が保持されるよう着目点を定め、それぞれの部位・部材ごとに定めた方法により点検・調査を実施する必要がある。表 - 1 に点検種別ごとに実施する点検項目を示す。

とくに初期点検では、構造物または部材の状態、形状寸法、使用材料の品質等の確認を行い、要求どおりの施工がなされているかを点検、記録する必要がある。斜材に関しては、竣工時の斜材張力の値、斜材の固有振動数と張力の関係および張力の経年変化の設計値を記録として残しておく必要がある。また、主桁のたわみについても、竣工時の高さの測量結果や、高さの経年変化の設計値を記録として

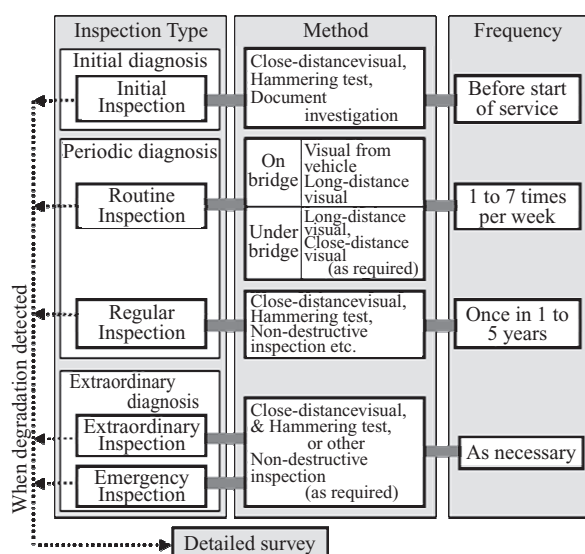


図 - 4 点検種別, 点検手法, 点検頻度の概要

残しておく必要がある。なお、PC 斜張橋およびエクストラードズド橋の点検の際には、日射による温度変化の影響を受けやすいなど、その構造特性が通常の桁橋とは異なることに留意する必要がある。

中央径間等に鋼床版箱桁構造を採用した混合桁を点検する場合には、部位・部材ごとの構造特性を把握し、そこに作用している荷重および生じている応力状態を十分に把握した上で、部位・部材ごとの着目点を定め、適切な調査方法を用いて実施しなければならない。鋼構造の点検は目視および打音などにより、部材の損傷や溶接部のひび割れ、錆や腐食の状況を確認するのが基本である。閉断面部など直接目視が困難な部位について、変状の疑いがある場合に光ファイバースコープを用いて点検を行うこともある。目視で確認できないひび割れを調査する場合には非破壊検査を適宜併用して行う。表 - 2 に主な非破壊検査方法を示す。

(7) 診断における評価および判定

PC 斜張橋の性能の評価は、点検によって得られた情報に基づき、必要に応じて劣化機構の推定と劣化予測を行ったうえで、適切な方法で行う必要がある。性能の評価にあたっては、構造物を構成する部位・部材によって要求性能が異なることにも注意しなければならない。また、安全性

表 - 1 点検種別ごとに実施する点検項目

Member	Inspection type	Inspection item				
		Initial	Routine	Regular	Extra-ordinary	Emer-gency
Stay cable	Vibration	○	○	○	△	△
	Tensile force	○	-	△	-	△
Protective tube & sheathing material for stay cable	Damage, deformation, discoloration	○	○	○	△	△
Stay cable anchoring	Damage, deformation, corrosion	○	-	○	△	△
Stay cable anchoring	Crack					△
	Peeling (scaling)	○	○	○	△	△
	Efflorescence, water leakage					-
Cross beam for stay cable anchoring	Crack	○	○	○	△	△
	Efflorescence, water leakage	○	○	○	△	-
Saddle	Damage, deformation, corrosion	○	○	○	△	△
	Crack	○	○	○	△	△
Damper for stay cable	Damage, deformation corrosion	○	-	○	△	△
	Deterioration					
Main girder (concrete)	Deformation	○	-	△	-	△
	Crack					△
	Peeling (scaling)	○	○	○	△	△
	Efflorescence, water leakage					-
Main girder (steel)	Damage, deformation, corrosion	○	○	○	△	△
	Crack	○	-	○	△	△
Tower (concrete)	Crack					△
	Peeling (scaling)	○	○	○	△	△
	Efflorescence, water leakage					-
External cable	Damage, deformation, corrosion	○	○	○	△	△
Bearing and bridge accessories	Damage, deformation, corrosion	○	○	○	△	△

○ : Mandatory inspection items,  
△ : Inspected if determined necessary by expert engineer

や供用性について、評価式の精度が必ずしも十分でないため、定量的な評価を行うことが難しい場合も多い。この場合、現実的な劣化の進行状態を評価する方法として、構造物の劣化状態をいくつかのグレードに分類し、点検時点のグレードと点検結果に基づいて予測される残存供用期間中の構造物のグレードにより、劣化の進行を評価する方法が考えられる。高速道路会社では、表 - 3 に示す評価基準に基づき、点検結果を変状の箇所毎にグレード (AA ~

表 - 2 鋼箱桁部のひび割れの主な非破壊検査方法

Method	Advantages	Disadvantages
Magnetic Particle Testing JIS Z 2320	(1) Can obtain highly accurate data about shapes and sizes of cracks (2) Can measure the length of even the smallest scale of crack	・ Cannot detect cracks underneath ・ Coating needs to be removed to detect cracks ・ Results will be inaccurate when inspecting everely uneven surfaces (corrugated bead, undercut)
Penetrant Testing JIS Z 2343	(1) Suitable for detecting surface cracks (2) Convenient method, which does not require a lot of devices or power supply	・ Coating needs to be removed to detect cracks ・ Cannot detect cracks underneath ・ Difficult to detect minor cracks as a penetrant cannot seep in. ・ Results will be inaccurate when inspecting severely uneven surfaces (corrugated bead, undercut)
Eddy Current Testing JIS G 0568	(1) Suitable for detecting surface cracks (2) Can be conducted from over the coating film (3) Can be conducted quickly	・ Cannot detect cracks underneath ・ Cannot measure the exact sizes of cracks ・ Accuracy depends on the experience and skills of the inspector
Ultrasonic Testing JIS Z 3060	(1) Can detect defects inside welded connections	・ Results may be inaccurate in some cases depending on the location and the size of crack ・ Accuracy depends on the experience and skills of the inspector

○ 報文 ○

OK)により評価している。この評価結果をもとに、構造物の種類や規模、変状箇所の多少等に応じて、表-4に示す「変状グレード」により、構造物や部位・部材単位でグレーディングにより評価している。表-4に示した変状グレードは、橋梁の本体構造物を対象としているため、要求性能のうち安全性に重きを置き、耐荷性能に着目したグレーディングとしている。本マニュアルにおいては、点検結果より得られる変状種類や程度に応じた評価基準の例を以下に示す部位・部材単位で示している。

- ① 桁（コンクリート構造）  
主桁、床版、横桁、斜材定着部
- ② 桁（鋼構造）  
主桁、床版、横桁、斜材定着部
- ③ 塔  
塔、斜材定着部、サドル部
- ④ 斜材および外ケーブル  
斜材、外ケーブル
- ⑤ 支承および橋梁付属物  
支承、伸縮装置、防護柵・地覆、排水装置

表 - 3 高速道路会社における評価基準の例

Classification of assessment		Description of the status	
Evaluation on performance	AA	Has severe damage/degradation. Requires immediate repair to recover its functionality	
	A	Has damage/degradation and functional deterioration. Requires repair but not immediately.	
		A1	Does not require immediate repair but has functional deterioration which is expected to worsen rapidly. Estimated to require repair with in 2years.
		A2	Does not require immediate repair, but has functional deterioration which is expected to worsen gradually. Estimated to require repair with in 5years.
		A3	Has functional deterioration but the speed of deterioration is slow. Needs to monitor continuously or in 5years' time to determine the timing of repair accordingly.
	B	No sign of functional deterioration albeit some damage/degradation. Requires continuous monitoring of damage/degradation.	
	C	Requires further survey in order to assess its functionality	
	OK	No or only slight sign of damage/degradation	
Evaluation on hazards to third parties	E	Has a risk of causing damage to third parties or affecting the safe traffic condition. Requires immediate attention.	

表 - 4 高速道路会社における変状グレードの例

Deterioration grade	Severity of initial defect, damage or deterioration	Performance of structure and its components and materials	Deterioration stage
I	No problematic degradation	No performance loss	Initiation stage
II	Slight degradation	No durability loss	Development stage
III	Some degradation	Attention required for possible durability loss	Initial acceleration stage
IV	No table degradation	Some durability loss and risk of it worsening beyond the allowable limit	Final acceleration stage
V	Severe degradation	Severe durability loss and has serious safety issue	Deterioration stage

対策の要否の判定は、性能の評価結果に基づき、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必要がある。対策の要否の判定にあたって、評価の結果に基づき、対策の要否、時期、方法等について、安全性を確保したうえで、残存予定供用期間、重要度、LCC、アセットマネジメント（予算、体制、他工事との関連等）などの経済的な評価を含め総合的に検討したうえで、対策の要否の判定を行う。表-5に、高速道路会社の変状グレードに応じた対策の例を示す。構造物の種類や想定される変状に対して、許容する変状グレードを維持管理計画に定め、計画に基づいた維持管理を行うことで、LCCの最適化が可能となる。

(8) 対 策

対策が必要と判定された場合には、対象橋梁の重要度、維持管理区分、残存予定供用期間、劣化機構、橋梁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上で、適切な種類の対策を選定し実施する必要がある。本マニュアルでは、以下に示す補修・補強工法について概要を示している。

- ① ひび割れ補修工法（表面塗布工法、含浸材塗布工法、注入工法）
- ② 表面保護工法（表面被覆工、表面含浸工法、断面修復工法）
- ③ 電気化学的防食工法（電気防食工法、脱塩工法、再アルカリ化工法）
- ④ PC鋼材の補修工法（PCグラウト再注入工法、防錆

表 - 5 変状グレードに応じた対策の例

Grade	Severity of initial defect, damage, or deterioration	Performance of structure and its components	Preventive maintenance	Enhanced inspection	Repair	Strengthening	Serviceability restoration	Usage restriction	Removal	Type of measure
I	No problematic degradation	No performance loss	○							None
II	Slight degradation	No durability loss	◎							Prevention
III	Some degradation	Attention required for possible durability loss	◎	○	◎					Mainly repairs
IV	Notable degradation	Some durability loss and risk of it worsening beyond the allowable limit		◎	◎	◎	◎			Strengthening
V	Severe degradation	Severe durability loss and has some safety issues		◎	○	◎	◎	◎	◎	Major repair

◎ : Recommended standard measures ○ : Possible measures

材補修工法，斜ケーブルおよび外ケーブル取替え工法)

- ⑤ 鋼桁の補修工法（塗装の補修工法，ひび割れの補修工法）
- ⑥ 増設工法
- ⑦ 増厚工法
- ⑧ 接着工法
- ⑨ プレストレス導入工法

(9) 参考資料

参考資料 - 1 としては，表 - 6 に示す日本で使用実績のある主な斜材システム 8 種類について，その防食方法や定着具などの構造の概要と疲労試験の実績について示している。

参考資料 - 2 としては，日本で使用実績のある主な斜材システム 5 種類について，その防食方法や定着具などの構造の概要について示している。

参考資料 - 3 としては，国内の既設の PC 斜張橋の点検の着目点などについて，事例をあげて解説している。

参考資料 - 4 としては，既往の橋梁の変状事例について，コンクリート部材，鋼床版，斜材，支承，伸縮装置に分類し，事例をあげて解説している。

4. おわりに

中日本高速道路(株)が担当する業務は，日本国内でのベトナムの技術者 12 名に対する斜張橋の維持管理や道路の運用等に関する研修を行うこと，PC 斜張橋の維持管理マニュアルを作成し成果品として引き渡すことが完了した。残る業務としては，ベトナムにおいて実際の斜張橋で維持管理方法の研修を行うことである。

今回のような業務は，当社においても初めてであり，いろいろと惑う点多かったが，とりあえず無事に進行している。今回の業務を通じて，ベトナムの技術者のわが国への信頼が増大することを願っている。

最後に今回の業務は，プレストレストコンクリート技術協会や関係各位の皆様のご多大なご支援により実施が可能となりました。ここに深く感謝の意を表します。

表 - 6 日本で使用実績のある主な斜材システム

Stay Cable System	Freyssinet HD Stay Cable System	FKK Freyssinet Extradosed Bridge System	DYVIDAG System	VSL Stay Cable System	SEEE System	Anderson System	SPWC-FR and SPWCCM Anchor Cables	NEW-PWS
	SWPR7B	SWPR7B	SWPR7B	SWPR7B	SWPR7B	SWPR7B	SWRS77B-82B	SWRS77B-82B
Prestressing Steel	φ 15.7	φ 15.2	φ 15.2, φ 15.7	φ 15.2	φ 9.5- φ 15.2 φ 15.6- φ 15.7	φ 15.2	φ 7	φ 7
Onsite-or pre-fabrication of staycables	Onsite	Pre-fabrication	Pre-fabrication Onsite	Pre-fabrication	Pre-fabrication	Pre-fabrication	Pre-fabrication	Pre-fabrication
Onsite-or pre-fabrication of anchorage	Onsite	Onsite	Onsite	Onsite	FUT-H:onsite F-PH:pre-fabrication	Onsite	Pre-fabrication	Pre-fabrication

[2011 年 1 月 4 日受付]



刊行物案内

## 第 39 回 PC 技術講習会テキスト

PC 構造物の長寿命化技術と課題

平成 23 年 2 月

定 価 6,000 円 / 送料 500 円

会員特価 5,000 円 / 送料 500 円

社団法人 プレストレストコンクリート技術協会