

米国での橋梁の耐久性に関する動向

角田 隆洋*

米国の橋梁の耐久性に関するトピックスを広く紹介する。橋梁一般の耐久性に関する取組みとして、現在進行中である供用年数 100 年超の橋梁プログラム、長期橋梁性能プログラムを紹介する。PC 橋の耐久性の問題および取組み例として、フロリダ州の事例を取り上げる。また米国では、長く合成桁 RC 床版の早期ひび割れの問題が存在する。その概要および取組みを紹介する。

キーワード：米国，フロリダ，耐久性，RC 合成床版

1. はじめに

米国では、一部の大型 PC 橋で 100 年や 150 年といった供用年数が謳われることがあるものの（写真 - 1）、一般的な橋梁設計では供用年数は設定されない。

米国の橋梁設計の土台となる仕様書の AASHTO（米国全州道路交通運輸行政官協会）発行の LRFD Bridge Design Specifications¹⁾には、設計荷重設定基準として設計年数（Design Life）75 年と記載されているが、橋梁に要求される機能を期待する供用年数（Service Life）は設定がない。

現行の仕様書は、たとえば、かぶりやひび割れ幅、コンクリート強度、水セメント比等の規定値を満たせば、構造物に要求される耐久性を満たすものとするみなし規定による耐久設計であるが、一方で耐久性に関しても性能設計を導入しようという活動も進行している。

そのような活動も含め、米国の橋梁の耐久性に関するトピックスを広く紹介する。

2. 供用年数 100 年超の橋梁プログラム

現在進行中である供用年数 100 年超の橋梁プログラム（Bridges for Service Life beyond 100 years, 以下、100 年橋梁プログラム²⁾は、戦略的ハイウェイ調査プログラム SHRP 2（Strategic Highway Research Program 2³⁾のサブプログラムと位置づけられている。SHRP 2 は主にハイウェイの安全性、更新性（急速設計施工、長寿命化）、信頼性（渋滞緩和）、容量（交通、経済、環境、社会の要求）に関する問題を解決することを目的にした総合プログラムである。



* Takahiro KAKUTA

PSM Construction USA, Inc.

以下の 5 つの総合的な戦略のもと、計 28 のサブプロジェクトが実施される。

- ① 性能ベースで迅速な更新の実現
- ② プロジェクト開始の促進
- ③ 建設工事期間の短縮
- ④ 維持補修の低減
- ⑤ 上記の実現のために効果的な契約手法の確立



写真 - 1 供用年数 150 年で設計された Benicia - Martinez 橋

100 年橋梁プログラムは、戦略 ④ に含まれるサブプログラムのうちの 1 つで、さらに以下の 2 つのプロジェクト (A)、(B) に分かれている。

(A) 供用年数 100 年超の橋梁実現のため、供用年数を制限してきた既存の橋梁形態・要素の特定、有望な代替システムの認識を目的とする。初期段階では橋梁支間を制限しない調査を行うが、最終的にはもっとも一般的な約 100 m 以下の橋梁に焦点を置く。

(B) 耐久性に関する供用限界状態と、橋梁の構造および要素の性能に基づいた合理的な設計基準の作成および仕様書の提案を行う。完全に確率的なアプローチに基づいた耐久設計性能指標の作成と設計例を提案し、構造設計に加えて耐久設計を含む実務的なツールを開発する。

この現在進行中の 2 つのプロジェクトは、それぞれ 2011

年，2012年に完了する予定である。

前述のとおり，現在の仕様書では供用年数を具体的に設定しておらず，みなし規定による耐久設計で，それは主に経験やかぎられた数の研究成果から設定されたものである。本プロジェクトでは，耐久性を供用年数の物差しで計るのが妥当で，供用年数を科学的に予測することができなければ，信頼性の高いライフサイクルコスト解析は不可能であるとして，完全確率モデルをできるだけ導入し，科学的根拠のある性能指標に基づいた設計手法の提案を目標としている。荷重抵抗係数設計法の導入で構造設計で進んでいる性能設計化の流れを耐久設計にも一層盛り込んでいくものともいえる。

米国の紹介から脱線するが，目標とする設計手法を構築するうえで土台の1つになるのが，2006年に発行された *fib Bulletin 34: Model Code for Service Life Design*⁴⁾ で，簡単に紹介すると，*fib Bulletin 34*では，図-1のようにコンクリート構造の耐久性に関して，①完全確率モデル設計法，②部分係数設計法，③みなし設計法，④劣化回避の4段階の設計レベルを設定している^{5, 6)}。

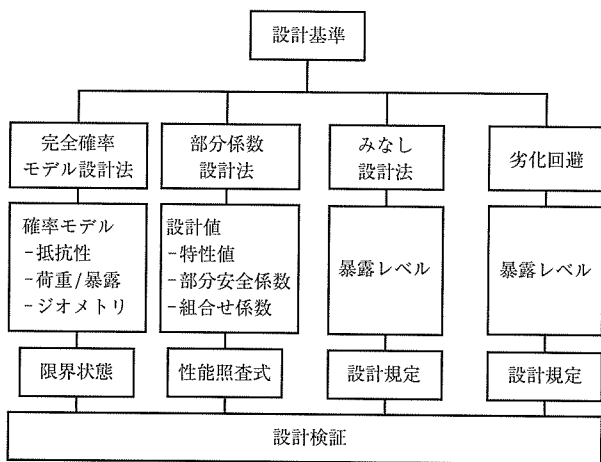


図-1 供用年数設計フローチャート⁴⁾

劣化回避とは，高耐久性材料の使用や劣化環境からの遮断等によって劣化を阻止することを意味する。

*fib Bulletin 34*の課題点は，完全確率モデル設計法を提供しているのは，塩害，中性化，凍結融解に関してのみであり，しかもひび割れのないコンクリートに対しての劣化因子の拡散式をベースにした劣化確率モデルであるので，ひび割れの発生したコンクリートには適用できない。アルカリシリカ反応，科学的腐食といった他の劣化メカニズムや，動的作用，時間依存的な材料劣化，疲労および環境要因との複合効果といった影響に関しては，信頼し得る適切なモデルがないことから，今後の課題としてあげられている。また，構造物の供用年数をコンクリートの耐久性のみで設定しており，供用年数に大きく影響する伸縮継手，支承，コーティング等の構造付属物が扱われていない。

100年橋梁プログラムでは，これらの課題にできるだけ対応し，橋梁構造全体を包括する耐久性性能設計を目指す

ことが示唆されている。

プログラムの成果は，仕様書への適用を前提に ASSHTO に提案される。どのような提案がされ，どのように仕様書に反映されるかは先を待たなければ分からないが，それまでは米国では，100年超の橋梁というコンセプトは，冒頭で書いたように，重要度の高い大型橋梁等に限定してプロジェクトベースで採用されていくと筆者は考えている。

3. 長期橋梁性能プログラム

長期橋梁性能プログラム (Long-Term Bridge Performance Program) は，FHWA (連邦道路管理局：Federal Highway Administration) によって2006年に開始，以後20年間にも及ぶプログラムで，既設橋梁に関する質の高い定量的な性能データを蓄積し，橋梁の劣化機構の把握，補修方法の評価，管理手法ツールの評価，さらには設計手法や予測モデルの発展，リソースの最適化に利用するという目的のプログラムである⁷⁾。

米国では，1972年から National Bridge Inventory のデータベースに既設橋梁のデータが集積されている。データには，点検シートに基づいた点検結果，劣化度等が含まれており，ウェブページにて公開されている⁸⁾。

参考までに紹介すると，2008年12月時点で約60万橋のデータが含まれており，そのうち構造上欠陥がある (Structurally Deficient) と区分されている橋梁は全体の約12%，機能的に要求を満たしていない橋梁 (Functionally Obsolete) は約13%になっている。

このデータベース化の当初の目的は，橋梁の点検結果を点数化し，総合点によって，補修，架替えの優先順位を決定することにあつた。これを元に連邦政府の予算が各州へ配分される。また，データは，橋梁の劣化状況の追跡，各種レポートおよび調査等にも利用されている。

問題点は，点検時のデータが，主観的，概略的な目視点検によるもので，点検者により結果にばらつきがあるとともに，潜在的な劣化が確認できないことである。また，橋梁要素ごとの状況や局所的な劣化の詳細な情報が欠けていることから，膨大な橋梁数に対するデータでありながら，現状では，蓄積されたデータを，定量的，総合的な耐久性評価や供用年数の算定，橋梁維持プログラムへ有効利用することに限界がある状況である。

この長期橋梁性能プログラムは，橋梁の性能と劣化に関する知識，予測モデルの発展，ライフサイクルコスト評価を含む橋梁マネジメントの構築のために，有効で信頼できる次世代型データベースの構築を目的にしている。

かぎられたリソースの中で効率的にデータを集積しなければならず，橋梁の性能評価モデルへの利用等，複数の目的に対して利用価値を最大にするようなデータベースでなければならず，そのためには信頼できる点検方法も確立しなければならない。

長期的には，橋梁の劣化機構の把握，最適な点検手法 / 頻度の確立を助け，次世代の橋梁マネジメントシステムの構築へ貢献し，最適なライフサイクルコストで設計・施工へフィードバックすることも目指すものである。

4. PC 橋の耐久性に対する取組み：フロリダ州の例

前章までは PC 橋にかぎらず、橋梁の耐久性に関する総合的な取組みを紹介してきたが、本章では PC 橋の耐久性に対する取組みを紹介する。

PC 橋は耐久性の高い構造で、かつ比較的新しい構造ということもあり、ほかの古くから採用されている鋼橋や RC 橋よりも耐久性に対する問題が比率的には少ない。前述の National Bridge Inventory の 2008 年 12 月のデータによると、PC 橋は橋梁数で全米の橋梁の 22.4 % を占めているが、構造上欠陥がある橋梁の 7.4 % を占めているに過ぎない。

米国内で PC 橋の耐久性に対する取組みがもっとも進んでいるフロリダ州の事例を紹介する。「耐久性に対する取組みがもっとも進んでいる」というのは、「PC 橋の耐久性の問題による影響をもっとも受けた」という事実と裏腹である。

フロリダ州は早くから他州に先駆けてポストテンション PC 橋を導入してきた。当地は気候的には高温多湿の亜熱帯～熱帯であり、海に囲まれた地形的な条件で、多くの大型 PC 橋が海岸地域に位置していることから、建設当時は認識されていなかった PC 橋の耐久性の問題が他州より早く現れる潜在的な可能性が高かったといえる。

フロリダ州（ならびに米国）で、最初に顕著なポストテンション PC 鋼材の劣化が確認されたのは、スパンバイスパン工法で 1983 年に建設された全長 1.4 km の箱桁橋、Niles Channel 橋である⁹⁾。1999 年の定期点検の際に、主桁外ケーブル定着部で鋼材の腐食による破断が確認された。海水のしぶきにより塩分を含んだ水が、伸縮継手を通して桁内に入り込み、下に位置する定着部背面のグラウト未充填 / プリーディング部に繰り返し浸入したことが原因と報告されている。

翌 2000 年 8 月には、スパンバイスパン工法で 1992 年に建設された全長 5.9 km、140 支間の Mid-Bay 橋で、定期点検の際に 2 箇所鋼材で異常が確認された¹⁰⁾。1 つは箱桁内支間自由長部で外ケーブル用 PE シースが割れ、内部の鋼材が腐食破断しているのが確認されたもので、これは、シースの破損が原因と報告されている。もう 1 つは、外ケーブル定着部での鋼材破断で、Niles Channel 橋と同様に、定着部背面のグラウト未充填部での鋼材の腐食が原因と報告されている。

さらに、一ヵ月後の 2000 年 9 月には、1982 年建設開始、1987 年開通の Sunshine Skyway 橋のアプローチ高架橋で、プレキャストセグメント橋脚の鉛直鋼材が腐食のため破断しているのが確認された。

橋脚セグメントは中空部を有する楕円型断面で、橋脚 1 / 2 高さ辺りを境に壁厚が変化する断面であった。鉛直鋼材は、橋脚下部では壁厚が大きく、壁内に内ケーブルとして配置されるが、橋脚上部では壁厚が小さく、中空部に外ケーブルとして配置される構造であった。調査の結果、脚頭部の鉛直鋼材定着部の埋戻し処理が不十分で塩分を含んだ水が浸入したことにより、脚頭部の鋼材が腐食したこと、

さらに、橋脚最下部の中空部には塩水が蓄積し、切欠き部で内ケーブルの鋼材腐食等が確認された。これにより、高水位以下での中空断面プレキャストセグメントの使用禁止、飛沫域でのプレキャストセグメントの制限などが提案された¹¹⁾。

フロリダ州では、上記のような PC 鋼材の劣化に起因する問題の発生後、PC 橋の耐久性を確保すること、それまでの手法、手順を見直すことを目的とした調査を行い、2002 年に「フロリダ州のポストテンション橋に対する新しい方向 (New Directions for Florida Post-Tensioned Bridges)」が作成されている。

この中で、以下の 5 つを大きな耐久性の戦略の柱として、これらに対する要求をさらに細かく表 - 1 のようにまとめている。

- ① 耐久機能が強化されたポストテンションシステム
- ② 完全にグラウト充填されたテンドン
- ③ 定着部の保護
- ④ 耐水性のある橋梁
- ⑤ テンドン数の増加

さらには、具体的な構造物への適用として、場所打ち張出し、スパンバイスパン、スプライス I 桁、セグメント張出し、固定支保工、橋梁下部工、上部工横方向 PC の 7 つの構造ケースに対して、これらの 5 つの対策および要求を実施する具体的な方法および詳細が記載されている。これは、維持点検や設計荷重設定に関する項目等も含めて構成されており、全体として 600 ページを超える包括的な耐久性ガイドラインとなっている。

なお、これは仕様書ではなく、仕様書修正提案や手順変更提案のためのガイドラインであるが、今日では実際の仕様書や標準図にその提案が盛り込まれてきている^{12), 13)}。

結果として、現在、フロリダ州のポストテンションに関する仕様は、全米でもっとも厳しいレベルになっている。

また、全米レベルでは ASBI (アメリカセグメント橋協会: American Segmental Bridge Institute) が、この一連のフロリダ州の問題を機に、グラウト委員会を設置し、2000 年 12 月に、Interim Statement on Grouting Practices を作成、2001 年からはグラウト資格講習プログラムを実施している¹⁴⁾。

5. RC 床版の早期ひび割れ

最後に、米国における合成桁 RC 床版の劣化問題を紹介する^{15)~20)}。RC 床版の劣化は、1960 ~ 70 年代を発端に現在に至るまで、橋梁に関するコンクリート部材の劣化を語るうえで避けられないほど、米国の広い地域で長い間、問題になっている。1960 年代というのは、融雪剤の使用を始めた時期で、とくに冬季大量の融雪剤を使用する北部の州で問題が深刻である。

ここでいう RC 床版とは、鋼桁またはプレキャスト PC 桁上に打設される場所打ち RC 合成床版 (Slab-on-girder) のことである。

日本では、プレキャスト PC 桁を使用する場合、主桁床版部を直接橋梁床版とする場合が多いが、米国ではプレキャスト PC 桁を使用する際でも多くの場合、日本のコンポ

表 - 1 耐久性の高いポストテンション PC 橋の建設に向けたフロリダ州の対策^{9, 12, 13)}

1. 耐久機能が強化されたポストテンションシステムの使用	
1.A	すべての tendon システムは州運輸局により事前承認されたリストから選択する
1.B	すべての tendon は連続する 3 層の劣化保護構造により保護されること
1.C	曲線部を除いて、すべての tendon は州運輸局により事前承認されたプラスチックシース内に配置されること
1.D	すべてのシース接続部は“positively sealed coupling”により密閉されること（ダクトテープ使用禁止）
1.E	すべてのグラウトは事前承認されたプレバックタイプとする
1.F	すべての tendon に対して O リングで密閉される恒久的で強固なプラスチックキャップを使用すること
1.G	すべてのシースに対してグラウト前圧力試験を行うこと（システム試験 1.03 N/mm ² 、打設前 0.01 N/mm ² 、打設後グラウト前 0.34 N/mm ² ）
2. 完全にグラウト充てんされた tendon	
2.A	すべての定着部およびキャップが緊張、グラウト、点検のためにアクセス可能であること（埋込定着禁止）
2.B	すべて tendon 最下点からのグラウト注入とする。すべての曲下げ部に排水口を設置する。 すべての曲上げ点から 1 ~ 2 m 後方に排気口を設置する
2.C	標準ポストテンション図面に準ずる契約図面とする
2.D	資格者によるグラウト注入と点検
2.E	グラウト流量は 30 ~ 45 L/分とする（注：その後、仕様書では 4.9 ~ 15.2 m ³ /分と記載されている）
2.F	排気口、排出口からのグラウトが導入グラウトと同品質であることを確認するまで注入を継続する
2.G	グラウト硬化後、定着具保護前に、すべての曲上げ点でグラウトポイドを確認する。 ポイドは承認された方法（真空グラウト）を用いて充てんする
3. 定着部の保護	
3.A	契約図面の定着部保護システムは標準ポストテンション図面に準ずる
3.B	定着部は、グラウト、恒久的グラウトキャップ、コーティング、後埋めコンクリートによる 4 層保護とする
3.C	グラウト注入等の作業時を除いて、施工中のすべての段階で定着具およびシース内を密封する
4. 耐水性のある橋梁	
4.A	すべてのプレキャストセグメントのドライジョイントはエポキシで密閉する（両面エポキシ）
4.B	死荷重時に引張応力が生じないこと
4.C	定着部切欠き、主桁開口部等は最小限に抑え、後埋めを確実にするためすべて切欠き、開口部にテーパをつける
4.D	開口部等の後埋めの継ぎ目は事前承認された材料でシーリングする
4.E	舗装および防水層等は PC システムへの有効な保護層とは考えない（注：その後、防水層も保護層と認める変更をしている）
4.F	PC システムに水の侵入の可能性があるすべての箇所（定着切欠き上部のあご等）に雨溝や水切りを設置し、契約図面に明記する
4.G	箱桁の場合、桁内に水溜まりができないように下床版に適切な勾配をつけ、排水を適切に行う
5. tendon 数の増加	
5.A	鋼材破損時の橋梁への影響軽減のため、小容量の鋼材を多く配置するように設計する
5.B	すべての断面でもっとも重要な鋼材がなくなっても、長期供用荷重、短期過重量荷重に対する設計基準を満たすこと
5.C	鋼材腐食によるプレストレスロスを補う方法と配置、詳細を設計に考慮すること

桁橋のように桁上に RC 床版を設置する。最近でこそ、デッキ桁という床版部が桁と一体化されたプレキャスト桁（つまり、日本人 PC 技術者の感覚でいうプレキャスト T / バルブ桁に近いが、桁床版部に横方向プレストレスは導入しない）も、FHWA を中心に積極的である急速施工方法導入の意味合いとして導入されているが、主に施工的、耐久的な懸念から普及は限定的である。

日本では道路橋の場合、橋梁床版上に防水層、その上にアスファルト舗装を設置することが多いが、米国では、

- ① 主桁上に場所打ちする RC 床版を路面とする構造
- ② 橋梁床版上にオーバーレイを設け路面とする構造
- ③ 主桁一体型の床版を直接路面とする構造

の大きく 3 つの構造が使われる。オーバーレイとしてアスファルト舗装を使用する場合もあるが、その割合は多くない。

RC 床版のひび割れでもっとも多いのが、建設後早期に橋軸直角方向に入るひび割れであり、全米各地で長く共通の問題になっている。橋軸直角方向ひび割れは、主桁間の床版部に発生するもので、床版を貫通するものが多い。支間に渡って発生し、床版内の横方向鉄筋配置断面で発生することが多い。早いものでは建設直後供用前に発生し、多

くは供用開始後数ヶ月以内に発生する。全米で 10 万橋以上が早期の橋軸直角方向ひび割れの被害を受けていると推定する報告²¹⁾もあるほど、多くの橋梁が被害を受けている。

この橋軸直角方向のひび割れの主原因は、主桁の拘束作用のため、床版と主桁の合成後の乾燥収縮、硬化後の温度収縮により床版コンクリートに引張応力が生じることである。鋼桁上の RC 床版で報告されることが多い。プレキャスト PC 桁上の RC 床版は、主桁の乾燥収縮やクリープにより拘束効果が低減されるため、鋼桁 RC 床版より被害は小さい。しかし、既設 PC 橋桁上の RC 床版補修工事の際の床版打換えの場合は、主桁のクリープ、収縮がほぼ終了しているので、鋼桁と同様にひび割れを生じることがある。

この問題の解決のために、現在に至るまで膨大な調査、研究が行われ、さまざまな提案が行われてきた。それらには相反する提案もあるが、おおむね以下に列記するような対応が提案され、実施されてきた。

- ① エポキシ鉄筋の使用。1970 年代半ばから床版上側の鉄筋に、1980 年代半ばからは床版下側の鉄筋にも使用されてきており、現在では広く普及しており、1998 年の報告によると、エポキシ鉄筋を使用した RC 床版は全米で約 2 万橋になる²²⁾。エポキシ塗装時に生じるピンホール等のエポキシ

はく離部での加速的な腐食進行，水中や飛沫域での鉄筋との付着性の低下等の問題はあつるものの，現在に至るまで多くの橋梁に採用され，ある程度の効果が実証されていること，他の代替鉄筋（ステンレス，亜鉛メッキ，FRP等）は長期耐久性が実証されておらず高価であることから，今後とも広く使われるものと想定される。

ただし，フロリダ州等では，上記の問題から裸鉄筋に比べ効果が限定的であるとして，エポキシ鉄筋の使用を認めていないのも事実である²³⁾。

② かぶりの増加。1974年からAASHTO Standard Specifications for Highway Bridgesは50 mmの床版上面かぶりを規定している。融雪剤を使うような場合で，とくに腐食防止措置がなされない場合の床版上面かぶりは64 mmとしている。なお，床版下かぶりは25 mmである。

③ コンクリートの乾燥収縮を低減するような配合，材料，添加剤，添加材の利用。具体的には，骨材量増加，骨材径増加，低熱セメントの利用，遅延剤，減水剤，収縮低減剤の利用等があげられる。

セメント量，水結合材比に関しては，水結合材比を低くすると高引張強度となる一方で高弾性係数となる，水増加はクリープ増となる一方で収縮増加の要因となる，セメント量減はクリープ増，熱収縮減に貢献するという，両面の効果があり，高強度にすれば高耐久になるというわけではなく，バランスのとれた配合にする必要である。

シリカフェュームや，フライアッシュ，高炉スラグ等を使った低浸透性の高性能コンクリートに関しては，高強度にすると引張強度が上がる利点があるが，自己収縮，弾性係数が増加，クリープが小さくなることで，ひび割れの誘因となるマイナス面が大きいため，必要以上の圧縮強度としないことが提案されており，圧縮強度の上限を設定する場合もある。

④ 小鉄筋径，小ピッチの床版鉄筋配置。

⑤ ファイバーコンクリートの利用。

⑥ オーバーレイの設置。ラテックス混入コンクリート，低スランプ密実コンクリート，シリカフェュームコンクリートや，フライアッシュコンクリート等がオーバーレイに使用されている。

⑦ 施工方法，養生。打設時の気温設定，とくに高性能コンクリートを使用する場合は，7日以上の長期水養生の重要性が報告されている。

このような対応がなされてきているものの，いまだに新規橋梁においても早期床版ひび割れの問題は後を絶たない状況である。

日本人PC技術者から見ると，そもそも主桁の拘束が問題なのであるから，配合や材料，鉄筋の防錆対策の議論より，そのようなひび割れを生じる橋梁構造 / 設計自体に問題があり，ひび割れ発生の問題のない橋梁構造 / ずれ止め構造を採用する方向に進むのが妥当と思われるのではないだろうか。しかし，米国では，RC床版合成桁のコスト面の利点やその他の理由により，橋梁構造を変えることで桁拘束の問題を取り除くことは現実的には難しいので，上に列記したような緩和 / 軽減策での対応を試みている状況で

ある。

また，プレキャストPC床版の使用が効果的とも思われるのではないだろうか。米国でもプレキャストPC床版は導入されてきているものの導入数は多くなく，床版のひび割れ対応等の耐久性の目的での採用ではなく，前述した近年盛んな急速施工方法導入の意味合いとして，主に床版打換え工事に採用されている状況である。

6. おわりに

以上，米国の橋梁の耐久性に関するトピックスを幅広く紹介した。本報告が日本におけるPC構造物の耐久性および橋梁耐久性向上に寄与し，社会資本の効率的な運用の一助となれば幸いである。

参考文献

- 1) "AASHTO LRFD Bridge Design Specifications, 4th Edition", The American Association of State Highway and Transportation Officials, 2007
- 2) "Work Plan of SHRP 2 R19 (A) - Bridges for Service Life beyond 100 Years"
- 3) "TRB Special Report 296: Implementing the Results of the Second Strategic Highway Research Program (SHRP 2) : Saving Lives, Reducing Congestion, Improving Quality of Life", Transportation Research Board, 2009
- 4) "Bulletin No. 34 - Model Code for Service Life Design", fib, 2006
- 5) Rostam,S., "Design and Construction of Segmental Concrete Bridges for Service Life of 100 to 150 Years", Proceeding of the ASBI Convention, Washington DC, 2005
- 6) Edvardsen,C., "Durability Consideration for Bridge Design in Hostile Environments", Proceeding of the ASBI 1st International Symposium, San Francisco, 2008
- 7) "Development of a Comprehensive Plan for a Long-Term Bridge Performance Program", Center for Innovative Bridge Engineering University of Delaware, 2006
- 8) National Bridge Inventory (<http://www.fhwa.dot.gov/bridge/nbi.htm>)
- 9) "New Directions for Florida Post-Tensioned Bridges", Florida Department of Transportation / Corven Engineering, Inc., 2002
- 10) "Mid-Bay Bridge Post-Tensioning Evaluation Final Report", Florida Department of Transportation District 3 / Corven Engineering, Inc., 2001
- 11) Theryo, T., Garcia, P., Nickas, W., "Lessons Learned from the Vertical Tendon Corrosion Investigation of the Sunshine Skyway Bridge High Level Approach Piers", Proceeding of the fib Congress 2002, Osaka, Japan
- 12) Section 462 Post-tensioning, 2010 Standard Specification for Road and Bridge Construction, Florida Department Of Transportation
- 13) Pielstick, B., "Florida DOT Procedures for Ensuring Durability of Segmental Bridges", Proceeding of the ASBI 1st International Symposium 2008, San Francisco
- 14) Grouting Certification Training Manual, American Segmental Bridge Institute, 2009
- 15) "Concrete Bridge Deck Performance", NCHRP Synthesis Report 333, Transportation Research Board, 2004
- 16) Brown, M.D. et al, "Restrained Shrinkage Cracking of Concrete Bridge Decks: State-of-the-Art Review", Report FHWA / TX-0-4098-1, Texas Department of Transportation, Jun. 2001
- 17) French,L. et al, "Transverse Cracking in Bridge Decks: Summary Report", Minnesota Department of Transportation, 1999
- 18) Saadeghvaziri,M.A., Hadidi,R, "Cause and Control of Transverse Cracking in Concrete Bridge Decks", Report FHWA-NI-2002-019, New

- Jersey Department of Transportation, Dec. 2002
- 19) Frosch,R.J. et al, "Investigation of Bridge Deck Cracking in Various Bridge Superstructure Systems", Report FHWA-IN-JTRP-2002-25, Indiana Department of Transportation, Feb. 2003
- 20) Miller,R. et al, " Transverse Cracking of High Performance Concrete Bridge Decks After One Season or 6 to 8 Months", Report FHWA/OH-2006/6, Ohio Department of Transportation, Mar. 2006
- 21) Krauss,P.D. and Rogalla,E.A., "Transverse Cracking in Newly Constructed Bridge Decks", NCHRP Report 380, Transportation Research Board, 1996
- 22) Virmani,Y.P., Clemena,G.G., "Corrosion Protection - Concrete Bridges", Report FHWA-RD-98-088, Turner-Fairbank Highway Research Center, Sep. 1998
- 23) Sagüés,A.A. et al, "Corrosion of Epoxy Coated Rebar in Florida Bridges." Final Report to Florida D.O.T. WPI 0510603. May 1994
- 【2009年12月24日受付】

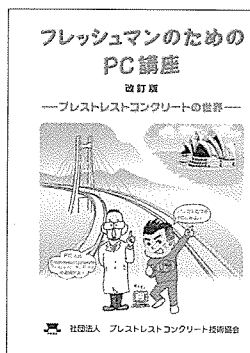


図書案内

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