

特集 社会資本の現状と維持管理

四国技報

TECHNICAL REPORT OF SHIKOKU

2013.7.1 Vol.25

北備讃瀬戸大橋でのケーブル送気乾燥システムの送気管の架設作業

国土交通省四国地方整備局

四国技術事務所

高松港湾空港技術調査事務所

MLIT

Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism

目 次

《巻頭言》

- ・“技術”の“開発” 四国地方整備局次長 丸山 隆英 1

《トピック》

- ・「沿岸部の液状化を考える講演会」を開催しました
..... 高松港湾・空港整備事務所 企画調整課
企画調整係長 石本 真憲 3

《特集》

【テーマ：「社会資本の現状と維持管理」】

- ・供用後25年を経過した瀬戸大橋の維持管理
..... 本州四国連絡高速道路株式会社 坂出管理センター
橋梁維持第一課長 楠原 栄樹 5
- ・中小河川における効率的な維持管理手法の検討について
..... 河川部 地域河川課 計画係長 宮田 晃 9
- ・国家機関の建築物等の保全について
..... 営繕部 保全指導・監督室 室長 田北 実昭 13
- ・下水道施設の長寿命化対策について
..... 建政部 都市・住宅整備課 下水道係長 酒巻 政夫 15
- ・国道11号吉野川大橋（下り）の損傷発見に伴う緊急対応報告
..... 徳島河川国道事務所 道路管理第二課長 松崎 久記 18
- ・国道32号大豊トンネルの緊急点検について
..... 土佐国道事務所 副所長 宮武 敏男 21
- ・四国の国有港湾施設の維持管理のあり方
..... 港湾空港部 港湾事業企画課 施設維持管理係長 竹村 慎治 24

《新技術関連》

- ・四国テーマ設定技術（簡易点検技術）に関する調査
..... 四国技術事務所 品質調査課 専門官 岡村 政彦 28

《港湾空港関連》

- ・防波堤の耐津波設計ガイドライン（案）と設計実務における簡易照査手法について
..... 高松港湾空港技術調査事務所 建設管理官 竹田 晃 30

“技術”の“開発”

四国地方整備局次長 丸山 隆英



十年ほど前に、政府の技術開発に関する某会議の担当者から、「自分たちが指向する技術開発とは、ナノテクノロジー、バイオテクノロジーや高度医療技術のように、まったく新しい知見を生み出すものである。一方、社会資本整備が必要としている土木技術は、既存の技術の利用を主眼としているものであり、当会議の範疇ではない。」といったようなことを言われたことがありました。その際には猛烈に反論し、その結果、社会資本整備に係る技術開発が、重点分野の1つに位置づけられたと記憶しております。

そもそも“技術”という言葉、「わざ」「うでまえ」「手並み」という同じ意味の漢字を重ねた熟語ですが、広辞苑では「物事を巧みに行うわざ」「科学を実地に応用して自然の事物を改変・加工し、人間生活に役立てるわざ」と定義されており、その英訳を尋ねれば、大体の方が“Technique”とお答えになるのではないのでしょうか。しかし、元々の意味を辿ると、古代ギリシャで使われていた“テクネー”という言葉に行き着き、この言葉が時代を経て英語の“Art”に引き継がれ、これが明治時代に“技術”と和訳されたそうです。和英辞典で“技術”を調べても、“Technique”よりも“Art”が先に記述されている場合も多いのは、こうした理由によるものです。すなわち“技術”とは、自然を巧みに活用して生活に役立てるためのアートであり、土木技術は、我々の生活に直結する最先端の技（わざ）と捉えることができるのではないのでしょうか。

一方、“開発”という言葉、最近では国の政策や組織の名称の中では、ほとんど目にしなくなりました。英語の“Development”も、今では“開発”よりも“発展”“発達”と訳される場合の方が多いように思われます。高度成長期の大規模開発などが、公害、環境破壊を想起させるというのがその主な理由のようですが、“技術”と同様に広辞苑などを調べてみると、「知識を開き導くこと」「知識を利用して有益なものを生み出すこと」と、悪いイメージとはまったく縁のない言葉として定義されています。また、元々は「仏性を開く」「教典を開ける」といった仏教用語のようですが、アメリカ合衆国第33代大統領トルーマンの演説の中で、“Development”が「自然や環境を改変してより良い生活を築く」といった意味で用いられたのが、今日的な“開発”の用法の始まりのようです。

前置きが長くなりましたが、ここで私が申し上げたいのは、社会資本整備に係る技術開発は、言葉の成り立ちや歴史を紐解くと非常に崇高なものであり、我々は、国民の生活の直接的な改善に資する重要な役割を担っている誇りと責任を、今一度認識すべきであるということです。そして、そのためには、時代の要請を敏感に感じられる感覚と、日々の要請の変化への対応を実行に移す勇気とエネルギーを持つことが最も重要なのではないのでしょうか。

今我々は、南海トラフ巨大地震の脅威にさらされ、抜本的な防災・減災対策を早急に進めなくてはなりません。また、社会資本全体の老朽化といった極めて深刻な課題に立ち向かわなくてはなりません。さらには、日本経済の再生に向け、成長による富の創出のための基盤づくりを進めなくてはなり

ません。こうした幾多の課題の解決のため、まさにインフラとなるのが技術であることは論を待たないところであり、我々は、その開発に携わる崇高なアーティストとしての誇りを持ち、日々技術の進歩のために努力しようではありませんか。

なお、ここで記載したいくつかの歴史的事実などについては、一夜漬けで調べたものなので、もし間違いがあったらばお許してください。

「沿岸部の液状化を考える講演会」を開催しました

高松港湾・空港整備事務所

企画調整課 企画調整係長 石本 真憲

1. はじめに

平成25年4月21日（日）に、香川県坂出市において、「沿岸部の液状化を考える講演会」を開催致しました。

本講演は、東南海・南海地震等の巨大地震が発生した際、瀬戸内海地域で予想される液状化被害に備えるため、東日本大震災で大きな被害を受けた自治体関係者や液状化の研究をされている有識者をお迎えし、液状化の実態及び対策について一般の方にも見識を深めて頂くために開催したものです。

2. 講演会概要

2.1 国土交通省大臣官房 大脇技術参事官による行政報告

東日本大震災の復旧状況の報告として、産業物流に重要な施設・岸壁の復旧については目処が付き、復旧に時間を要する湾口防波堤なども概ね5年以内の復旧を目指していること、また、釜石港湾口防波堤による減災効果として、津波高さを13.7mから8.1mに4割程度低減し、津波到達時間をおよそ6分遅延させたことなどが紹介されました。

今後の港湾の地震・津波対策としては、災害に強い物流ネットワーク構築による防災対応力強化や構造物のねばり強さの向上、液状化判定法の高度化、GPS波浪計による沖合波浪観測などがあげられています。



写真-1 行政報告の様子

2.2 浦安市 石井副市長による講演

次に、東日本大震災で全国の液状化による被害家屋（約2万7千棟）のうち1/3を占める甚大な液状化被害を受けた浦安市の石井副市長による「液状化被害の状況と復旧・復興について」の講演では、地震発生時に液状化によって泥水が噴き出し道路が泥で覆われたり下水道マンホールが浮き上がっている衝撃的な動画を交えた被害状況の報告がありました。また、震災後の対応としては、仮設トイレにおける段差対策やプライバシー確保の課題、し尿処理対策として凝固剤による携帯トイレを活用し、可燃物として回収したことなどの紹介がありました。下水管復旧にあたっては、東京都下水道局からの全面的な支援により、約1ヶ月という短期間で完了させることが出来、もし東京都も被災していればこれだけの早期復旧は望めなかったであろうとのことでした。



写真-2 石井副市長による講演の様子

下水管復旧作業においては、可とう継ぎ手の採用やマンホールの躯体ズレ・浮き上がり防止などの耐震対策に工夫されたこと、また、液状化で土地の境界が不規則移動していることによる宅地境界確認の難しさ等、実際の現場での経験に基づく貴重な話を伺うことが出来ました。

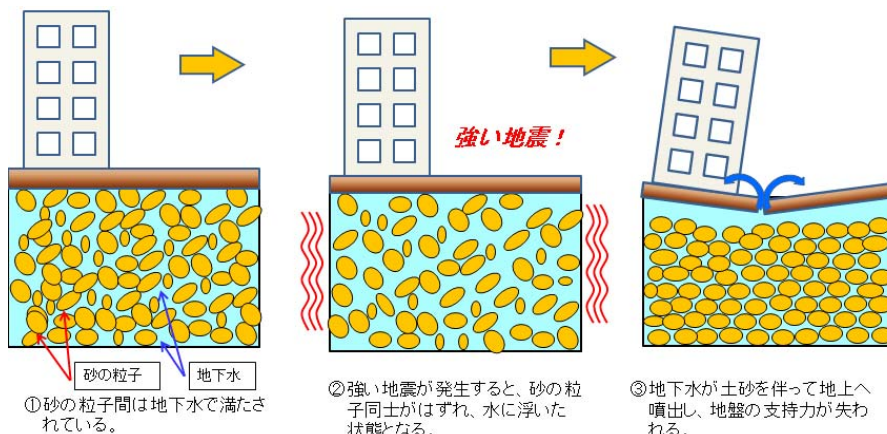


図-1 液状化解説図

2. 3 徳島大学大学院 渦岡教授による講演

渦岡教授による「液状化の予測と対策」の講演では、東日本大震災や過去の新潟地震による川岸町アパート液状化、阪神・淡路大震災でのポートアイランド一帯の液状化等の大きな液状化被害事例に基づく、地面の移動やマンホールの浮き上がりなど液状化の被災パターンについての説明がありました。なお、東日本大震災には、東北地方でも液状化被害は発生していたと思われるものの、その後の津波により液状化の調査が困難であったとのことでした。

液状化の予測では、以前は液状化の発生の有無を予測していたものが1990年代以降は、室内試験、模型実験、被災事例の検証などにより地盤や構造物の変形を予測するなど解析法が進歩しており、広域の液状化予測のための簡易な方法、構造物の変形量まで予測できる詳細な予測方法等について、最新の知見に基づく技術的な説明がありました。最後に、液状化対策としては地盤改良が概ね有効であり、今後は戸建て住宅向けなどの合理的で経済的な工法の開発が必要である、との話で締めくくられました。



写真-3 渦岡教授による講演の様子

3. おわりに

今回の講演会は地元企業や行政関係者、一般参加者等約370名もの参加をいただき、開演前に椅子を追加するなど当初予定の300人を大幅に上回り、液状化被害に対する関心の高さを感じました。

講演終了後のアンケートでは、約9割以上の参加者が、液状化対策の必要性を感じており、特に、生々しい動画を交えた浦安市の被害状況を目の当たりにして、液状化の怖さ、対策の重要性を再認識した等の感想が寄せられました。



写真-4 満員となった会場

供用後25年を経過した瀬戸大橋の維持管理

本州四国連絡高速道路(株)坂出管理センター
橋梁維持第一課長 楠原栄樹

1. はじめに

昭和63年4月10日に供用して25年を経過した瀬戸大橋は、岡山と香川を道路と鉄道で結ぶ基幹交通軸として不可欠の存在となっています。本州四国連絡高速道路株式会社（以下「JB 本四高速」といいます）では、この瀬戸大橋を200年以上の長期にわたって利用していただける橋とすべく万全な維持管理に努めています。本文では、瀬戸大橋の維持管理の概要について紹介します。

2. 維持管理の基本方針

JB 本四高速では、民営化前の本州四国連絡橋公団時代より「予防保全」の概念を取り入れ、橋の供用時点から図1に示す様なフローのもと維持管理を行っています。このフローに従い維持管理を行うことにより、点検により発見した初期の段階の劣化を早期に補修することが可能となり、長寿命化とライフサイクルコストの縮小を行っています。また、補修等の実施にあたっては、劣化を抑制する方策についての技術開発も実施しています。

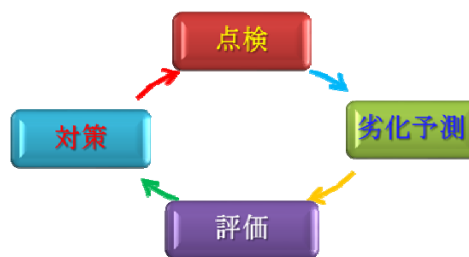


図-1 維持管理フロー

3. 点検管理

予防保全の実施にあたっては、劣化の状態を早期に発見することが重要となります。JB 本四高速では独自の「点検管理要領」を制定し、長大橋については、作業車等を使用して点検部位に近接する基本点検を2年に1回、第三者被害の防止を目的とした遠望目視による巡回点検を3ヶ月に1回の頻度で実施し、表1に示す損傷ランク毎に分類し、データベースに登録します。

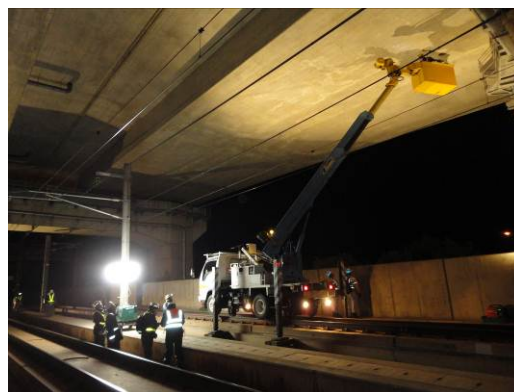


写真-1 鉄道上の打音点検状況

また、瀬戸大橋には1日約150本の鉄道が運行しており、鉄道直上の点検は鉄道の営業が行われていない深夜に行っています(写真1)。さらに、効率的な点検を実施するため、赤外線カメラによるスクリーニング技術等も適用しています。

点検結果をもとに、橋の健全度評価を毎年実施していますが、25年を経過した現在でも十分に健全な状態が維持されています。

表-1 変状の判定基準（構造物）

判定	変状の状況
E	第三者に対して被害を及ぼす、または安全な交通を損なう恐れがあり、緊急補修の必要がある場合
A	変状が著しく、安全性能または使用性能から見て、緊急補修の必要があるもの（E判定以外のもの）
B	変状があり、安全性能または使用性能の低下が見られ補修が必要であるが、緊急性を要しない場合。または、予防保全の見地から補修が必要な場合。
C	変状はあるが、安全性能又は使用性能の低下は見られない。変状の進行状況を継続的に観察するか、または、詳細調査を実施する必要がある場合。
D	変状が軽微な場合
Q	変状の有無・程度の判定が困難で、別の方法により再点検する必要がある場合。

4. 主要な保全業務

点検で見つかった変状は、現在の状態が構造に影響を及ぼす程度まで進展する時期を考慮し、優先順位の高いものから補修等の作業を行います。しかしながら、長大橋梁群で構成される瀬戸大橋では、補修対象となる数量が莫大となるため、計画的に補修を実施するだけでなく、耐久性が高く効率的な施工法を選定する必要があります。以下に、代表的な補修方法を紹介します。

4. 1 塗替塗装

瀬戸大橋の橋桁や主塔は鋼鉄製であり、錆の発生を防ぐために図2に示す重防食塗装が施されています。この塗装の特徴は、最下層のジンクリッチペイントに含まれる亜鉛粒子の犠牲陽極作用により鉄が錆びる前に自分自身が錆びることで鉄の腐食を防止しています。また、下塗り層のエポキシ樹脂は接着剤に似た材料で、錆の原因となる水分を遮断する役目を担っています。しかし、エポキシ樹脂は紫外線に弱いため、紫外線に強い塗料を上塗り層として採用しています。なお、中塗り層は、塗料の種類の違う下塗り層と上塗り層がはがれない様にするための接着層になっています。このような塗膜構成のため、劣化速度の速い下塗り層が表面に現れる前に中塗り層と上塗り層のみを塗り替えることにより長期間にわたり安定した塗膜を維持しています。

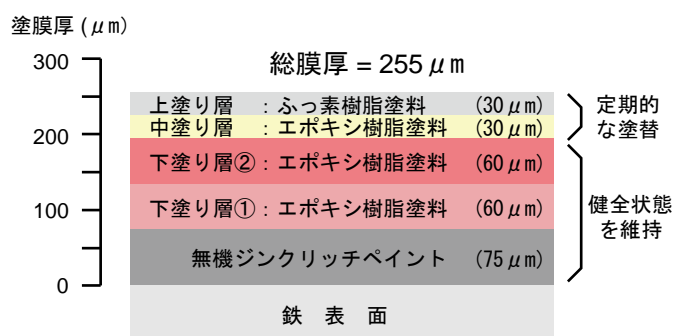


図-2 重防食塗装

本州四国連絡橋3ルート of 塗装面積は約400万m²であり、その半分弱の約180万m²が瀬戸大橋の塗装面積です。瀬戸大橋では桁外面作業車等を足場として使用するため1年間に塗り替えることができる面積は7万~10万m²であり、瀬戸大橋全体を塗り替えるだけで20年程度必要ですが、塗替塗装を行っている間にも塗装の劣化は進行するため、劣化が進行状況を把握しながら計画的に作業を実施しています。写真2および写真3は塗替塗装を行っている状況です。



写真-2 素地調整の状況



写真-3 上塗りの施工状況

4. 2 主ケーブル防食

吊橋を支えている主ケーブルは、交換することが非常に困難な部材であるため、腐食しない環境で維持管理していくこととしています。

様々な実験や検討の結果、ケーブルの中に乾燥した空気を送り込んで防食を行う「ケーブル送気乾燥システム(図3)」を開発し、世界の吊橋の中で初めて明石海峡大橋に適用しました。瀬戸大橋の吊橋3橋(下津井瀬戸大橋、北備讃瀬戸大橋、南備讃瀬戸大橋)でも、供用後約10年が経過した1998年～1999年にケーブル送気乾燥システムが導入され、写真4に示す送気バンドの増設に代表されるような改良を加えながら主ケーブル内を管理基準値である相対湿度40%以下の状態を概ね達成しています。

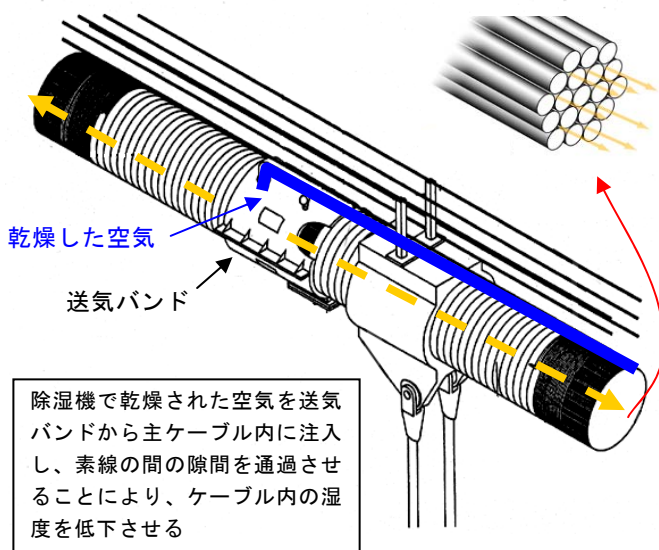


図-3 ケーブル送気乾燥システム概要

一方、主ケーブルは橋の両端でアンカレイジと呼ばれる巨大なコンクリート製の基礎に定着されていますが、その定着部であるスプレー室にも除湿機を設置し、素線の腐食を防いでいます。

なお、スプレー室は非常に巨大な空間であるため、ケーブルの周囲にテントを設置し(写真5)、除湿対象体積を縮小することにより効率的な除湿機の運転を行っています。



写真-4 送気バンドの増設状況



写真-5 スプレー室内のテント設置状況

4.3 海中基礎防食

瀬戸大橋の海中基礎は、工場で作られた鋼ケーソンを支持地盤上に設置し、水中コンクリートを打設して建設されています。建設段階において鋼ケーソンはコンクリートの型枠として位置づけられていましたが、外壁の腐食によって基礎の一体性が損なわれることが懸念されたため、現在防食工事が進めています。基本的な工法は、潮位変動の影響を受ける部分に対して塗装を施し、海中部にはアルミニウム合金製の犠牲陽極を設置する電気防食としています。しかしながら、水深の深い基礎では犠牲陽極の設置作業が不経済となるため、図4に示す様に海中の陽極から微弱電流を流し、海中のカルシウムイオン(Ca²⁺)やマグネシウムイオン(Mg²⁺)の電気化学的な作用を利用して鋼ケーソン表面に炭酸カルシウム(CaCO₃)や水酸化マグネシウム(Mg(OH)₂)の析出膜を生成させ防錆を行う電着工法を採用しています。写真6は、周辺環境への影響を低減し、高い品質で施工できるドライボックスを用いた鋼ケーソン塗装の状況です。

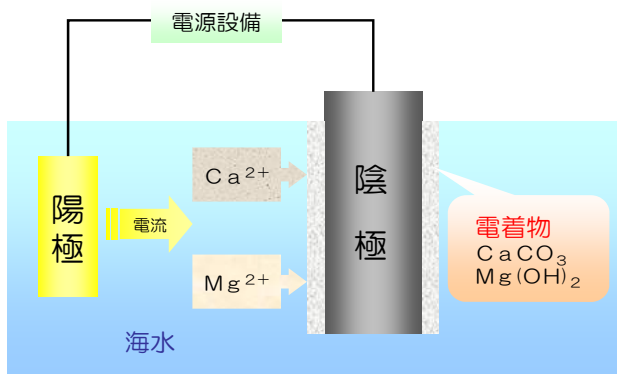


図-4 電着工法の概念図



写真-6 ドライボックスによる施工

4. 4 鋼構造物の疲労

瀬戸大橋には鉄道荷重が作用することから、当初の段階より鉄道荷重が作用する構造部材には疲労を考慮した設計が行われています。疲労進展の要因の一つとして、溶接部に生じた空隙等が考えられますが、瀬戸大橋では許容値よりも小さな空隙についても、その位置と大きさを全て記録しており、経年変化が発生していないかの確認を行っています。現在のところ、これらの進展は認められておらず、主要な構造部材には疲労上の問題は発生していません。

一方、道路荷重のみが作用する部材については、設計当時に疲労設計の概念が十分に導入されていなかったことから、当時の一般橋と同様の構造となっています。そのため、構造的に弱点となる部位を抽出し点検を実施した結果、斜張橋である櫃石島橋と岩黒島橋の鋼床版を支える縦桁の垂直補剛材に 11 箇所の初期疲労亀裂(写真7)の発生を確認しました。この亀裂は、解析等により鋼床版構造に影響を与えるものではないことを確認していますが、同様の構造部位が約 1400 箇所に及ぶことから、適切な補修方法の検討後に補修に着手する予定です。



写真-7 疲労亀裂発生箇所

5. 耐震補強

瀬戸大橋の耐震設計は、紀伊半島沖および土佐沖で発生が予想されるマグニチュード 8 程度の地震を対象に実施していますが、政府の中央防災会議等の東海、東南海地震の情報をもとに地震動の見直しを行い、平成 24 年度の補正予算により耐震補強工事を実施する予定です。

6. おわりに

瀬戸大橋は 25 周年を迎えましたが、200 年以上を目標とした維持管理のうち、僅か 1/8 が経過したばかりであり、これから本格的な維持管理段階を迎えます。JB 本四高速では、安全、安心、快適に本州四国連絡道路をご利用いただけるよう、今後も本文で述べた様な万全な維持管理を行ってまいります。

中小河川における効率的な維持管理手法の検討について

四国地方整備局 河川部

地域河川課 計画係長 宮田 晃

1. はじめに

四国地方は地質が脆弱であると共に、台風常襲地帯として多雨地域が広がり、水害が発生しやすい自然状況下にある。特に平成16年の台風では洪水流、土石流による災害が四国内各地で発生し、上流部における大規模な山腹崩壊や下流部における土砂堆積による洪水氾濫の危険性の高まりなど記憶に残るものとなった。

四国の中小河川においては、急流河川特有の洪水到達時間が短い特徴に加え、近年では局所豪雨（急激な水位上昇）が頻繁し、水害リスクの増加が懸念されており、河川管理者としては洪水流に対する災害を予防する観点からも、日頃からの河川の維持管理が重要とされている。したがって、災害事象へのプロセスを明確にし、その事象が発生する可能性やその影響を踏まえて適切なタイミングで適切な判断が行えるよう、河道や施設の時間的、空間的変動を継続的に把握する必要がある。

直轄河川においては、各基礎データが充実し、定期的な維持管理が実施されているが、図-1に示すとおり、中小河川においては膨大な管理延長に加え、人員や予算の制約により洪水時の観測や縦横断測量等の基礎データが乏しく、堤防除草、河川巡視による点検も、巡視員の判断や住民からの通報・要望により実施されることが多く、不定期にならざるを得ず河川の維持管理が十分に実施できないことが多い。

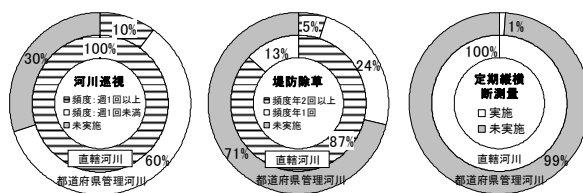


図-1 直轄河川と都道府県管理河川の維持管理状況

また、四国四県の河川の維持管理に関するアンケート調査結果¹⁾も踏まえると、人員や予算の制約の中で河川管理者自らが河道の流下能力を確認し、土砂堆積や樹木繁茂の状況を定量的に評価するための効率的な維持管理手法の確立が求められていることが明らかとされている。

本報告では、このような背景を踏まえ、中小河川において効率的に維持管理を継続していく手法について、中央大学研究開発機構 福岡教授の指導のもと、四国管内の工業高等専門学校（以下、「高専」という）の学識者、県及び整備局の河川系職員による「河川の維持管理（土砂問題）に関する勉強会（以後「勉強会」という。）」を平成21年度に立ち上げ、官学共同研究を進めてきた取り組みについて紹介を行うものである。

2. 勉強会での検討内容

「中小河川における効率的な維持管理手法」を検討するための勉強会での一般的な調査フロー及び各機関の役割分担は以下のとおり（図-2及び表-1参照）。

【調査フロー】

研究内容は大きく二つに分かれており、一つは、中央大学研究開発機構 福岡教授による「樹木繁茂や土砂堆積による影響は洪水流の水面形の伝搬速度に明確に表れる²⁾」との考えから、縦断的に設置された簡易圧力式水位計による洪水時の計測データから河道内変化を把握する手法を採用した。

もう一つは、上記の計算手法による河道内変化の把握に際し、より具体的に計算結果を補完するために、河川の維持管理状況等の履歴を保存する「河道管理カルテ」を作成することとした。これは、

「河川の維持管理が経験に基づく知見の集約に技術的に強く依存しており、河川カルテの空間的・時間的な履歴を活用して、その内容を分析・評価することが維持管理上重要である³⁾」との考えから採用している。

すなわち、効率的な河川維持管理手法として、水理計算により河道内の水面形や流量の変化を水位計設置区間毎に把握し、定期的な巡視等により作成した河道管理カルテとの比較によって、その変化の原因（土砂堆積、樹木繁茂等）を特定し、必要に応じて対策（河床掘削、樹木伐採）を実施し、データを更新する等の作業をルーチン化させるもので、河川維持管理計画のフォローアップにも繋がるものとなる。

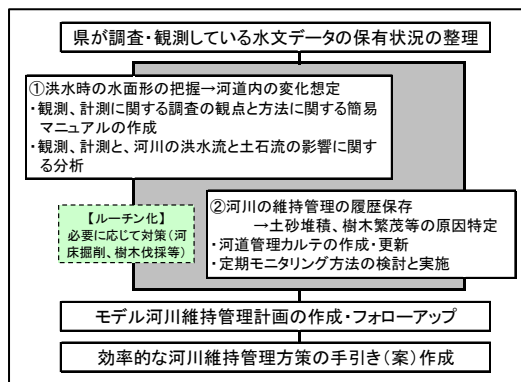


図-2 調査フロー

【各機関の役割分担】

【各県】

- ・ 県管理河川の維持管理に関する現状と課題を整理
- ・ モデル河川の維持管理計画（案）を作成・試行
- ・ 洪水時の取得データ（圧力式水位計含む）のデータを整理し、高専へ提供
- ・ 現場事務所での流下能力変化の評価手法の検討及び洪水・土砂の流出特性の把握状況を勉強会で報告（高専と共同）
- ・ 河道管理カルテの試行（高専と共同）
- ・ 勉強会で報告された内容について、維持管理計画（案）に反映できる箇所から修正・試行

【各高専】

- ・ モデル河川において、現地調査、定期的な測量、河床材料調査、流量観測等を実施
- ・ 各県からの出水時の提供データにより水理解析を行い、流下能力変化の評価手法の検討、洪水・土砂の流出特性の把握について、勉強会で報告

【四国地方整備局】

- ・ モデル河川への圧力式水位計の設置及び管理
- ・ 流下能力変化の評価手法の検討（簡易解析ツール、河道管理カルテ（案）の検討）

各機関より勉強会で報告された内容については、今後の課題を各機関で整理し、再検討を繰り返し実施した。

表-1 各機関の役割分担

項目	高専	県	整備局
県管理河川の現状と課題の整理		○	
取得データ(水位・流量等)の提供	←	○	
圧力式水位計の設置及び管理			○
河川維持管理計画の作成		○	
観測データの回収	←	○	
水位計設置断面及び必要区間の測量	○		
観測データの整理、分析、評価	○	○	
流下能力変化の評価手法の確立	○	○	○
洪水・土砂の流出特性の把握	○	○	
今後の課題整理	○	○	○
河川維持管理計画への反映		○	

3. 水面形の把握による河道内の変化

縦断的に設置された簡易圧力式水位計の洪水時の計測データから河道内変化を把握する手法を説明する。

簡易圧力式水位計（主な特長は図-3 参照）を河川縦断的かつ連続的に高密度配置（概ね 2km 間隔で十分な精度が得られる）することにより、洪水の増水時から減水時までの時系列の縦断的な水位変化（痕跡水位）が得られる。この得られた水面形（痕跡水位）及び一次元不定流計算（洪水時のような流量変化のある実河川の水面形を再現するための手法）等による時系列的な

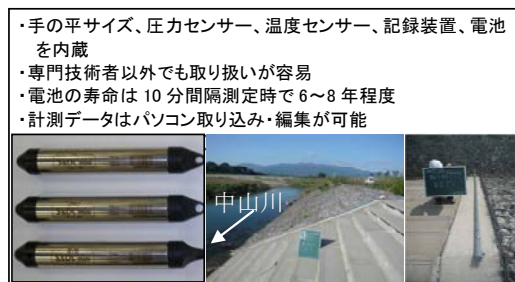


図-3 簡易圧力式水位計の主な特長⁴⁾

水面形を比較することにより、洪水前後に生じた河道内の変状（土砂堆積、樹木繁茂等）を推測するものである。（図-4 参照）

水理計算で使用する河道の横断形状は既存の測量データより、水位計設置断面については高専で追加測量を実施した。なお、中山川では、既存の測量データ（200m ピッチ）及び水位計設置断面のみを使用した水理計算の妥当性を検証しており、洪水ピークの時間帯で水位差は10～15cmであり、川幅及び低水路幅が縦断的にほぼ一樣になっている河川では計算に使用する横断面を少なくしても、河道内の変化を見分ける簡易水理計算として十分な精度が得られることを確認している⁵⁾。

このため、既存の測量データがなく、測量には多額の費用を要する場合の対処方法として、水位計設置断面のみを簡易な現地測量や、航空写真・LPデータ等により机上での8点近似断面作成手法を提案し、河川管理者自らの作業を可能にすると共に、コストの縮減を図った。

また、水理計算においても河川管理者自らが実施できるように、河川の横断面データ（既存の測量データ又は8点近似断面データ）及び簡易圧力式水位計の時系列データ、河道内樹木群粗度係数を入力値として、一次元不定流計算を行い、水面形や流量の時系列の変化を簡易に評価する「簡易解析ツール」を開発した。この場合の「簡易に評価」とは、アウトプットされた水面形と簡易圧力式水位計データ（痕跡水位）とを比較し、一致しない区間において横断面データの河床高及び樹木群の粗度係数を調整し、土砂堆積、樹木繁茂等の河道内の変化を推定するものであるであり、簡易解析ツールを用いた計算結果についても、旧吉野川での再現計算において、当該目的を満たす十分な精度が得られることを確認している。

なお、簡易圧力式水位計の設置等の簡易マニュアルもとりまとめた。（図-5 参照）

4. 河道管理カルテ

上述した水理計算結果のみでは、河道内の変化を把握するだけの十分な精度はないと考えられる。このため、計算結果を補完する平常時からの河川巡視（土砂の堆積、樹木の繁茂状況）を履歴として保存する「河道管理カルテ」が重要で、水理計算で把握した河道の変状想定箇所と河道管理カルテより、河道の変化の要因を河川管理者自らが特定し、必要な対策を講じることで効率的な河川維持管理へと繋がる。

河道管理カルテは河川カルテ作成要領⁶⁾を参考に一定区間毎（概ね1km毎）に平面図、航空写真で距離標により区分し、代表的な横断面図、橋梁からの定点写真、流下能力図を見ながら、平常時の河川巡視により河道内の変状の要因となる河道内樹木、土砂堆積の状況や局所洗掘（水衝部）、漂流物（流木）、不法投棄の有無、生物の生息状況、背後地の状況、住民からの要望等を記載するもの

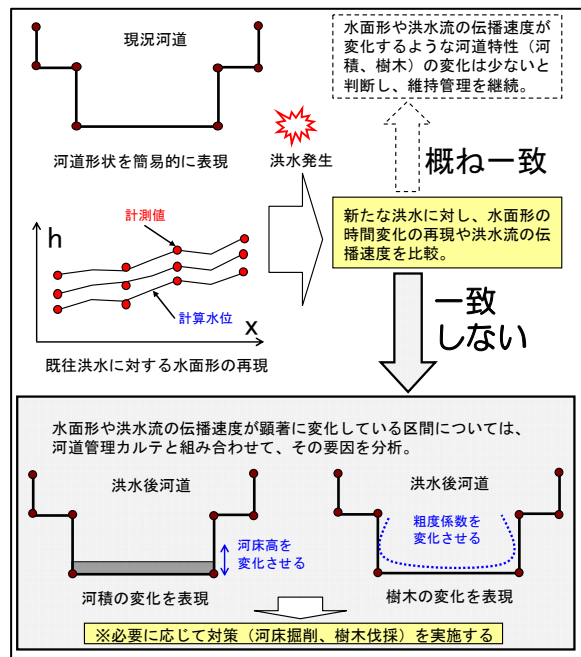


図-4 簡易水位計を用いた河道管理のイメージ

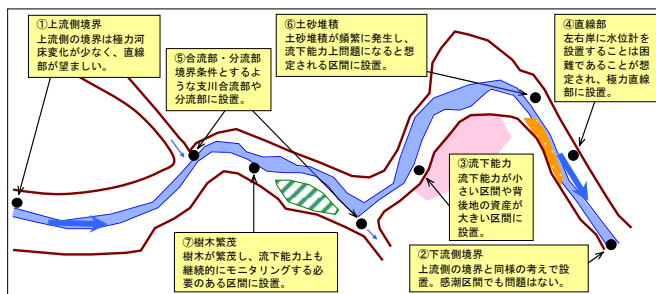


図-5 河道管理を想定した水位計の設置位置

で、実際に使用する現場担当者にもヒアリングを実施し、最小限の項目で長く続けられるよう、また更新し易いようにカルテの様式を作成した。

(図-6参照)

さらに、河川構造物周辺の局所洗掘等による被害を未然に防止するために、護岸、橋脚、堰、床固め等の河川構造物の維持管理履歴、被災履歴等の定期モニタリングを目的とした河川管理施設カルテも作成しており、定点写真の簡易なカルテへの取り込み手段やデータ蓄積、閲覧方法等も検討している。

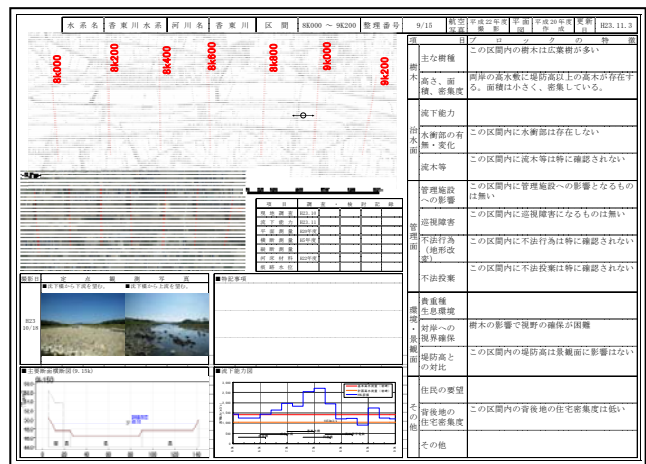


図-6 河道管理カルテ (香川県高松市：香東川)

5. まとめ、今後に向けて

河川管理者は、河道の現状把握を実施しなければ、適正な維持管理を行えないばかりでなく、維持管理に関する事業の必要性を第三者に示すことができない。

中小河川において、直ちに直轄河川の維持管理水準まで向上させることは困難であるが、戦後整備を進めてきた社会資本の維持管理の重要性が近年指摘されており、この課題を解決するために維持管理部門の技術基準類の整備や全国での様々な検討、ワーキングが実施されている。四国では、「中小河川における効率的な維持管理手法」を検討するため、平成21年度から勉強会を10回開催してきた。現在では、河川管理者自らが継続的に河道の現状把握を実施するため、河道特性変化の「見える化」を図るためのツール（簡易解析ツール、河道管理カルテ等）が河川管理者へ提供できるものとなりつつあり、今後更なる運用に向けたツールの実効性を高めていくこととしている。

さらに、平成24年度からは、河川の形態や降雨・流出特性の異なる太平洋側の河川（桑野川（阿南高専、徳島県）、安芸川及び鏡川（高知高専、高知県））で新たに研究を開始させ、中小河川の河道特性に応じた検討を進めており、平成25年度には、現在までの取り組み結果について、勉強会にてとりまとめる予定である。この取り組みにより、今後、河川管理者自らが効率的に維持管理を進める選択肢が増え、少しでも減災に繋がれば幸いと考える。

謝辞：本報告にあたり、中央大学研究開発機構 福岡捷二教授、高知工業高等専門学校 岡田将治准教授、香川高等専門学校（現 秋田大学） 渡辺一也講師、阿南工業高等専門学校 湯城豊勝教授、長田健吾講師、四国四県の皆様には、度重なる勉強会において、貴重なご意見を頂きました。ここに記して、感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 四国技術事務所：H23中小河川洪水流等に関する対策検討業務報告書，2012.3
- 2) 福岡 捷二：洪水流の水面観測の意義と水面形に基づく河川の維持管理技術，土木学会河川技術論文集，第12巻，pp.1-6，2006
- 3) 河川砂防技術基準維持管理編(河川編)，2011.5
- 4) 国土交通省水管理・国土保全局防災課災害対策室：中小河川における圧力水位計を活用した河川管理手法，防災，第745号，2011.7.1
- 5) 岡田 将治：四国地方における中小河川の効率的な河道管理手法の検討，河川技術論文集，第18巻，2012.6
- 6) 国土交通省水管理・国土保全局河川環境課：河川カルテの作成要領について，国河管保第2-2号，2012.5.17

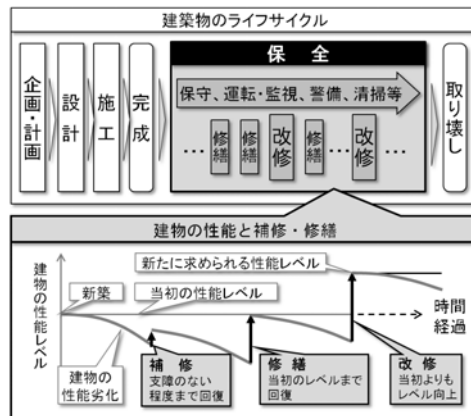
長期にわたり良質なストックとして活用するために
国家機関の建築物等の保全について

四国地方整備局 営繕部
 保全指導・監督室 室長 田北 実昭

1. はじめに

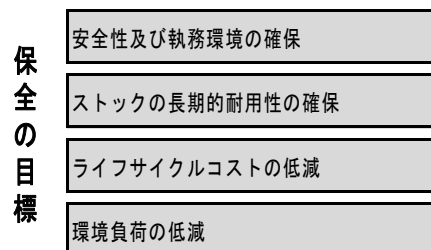
国家機関の建築物等は、各機関が国家事務を執り行う場であり、国民共有の財産です。しかしながら、経年による物理的劣化と社会の変化や技術の進歩に伴う社会的劣化が必ず起こります。したがって、それらの劣化を防ぎ、社会的、経済的に必要とされる性能・機能を長期にわたって確保し、維持し続けるために、適正な保全を実施することが求められます。

営繕部では、保全の適正化を図るため基準類等を整備し、必要に応じ各機関から保全の状況等の報告を求め、支障がある場合は改善に係わる技術的な助言・指導を行っています。



2. 保全の目標

国家機関の建築物等については、災害を防除し、公衆の利便を図り、あわせて公務の効率増進を図らなければならないものであり、長期にわたり良質なストックとして活用すると共に、適切な経費で効率的な維持管理を行うことが求められています。また、近年では省エネルギー化や温室効果ガスの排出削減を図る必要があります。

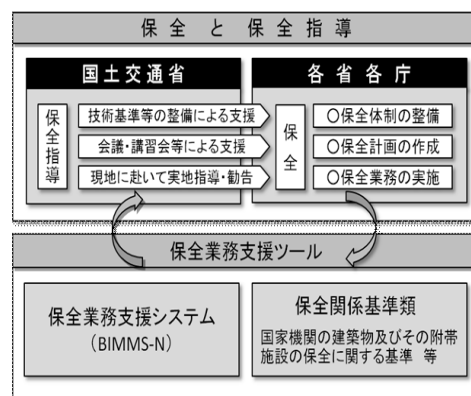


3. 「保全」と「保全指導」

国家機関の建築物等の保全や点検は、各省庁の施設管理者が実施しなければなりません。これは、「官公庁施設の建設等に関する法律（官公法）」の第11条や12条および「建築基準法」の第8条や12条に規定されています。

このほか、多くの建築物に係わる法律（消防法、建築物における衛生的環境の確保に関する法律、ほか）により施設管理者には様々な法定点検が義務づけられています。

一方、国土交通省による各省庁への保全指導という制度があります。具体的には、官公法に基づく定期点検に関する方法については、政令・告示等を定め、保全に関しては「国家機関の建築物及びその付帯施設の保全に関する基準」を制定しています。また、インターネットを活用した保全業務支援システム（BIMMS-N）により、毎年度、各省庁が実施している保全の状況を調査し（保全実態調査）、実施指導や会議・講習会等を実施しています。



■四国地区（香川）の保全連絡者会議の状況

4. 現地指導での不具合事例

現地において、営繕職員が保全指導・支援を実施した事例の一部です。タイルの落下等、直接職員及び外来者の安全に係わるものもあります。



■タイルが落下した非常に危険な状況



■避難上重要な扉が閉まらない状況



■室外機の運転機能低下

5. 国家機関の建築物等の保全の状況（保全実態調査の結果と評価）

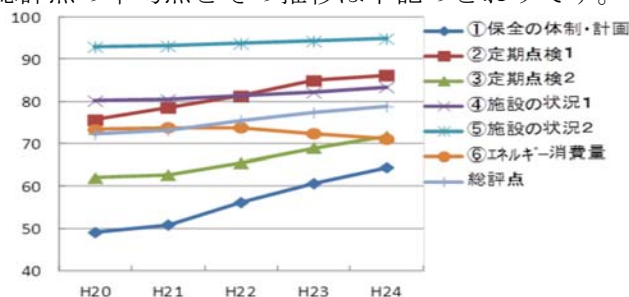
保全実態調査は、国家機関の保全の実態と問題点を把握し適正な保全を実施することを目的とした調査で、昨年度の調査実施施設数は、全国で11,154施設（うち四国地整管内555施設）でした。

保全状況の指針として評点を作成しており、保全実態調査項目の6つの項目について、それぞれ100点を満点として項目毎の評点を算出し、その評点の平均点を総評点としています。

各項目、庁舎等（宿舎を除く施設）の評点及び総評点の平均点とその推移は下記のとおりです。

評価項目	平均点
① 保全の体制・計画（保全の状況）	64.5(60.7)
② 定期点検1（建築・設備機器）	86.2(84.9)
③ 定期点検2（衛生・環境）	71.8(69.0)
④ 施設状況1（建築・設備機器）	83.4(82.1)
⑤ 施設状況2（衛生・環境）	94.8(94.3)
⑥ エネルギー消費量	71.1(72.4)
総評点	78.8(77.4)

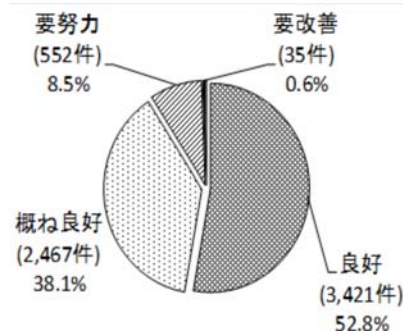
■評価項目・平均点（（ ）内はH23）



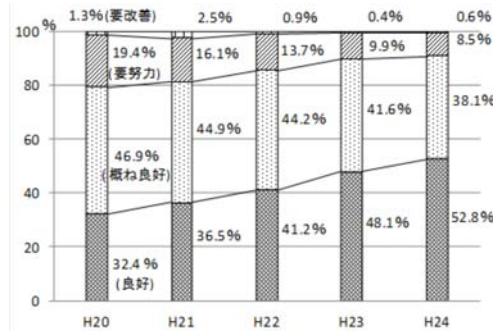
■各評点の推移

また、「総評点に対する判定」に従って、H24年度の結果を分析すると、良好と判断される割合（「良好」または「概ね良好」の合算）は、9割を超え、毎年向上していることが認められます。

総評点	所見
80以上	良好
60以上 80未満	概ね良好
40以上 60未満	要努力
40未満	要改善



■評価に対する判定及びその結果



■判定の割合の推移

6. 終わりに

厳しい財政状況の中、国民の共有財産である国家機関の建築物等は、今後も社会的経済活動の基盤として有効に活用されるべきものであり、その保全については、「環境負荷低減」「省エネ」を含めて、さらなる適正な取り組みが必要です。営繕部としては、なお一層の総評点の向上を目指し、保全指導に取り組むと考えています。

※「国家機関の保全の状況」の詳細については、http://www.mlit.go.jp/report/press/eizen02_hh_000073.html に掲載しています。

下水道施設の長寿命化対策について

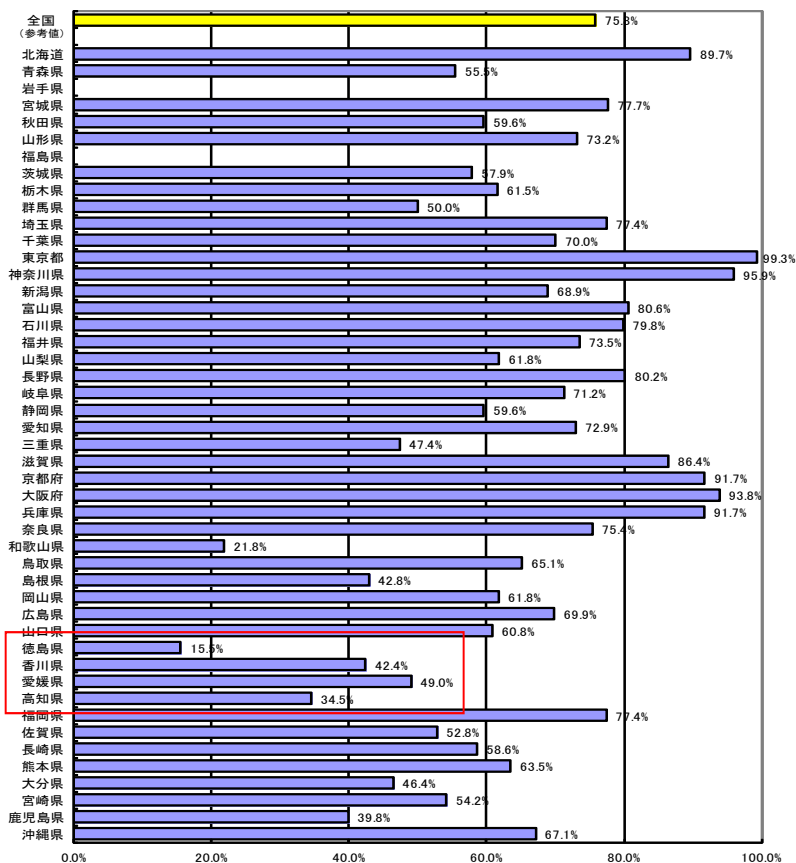
四国地方整備局 建政部

都市・住宅整備課 下水道係長 酒巻 政夫

1. 四国の下水道の状況

下水道は、生活環境の改善、浸水被害の防止といった私たちの身近な生活環境の改善を図る上で必要不可欠な施設です。四国地方における下水道事業は昭和初期に着手され、現在、公共下水道・特定環境保全公共下水道（都市下水路含む）64団体（33市3町1村）、流域下水道3団体（徳島県、香川県、高知県）4流域において、下水道の早急な普及にむけて事業を実施していますが、平成23年度末時点の下水道普及率は全国平均約7割に比べて5割未満と遅れています（図-1）。

また、四国地方の下水道による都市浸水対策達成率（1/5程度以上の整備）についても約45%（平成24年度末時点）であり、浸水に対する安全性の確保もできていない状況にあります。

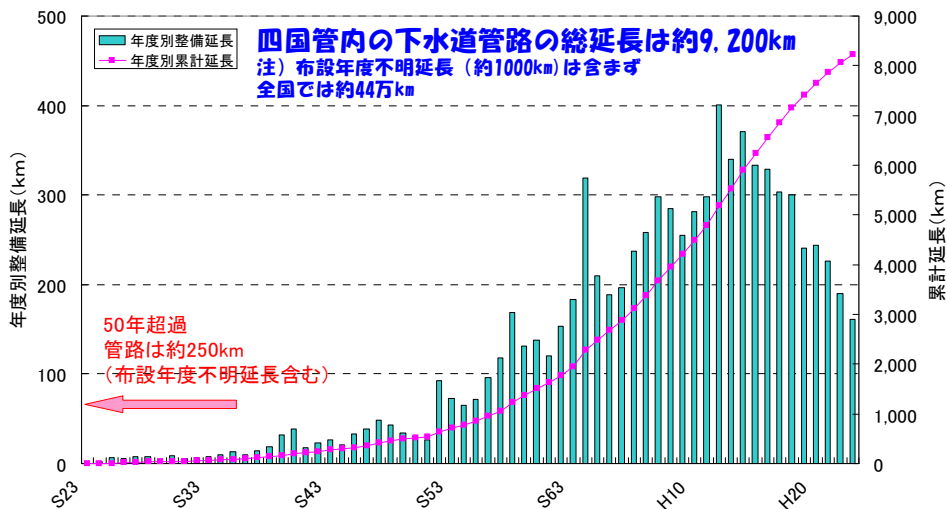


※東日本大震災の影響で岩手県、福島県において調査不能な自治体があり、2県を除いた45都道府県の数値

図-1 都道府県別下水道普及率（H23年度末）

下水道整備の進展に伴い、管路延長は約9,200km（全国約44万km）、処理場数は90箇所（全国約2,200箇所）にのぼるなど施設ストックが増大しています。また、下水道管渠の標準的な耐用年数とされている50年を超過している管渠延長は9団体で約250km（全国約1万km）に達しており、管路施設の老朽化等に起因した道路陥没も平成23年度には徳島市、高松市、松山市において33箇所（全国約4,700箇所）で発生しています（図-2,写真-3,4）。これら日常生活や社会活動に重大な影

響を及ぼす事故発生や機能停止を未然に防止するためには、計画的な補修などによる予防保全を重視した維持管理や、巡視・点検など日常管理の充実を図るなど、事後対応型から予防保全型の維持管理へ転換する必要があります。



図－2 四国管内の管路年度別整備延長



写真－3 管路、処理場の老朽化事例



写真－4 管路の老朽化等に起因した道路陥没

2. 下水道施設の長寿命化対策の概要について

下水道施設の役割を持続的に果たし続けるためには、地方公共団体の厳しい財政状況、下水道管理職員数の減少など下水道事業を取り巻く社会情勢の変化を考慮しながら、現有施設の予防保全の徹底による長寿命化や改築更新時期、改築予算の平準化など、管理を体系的に捉え、計画的に取り組んでいくことが求められています。

【下水道施設の点検・調査】

予防保全管理型の維持管理、改築更新を着実に実施するためには、日常の維持管理において、下水道施設の点検・調査を実施し、下水道資産の老朽化の状況を正確に把握・データベース化して、今後の計画的な改築・修繕計画の基礎データとすることが基本となります。

【下水道長寿命化支援制度】

下水道施設の老朽化による事故発生、機能停止を未然に防止するため、限られた財源の中でライフサイクルコスト最小化の観点で踏まえ、耐震化等の機能向上も考慮した計画的な改築更新を支援するため、平成20年度に「下水道長寿命化支援制度」が創設され、現在（平成24年12月末時点）で17団体24計画（全国415団体654計画）が策定され、優先順位の高い管路、施設（処理場、ポ

ンブ場) から順次、改築更新を進めています。また、老朽管の長寿命化対策として広く採用されている更生工法には、低廉な改築更新手法も開発されています(図-5)。

【ストックマネジメント、アセットマネジメントへの発展】

現在の下水道施設の長寿命化計画は、個別施設を対象としてライフサイクルコストの最小化を目的としていますが、今後はこの個別施設を集約し、下水道経営との整合を図りながら、下水道施設全体を最適化(改築事業費の低減及び平準化等)するストックマネジメントを推進していくことが重要となります。このため、国土交通省では下水道施設におけるストックマネジメント手法の普及促進を図り、現在の「下水道長寿命化支援制度に関する手引き(案)」の充実を図ることを目的として、「ストックマネジメント手法を踏まえた下水道長寿命化計画策定に関する検討委員会」を設置し、検討を進めています。さらに将来的にはストックマネジメントから、中長期的な財政管理を踏まえた施設管理であるアセットマネジメントへと発展させていくことが重要となります(図-6)。

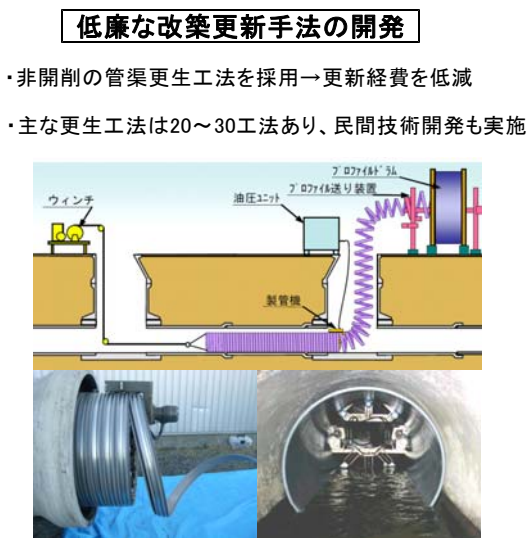


図-5 下水道管路の更生工法の施工例

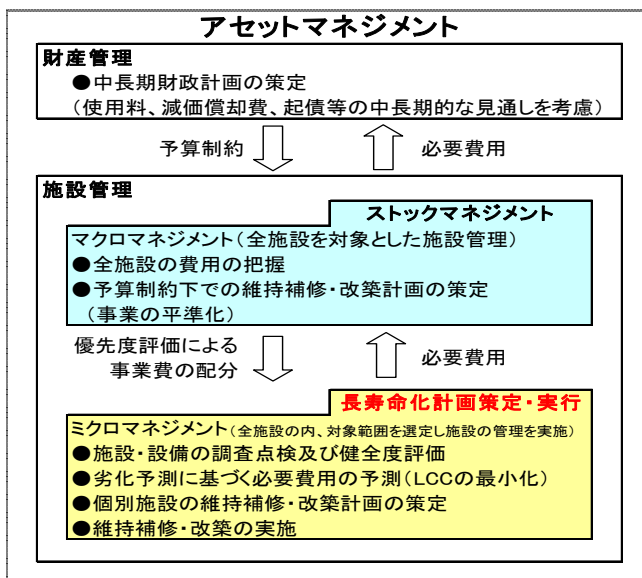


図-6 下水道施設のアセットマネジメント

3. 今後の下水道施設の長寿命化対策について

下水道の普及が遅れている四国地方においては、今後も新しい下水道施設の整備に加え、既存ストックのさらなる老朽化が進むとともに、前述した地方公共団体の厳しい財政状況、下水道管理職員数の減少など下水道施設の管理運営面の課題が増加することが予想され、今まで以上に適正な維持管理を踏まえた下水道施設の長寿命化対策が重要となってきます。あわせて、南海トラフの変動に起因した大規模な地震や津波の発生が懸念されていることから、個々の下水道施設における耐震・耐津波性能の確保や管路の液状化対策、下水道BCPの策定等の減災対策についても推進し、住民が安全で安心できる下水道サービスを継続的に持続する必要があります(図-7)。

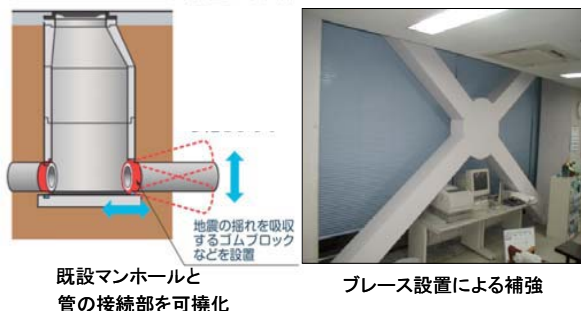


図-7 下水道施設の耐震対策事例

国道11号吉野川大橋（下り）の損傷発見に伴う緊急対応報告

徳島河川国道事務所

道路管理第二課長 松崎 久記

1. はじめに

徳島市に位置する国道11号吉野川大橋（下り）において、H23.11に行った橋梁定期点検により、箱桁内部のUリブ突き合わせ溶接部にき裂が発見された。

損傷状況から緊急対応の必要が有りと判断し、第三者被害や損傷拡大を防ぐため、H24.1.27～H24.3.28の間交通規制を行いながら詳細調査及び、補修工事を実施した。今回はき裂発見から交通解放するまでの約2ヶ月間で実施した緊急対応について紹介する。

本橋は、橋長1,137mの鋼床版箱桁橋で16径間から構成され、1972年の架設竣工から40年が経過した橋梁である。交通量は84,500台/日（H22センサス）と四国で1番多く、一次緊急輸送路も担う重要幹線道路に位置づけられている。

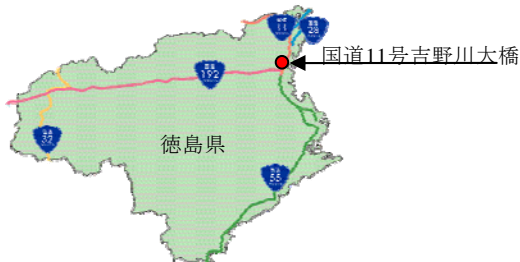


図-1 吉野川大橋（下り）位置図



写真-1 吉野川大橋（下り）

2. 発見されたき裂損傷

き裂は箱桁内部のUリブ突き合わせ溶接部において、塗膜割れ程度からUリブの全周方向に開口しているものまで発見された。き裂は第1径間から第4径間の現場溶接部に集中しており、その中でも中央車線付近において特に多く発見された。

目視による調査により U リブき裂損傷が確認されると、次に危惧されたのは U リブ内面の内在き裂の有無であった。U リブ外面からの目視では確認できないデッキプレートに貫通しているき裂が存在すると、路面陥没により走行車両へ影響を及ぼす恐れがある。そこでき裂発見から3日後、特に損傷箇所の多かった第1径間から第4径間の中央車線において交通規制を開始し、詳細調査に着手した。

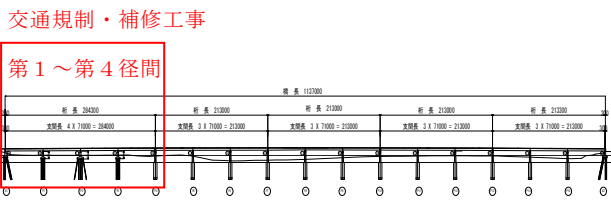


図-2 吉野川大橋(下り)側面図

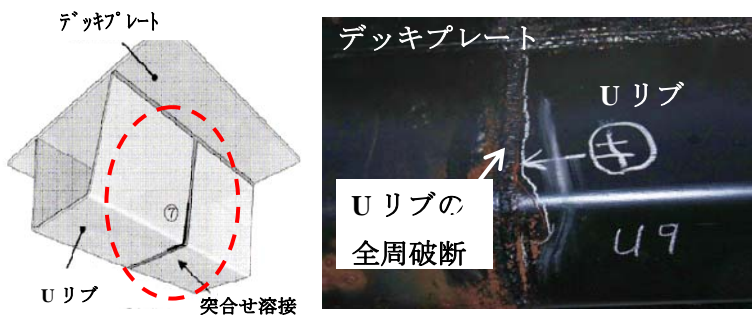


図-3 Uリブ突き合わせ溶接部の損傷状況

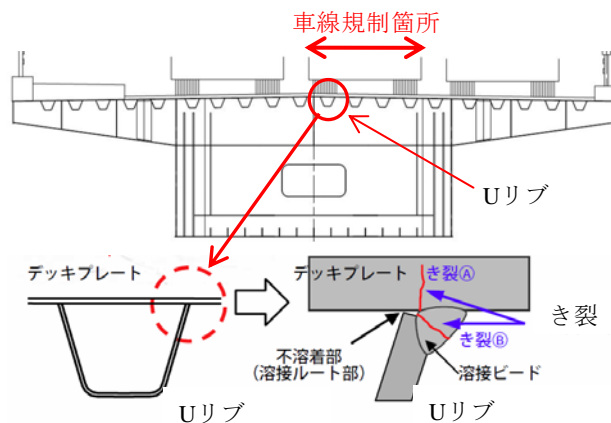


図-4 デッキプレート貫通き裂の概要

3. 詳細調査

デッキプレート貫通き裂の有無の確認のため詳細調査を鋼床版上面、下面から各手法で実施した。

初めに、鋼床版上面の調査範囲において舗装版を除去し、磁粉探傷調査、超音波探傷調査を実施した。調査範囲は発見された箱桁内部のUリブき裂損傷箇所が最も多い径間で、舗装面に亀甲状のクラックが発生している箇所を調査範囲として選定した。この調査でデッキプレート貫通き裂が発見されれば即、全線交通規制する緊張感のもと調査を行ったが、鋼床版上面からデッキプレート貫通き裂は、発見されなかった。

次に鋼床版下面（箱桁内部）から磁粉探傷調査、超音波探傷調査、ファイバースコープでのUリブ内面調査を実施した。全径間を対象に実施したが、調査の結果デッキプレート貫通き裂は、発見されなかった。

又、調査と並行し、橋梁の応力度照査を行うことにより、橋梁全体の安全性の確認も行った。

詳細調査の結果、最も緊急性が高い「デッキプレートへの貫通き裂」の対応はまぬがれた。この時点で、今回の緊急対応の対象を「Uリブ突き合わせ溶接部のき裂補修」と位置づけ、早期に補修することで走行車両の安全確保を図り、交通開放することとした。

4. 補修工事

発見されたUリブ突き合わせ溶接部のき裂は、全径間で268箇所へのぼり、そのうち交通規制を実施している第1径間から第4径間に123箇所発見された。

き裂の補修は、早期の交通規制解除の必要性や、車両を通行させながらの施工を考慮し、あて板による補修工法を採用した。

あて板による補修工法は、Uリブの損傷している箇所に鉄製の板を張り、ボルトで留めて固定する工法であるが、現場架設当時に仮設として用いたストロングバックが、Uリブ内に存置されていることが判明した。

ストロングバックが障害となりボルト挿入が困難なことにより、高力ワンサイドボルトを使用することで干渉を回避するとともに、時間短縮による早期工事完了も可能であるため、今回の現場条件から判断し採用した。



写真-2 鋼床版上面からの調査状況



写真-3 鋼床版下面（箱桁内部）からの調査状況

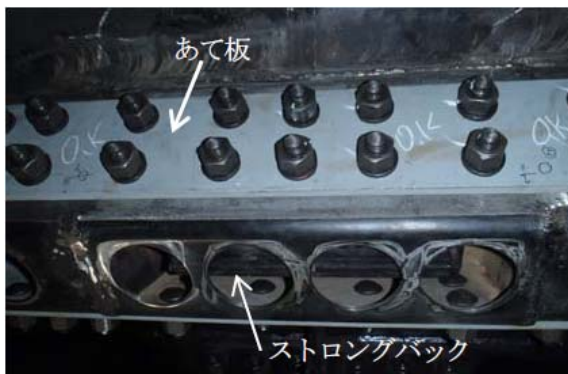


写真-4 ストロングバック存置状況

5. 緊急対応結果

損傷発見から約2ヶ月後、123箇所全てのあて板補修の施工が完了したことにより、床版に必要な強度が確保されたと判断した。

同時に2ヶ月にわたる交通規制を解除し、吉野川大橋（下り）における緊急対応を完了させた。

又、施工期間中はこまめな情報提供を検討し、

①交通規制前、詳細調査の状況報告、解除予定、解除時毎に記者発表

②ラジオ放送による規制のお知らせ

を行うことで、交通規制期間中に寄せられた渋滞への苦情等も少なく、広報の効果があったものと考えられる。



写真-5 あて板補強完了状況

6. おわりに

デッキプレート貫通き裂が発見されれば全面通行止め、という最悪の事態も想定しながら行った吉野川大橋（下り）の緊急対応であったが、判断プロセスにおいて、学識者からの技術的対応策の助言・指導や関係機関からの助言を受けながら対策を行うことで、2ヶ月という短期間の工事であったが、無災害で完了させることができた。

吉野川大橋の長寿命化に向けて、引き続き残りのき裂に対しても補修工事を実施中である。

橋梁の高齢化が進み、適切な維持管理が求められるなかで、本事例が少しでも皆様の参考になれば幸いである。

国道32号大豊トンネルの緊急点検について

土佐国道事務所

副所長 宮武 敏男

1. はじめに

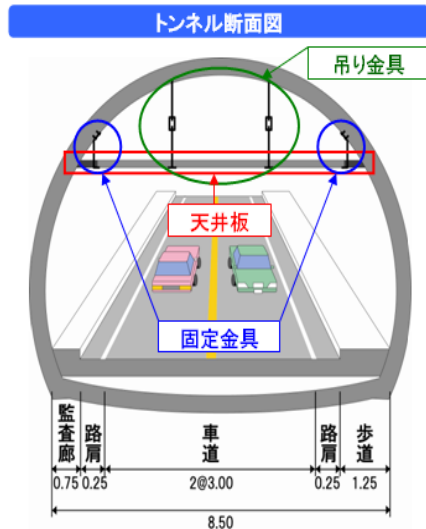
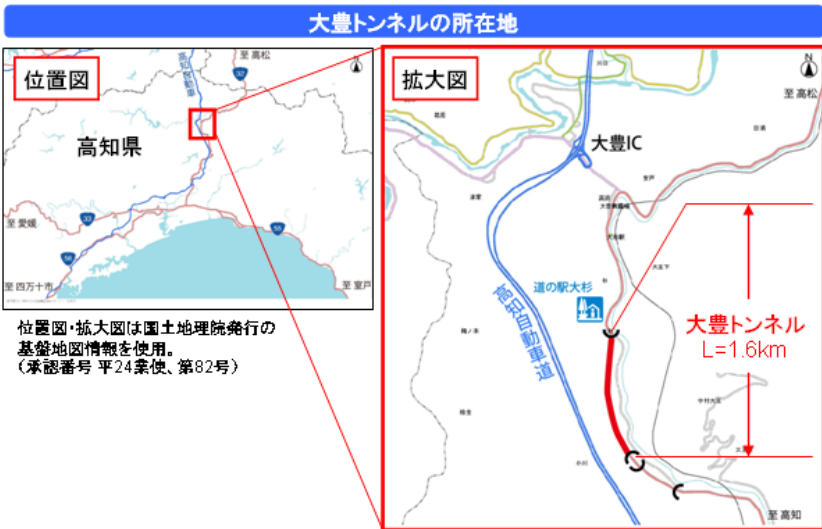
中央自動車道（上り線）笹子トンネル天井板崩落事故を受けて、国道32号の「大豊トンネル」の緊急点検結果や応急対策について報告するものである。

2. 1 大豊トンネルの概要

大豊トンネルは昭和52年に完成した延長1.6kmのトンネルで、高知側に換気設備及びトンネル全区間にトンネル天井板を用いた片側送気による半横流式の機械換気方式を用いたトンネルである。現在の交通量は5861台/日（H22センサス）である。

半横流式：トンネルダクトによりトンネル横断方向に送気し、車道を縦流して坑口より排気する。換気風は車道を縦方向に流れる。

大豊トンネルの概要	
名称	大豊トンネル
所在地	自：高知県長岡郡大豊町杉
	至：高知県長岡郡大豊町小川
延長	L=1.6km
完成年次	昭和52年
換気方式	半横流式



大豊トンネル(写真)

《起点側》



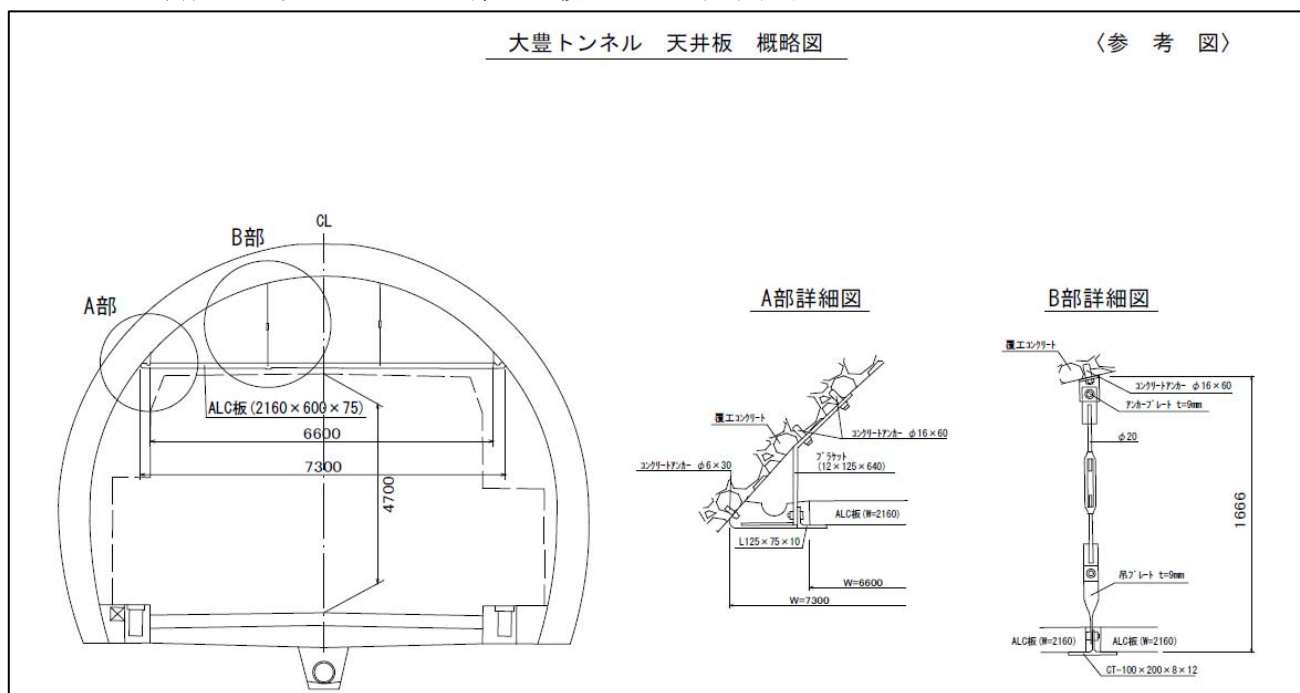
《終点側》



2. 2 大豊トンネル緊急点検概要

- 1) 実施日時：平成24年12月4日（火）～12月7日（木）（4日間）
- 2) 実施場所：国道32号「大豊トンネル」（高知県長岡郡大豊町）
- 3) 交通規制形態：片側交互通行（終日）
- 4) 点検項目
 - ①天井板の吊り金具と固定金具
 - ②天井板の吊り金具の固定部分付近および台座部の覆工コンクリートの健全性
 - ③天井板の変形・破損の有無
 - ④その他、天井板等の落下に繋がる可能性のある事象の有無
- 5) 点検方法
天井板の吊り金具を近接目視、打音検査及び触診
- 6) その他

平成24年12月3日に緊急点検について記者発表を実施



2. 2 大豊トンネル緊急点検結果

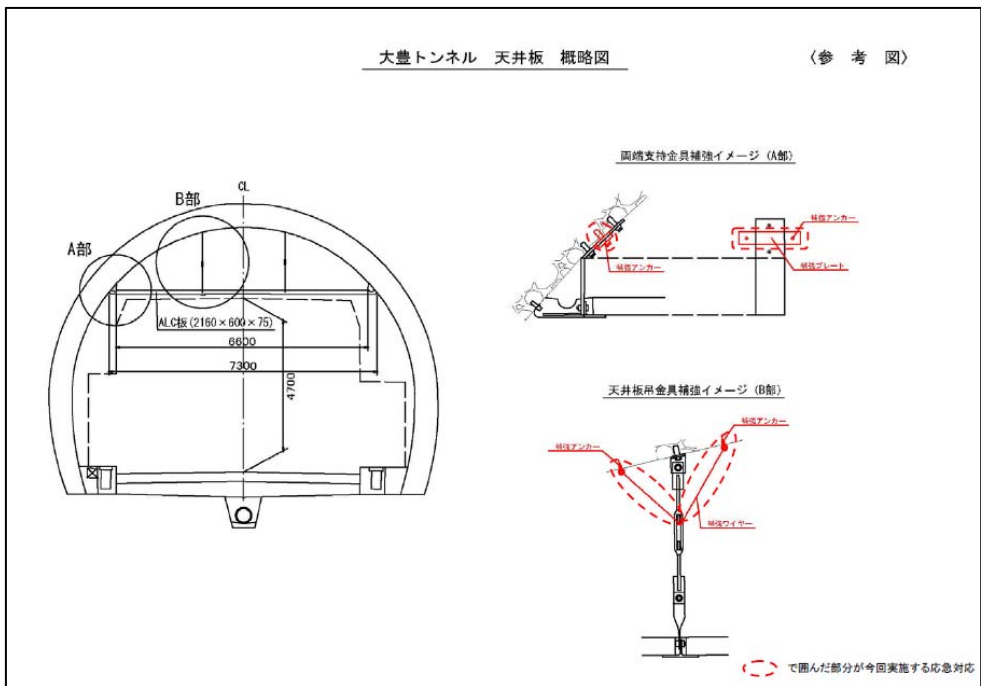
トンネル全区間において吊り金具、両端支持金具について近接目視、打音検査及び触診を行った結果、天井板の落下に繋がる異常は認められませんでした。

なお、確認された状況は下記のとおりです。

- ①両端支持金具ナットの欠損：約 3,200 箇所のうち 23 箇所
- ②吊り金具固定部コンクリートの浮き：約 1,600 箇所のうち 19 箇所

2. 3 大豊トンネル応急対応

大豊トンネル天井板の緊急点検（H24.12.4～12.7）の後、平成24年12月26日（水）から12月28日（金）の間で吊り金具および両端支持金具の補強を実施しました。

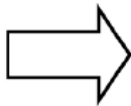


【補修状況写真】

H24.12.26～27施工

両端支持金具のナットの欠落(23箇所)

補修前



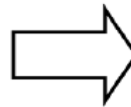
補修後

プレートおよびアンカーによる補強状況



吊金具定着部のコンクリートのうき(19箇所)

補修前



補修後

フェールセーフワイヤーによる補強状況



3. 終わりに

平成25年6月18日にトンネル天井板の落下事故に関する調査・検討委員会の報告書が出され、その中では、「各現場における構造物の経年変化、並びに、点検の実実施計画、計画を変更した場合には、その経緯等に関する情報が組織内で共有・継承されるように、特定の技術者や点検員が定期的に当該構造物の点検に携わるようにするなど、補修補強履歴等が確実に記録・保存される仕組みの構築やマネジメントの実施が重要である」と報告されており、各道路管理者が報告書を教訓に確実な維持管理等に行えるよう努力する必要がある。また、大豊トンネルの天井板の処理については撤去も含めた検討を実施中である。

四国の国有港湾施設の維持管理のあり方

四国地方整備局港湾事業企画課
施設維持管理係長 竹村 慎治

1. はじめに

四国の国有港湾施設の内、技術基準対象施設として主要な施設は約130供用しています。その内訳は、防波堤や護岸といった外郭施設が約50、航路・泊地といった水域施設が約30、岸壁・物揚場といった係留施設が約50となっています。これらの社会資本は、自然条件や利用状況によって大小の程度差はあるものの、日々確実に老朽化が進むため、いかに低コストで施設を延命化していくことが、今、大きな関心になっています。

本稿では、維持管理計画や予防保全計画の取り組みを紹介するとともに、今後の方針について述べていきます。

2. 施設の整備状況

これまで国が整備してきた港湾施設数と経過年数を図-1に示します。四国では、平均して港湾施設を整備してきており、その後、供用から50年を経過する施設がこれから徐々に増加していくことがわかります。

港湾施設は常に波の影響を受けており、その構造はコンクリートと鉄筋で構成されています。設計では、波浪条件やコンクリートの厚さを50年間もつように設定しており、言い換えれば、50年を経過すると施設はかなり老朽化が進んだ状態になっていることになります。そのため、いかに施設を延命化して供用期間を長く確保できるかが鍵になります。

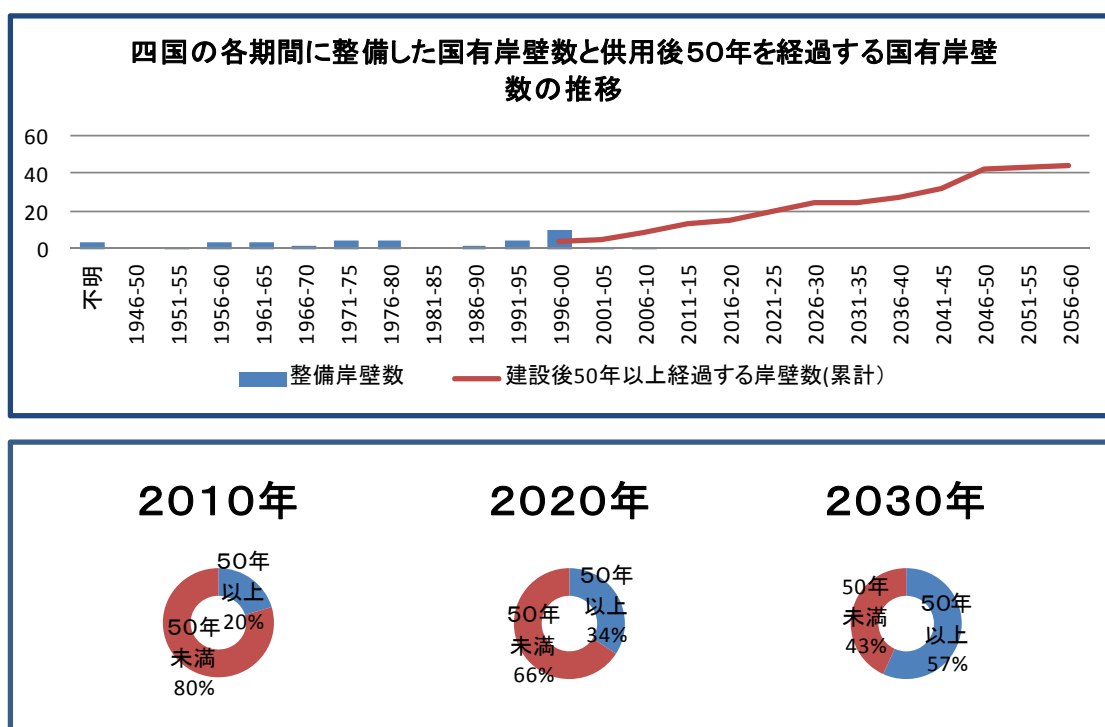


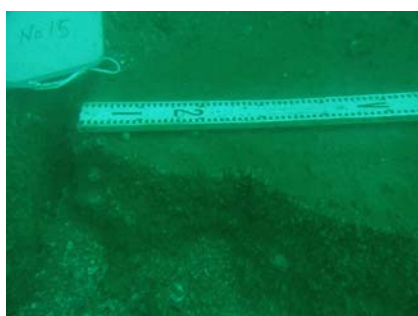
図-1 整備した施設数と経過年数（-4. 5m以深の係留施設）

3. 施設の状況

国有港湾施設の原状を把握するために、平成17～24年度にかけて現地調査を実施しており、そのときに損傷が見られた状況を写真-1に示します。

損傷の程度はa～dの4段階で分類し、総合的な評価をA～Dで判定することになっています。これらの判定は、個人的な差が生じないように「港湾の施設の維持管理技術マニュアル」に細かく指標が定められており、調査結果は後述する維持管理計画に反映して、個々の施設の状況を踏まえた予防保全計画を立案しています。

なお、調査結果については港湾管理者へ情報提供し、しかるべき対応をとっていただいていることを補足します。



フーチング損傷（海中）



エプロン擦付部クラック



上部工クラック



車止め損傷



コーナー材欠損



防弦材損傷

写真-1 四国の国有港湾施設の事例

4. 維持管理計画

国有港湾施設は、港湾管理者である地方自治体が管理することになっています。具体的には、平成19年度に定められた告示および省令（参考-1）により、施設ごとに維持管理計画を定めることになっており、管理委託契約書を交わし、実地監査によって国が維持管理状況を確認します。

維持管理計画書は、図-2に示すとおり、総論、点検診断計画、総合評価、維持補修計画の4構成で策定しています。また、四国では「四国ブロックの社会資本の重点整備方針」を定めており、その方針に従って、港湾施設の長寿命化計画策定に取り組んでいます。港湾空港部では、平成19年度から順次、維持管理計画書を定めて港湾管理者へ引き渡しているところです。

今後、定期点検の実施時期を迎える港湾施設に対して、確実に定期点検を実施できるように港湾管理者と協力して進めていきます。

○技術基準対象施設の維持に関し必要な事項を定める告示（維持告示）

（平成19年国土交通省告示第三百六十四号）

（維持管理計画等）

第二条 技術基準対象施設の維持管理計画等は、当該施設の設置者が定めることを標準とする。

○港湾の施設の技術上の基準を定める省令（技術基準省令）

（平成19年国土交通省令第十五号）

（技術基準対象施設の維持）

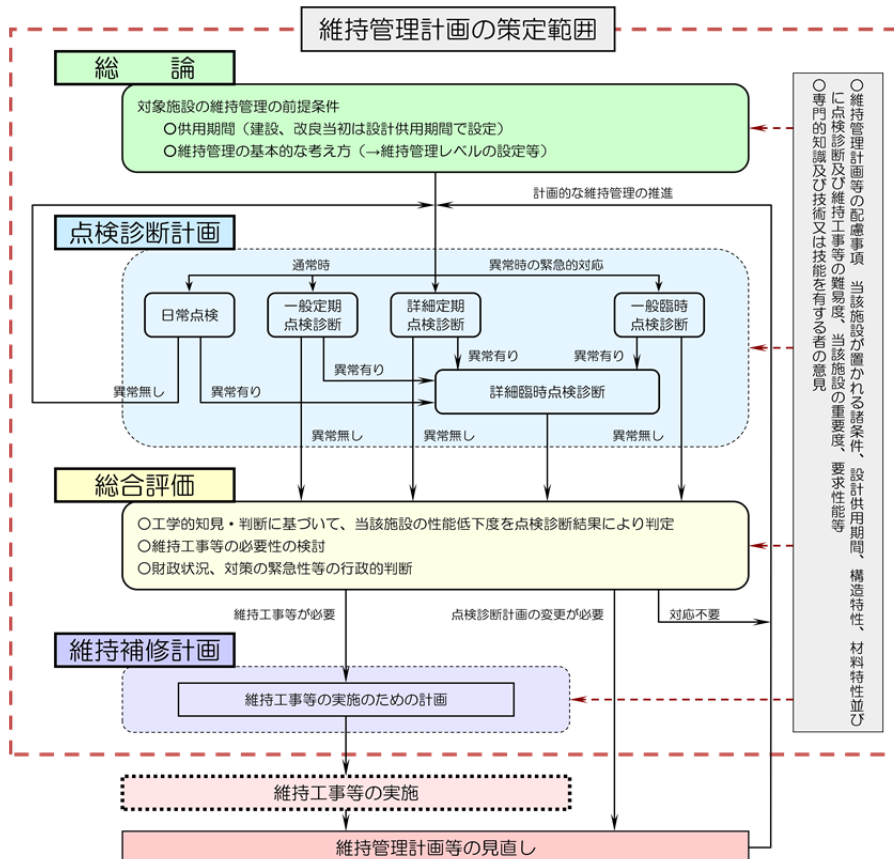
第四条 技術基準対象施設は、供用期間にわたって要求性能を満足するように、維持管理計画等に基づき、適切に維持されるものとする。

○管理委託契約書

（技術基準対象施設の維持管理）

第五条の2 乙は、港湾法第56条の2の2に規定する技術基準対象施設について、甲が定めた維持管理計画に基づき、維持管理を行わなければならない。ただし、天災等により、やむを得ない事情があると甲が認めるときは、この限りではない。

参考－1 告示、省令、契約書の抜粋



図－2 構成および内容

5. 予防保全計画

上述したように、各港湾施設は維持管理計画書に基づき、適切に維持管理されていますが、定期点検の結果、補修が必要と判断された場合、施設は供用しているため、迅速に対応しなければなりません。一方で、維持管理計画は人であれば個々のカルテのようなもので、そこには港全体を考えた補修計画のようなものは定められていません。実際に補修するとすると、施設の使われ方や頻度、港湾管理者の諸事情を港単位で考慮する必要があります。そのことから、表-1に示す条件のもと、港全体での予防保全計画を立てる必要があります。

港湾空港部では、1月に直轄事務所および港湾管理者に説明会を開き、2月に予防保全計画連絡調整会議（直轄事務所と港湾管理者）を開き、表-2に示す予防保全計画を立てました。今後はこの計画に基づき、港湾施設の効率的な維持管理を行うことにしています。

表-1 予防保全計画の概要

作成主体	国および港湾管理者が共同で作成
計画期間	5ヶ年
対象港湾	重要港湾以上
対象施設	国有港湾施設

表-2 予防保全計画（イメージ）

平成〇〇年〇〇月
〇〇港湾管理者(〇〇県)、〇〇地方整備局

港湾名	地区名	施設名	完成年次	主な利用状況	港湾計画との関連 現港湾計画における見直しの方向性(利用転換等が既に位置づけられていないか)	老朽化状況	対応方針(案)	事業概要(百万円)										
								概算 総事業費 (百万円)	H25年度 実施内容	H25d	H26d	H27d	H28d	H29d				
〇〇港	〇〇地区	A岸壁	1959	砂利・砂の移入	利用転換が既に位置づけられている	鋼管に穴が空くなど、老朽化が著しい	岸壁としての利用を廃止し、護岸へ用途変更											
〇〇港	〇〇地区	B岸壁	1969	コンテナ定期航路の利用	見直しは予定されていない	上部工にひび割れが発生するなど老朽化が著しい	利用制限をかけているため予防保全事業を優先的に実施	1,000	上部工打ち替え	←	→							
〇〇港	〇〇地区	C岸壁(耐震)	2001	コンテナ定期航路の利用	見直しは予定されていない	健全	継続的に点検・調査を実施											
〇〇港	〇〇地区	D防波堤	1965	〇〇地区の港内静穏度確保	見直しは予定されていない	天端が1m程度沈下しており、老朽化が顕著	港内静穏度に影響を与えない限り継続的に点検・調査を実施											
〇〇港	〇〇地区	E航路・泊地	2002	〇〇地区を利用する船舶のための航路・泊地	見直しは予定されていない	健全	継続的に点検・調査を実施											
〇〇港	〇〇地区	F道路	1965	〇〇地区等を利用する港湾車両のアクセス道	見直しは予定されていない	橋脚に錆汁箇所があり、老朽化の進行が顕著	予防保全事業を実施予定	300										→
〇〇港	〇〇地区	G岸壁	1980	完成自動車の輸出	見直しは予定されていない	健全	継続的に点検・調査を実施											
〇〇港	〇〇地区	H岸壁	2000	石炭の輸入	見直しは予定されていない	健全	継続的に点検・調査を実施											
〇〇港	〇〇地区	I防波堤	1995	〇〇地区の港内静穏度確保	見直しは予定されていない	健全	継続的に点検・調査を実施											
〇〇港	〇〇地区	J道路	1993	〇〇地区等を利用する港湾車両のアクセス道	見直しは予定されていない	陥没箇所が部分的に散在	利用上支障がないため継続的に点検・調査を実施											

6. おわりに

社会資本の一つである港湾施設は、つくる時代から維持する時代へ転換しようとしています。今年度はそのメンテナンス元年になっており、四国ブロックの社会資本の重点整備方針、維持管理計画、および予防保全計画を基に、ライフサイクルコストを踏まえた老朽化対策を加速して推し進めなければなりません。

今後は、場合によっては施設廃止を視野に入れつつ、地方港湾や民間保有施設を含めて、港全体をより把握・管理できるように、港湾管理者と足並みを揃えていく必要があります。

四国テーマ設定技術(簡易点検技術)に関する調査

四国技術事務所

品質調査課 専門官 岡村 政彦

1. はじめに

四国地方整備局新技術活用評価委員会では、四国独自のテーマ(四国テーマ設定技術)を設定し、新技術を公募により募集して技術の評価を行っている。平成23年度に試行を実施した四国テーマ設定技術の概要は(表-1)のとおりである。

平成23年8月3日に試行調査を実施し、平成24年3月1日の四国地方整備局新技術活用評価委員会で活用効果評価の審議を受けたのでその結果を紹介する。

(表-1)

応募技術	技術名称	応募者名
簡易点検技術	赤外線調査トータルサポートシステム Jシステム NETIS番号 SK-110019-A 赤外線カメラにより遠望非接触の調査で、点検者の個人差無く、コンクリートの損傷を抽出する技術である。	西日本高速道路 エンジニアリング 四国(株)

2. 試行調査の概要

橋梁のコンクリート片の剥落事故防止には打音点検を的確、かつ経済的に行う必要がある。

打音点検に先立ち、交通規制が不要で遠方からの調査が可能な赤外線調査を導入することにより、打音点検範囲の絞り込みが可能となり点検を効率化できる。

国道11号の新春日川橋左岸側で、橋梁の打音点検調査の前に打音点検範囲を絞り込む赤外線カメラによる試行調査を行った。

写真-1

アンダーパスの部分を調査



3. 構造物保全技術の試行結果

3.1 試行状況

コンクリートの健全部と損傷部の温度差が顕著にわかる夜に測定調査を実施した。試行調査結果は非接触のJシステムで測定した損傷位置データとし、従来技術を橋梁点検業務で点検者が打音調査で測定した損傷位置として比較した。

測定結果は下記のとおりである。

写真-2 8月3日の試行状況



写真-3 通常の画像



写真-4 赤外線画像

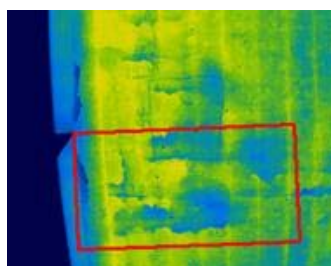


写真-5 Jシステム画像

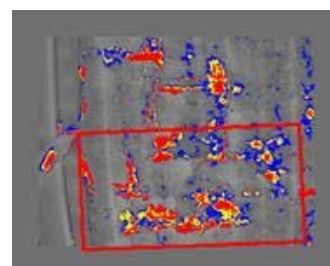


写真-3の通常の画像に見えるチョークの線が過去の打音検査の跡である。

写真-4は赤外線写真であるが温度分解能は0.025℃となっている。

写真-5はJシステムで解析した画像であるが赤色の部分が要注意、黄色の部分が注意、青色の部分が観察の部分である。

大きな枠は熟練者がJシステムの結果を見て打音点検の必要なエリアと判断した所である。

3.2 測定値の評価

試行調査結果の検証は図-1のとおりで、第1～9床版のうち第4～6床版を示す。

従来技術である打音調査の結果は赤の塗り潰し部分が打音調査を行ったが落下しなかった部分で、青の塗り潰しが過去点検部分で未補修の部分である。

その上にJシステムによる試行調査を重ね合わせた。

赤色枠はJシステムで判定した要注意箇所、黄色枠が注意箇所である。

検出位置の判定について打音調査の検出箇所がJシステムの範囲にかかる場合は合致、隣接(10cm程度)する場合はほぼ合致として評価した。

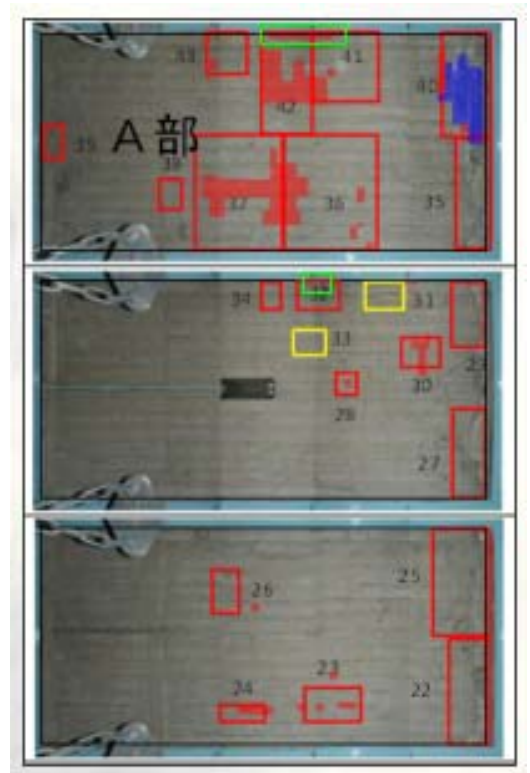
その結果、検出箇所は全9床版で打音調査の34箇所に対してJシステムで59箇所の絞り込み箇所を検出し、Jシステムの注意箇所の範囲内(40箇所に該当)にすべてとらえている。

また、緑色枠が打音調査で叩き落とした2箇所Jシステムによりとらえられていた。

Jシステムによる絞り込み結果は打音調査と比べて19箇所ほど多い結果となっているが安全サイドでとらえるためやむを得ないとする。

よって、打音調査結果とJシステムの結果は9割合致しており、ほぼ合致を含めればJシステムは打音調査の範囲を絞り込める可能性がある結果となった。

図-1 床版見上げ図
(上から第6・5・4床版)



4. まとめ

今回の試行により赤外線調査トータルサポートシステム Jシステムは橋梁点検の省力化・コスト縮減に役立つ可能性があることが解った。申請者には今回の結果を基にさらなる技術改善に励んでいただけたらと考える。

四国技術事務所では今後も「災害対応技術」「構造物保全技術」「維持管理技術」をメインテーマに、現状の課題を解決できるようなテーマを厳選し、四国テーマ設定技術募集を実施してゆきたい。

防波堤の耐津波設計ガイドライン（案）と設計実務における簡易照査手法について

高松港湾空港技術調査事務所

建設管理官 竹田 晃

1. はじめに

平成23年3月11日に発生した東日本大震災では、2万人近くの死者・行方不明者を出し、人命に加えて我が国の経済は大きな損害を被り、その影響は今も続いている。また、防波堤等の港湾構造物の多くも破壊され、その原因については、①防波堤に作用した津波の再現期間が千年に1度の巨大なものであったこと、②防波堤の天端を越流した津波が防波堤背後で強い流れとなり、基礎マウンドや海底地盤を洗掘することで防波堤の安定性を低下させたことが主な原因として考えられている。津波の場合、風波による越波とは異なり、防波堤や防潮堤を越流し始めると、少なくとも数分間は続くことを東日本大震災でまざまざと見せつけられた。しかし、これまでの津波では防波堤を越えるようなことはほとんどなく、また、防潮堤は津波が越流しない天端高を設定していると考えていた。そのため、津波が越流することによって起こる現象とそれが堤体の安定性に与える影響について十分な検討がされてこなかったとも言える。

一方で、東日本大震災直後の東北沿岸部の復旧事業への対応には、教訓を活かした防波堤の耐津波設計の考え方を早急に検討する必要があるがあった。その後、平成24年6月の交通政策審議会（港湾分科会 防災部会）においては、港湾における地震・津波対策のあり方（答申）が出され、その中で、防波堤については設計津波高を超える津波に対しても壊滅的な倒壊はしにくい「粘り強い構造」を目指すべきと示された。これらを受けて、国土交通省港湾局においては、平成25年1月に「防波堤の耐津波設計ガイドライン（案）」（http://www.mlit.go.jp/kowan/kowan_tk5_000018.html）（以下、ガイドライン（案））を作成した。ここには、港湾の施設としての防波堤を対象とした耐津波設計の基本的考え方が示され、「港湾の施設の技術上の基準・同解説（平成19年）」（以下、港湾基準）に対して付加的に考慮すべき点（技術的指針）がとりまとめられていることは、耐津波設計を考える上では極めて重要なことである。

本稿では、ガイドライン（案）に示される防波堤の耐津波設計の基本的考え方を紹介すると共に、ガイドライン（案）が示す現状の課題を述べる。最後に、設計実務を行う中で、耐津波設計に使用可能と考える簡易な照査方法について紹介する。

2. 東日本大震災における防波堤の津波被害から得られた教訓の一例

東日本大震災における防波堤の被災原因としては、既設断面設定時の波浪条件による違いやケーソン設置水深の違いから津波波力に対する堤体の滑動抵抗力に差があり、隣り合った防波堤ケーソンにおいても被害の程度が異なっていた。また、多くの被災した防波堤は、津波波力により滑動していたが、滑動以外の被災原因として、越流による港内側の基礎マウンドや海底地盤の洗掘により支持力を失い倒壊したと考えられ、これまで想定していなかった破壊形態が原因とされている。そこで、既設断面で保有する耐力を超える津波に対しては、洗掘対策を施し、防波堤の保有性能を活かす工夫が大切である。

3. 港湾における耐津波対策の基本的考え方（二つのレベルの津波の定義と防護目標）

港湾における津波対策の検討にあたっては、「発生頻度の高い津波」及び「最大クラスの津波」の二つのレベルの津波に対して、地域防災計画や海岸保全基本計画等を踏まえた上で、背後地の重要度に応じて、発生頻度の高い津波から最大クラスの津波までの間で設計外力としての津波を「設計津波」として設定すると定義付けられている。

一つ目の発生頻度の高い津波は、偶発作用として対象施設を設置する地点に到達すると想定される津波のうち、最大クラスの津波と比較して発生頻度が高く、かつ、人命、財産又は社会的経済活動に重大な影響を及ぼす恐れのある規模の津波とされ（概ね数十年から百数十年に一回程度の頻度で発生する規模）、防護目標は防災機能を目指すことが示されている。二つ目の最大クラスの津波は、偶発作用として対象施設を設置する地点に到達すると想定される津波のうち、発生頻度は極めて低いものの、人命、財産又は社会的経済活動に極めて重大な影響を及ぼす最大規模の津波とされ（概ね数百年から千年に一回程度の頻度で発生する規模）、防護目標は減災機能を目指すことが示されている。

4. 防波堤の耐津波設計

4. 1 防波堤の耐津波設計の基本的考え方

防波堤の耐津波設計にあたっては、設計津波（≡発生頻度の高い津波）に対して防波堤に求められる機能が維持されると共に、設計津波を超える規模の津波が来襲する場合であっても、防波堤に求められる機能が可能な限り維持されるように津波に対して倒壊しにくい「粘り強い構造」を目指すものとする定義付けられている。つまり、設計津波に対しては、しっかりと設計することで防災機能を維持すること。そうすることで、津波発生直後から港内静穏度を確保することが可能となり、港湾物流機能の早期復旧が可能となると考えられる。また、設計津波を超える規模の津波に対しても、出来る限り倒壊しない「粘り強い構造」として減災機能を維持すること。そうすることで、防護ラインに到達する津波高さの低減や到達時間の遅延が可能となると考えられる。

4. 2 「粘り強い構造」とは

ここで、「粘り強い構造」とは分かり易いようで、実は非常に難しい言葉である。つまり、設計を行う上で何を持って「粘り強い構造」と呼べるのかということを見ると、非常に難しい。そこで、学識者の方々の話を取りまとめた文献を引用させていただき、以下に紹介する。学識者の方々の話を総称すると「大変形」「冗長性」「靱性（延性）」「復旧性」「減災」といった性能を具体化したものが“粘り強い構造”と考えられている。

●下迫領域長：(独)港湾空港技術研究所

今回の津波被害を踏まえ、越流による防波堤背後の洗掘対策をまず考える必要がある。防波堤の後ろ側を守るにはいくつかの方法があるが、簡単なのは後ろ側に石などを積み、高くすることである。洗掘をまず防止し、仮にケーソンが動き出してもストッパーの役割を持たせる。

●高橋理事長：(独)港湾空港技術研究所

粘り強さの一つとしてダクティリティ（靱性・延性）の利用を考えなければならない。すなわち、大きく変位しても津波の低減効果がある程度保たれていればいいと考える。例えば、限界状態設計法で言われている安全性能を確保する限界の変形量まで許容することによって、安全と評価できる津波の高さを大きくできる。

●清宮教授：早稲田大学大学院

トラス橋梁で2、3部材が破壊しても全体系はまだ保持している状況である。すなわち、リダンタ

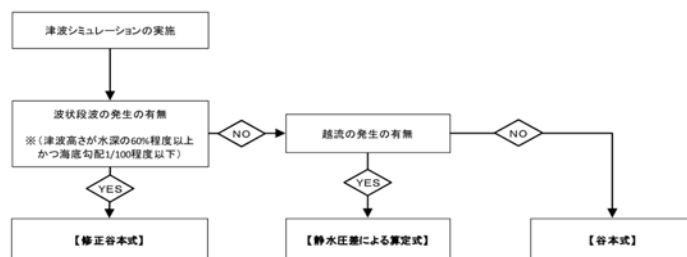
ンシー（冗長性）が大きいほど望ましい。また、粘り強さだけでなく復旧性も重要。今回の地震により新幹線の高架橋が破壊しても目の届く橋脚部下端に被害を集中させたことにより、復旧が早期に行えた。

●高山名誉教授：京都大学

付加的なことをすることによって単に抵抗力が増すのは粘り強い構造ではない。粘り強さとは次のように定義されるだろう。1. 構造物が破壊しにくくなることを前提にして、変形が進むほど抵抗力が増大する構造（ケーソンの背後に裏込石を置くことによって単に初期抵抗力が増大するのは粘り強くなったとは言わない。このようにすることによって構造物の変形が大きくなるにしたがって抵抗力が増す場合には粘り強い構造となる）。2. 他の目的で設置したものが波力低減効果がある場合（反射波低減のために設置した消波ブロックで被覆した防波堤は粘り強い構造だと考える。消波工被覆堤は、重複波のような場合には波力低減効果は小さいが、波高が大きくなって碎波するようになると波力低減効果が大きくなる。つまり、波高が大きくなるほど粘り強くなる）。

4. 3 防波堤の性能照査（算定手順）

防波堤の性能照査を行う算定手順が示されている。まず「設計津波」に対して防波堤の全体安定性が損なわれないように断面諸元を設定する（安定性照査の手順は、下記フローが参考となる）。次に、「設計津波」を超える規模の津波に対する「粘り強い構造」の検討を行う。その際には、施設の重要度や費用対効果等を踏まえて「粘り強い構造」の断面を総合的に判断して設定する。



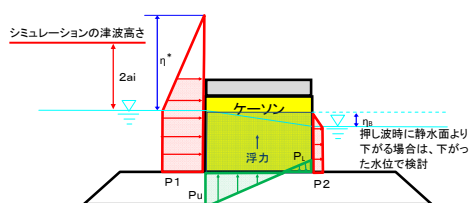
図－1 防波堤に対する津波波力算定手順

4. 4 防波堤波力設定の考え方

防波堤に作用する津波波力の算定にあたっては、適切な方法と設定により津波シミュレーションを実施し、施設前面での津波高を用いることを基本としている。算定フローに示す算定式について具体的に示され、港湾基準に示す谷本式に加えて、新たに越流した場合の静水圧による算定式が示されている。ここで、若干越流した状態に静水圧差による算定式を適用する場合は、越流直前の状態に谷本式を適用した場合と比較し、堤体の安定性に対して不利となる方を採用することに留意する必要がある。

(1) 修正谷本式

入射津波高さが水深の30%以上（シミュレーション等による津波高さが水深の60%以上）で、かつ海底勾配が1/100以下程度の遠浅の場合に使用する。

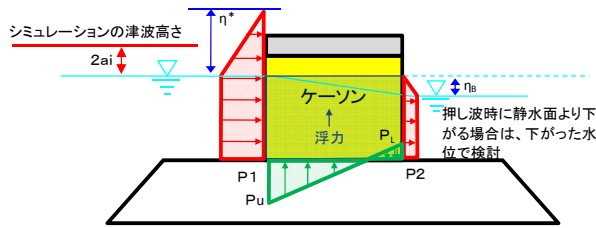


【計算式】

$$\begin{aligned} \eta^* &= 3.0 \cdot a_i \\ P1 &= 3.0 \cdot \rho \cdot 0 \cdot g \cdot a_i \\ P2 &= \rho \cdot 0 \cdot g \cdot \eta B \\ P_U &= P1 \\ P_L &= P2 \end{aligned}$$

(2) 谷本式

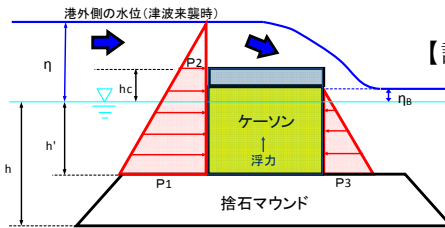
入射津波高さが防波堤を越流しない場合使用する。



$$\begin{aligned} \eta^* &= 3.0 \cdot ai \\ P1 &= 2.2 \cdot \rho_0 \cdot g \cdot ai \\ P2 &= \rho_0 \cdot g \cdot \eta B \\ PU &= P1 \\ PL &= P2 \end{aligned}$$

(3) 静水圧による算定式

入射津波高さが防波堤を越流する場合使用する。この算定式は、水理模型実験による結果により、前面の静水圧に 1.05 倍、背面の静水圧に 0.9 倍した静水圧を用いることになっている。



$$\begin{aligned} P1 &= 1.05 \cdot \rho_0 \cdot g \cdot (h' + \eta) \\ P2 &= (\eta - hc) / (h' + \eta) \cdot P1 \\ P3 &= 0.9 \cdot \rho_0 \cdot g \cdot (h' + \eta B) \end{aligned}$$

4. 5 滑動・転倒・基礎の支持力に関する照査

港湾基準に示す各モードの照査式に対して、適用する部分係数の設定が示されている。ここでは、構造解析係数を除き全て 1.0 を用いても良いとされ、構造解析係数については、滑動と転倒が 1.2 とし、基礎の支持力が 1.0 を参考値とすることが示されている。

表－1 構造解析係数の参考値

照査項目	構造解析係数
直立部の滑動	1.2
直立部の転倒	1.2
基礎の支持力	1.0

4. 6 マウンド被覆材の所要質量に関する照査

防波堤の基礎マウンドが洗掘等の被災を受けることにより、堤体自体の安定性を失うことは津波被害から得られた教訓の一例において述べた。そのため、被覆材の安定照査（所要質量の算出）にあたっては、当面、港湾基準に記載のある流れに対する被覆石及びブロックの所要質量の算定式「イスパッシュの式」(1) 式を用いることが示されている。津波による洗掘に関する照査としては、開口部（堤頭部を含む）での流れに対する安定性や防波堤前面の津波の沿い流れに対する安定性、津波が防波堤を越流する場合の背後マウンド被覆材の安定性の照査が該当すると考えられる。

$$M_d = \frac{\pi \rho_r U_d^6}{48 g^3 y_d^6 (S_r - 1)^3 (\cos \theta - \sin \theta)^3}$$

Md : 所要質量(t)
 ρr : 捨石又はブロックの密度(t/m3)
 g : 重力加速度(m/s2)
 Sr : 捨石又はブロック比重
 Ud : 流速(m/s)

[イスパッシュ係数]
 埋込: yd=1.02
 露出: yd=0.86

..... (1)

4. 7 水理模型実験や数値解析の活用

防波堤の性能照査に示す算定手順に従って断面設定を行ったとしても、現時点では十分に解明されていない点が多くある。例えば、設計津波を超える規模の津波に対して設定された「粘り強い構造」

断面について、現時点では変形モード（粘り強さ）を適切かつ定量的に評価することが困難である。そのため、ガイドライン（案）では、水理模型実験や数値解析を最大限活用することにより、その対策の効果を確認することが望ましいとしている。なお、水理模型実験を実施することが困難である場合においては、腹付工や被覆工等の洗掘対策の方針が示され、それらを設計者の判断に基づき活用することが出来るとしている。

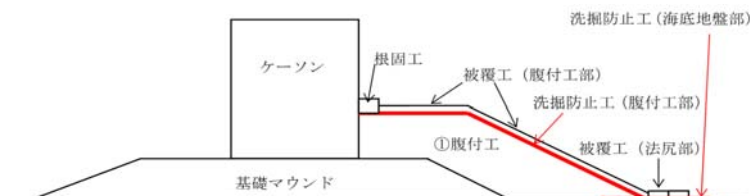


図-2 越流対策の断面設定例

5. 設計ガイドライン（案）の課題

ガイドライン（案）は、防波堤を対象とした耐津波設計の基本的な考え方を示したものであるが、内容は現段階で得られている知見について、その要点を取りまとめたものであるため全てが必ずしも明確になっていない。そのため、今後も継続して技術的検討を継続すべき分野であり、ガイドライン（案）ではその成果を順次反映し、改訂していくことを前提としている。そして、ガイドライン（案）で示されている適用可能な防波堤の構造形式は重力式の混成堤及び消波ブロック被覆堤を主たる対象としていることから、他の構造形式や防潮堤、水門、陸閘、胸壁等の耐津波設計の基本的考え方については、今後の課題として残されている。

6. 簡易な照査方法の例

水理模型実験や数値解析によって洗掘や粘り強さを確認することが望ましいところであるが、設計実務として大きな投資を行う前に、事前に簡易な方法で確認したいところである。そこで、簡易な照査方法を紹介する。

例1. ケーソン隙間からの流速の算定方法（噴流式）

ケーソン目地部からの流速によって、マウンドの捨石等が洗掘されないか確認するためには、イスバッシュ式に代入する流速が必要である。そこで、水理公式集等に掲載されている「噴流式」(2)式を用いることで、簡易に照査することも出来ると考える。

$$\frac{\sqrt{3}}{2} \sqrt{\frac{J}{\rho g x}} (1 - \tanh^2 \eta) \quad \text{ここに、} \begin{cases} J = \rho b (\sqrt{2gh})^2 & b: \text{開口幅} \\ \sigma = \frac{1}{7.67} & h: \text{最大水位差} \\ \eta = \left(\frac{1}{\sigma}\right) \frac{y}{x} & J: \text{全運動量束} \\ & x: \text{噴出方向のx軸} \\ & y: \text{x軸と直角方向} \end{cases} \dots (2)$$

また、噴流式を表計算ソフト等で整理すると、影響範囲等を把握することも可能である。例えば、イメージ図では、流速の違いを色分けしており、影響範囲のトレンドを把握することが出来る。

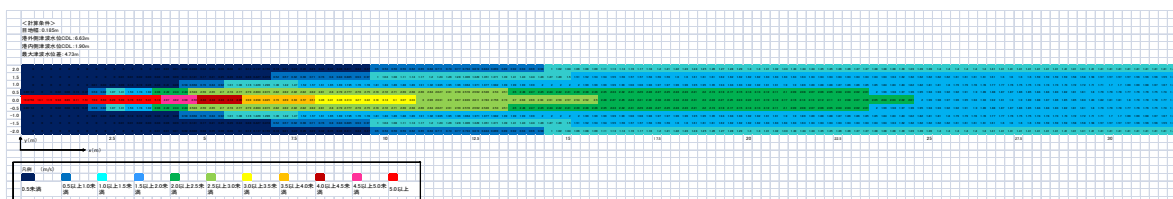


図-3 噴流式を用いた影響範囲把握のイメージ図

例2. 防波堤を越流した時の背後流速の算定方法（せきの越流式）

防波堤天端を越流した津波流速によって、背後捨石等が洗掘されないか確認するためには、イスバッシュ式に代入する流速が必要である。水理公式集等に掲載されている「せきの越流式」を用いることで、簡易に照査することも出来ると考える。

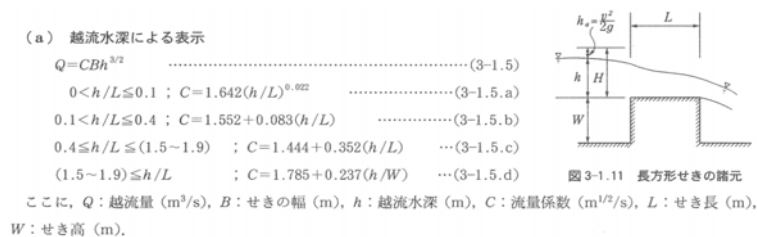


図-4 長方形堰の越流量，[出典]水理公式集

例3. 地震に伴う防波堤の沈下量の算定

近畿地方整備局神戸港湾空港技術調査事務所で開発された、沿岸構造物のチャート式耐震診断システム（以下、チャート式）を活用すれば、地震に伴う防波堤の沈下量のある一定のレベルで安全側に算定することが可能である。ここで、チャート式は、地盤が液状化層である混成堤を対象として作られていることから、標準的なモデルと異なる場合には、入力に必要な等価 N 値等の設定方法や算定値の扱いには留意が必要である。

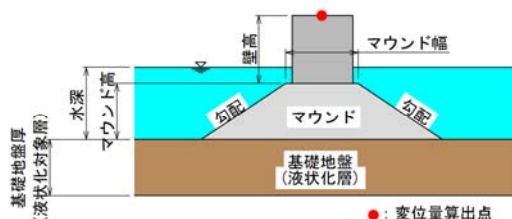


図-5 チャート式耐震診断システムによる防波堤のモデル図

7. おわりに

耐津波設計を考える上で、ガイドライン（案）が作成されたことは極めて重要なことである。また、本稿においては、ガイドライン（案）で示された内容の他に設計実務を行う中で、耐津波設計に使用可能と考える簡易な照査方法について紹介した。そのため、津波高の設定を除けば、地震による沈下量から堤体の安定性及び被覆材等の安定性の照査に至る一連の設計照査をある一定のレベルを持って可能となったと考える。一方で、防波堤の要求性能、性能規定を設定する上では、構造物としての防波堤の性能の他、周辺施設等を含めた要求性能、性能規定の設定がこれまで以上に重要になってくると考える。

参考文献

1. 国土交通省港湾局，防波堤の耐津波設計ガイドライン（案），平成25年1月
2. 山下徹，沿岸技術研究センター論文集，No.12(2012)
3. 竹田晃，沿岸構造物の耐震性評価を安価で簡易に診断するシステムの開発について，平成23年度近畿地方整備局研究発表会 論文集，調査・計画・設計部門 I
4. 土木学会，水理公式集[平成11年版]，P244

編集後記

「四国技報」をご愛読いただきありがとうございます。記事を寄稿していただいた方々にはお礼を申し上げます。さて、今号は、今後急速に老朽化する社会資本を維持し、利用し続ける為、現状の確認と的確な修繕の実施、長寿命化計画の策定が重要となることから「社会資本の現状と維持管理」をテーマとしました。これからも内容を充実して「四国技報」を広く皆様にお届けできるように編集員一同努力をしてまいりますので、今後共よろしくお願い致します。

新技術の問合せは

国土交通省 四国地方整備局 四国技術事務所 TEL087-845-3135
防災・技術課長 (内線 311) 技術相談の担当
技術情報管理官 (内線 303) 新技術の活用・情報担当
ホームページ …………… <http://www.skr.mlit.go.jp/yongi/duties/netis/k01-f.html>
Eメール …………… yongia76@skr.mlit.go.jp

<港湾空港関係>

国土交通省 四国地方整備局 高松港湾空港技術調査事務所 TEL087-811-5661
技術開発課 技術開発係 技術相談、新技術の活用・情報担当
ホームページ …………… <http://www.pa.skr.mlit.go.jp/tkgityou/netis/index.html>
Eメール …………… tggk-i88s3@pa.skr.mlit.go.jp

海とみなとの相談窓口は

国土交通省 四国地方整備局 高松港湾空港技術調査事務所 総務課
TEL 087-811-5660
ホームページ …… <http://www.pa.skr.mlit.go.jp/tkgityou/consult/index.htm>
Eメール …………… tgsm-i88s3@pa.skr.mlit.go.jp

四国技報 第25号

平成25年7月1日発行

編集・発行 国土交通省 四国地方整備局

○四国技術事務所（施工調査・技術活用課）

〒761-0121 香川県高松市牟礼町牟礼1545

TEL087-845-3135 FAX087-845-3998

○高松港湾空港技術調査事務所（総務課）

〒760-0017 香川県高松市番町1丁目6番1号（住友生命高松ビル2F）

TEL087-811-5660 FAX087-811-5670



国土交通省

本誌(バックナンバーも)は、下記のホームページでもご覧になれます。

四国技術事務所 <http://www.skr.mlit.go.jp/yongi/menu/summary/summary-f.html>

高松港湾空港技術調査事務所 <http://www.pa.skr.mlit.go.jp/tkgityou/kouhou/index.htm>

本誌に対するご意見等は、下記のEメールアドレスまで

四国技術事務所 yongia70@skr.mlit.go.jp

高松港湾空港技術調査事務所 tgim-i88s3@pa.skr.mlit.go.jp