

「PC 斜張橋・エクストラードズド橋設計施工 規準改訂に関するセミナー」報告

有角 明*1

現在、わが国における PC 斜張橋の建設実績は、道路橋、歩道橋および鉄道橋を併せて 120 橋を超え、一方、エクストラードズド橋は、道路橋および鉄道橋を併せて 50 橋に及んでいる。本規準の前身である「PC 斜張橋・エクストラードズド橋設計施工規準（案）」が制定されてから、10 年近く経過したことから、規準（案）の基本概念は踏襲するものとし、その数の多くの設計・施工事例から速やかに最新知見を取り込むこと、限界状態設計法から性能照査型規定への変更時に留意して整備したものである。

キーワード：PC 斜張橋，エクストラードズド橋，設計，施工，維持管理

1. はじめに

プレストレストコンクリート技術協会主催による「PC 斜張橋・エクストラードズド橋設計施工規準改訂に関するセミナー」が平成 21 年 4 月 15 日に渋谷区の日本薬学会長井記念ホールで開催された。

PC 斜張橋・エクストラードズド橋設計施工規準（以下、本規準と略す）は、その前身である平成 12 年に制定された「PC 斜張橋・エクストラードズド橋設計施工規準（案）」から 10 年近く経過したことから、その後の設計事例、施工事例から最新の知見を取り込むこと、性能照査型規定への変更を目的に改訂された。

本規準の改訂作業は、PC 技術規準委員会の下に設けられた PC 斜張橋・エクストラードズド橋設計施工規準改訂委員会により執り行われた。

本規準改訂に関するセミナーの概要をここに報告する。

2. 特別講演

特別講演に先立ち、本協会の魚本健人会長より開会の辞



写真-2 池田尚治名誉教授 特別講演



写真-1 魚本健人会長 開会の辞



写真-3 春日昭夫氏 特別講演

*1 Akira ARIKADO：(株) 長大 構造事業本部

として、PC 技術規準委員会、PC 斜張橋・エクストラード
ズド橋設計施工規準改訂委員会のこれまでの活動などにつ
いて紹介された。

特別講演は、PC 技術規準委員会委員長である横浜国立大
学名誉教授の池田尚治氏より「国内外の最新動向」と題し
て、国内外の実績を写真を交えながら、PC 斜張橋、エク
ストラードズド橋の特徴についてご講演いただいた。

また、PC 技術規準委員会幹事の春日昭夫氏より「ASBI
国際会議報告」と題して、ASBI (American Segmental
Bridge Institute) 20 周年記念大会で発表された日本のエク
ストラードズド橋の事例について、主桁形状、斜材定着構造、
斜材設計手法など、日本の最新技術についてご講演をいた
だいた。

3. セミナー報告

本規準の改訂内容について本規準改訂委員会の委員によ
り説明が行われた。以下にその概要を記す。

3.1 改訂要旨

本規準は、コンクリート標準示方書（土木学会）、道路橋
示方書（日本道路協会）、鉄道構造物等設計標準（鉄道総合
技術研究所）、等の規準類に定められる基本事項は、これに
準拠することを前提とした。

これらに規定されていない PC 斜張橋・エクストラード
ズド橋に関する事柄を中心に各条項を定めたものである。

本規準における主な改訂点は以下のとおりである。

要求性能（安全性、供用性、耐久性）の確保を目的とす
る性能照査型の規準に書式を改めた。

主要材料・部材の安全性、供用性の確保は、基本的に限
界状態設計法により照査するものとした。

全体を 12 章に細分化し、記述の充実を図るとともに PC
斜張橋・エクストラードズド橋特有の部材である斜材およ
び斜材定着部に関する「耐久性の確保」の章を設けた。

調査・計画の章に、斜材定着部の複合構造、鋼製構造の
事例など最新の知見を紹介、内容の充実を図った。

設計の章に、超長大スパン橋への適用も念頭に、次のよ
うな記述の追加、充実を図った。

- ・塔側斜材定着部の鋼殻セルについての記述を追加
- ・耐震性能の項を追加
- ・主桁、塔および斜材の耐風設計、耐風対策の記述を充実

表 - 1 規準の目次

1 章	総 則
2 章	設計の基本事項
3 章	限界状態に対する検討
4 章	調査・計画
5 章	使用材料
6 章	材料の設計用値
7 章	限界値
8 章	荷 重
9 章	設 計
10 章	施 工
11 章	耐久性の確保
12 章	維持管理
資料編	

- ・架設時の斜材張力調整について記述を追加
- 維持管理の章の内容を充実させ、利用性を高めた。
- 巻末資料の建設実績一覧表を更新し、関連する論文・文
献リストを掲載した。

3.2 設計の基本事項

設計供用期間は事業者が取り決める事項であるが、本規
準で示す耐久性照査手法と密接な関係があることから、本
規準では、一般の環境条件で適切な維持管理がなされると
いうことを前提に、100 年に設定することを目安とした。

ただし、橋梁が著しい腐食環境や疲労環境の下で供用さ
れる場合には、斜材ケーブルや定着具をコンクリート部材
と同じ設計供用期間を設定して設計することは合理的でな
いことがある。このような場合には、異なる設計供用期間
を設定することも考えられる。

斜張橋・エクストラードズド橋特有の斜材張力について、
荷重による張力と斜材調整力に分類し、斜材調整力は、プ
レストレス力の荷重係数を使用することとした。

3.3 調査・計画

斜張橋およびエクストラードズド橋は、主桁、塔、斜材
および橋脚で構成され、これらの結合条件や斜材の配置な
どは多種多様であり、きわめて設計自由度が高い橋梁形式
である。

橋梁形式の選定および計画にあたっては、構造物の構造
特性や施工性を十分理解して行わなければならない。

主桁断面形状は、橋種、荷重の大きさのほかに、斜材の
面数と定着方法、斜材張力の主桁への伝達特性を考慮して
選定しなければならない。

斜材定着部は、斜材張力を確実に伝達できる構造としな
なければならない。斜張橋の場合は、鉛直荷重に対する斜材の
分担率が高いため、十分な剛性を有する横桁または隔壁を
用いることが多い。エクストラードズド橋の場合は、鉛直
荷重に対する主桁の分担率が高いため、横桁や隔壁を用い
ず、直接主桁ウェブに定着することが多い。

近年、橋梁規模の拡大に伴い、自重の軽減、施工性の向
上を目的とした合理的な構造として、斜材定着部を鋼製構
造あるいは複合構造とする例が見られる。

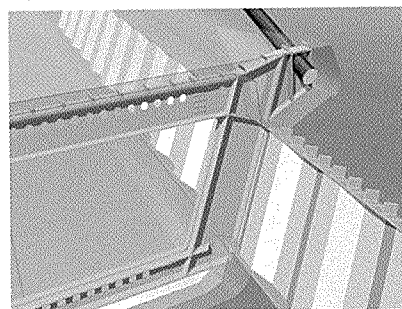


図 - 1 斜材定着部を鋼製構造とした例

塔の形式と断面は、主桁の幅員構成、基礎地盤条件、斜
材およびサドルの定着スペース、美観など多くの要因から
総合的に判断し、施工性と経済性に優れたものを選定しな
なければならない。塔の高さは、斜材配置と密接な関係にあ

り、斜材の吊効率や景観を考慮して決めなければならない。
 斜材システムの選定にあたっては、設計で必要とされる強度特性、耐久性、斜材の架設条件、施工性、経済性、維持管理方法等を考慮し、主桁と塔間で斜材張力が十分に伝達されるような斜材システムの配置としなければならない。

3.4 設 計

主桁の設計において、斜材張力の有効伝達範囲を適切な方法や解析によって検討しなければならない。多室箱桁等を一本の梁としてモデル化した場合には、各ウェブに生ずる断面力の分担を適切な方法によって考慮しなければならない。斜材定着部は、斜材張力を主桁および塔に円滑かつ確実に伝達できる構造とし、各限界状態に対して適切なモデル化を行い設計しなければならない。

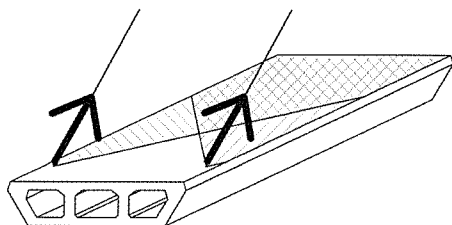


図 - 2 斜材張力の有効伝達範囲

斜材の設計は、他の部材の設計と大きく異なり、まず斜材の疲労設計を最初に行う点である。これは、斜材が高いレベルでの変動応力を受ける部材であることから、限界状態設計法のうち、疲労限界状態の安全性の照査を行うことにより、斜材が受ける変動応力のレベルに応じて、供用限界状態の限界値を規定しようとするものである。

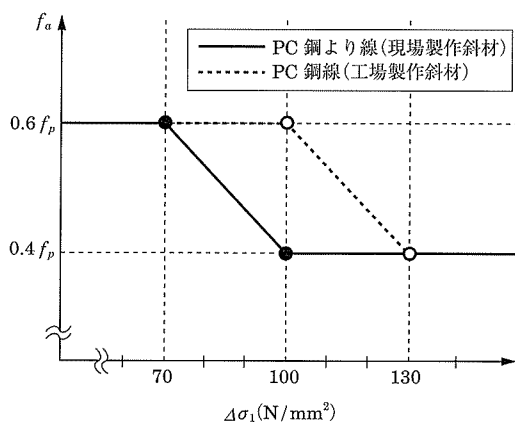


図 - 3 斜材の変動応力と応力度の制限値の例

3.5 施 工

斜張橋およびエクストラード橋は、いずれも斜材を利用した構造物で、一般の PC 構造物と比較して異なる点は、塔および斜材の施工が必要となることである。また、大規模な構造物となる場合が多いので、施工順序や施工方法によって部材に生じる応力および変形が大きく異なる場合がある。施工にあたってはこれらの影響を十分に把握し、設計図書に示された方法に従って入念に施工しなければ

ならない。

移動作業車を用いた張出し施工では、メインフレームと斜材の定着部が交差しないような改造や後退設備を組み込んだ特殊移動作業車が必要となる場合がある。

桁形状が等断面となる場合が多く、型枠の転用回数が多くなる。また、桁高が低く、ウェブも傾斜することが多いため、目的に応じた型枠材料や型枠構造について十分な検討が必要である。

サドルおよび斜材定着部の取付けは、サグの影響、主桁施工時の上げ越しの影響、コンクリートのクリープ、収縮等の影響を考慮し、供用時において正確な位置になるように行わなければならない。

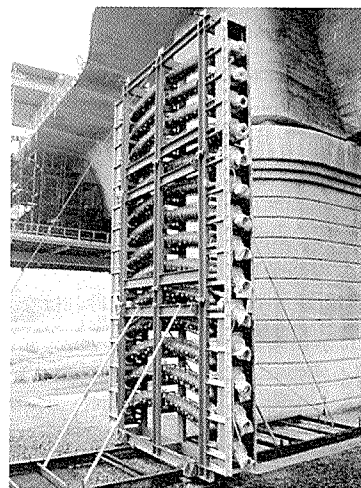


図 - 4 サドル構造のユニット化の事例

サドル構造の場合は、取付け精度確保のため、支持架台等によるユニット構造化を検討することが望ましい。

鋼製斜材定着構造は、工場での精度管理が可能であるため、現場において高い取付け精度を確保する方法として、その適用を検討することが望ましい。

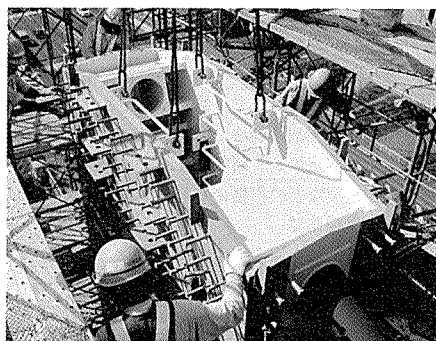


図 - 5 鋼製斜材定着構造の事例

3.6 維持管理

わが国では、コンクリートの斜張橋やエクストラード橋が採用されてからの年数が短く、斜材に対する再緊張や取替えを行った実績はほとんどないが、海外の鋼斜張橋においては、主に耐久性の観点からいくつかの課題が発生

している。とくに、斜材の防錆上の課題は、斜材が主桁の外に露出し、風、雨、紫外線、塩分等の影響を直接受けるため、きわめて重要である。また、風や交通振動にともなう疲労、落雷による損傷も重要な課題となっている。このため、斜材に対しては定期的な点検管理が不可欠である。また、その他の付属物の維持管理についても留意する必要がある。

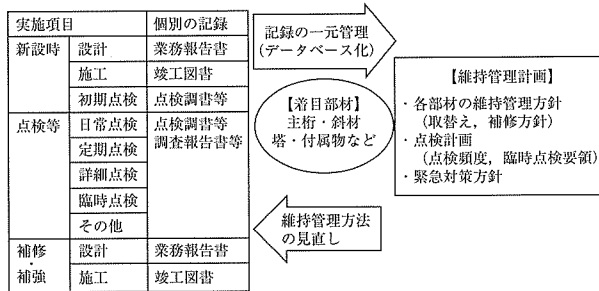


図-6 維持管理概念図

有効で効率的な維持管理を行うために、設計時に明確な維持管理計画を定めるのがよい。

斜材・塔などの斜張橋およびエクストラードズ橋に特有の部材に留意して、点検を実施しなければならない。

定期点検では、橋梁全体について行うのを原則とするが、変状発生事例や想定される変状を考慮し、それぞれの橋梁の特徴にあった点検ポイントに絞って行うのが望ましい。以下に斜張橋・エクストラードズ橋特有の想定される変状の例を示す。

- ・主塔のひび割れ
- ・斜材定着部のひび割れ (主塔側・主桁側)
- ・斜材の異常震動
- ・斜材の伸び
- ・斜材被覆材の塗装変色、はがれ
- ・斜材保護管の亀裂損傷
- ・制振装置の劣化

表-2 点検方法の例

点検対象	点検方法
主桁	レベルによるたわみの計測、ひび割れ幅の測定
塔	トランシットなどによる傾斜の測定、ひび割れ幅の測定
斜材	張力測定 (強制振動法)、ビデオによる振幅量の測定 電気抵抗測定による錆の発生および断線の調査
保護管	変形、亀裂などの損傷の有無、塗装の変色やひび割れの有無の目視確認
定着部	金属部品の錆や腐食、塗装の劣化などの観察 コンクリートのひび割れ幅の測定
制振装置	取付け架台を含む部品の錆や劣化の目視観察 機能の確認

斜張橋およびエクストラードズ橋は、維持管理を必要とする部位が、遠望による目視点検が困難な場合が多い。維持管理を行うために必要な点検用足場、通路、昇降設備等は、立地条件や供用環境など個々の橋梁の特徴を考慮して計画、設置するのが良い。

維持管理を行うために必要なモニタリング設備を設置す

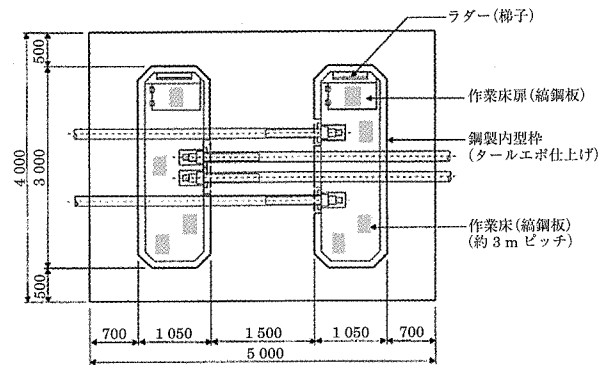


図-7 塔内部に設けられた維持管理設備の事例

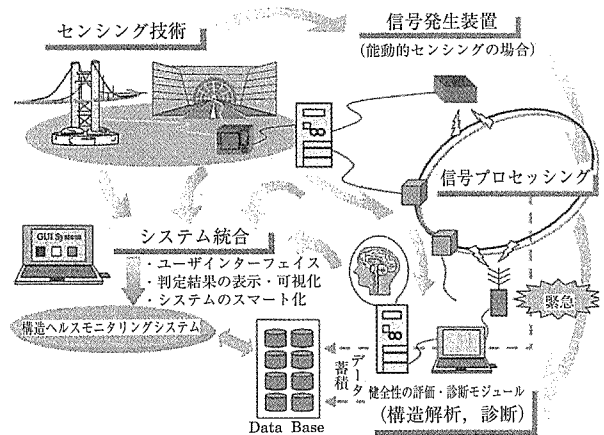


図-8 構造ヘルスマニタリングシステムの構成例

るのが望ましい。近年、計測装置を事前に構造物に設定し、構造物の健全性について非破壊検査方法で監視を行う構造ヘルスマニタリング (SHM) の研究や導入が行われている。

3.7 資料編

斜張橋・斜版橋・エクストラードズ橋の計画、設計、施工法の立案にあたり参考となる資料作成を目的として橋梁調査を実施した。調査は、2008年3月末現在で上部工が発注されたものである。

斜張橋は、国内124橋、国内企業が関与した海外5橋、合計129橋を対象に一般編を集計し、換算支間長で200m以上になる橋梁約20橋に関しては、計画および設計、施工に関する内容を充実させた。

斜版橋は国内の7橋を対象に、一般編を集計した。

エクストラードズ橋は、国内44橋、国内企業が関与した海外5橋、合計49橋を対象に一般編を集計した。計画および設計、施工に関する内容は、可能なかぎり内容を充実させた。

斜張橋・斜版橋・エクストラードズ橋の実績表に関連する文献について、文献リストを作成した。

供用限界状態における斜ケーブルの制限値として0.4~0.6 fpu が一般に用いられている主な工法の使用鋼材、斜ケーブルとしての使用実績と軸疲労試験実施回数、ケーブルおよび定着部の防食方法についてまとめた。

4. おわりに

本規準は、PC斜張橋・エクストラードズド橋に関する最新の知見および設計・施工技術に関して、第一線の技術者が自己の経験に鑑みて原案を執筆し、これをもとに審議を重ねて成文化したものである。今後の計画・設計・施工ならびに維持管理に係る実務者各位に大いに活用していただきたい。

最後に、本セミナーの開催にあたり運営にご尽力いただいたプレストレストコンクリート技術協会事務局、本規準の改訂にあたり、審議いただいたPC技術規準委員会委員各位、ならびに改訂原案の作成および編集にご尽力いただいたPC斜張橋・エクストラードズド橋設計施工規準改訂委員会の委員、幹事および協力者の方々に心から謝意を表したい。

【2009年7月16日受付】



☒書案内

PC技術規準シリーズ

PC 斜張橋・エクストラードズド橋設計施工規準

定 価 4,725 円／送料 500 円

会員特価 4,000 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 編
技報堂出版