

解 説

# 高知県の橋梁アセットマネジメントと大学の役割と連携

那須 清吾\*

高知県では、2004年より橋梁維持管理を高度化すべく橋梁のアセットマネジメント（以下、AMS）の検討を開始している。高知県から依頼された高知工科大学では、定期点検制度、劣化予測およびライフサイクルコスト（以下、LCC）を比較したうえで事後保全と予防保全の安価な方を採用する仕組みを開発し提供した。さらに、2014年より内閣府が主導した戦略的イノベーションプロモーションプログラム（以下、SIP）<sup>1)</sup>において、高知工科大学では高知県のために開発したAMSをさらに進化させた。

地方部の地方自治体管理道路を対象に高知工科大学はシステム開発を実施し実装した。具体的には、橋梁の点検、診断、措置、記録のメンテナンスサイクルおよびこれを支える制度や技術基準類を見直すマネジメントサイクルを提案し、その際、必要となったハード技術、ソフト技術の開発を民間コンサルタント企業との連携により実施した。大学においてはさらに高知県と連携して、これら実施したシステムのパフォーマンス確認と改善を実施中であり、県下市町村への導入およびインドネシアの道路橋梁への導入を準備している。なお、高知県では開発されたシステムの運用は職員自らが実施しており、大学はシステムの改善に努めている。

キーワード：アセットマネジメント、マネジメントサイクル、劣化予測、長期修繕計画

## 1. はじめに

高知県にかぎらず、地方自治体では高度経済成長期以降に整備した膨大な社会基盤を維持管理している。しかし、その老朽化に伴う修繕の必要性がある一方で、財政的制約のなかでいかに合理的に対応すべきか、主として以下の課題を抱えている。

- ・老朽化する社会基盤の維持管理システムの早急な構築
- ・不足する予算、技術、人材での持続可能な仕組み
- ・点検システムや維持管理システムの従来問題の解決
- ・地域の経営資源の活用による地域社会基盤の維持

地方では膨大な老朽化する橋梁群を抱える一方、人材も技術も不足している。また、従来から問題となっていた点検情報、環境情報、建設時品質情報などの精度が悪い、あるいは情報が存在しないといったことで生じる構造物の劣化予測、LCCを最小化した長期修繕計画に対する低い信頼度に対応する必要がある。そのうえで、以下の社会基盤と地域社会を持続する仕組みがシステム開発に求められた。

- ・地方における安全・安心で信頼される社会を地域で創生する。

- ・地方で実装可能で持続可能な社会基盤維持管理システムを創造する。
- ・地域の組織・人材などの資源を利用して実現できるシステムを設計する。
- ・地域行政・地域企業の将来像を見据えた社会基盤の維持管理の仕組みを創造する。

## 2. 高知県の橋梁維持管理システムと大学の役割

高知県では、高知工科大学が開発したアセットマネジメントシステムを県職員が自ら運用している。高知工科大学は地方部の地方自治体管理道路を対象にシステム開発を実施し実装するとともに実装結果を分析し、専門家からなるアセットマネジメント委員会を構成し、分析結果に基づいて改善の指導に努めている（図-1）。具体的には、橋梁の点検、診断、措置、記録のメンテナンスサイクルおよびこれを支える制度や技術基準類を見直すマネジメントサイクルを提案し（図-2）、その際、必要となったハード技術、ソフト技術の開発を民間コンサルタント企業との連携により実施した。大学においてはさらに高知県と連携して、これら実施したシステムのパフォーマンス確認と改善を実施中であり、県下市町村への導入およびインドネシアの道路橋梁への導入を準備している。



\*1 Seigo NASU

高知工科大学学長  
特別補佐

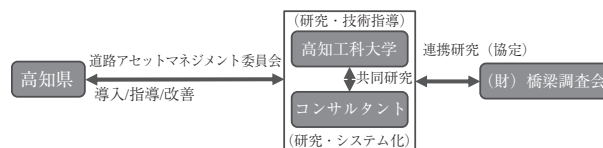


図-1 地方自治体～大学間連携の在り方

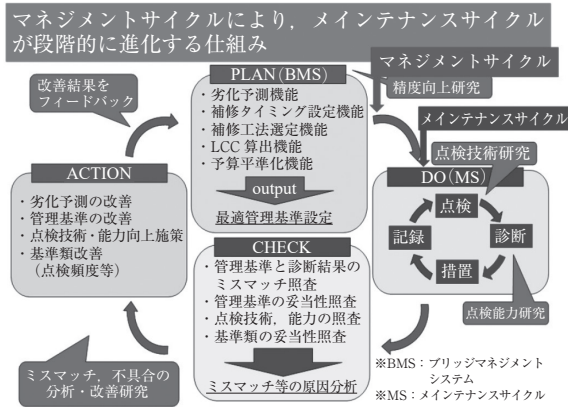


図 - 2 アセットマネジメントシステムの全体像

専門分野に関わる研究に基づく貢献とはべつに、大学の重要な役割は実社会における課題を分析してメカニズムを解明することであり、その成果を踏まえてソリューションシステムを提供することである。地方自治体の橋梁アセットマネジメントにおいても同様であり、劣化予測に基づいて長期修繕計画を立案するうえでの実務的課題を解決することが求められ、それが研究として成立している。

### 3. アセットマネジメントの課題とシステム開発

高知県で開発したアセットマネジメントシステムにおける技術的課題は、すべてのアセットマネジメントに共通するものである。

#### 3.1 情報精度とシステム計算精度

アセットマネジメントで用いる情報は、点検データ、環境データ、設計条件および建設時データである。このうち、品質管理情報などは一般的に得ることはできないので、設計条件とともに標準的な情報を使わざるを得ない。環境データについても標準的な情報を使用するケースが多い。さらに、点検データについては人間が行った結果であり、点検要領などの課題もあり精度上は課題が多い。

このような情報による LCC 最小化の取組みは、計算システムが高精度であっても、情報精度が悪いために信頼性が低い。また、計算システムが提供してくれる長期修繕計画も単一の修繕工法を周期的に実施することを前提とした LCC 最小化が前提となっているので、実際の修繕計画の考え方とは異なるケースが多い (図 - 3)。

#### 3.2 システム課題の解決方法

図 - 4 は、前述の計算システムで用いられる精度上の課題が存在する情報の全体構成を示し、対応する開発技術も示している。点検結果から得られている橋梁の劣化状態、環境情報、構造物の仕様などの情報によりシミュレーションすることで、将来の劣化予測モデルを作成する。劣化予測モデルは、大学の研究者による研究成果を踏まえた物理モデルを基礎に実際の劣化状況に合せた補正により作成している。高知県では、環境情報は実際にコンクリート構造物に付着している塩分を計測し、デジタル地図上でモデル化することで精度向上を目指した。また、近接目視ができない橋梁のためにドローンを用いた点検システムを開発し

### ●アセットマネジメントの3要素のミスマッチ

○アプリケーションの役割分担 ↔ ○電子情報基盤の役割分担

- 最適化システムの精度
- 最適化システムの必要機能
- 飛来塩分などの劣化環境の把握精度
- 個別橋梁の状態の把握精度
- 橋梁の建設時情報

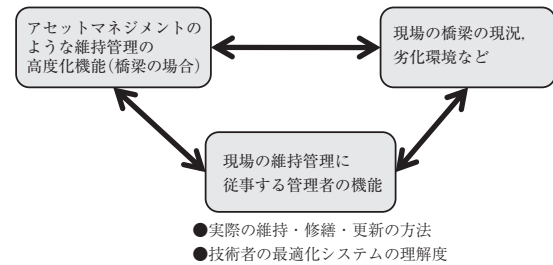


図 - 3 システムと情報の精度ミスマッチ

た。ドローンならば動画解析でコンクリートのひび割れを 0.1 ミリメートルの精度で計測できる。また、ドローンを使用しない場合、ハイビジョン写真により 30 メートルの距離から同様の精度の計測が可能となった。

高知県における定期点検は、当初はすべて職員により実施された。これは予算上の制約があるなかでアセットマネジメントを実施するためであった (図 - 5)。

職員に対する点検士としての教育は、橋梁調査会が主催する点検講習会の内容をベースに、毎年実施される職員による点検で生じる誤差の発生要因分析に基づく改善点も教示することで、点検士の能力改善と精度向上に努めた。また、定期点検の精査により確認された点検方法や点検記入様式の見直しも行っている (図 - 6)。

#### 3.3 劣化予測と長期修繕計画

以上に述べた取組みにより、情報精度は大幅に改善され、劣化予測精度の向上に貢献している。しかし、点検データには必ず誤差があり、当初はかなり大きかったことが課題であった。

点検データの誤差については、すべてのアセットマネジメントにおける劣化予測および長期修繕計画立案上の課題であり、解決されてこなかった。そこで、職員による点検データを再点検することでその誤差傾向をモデル化した。職員点検データと再点検データの間を誤差補正行列で表現し、劣化分布を補正することで職員点検精度の状態に対応した。

橋梁の状態は一樣ではなく、実は劣化曲線も一本では表現できない。劣化状態の分布に応じて橋梁全体を百本の劣化曲線で表現するのであるが、誤差補正行列により劣化状態分布を補正した (図 - 7)。

長期修繕計画を立案する際、単一の修繕工法を周期的に実施することを前提とした LCC 最小化が一般的である。しかし、現場の実態からは乖離していることは明らかである。そこで、現場技術者が長期修繕計画を立案するのと同じ発想を具現化するために、任意のタイミングで複数の修繕方法を組み合わせて本当の意味で LCC を最小化できる計算システムを開発した (図 - 8, 9<sup>2)</sup>)。

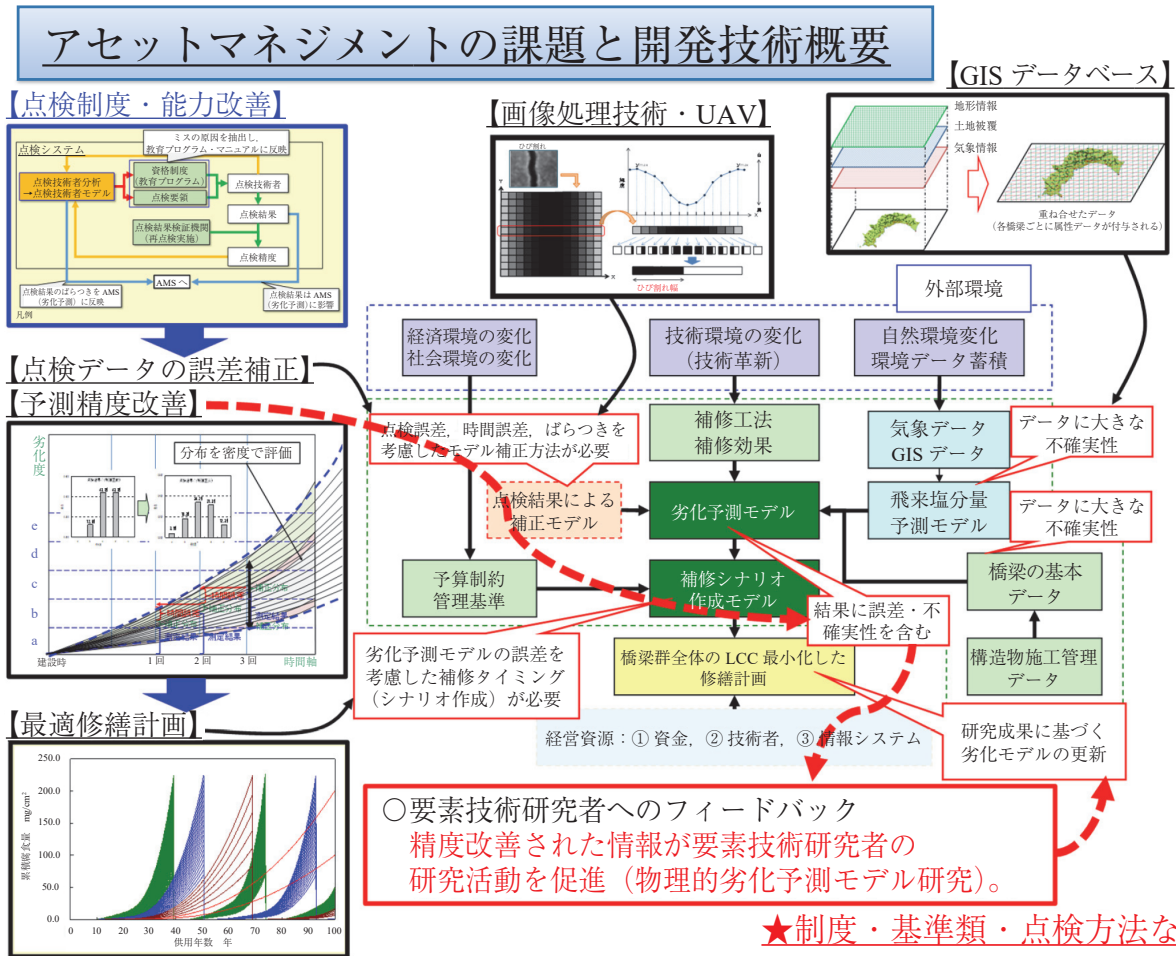


図 - 4 情報精度の課題を解決する開発技術群

## 高知県 職員橋梁点検マニュアル (案)



(定期点検 ⇒ 健全度評価 ⇒ 対応の判断基準)  
⇒ 事後保全・予防保全を選択させる仕組み

平成 18 年 3 月

高知県 土木部 道路安全利用課

図 - 5 職員橋梁点検マニュアル

### 点検精度・点検者能力の改善のためのシステム構造

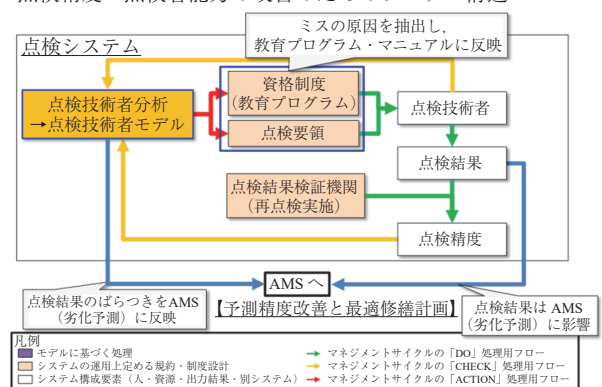


図 - 6 点検情報の精度検証と補正および改善

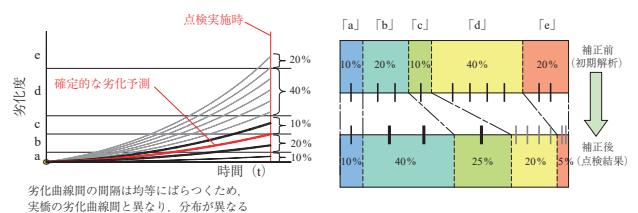


図 - 7 劣化状態の分布補正と劣化曲線群の設定

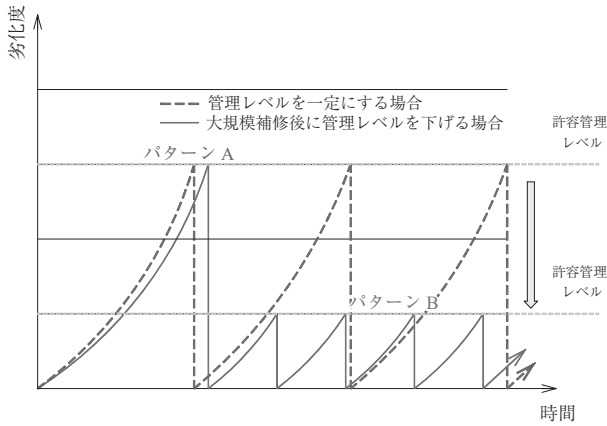


図 - 8 複数/任意時期の修繕方法によるLCC最小化計算

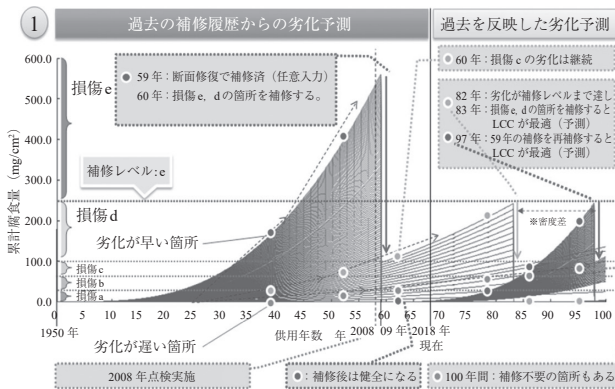


図 - 9 劣化予測と最適LCCの補修シナリオ策定の事例

3.4 統合されてこそ研究成果は実装される

多くの大学研究者や研究を推進する国の担当者が疑問とするのは、「何故、優れた研究成果が実装されないのか？採用されないのか？」である。しかし、それは価値のある技術開発（イノベーション）の在り方に関わる疑問である。高度技術や高品質だけでは価値は無い。本当の価値は、これらがいかに組み合わせられて価値を生み出すかであり、それは課題を解決する仕組みとなっているか否かである。

高度な技術開発だけではアセットマネジメントのような統合システムに対するソリューションにはならない。SIPは単なる技術開発ではなく、これがビジネスとして成立し、実装されることを目指していた。本当に求められているのは高度統合システムであり、これがビジネスに繋がる実装を実現することを研究者および企業は理解すべきである。

高知工科大学が目指したのは、現場技術者が感じているアセットマネジメントの計算成果と自ら行っている維持管理や長期修繕計画とのミスマッチの解消であった。これは、いち早くアセットマネジメントを導入した米国にあっても未解決の問題である。これは多様な情報（データ）の不確実性を考慮したシステム開発がポイントであった。また、現場の技術者感覚に馴染む、つまり、実装しても違和感が無いシステム開発が究極の目的であった。そのような点検～診断～措置～記録のメンテナンスサイクル、および、その前提となる制度・基準類の見直しや改善を進めるマネ

ジメントサイクルの開発が成果であった。

4. アセットマネジメントのシステムの現状

高知県では情報セキュリティを確保するため、アセットマネジメントシステムと地方自治体全体の情報システムは接続しない状態で運用している。大学は、高知県から提供される情報データベースを計算システムに入力し、劣化予測および長期修繕計画を算出して高知県に提供している。しかし、実際には非常に単純な作業であり、今後は地方自治体職員に対する講習会を開催し、運用についても地方自治体単独で行えるようにする予定である（図 - 10）。

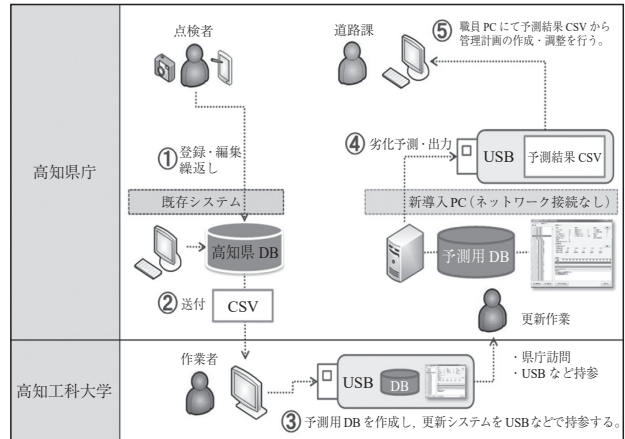


図 - 10 地方自治体と大学の関係性の現状

図 - 2 でも示したとおり、高知工科大学は高知県および財団法人橋梁調査会との連携体制を構築しており（図 - 11）、今後もマネジメントサイクルにしたがってメンテナンスサイクルを改善する技術基準類、点検などの精度改善、点検士の能力改善、および、アセットマネジメントシステム全体の改善の検討を実施する予定である。

<b>【国内：高知県のアセットマネジメント】</b>	
■体制	高知工科大学は継続して高知県と協働で高知県アセットマネジメント委員会を維持する。
■活動	メンテナンスサイクルおよびアセットマネジメントサイクルを継続的に検証しシステム改善を実施するとともに、アセットマネジメントシステム研究の場として高知県と連携する。さらに、高知県内市町村への実装に向けた検討を実施している。
<b>【国内：点検システム・資格制度】</b>	
■体制	高知工科大学はJ-BECと覚書に基づき点検システム全般の改善研究体制を継続する。
■活動	橋梁点検システムに関わる要領・技術基準・資格制度や講習会の在り方など、制度全般に関わる改善について協働で研究を実施するとともに、具体的な改善を継続する。

図 - 11 地方自治体支援の体制

高知県では年に一度、高知工科大学が作成した劣化予測と長期修繕計画の算出システムを橋梁群全体の予算計算のために使用する。一方、現場では土木職員が独自に個々の橋梁の長期修繕計画を立案する。地方の土木系コンサルタントでも長期修繕計画の立案が可能になる。

高知県のアセットマネジメントシステムでは、個々の橋梁の予防保全あるいは事後保全を選択する。予算制約下での橋梁群の修繕のタイミング調整については想定していない。なぜならば、その労力に見合う効果が小さいからである。ただし、橋梁の劣化が進行しているので、現在のところはほとんどが事後保全対応になっているが、LCC 最小の長期修繕計画の立案には貢献している。今後、当初目指した現場技術者の感覚に馴染む長期修繕計画が提供できているのか、現場技術者に分かり易いシステムとなっているのか、現場の実態と従来システムのギャップを埋めることができているのか、について検証する。なお、海外においてはインドネシア政府との協働による導入も実施予定である。

## 5. おわりに

高知工科大学で開発した高知県アセットマネジメントシステムは、点検～劣化予測～長期修繕計画のメンテナンス

システム、および、これを改善するマネジメントシステムの全体パッケージとして開発され、実装が完了し運用されている唯一のシステムである。システム導入により、点検制度・点検士の能力の改善を目指した実用性検証、また、任意時期・複数補修補法による解析を可能とした修繕計画立案システムの実用性検証が開始されており、統合システムとして唯一運用されている事例であり、今後も高知県と連携して改善に努める。

### 参考文献

- 1) アセットマネジメント技術の研究開発： [https://www.jst.go.jp/sip/dl/k07/booklet/57\\_maekawa.pdf](https://www.jst.go.jp/sip/dl/k07/booklet/57_maekawa.pdf) (2019-9-30)
- 2) 工藤徹郎, ボンコグゲサクル ナタコーン, 那須清吾: 劣化のばらつきを考慮した構造物の補修シナリオ, 土木学会論文集 E2, 2012 年 68 巻 4 号 pp.316-329.

【2019 年 9 月 30 日受付】



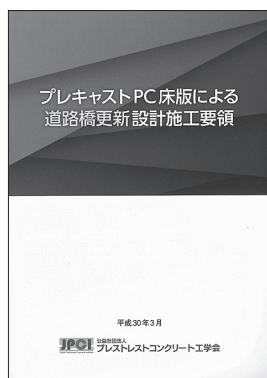
刊行物案内

# プレキャスト PC 床版による道路橋更新設計施工要領 平成 30 年 3 月

本工学会は、平成 28 年 3 月に「更新用プレキャスト PC 床版技術指針」（以下、「技術指針」という。）を策定しました。道路橋床版更新工事の実施に際しては、この「技術指針」を補完する具体的なプロセスを盛り込んだ設計施工要領の必要性が認識され、引き続き「更新用プレキャスト PC 床版技術検討委員会（その 2）」（委員長：池田尚治（株）複合研究機構 横浜国立大学名誉教授）を設立し、設計施工要領の策定に取り組んでまいりました。このたび平成 30 年 3 月に策定しました「プレキャスト PC 床版による道路橋更新設計施工要領」は「技術指針」の基本理念に基づいた詳細な設計と施工の要領が示されており、鋼部材についても詳述されています。

是非お手元に置いてご活用ください。

### 目次構成



1 章 総則	4 章 施工
2 章 調査・計画	4.1 施工の基本事項
2.1 調査の目的	4.2 プレキャスト PC 床版の製作
2.2 既往資料の調査	4.3 プレキャスト PC 床版の運搬
2.3 既設構造物の変状調査	4.4 既設床版の撤去
2.4 既設構造物の周辺環境調査	4.5 プレキャスト PC 床版の架設
2.5 既設構造物の形状調査	4.6 床版相互の接合
2.6 既設鋼桁の調査	4.7 床版と鋼桁との接合
2.7 計画	4.8 場所打ち部の施工
3 章 設計	4.9 橋面工
3.1 設計の基本事項	5 章 鋼部材の診断・対策
3.2 橋軸直角方向の設計	5.1 鋼部材の調査・計画
3.3 橋軸方向の設計	5.2 鋼桁の設計手法および安全性に対する診断・対策
3.4 端部場所打ち部の設計	5.3 鋼部材の疲労に対する診断・対策
3.5 耐久性に関する検討	5.4 鋼部材の腐食に対する診断・対策
3.6 プレキャスト PC 床版と鋼桁の接合部	5.5 支承の診断・対策
3.7 構造細目	参考資料
3.8 橋面、壁高欄および付属物に関する留意点	参考 1 設計例（床版、壁高欄）
3.9 その他の留意点	参考 2 その他（壁高欄施工例、過去の輪荷重走行試験結果）

(全 248 ページ)

定 価 8,147 円 (税込) / 送料 300 円  
 会員特価 6,000 円 (税込) / 送料 300 円

公益社団法人 プレストレストコンクリート工学会