

技術力と経験で淀川を守る ～防災エキスパートとの合同点検～

青木 昭夫¹・大田 元²

¹近畿地方整備局 淀川河川事務所 管理課 (〒573-1191大阪府枚方市新町2-2-10)

²長岡京市 建設交通部 まちづくり政策室 (〒617-8501 京都府長岡京市開田一丁目1-1)

河川維持管理の現場では、近年、管理施設の老朽化等が原因と思われる不具合の増加がみられ、昨今の戦略的な維持管理・更新の推進も鑑み、河川構造物の不具合発見のため管理を担当する職員への堤防等点検技術向上の必要性が高まっている。

淀川河川事務所では、これらの状況を踏まえて、点検技術力向上に向けた取組みとして防災エキスパートとの合同点検を実施した。

本稿では、堤防及び河川管理施設点検の現状と課題について概説するとともに防災エキスパートとの合同点検の取組み内容、結果を報告するものである。

キーワード 河川管理, 堤防点検, 技術力向上

1. はじめに

淀川河川事務所(以下、「当事務所」という。)の管理する堤防は、近代治水工事の始まりでもある明治時代より本格的な連続堤が築かれ、その後も災害を受けては逐次強化を重ねてきた経緯がある。(図-1)

決壊した区間では新規に堤防が築造され、他の区間では再度災害を防止するため補強を行ってきた。

また、その時々で堤体材料や施工方法が異なるため、堤体の強度が不均一であり、しかもその分布が不明である。

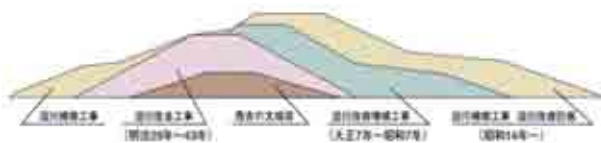


図-1 淀川堤防の変遷

河川堤防の機能を維持していくには、堤防や河川管理施設に生じた変状を把握し、評価しながら必要な対策を実施していく必要があるが、こうした不確実性を内在せざるを得ない構造物の特徴を踏まえた対策を講じなければならない。

平成25年度の河川法一部改正により、堤防等河川管理施設の維持管理が明確化され、政省令において点検の方法や点検を踏まえた適切な修繕など、維持または修繕に関して最低限必要な技術的基準も策定された。

しかしながら、いくら管理技術の基準化が進んだとしても、現場において的確に技術的な判断を行うためには、河川管理の特質を理解し豊富な経験を有する技術者の知

見が必要となる。

当事務所においても、近年管理施設の老朽化等が原因と思われる不具合発生の増加がみられ、管理を担当する職員への堤防等点検技術力向上の必要性が高まっている。

ここでは、堤防等河川管理施設点検の現状と課題について概説するとともに、防災エキスパートとの合同点検の取組み内容、結果を報告する。

2. 点検評価の現状と課題

(1) 点検評価の概要

河川砂防技術基準維持管理編(河川編)¹⁾において、堤防等河川管理施設の効率的・効果的な維持管理を行うためPDCAサイクルの実施を定めている。(図-2)

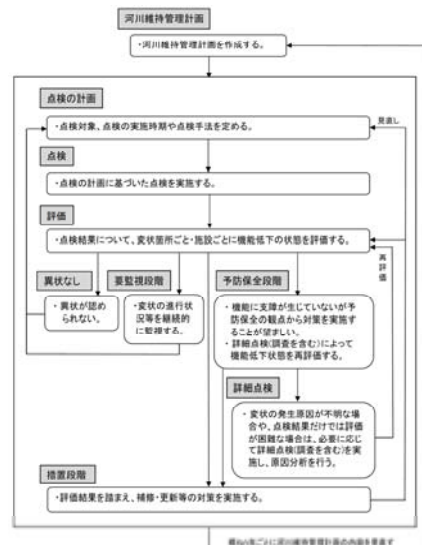


図-2 堤防等河川管理施設及び河道の点検評価フロー

点検は、「堤防等河川管理施設及び河道の点検要領」²⁾ (以下、「点検要領」という。)に基づき、治水上の2つの機能(①河道が所要の流下能力を確保していること、②堤防などの河川管理施設が所要の機能を確保していること)を維持する目的で実施される。

評価は、点検要領に基づく徒歩による目視主体の点検結果を変状箇所ごとに「堤防等河川管理施設の点検結果評価要領」³⁾ (以下、「評価要領」という。)に示される考え方に基づき判定する。

変状箇所ごとの評価については、点検者などが実施する1次評価に加え、2次評価では、1次評価を受けて当該事務所の関係各部署が参加する横断的連絡調整会議を開催し、組織としての評価を決定する。

横断的連絡調整会議では、最終的に、堤防はある程度の一連区間、構造物のところは施設ごとに総合評価を個別に決定する。(図-3)

評価区分は、スモールa、b、c、dで規定されており、点検者が機能低下の状況、進行性を評価する。aは健全な状態。bは要監視段階で、引き続き監視するもの。cは予防保全段階の位置づけで、これ以上変状が進行した場合機能が保持できるか判断が困難な状態。dは措置段階で堤防等河川管理施設の機能に支障が生じており、補修又は更新等の対策が必要な状態となる。

スモールa、b、c、dの評価を踏まえ、一連区間あるいは施設ごとの評価をラージA、B、C、Dという総合的な評価を実施する。

変状箇所における評価判定に当たり、bの要監視段階とcの予防保全段階の判定区分に困窮しているのが現状である。

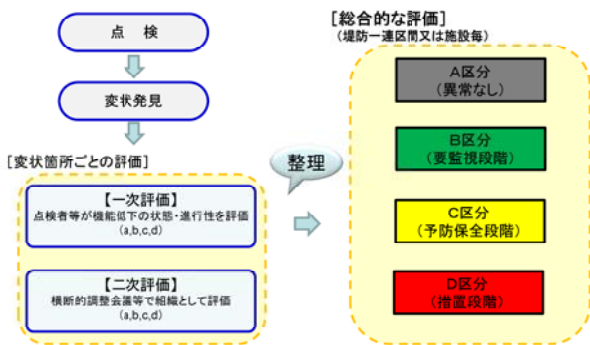


図-3 点検評価の流れ

(2)課題

前段で述べた点検評価の現状において、当事務所として改善すべき課題としては、以下の2点がある。

- ① 組織での2次評価、総合評価を決定する場合、点検結果の写真を見ただけでは判断が困難な場合もあるため、多くの目で実際の状態を見ておく必要がある。
- ② 的確に技術的な判断を行うためには、河川管理の特質を理解し豊富な経験を有する技術者の知見が必要。

これらを踏まえ、当事務所では河川管理の実務経験豊富な「防災エキスパート」、「河川維持管理技術者及び河川点検士の資格を有する者」(以下、「防災エキスパート等」という。)との現地合同点検を試行的に実施することとした。

3. 防災エキスパートとの合同点検

(1)点検内容と流れ

当事務所が直轄管理する堤防延長は、約220kmあり、堰や水門等河川管理施設は56施設ある。

堤防点検の主な変状種別には、堤防天端の亀裂、堤脚部の変形、樹木侵入や護岸の破損等があり(図-4)、今回の点検では、防災エキスパート等の方々とともに、通常点検を実施している出張所職員、点検委託者に加え、事務所職員も参加し、職員の点検の目を養い、技術力の向上を図ることとした。

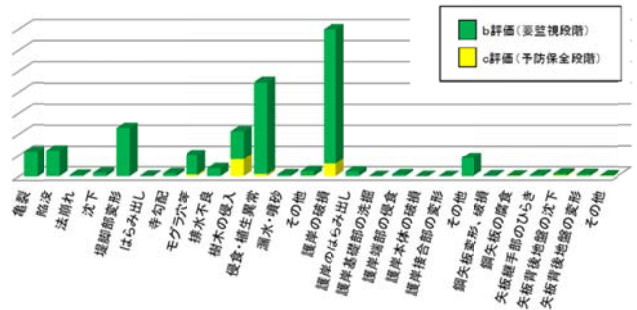


図-4 点検評価結果

防災エキスパート等を含めた現地合同点検の流れは以下の流れにより実施している。(図-5)

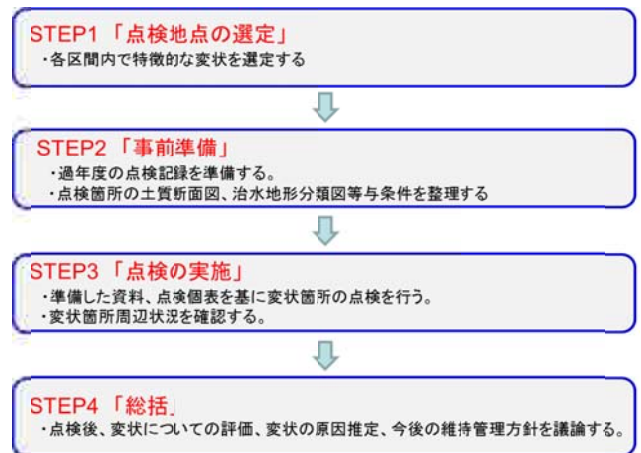


図-5 合同点検フロー図

STEP1: 「点検地点の選定」

当事務所の管理区間を5区間に分け、各区内で確認できる特徴的な変状箇所を選定した。

また、同変状種別において要監視段階と予防保全段階を比較しながら現地点検し点検評価に対する指導・助言をいただく計画とした。(写真-1)

STEP2: 「事前準備」

現地点検を円滑に効率的に行えるよう事前準備として以下の資料を作成した。

＜現地合同点検資料＞

- ①共通テキスト (図-6)
- ②現地合同点検箇所ルート図
- ③点検箇所の過年度点検結果個表 (図-7)
- ④参考図 (地形分類図、土質断面図等) (図-8)
- ⑥点検要領
- ⑦評価要領

共通テキストには点検評価の基本的な流れを解説し、点検の記録方法、写真撮影の際の留意点等を記載し参加者が点検への理解を深められる工夫を行った。

また、過年度からの点検結果個表を整理し変状が確認された年度や変状規模の進行性を確認できるようにした。

参考図には、確認箇所の地形分類図や土質断面図を添付し変状箇所の現地特性を把握できる資料とした。

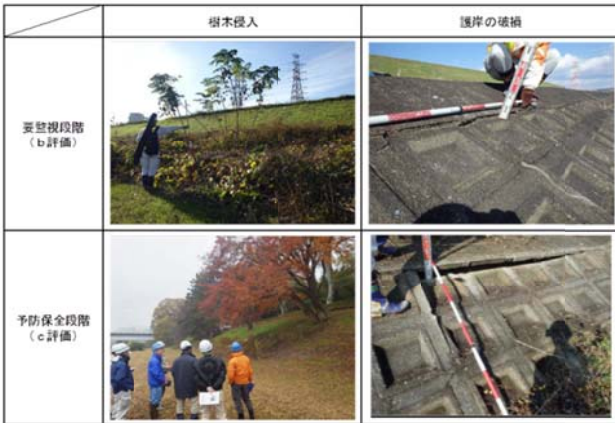


写真-1 現地合同点検箇所



図-6 共通テキスト



図-7 点検結果個表

- ＜現地条件＞
- 施設 : 高水護岸
 - 施工年度 : S34「桂川淀護岸工事」にて施工
 - 周辺状況 : 天端はAs舗装済みで縦断電線がある。
 - 護岸状態 : 張ブロック上段部の沈下、空洞化を確認
張ブロック下段部の沈下、漏水、はらみ出し、
法根の吸出し無、護岸上部の土壌に弱体化。
 - 進行性 : やや有
 - 河川特性 : 重要水防箇所の位置づけ無し
桂川は5年に1度氾濫危険水位を超えるような河川。
 - 改修予定 : 無し
 - 評価 : 予防保全段階 (c評価)

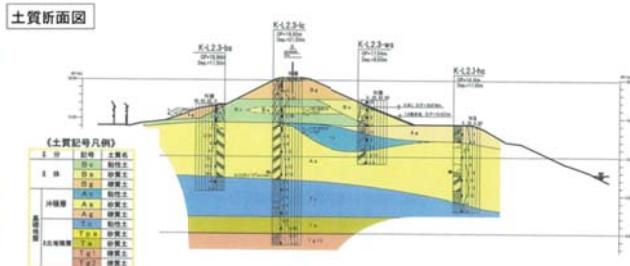
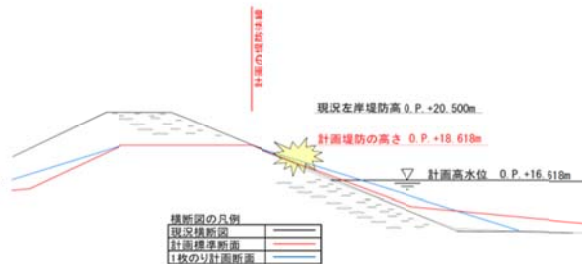


図-8 参考図

STEP3：「点検の実施」

今回、事務所職員、出張所職員、点検委託業者、防災エキスパート等延べ56名の方に参加いただき、当事務所の管理区間における特徴的な変状を中心に点検を実施した。(写真-2)

まず、参加者全員で事前準備資料から変状原因の推定や変状に対する評価方法について意見交換を行った上で、現地を確認を行った。

現地では、防災エキスパート等の方々から点検箇所の変遷や留意すべき河川特性、点検時の着眼点などを指導頂き、参加者からも積極的な意見が多数だされ、肩書きを外して各管内の点検を実施することができた。



写真-2 合同点検状況

STEP4：「総括」

点検後、変状箇所の評価、変状の原因推定、変状メカニズムについて意見交換し、今後の効果的な維持管理方針について議論を行った。(写真-3)



写真-3 総括

(2) 取組みの検証

防災エキスパート等との合同点検により抽出された主な意見(図-9)と課題(図-10)については、以下のとおりである。

<主な意見>

- ① 現地変状箇所を多くの目で点検し変状メカニズムや対策工法を議論することが今後の効果的な維持管理に必要
- ② 2次評価の決定には、1変状箇所の評価だけでなく、現地条件や、過去の工事履歴、土質、定規断面との比較など多くの情報を勘案し決定する必要があることを認識
- ③ 樹木侵入については、要監視段階で対策を実施することがトータルコスト面からも効果がある。要監視段階の適切なフォローアップに留意が必要

図-9 主な意見

<課題>

- ① 技術の伝承を目的とした点検技術力の蓄積方法を整理する必要
- ② 1変状箇所毎の評価は理解できるが、一連区間としての堤防機能の面的な評価区分の整理が必要
- ③ 組織的評価を判定する際、必要となる河川特性、施設情報等さまざまなデータの一元化が必要

図-10 今後の課題

4.まとめ

「技術力の向上」の観点で行った今回の取組みを通して、不確実性を内在する堤防の維持管理にとって、点検が重要な役割を持つことを改めて認識するとともにその評価を行う難しさを痛感した。

また、多くの方々と点検評価、維持管理方針について意見交換が出来たことは点検技術力向上に向けた“きっかけづくり”としては大変効果的な試みであったと考えられる。

今後は、堤防等河川管理施設の点検において、的確な技術的判断が行えるよう技術力の向上のみならず、技術の伝承や蓄積をしっかり行い、職員自らが河川維持管理技術者や河川点検士の資格を取得し「技術力を活かした点検」が行える体制作りが必要である。

謝辞：本稿をとりまとめるにあたり、ご助言・ご指導・ご協力頂いた全ての方々に深く御礼申し上げます。

参考文献

- 1) 国土交通省 河川砂防技術基準維持管理編(河川編)
- 2) 堤防等河川管理施設及び河道の点検要領
- 3) 堤防等河川管理施設の点検結果評価要領

神戸港浚渫附帯施設における工事施工について

竹田 裕亮

近畿地方整備局 神戸港湾事務所 第一建設管理官室 (〒651-0082兵庫県神戸市中央区小野浜町7番30号)

神戸港は国内有数の港湾として、我が国の経済を支えてきた。2010年に「国際コンテナ戦略港湾」に指定され、国際競争力の強化を目指す神戸港において六甲アイランド地区コンテナターミナルは中核施設であり、更なる船舶の大型化や取扱貨物量の増大に対応するため、航路・泊地等の拡幅・増深工事を進めている。

このうち、浚渫附帯施設においては開口部の締め切りに伴い、バージアンローダによる揚土に施工法を変更しており濁りに対する技術検討も実施している。また動態観測を行い維持管理に努めている施設である。本報告では、設計・施工・安全面の知見を報告するものである。

キーワード 維持管理, 環境, 関係者調整

1. はじめに

(1) 背景

国際コンテナ戦略港湾である神戸港は、国際競争力強化と安定的な輸送サービスを確保するためコンテナターミナルの能力強化及び航路・泊地等の拡幅増深工事を進めている。

神戸港浚渫附帯施設（以下、附帯施設）は航路・泊地等の拡幅・増深工事で発生した土砂を受け入れる施設として整備され第七防波堤の南側に位置し、東側護岸と西側護岸及び南側護岸の3つの護岸からなる施設である。

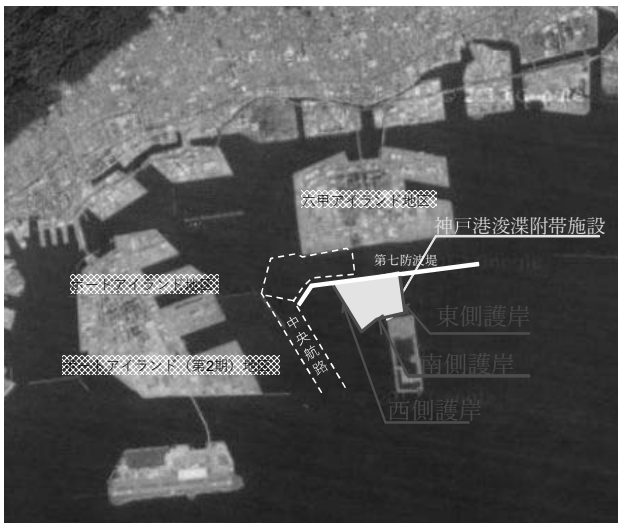


図-1 神戸港浚渫附帯施設位置図

2016年度までは、東側護岸の一部に開口部を設け、底開式土運船にて土砂運搬・受入を行っていたが、神戸港における事業の進捗に伴い開口部の締め切りを実施した。

締め切りにより、附帯施設外より土運船の船倉に注水し土砂を攪拌混合し揚土ポンプにて吸い上げ附帯施設に排送するバージアンローダ船による揚土に切り替えることとなった。バージアンローダ揚土は、海水と土砂を攪拌混合するため濁り粒子の沈降までに時間を要し排出時の濁りが拡散するため、濁りの附帯施設外への流出、拡散防止のための対策断面について検討、施工そしてバージアンローダ揚土による土砂の受け入れを行った。

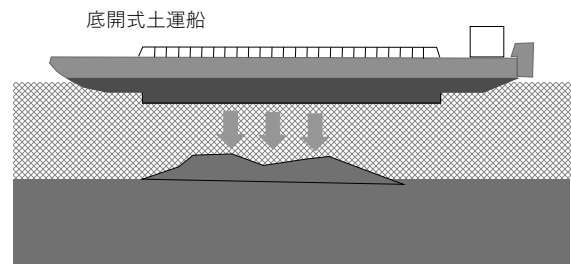


図-1 底開式土運船による土砂投入状況 (イメージ)



写真-1 底開式土運船による土砂投入状況

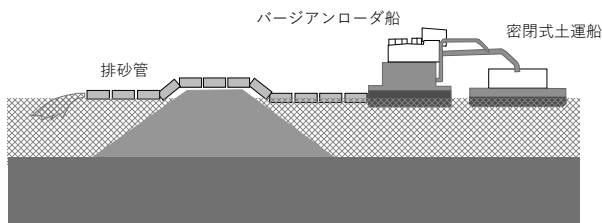


図-3 バージアンローダ船による揚土状況 (イメージ)



写真-2 バージアンローダ船による揚土状況



写真-3 バージアンローダ船による攪拌混合の状況

2. 濁り対策の検討について

(1) 附帯施設の構造

附帯施設は大きく西・南側断面、東側断面の2断面に分けられる。どちらの断面も地盤改良を行わずに築造され、圧密沈下が今後も継続的に進む施設であり、天端高が+1.7m~+2.9m程度の捨石を主体としている。西側断面は天端及び堤体に8t型の袋型根固に被覆がされており東側断面については被覆材を設置していない構造となっており、土砂の流出対策として堤内側法面に防砂シートを設置している。

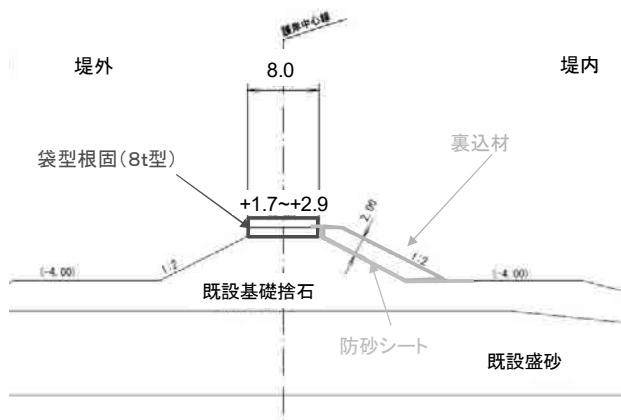


図-3 附帯施設濁り対策前の断面図 (西・南側護岸)

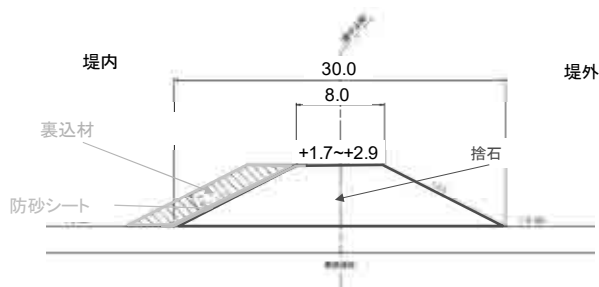


図-4 附帯施設濁り対策前の断面図 (東側護岸)

(2) 濁り対策の検討

濁り対策として神戸港中期計画より対策工事後3年間で満杯となる計画として継続的に沈下の進む施設においてバージアンローダ揚土における濁りの流出を防ぐための濁り防止対策の検討を行った。

濁りの発生要因としてバージアンローダ揚土に伴う排砂管からの排出の要因、浅層部に浮遊する濁りの粒子が現況の附帯施設高さの不足により流出する附帯施設の構造による要因、附帯施設の沈下に伴い波浪等への天端高さ不足のための自然条件による要因と、濁りの要因に対する対策について比較検討を行い、水面に近い浅層部分の濁り粒子を堤外への流出拡散を防止することとし、附帯施設そのものを嵩上げし堤外への濁りの流出を防ぐこととした。

表-1 汚濁防止対策の比較検討

工法	沈降剤の利用	嵩上げ	汚濁防止膜
工法概要	濁り粒子の径を大きくし沈降を促進、浮遊拡散および捨石層からの透過を防止。	嵩上げにより越波・オーバーフロー等を防止。浅層部の濁り粒子の堤外へ流出・拡散を物理的に防止	堤外に汚濁防止膜を張出し、濁りを遮断。
メリット	・水面近くの浅層部からの濁り拡散には効果的。	・水面近くの浅層部の濁り粒子はほぼ確実に堤外への拡散を防止可能。 ・沈下高確認以外の維持管理が不要。	・最も一般的な濁り対策であり、種類や実績も豊富。
デメリット	・揚土時は常時添加が必要でありストックが必要。 ・添加のタイミングによって効果が変わる。 ・排出位置に合わせ添加位置も移動が必要。 ・附帯施設沈下、水位上昇等は別途対策必要。	・嵩上げ部材により、嵩上げ部材について透過する濁り粒子について別途対策必要。 ・沈下量、水位上昇を見越した高さ設定必要。	・荒天時は養生必要、濁り拡散についての効果が減少。 ・張設場所が堤外。
概算費用	3,080,000千円(添加剤のみ:4,000,000m ² 受入)	嵩上:765,145千円	西・南設置・維持管理3年:1,002,000千円
比較	×	○	△

3. 附帯施設の構造検討について

(1) 嵩上方法の検討

汚濁防止対策として選定された附帯施設の嵩上げに対して、現地の状況による施工性、コスト等を考慮し東側護岸については捨石、被覆石、西側護岸においては袋型根固による嵩上げを行い、濁りの流出防止として防砂シートを設置を行うこととした。

表-2 附帯施設の嵩上げ方法の比較

工法	嵩上げ 西・南側護岸：袋型根固 東側護岸：捨石・被覆材	嵩上げ 西・南側護岸：袋型根固・固化処理 東側護岸：固化処理土	嵩上げ 西・南側護岸：袋型根固・捨石 東側護岸：捨石
濁り対策	防砂シート 嵩上げ部に防砂シートを設置し濁り拡散を防止。	防砂対策 固化処理土による嵩上げを実施し、濁り拡散を防止。	濁り対策 可量吹グラウト 可量吹グラウトで壁を形成し、濁り拡散を防止。
断面イメージ(西側護岸)			
メリット	・沈下に対する追従性が高い ・既設護岸と同様の濁り対策であり実績がある。 ・3案の中で最も安価	・沈下に対する追従性が高い	・沈下に対する追従性が高い
デメリット	・東側護岸は防砂シート敷設前に石材の均しが必要	・嵩上げ、盛土、固化処理となり施工に時間を要する。 ・固化処理時に汚濁対策が別途必要 ・固化処理部は不透水層となり、排水効果が期待できない	・嵩上げ、掘削、グラウト注入となり施工に時間を要する。 ・グラウト注入部は不透水層となり、排水効果が期待できない ・3案の中で最も高価
比較	○	△	×

(2) 要求性能及び性能規定

附帯施設は前述のとおり地盤改良を実施せずに築造され、今後も継続的に圧密沈下が進んでいく施設である。当該施設は土砂を受け入れる暫定施設として、バージアンロード揚土への変更に対して土砂を漏出防止を要求性能として附帯施設の性能規定を以下の様に設定した。

- ・波の作用に対して、被覆材の安定性が確保されること
- ・潮位に対して土砂が堤外に漏出しない天端高であること
- ・自重及び水圧の作用に対して、嵩上げ時の円弧滑りの安定性が確保されること。

(3) 構造検討

附帯施設の構造検討は、求められる性能を満足するよう、波の作用に対する被覆材の安定性の検討を実施し必要な被覆材の重量を決定し、潮位に対する漏出対策の検討にて必要天端高さの決定を行った。その後、決定された被覆材及び嵩上げ高さにおける断面に対して嵩上げに伴う安定性の照査を実施した。決定断面は図-5、6に示すとおり。

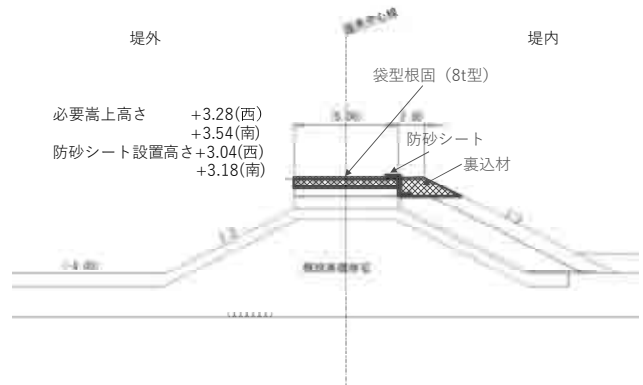


図-5 附帯施設の断面検討結果 (西・南側護岸)

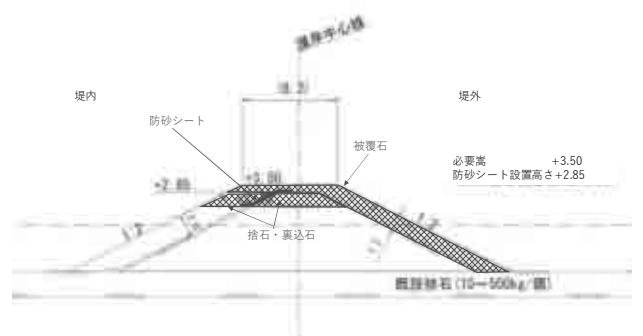


図-6 附帯施設の断面検討結果 (東側護岸)

a) 波の作用に対する、被覆材の安定性の検討

波力を受ける附帯施設の堤外側法面の被覆材の所定質量は、式(1a)に示す安定定数(Ns)によるハドソン式¹⁾より算定し東側護岸について600~1,000kg/個の被覆石を選定した。

$$M = \frac{\rho r H^3}{N_s^3 (S_r - 1)^3} \quad (1a)$$

- M: 捨石の所要重量 (t)
- ρr : 捨石の密度 (t/m³)
- H: 安定計算に用いる波高
- Ns: 安定定数
- Sr: 捨石の水に対する比重

b) 潮位に対する漏出対策

潮位に対する漏出対策として、圧密沈下解析を行い必要天端高さの検討を行った。濁り対策を確実に実施するため、防砂シートの必要設置高さは、高潮位における濁り流出を防止できるよう、沈下後に+2.0mを確保できる高さとして設定し、附帯施設の必要天端高は袋型根固工および被覆材のかみ合わせ、厚さを考慮し防砂シートの必要設置高さを担保できるような天端高さに設定した。

圧密沈下解析の結果は表-3に示すとおりである。

表-3 圧密沈下解析に基づく天端高さ

工区	対策時点	1年後	2年後	3年後
西側護岸	DL+3.28m 【1段階上げ】	DL+3.1m (-0.1m)	DL+3.0m (-0.3m)	DL+2.9m >DL+2.7m (-0.4m)
南側護岸 (標準部)	DL+3.54m 【1段階上げ】	DL+3.4m (-0.1m)	DL+3.2m (-0.3m)	DL+3.1m >DL+2.7m (-0.4m)
南側護岸 (取付部)	DL+3.54m 【1段階上げ】	DL+3.4m (-0.1m)	DL+3.3m (-0.2m)	DL+3.2m >DL+2.7m (-0.4m)
東側護岸 (標準部)	DL+3.50m	DL+3.3m (-0.2m)	DL+3.1m (-0.4m)	DL+3.0m >DL+2.7m (-0.5m)
東側護岸 (開口部)	DL+3.50m	DL+3.2m (-0.3m)	DL+3.0m (-0.5m)	DL+2.9m >DL+2.7m (-0.6m)
備考				

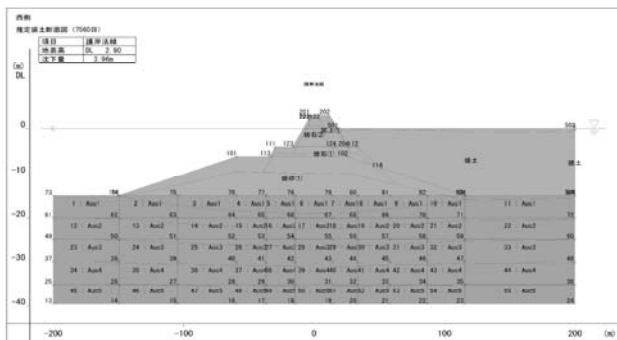


図-7 圧密沈下解析結果(西側断面)

c) 安定性の照査

決定された被覆材の重量及び天端高さにおいて、地盤改良を実施せずに築造された附帯施設を嵩上げた際の安定性照査を行った。安定性の照査については円形滑りの照査を行い安定性を確認した。

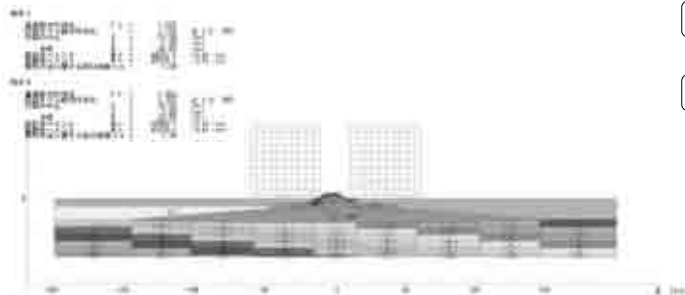


図-8 安定性の照査状況(東側護岸)

表-4 東側護岸の安定性照査結果

検討ケース	計算手法	円形すべりの結果 (安全率法)	備考
東側護岸	修正フェレニウス法	1.166 > 1.0	OK
東側護岸	簡易ピシヨップ法 (平均値)	1.797 1.48 > 1.1	OK

4. 附帯施設の嵩上

附帯施設の嵩上は2017年度後半に予定されている浚渫工事において12月より土砂の受け入れが可能となるように、2017年度前半に施工が行われた。

施工は西・南側3工区、東側2工区の5工区に分けて工事が行われた。附帯施設において同時期に施工が行われたため限られた区域内での船舶の輻輳等生じる恐れがあり神戸港工事安全連絡協議会を設置し安全に施工できるよう、作業状況の把握や工程調整・関係者調整等を実施

し施工を行った。

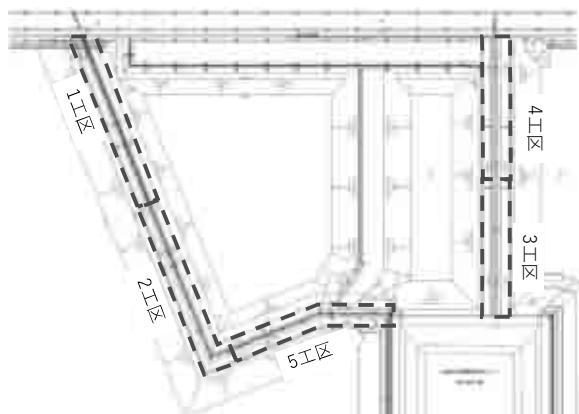


図-9 附帯施設施工の工区分け

(1) 西・南側護岸の施工

西・南側は袋型根固陸上で作成を行い海上運搬の上据え付けを行い、その後堤内側天端より防砂シートを敷設し、背後に裏込材の投入を実施した。施工フローは図-10 施工状況は写真-4に示すとおり。

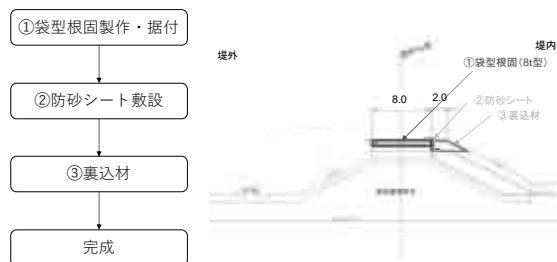


図-10 西・南側護岸の施工フロー



写真-4 西・南側護岸(1, 2, 5工区) 施工状況

(2) 東側護岸の施工

東側護岸は、捨石による嵩上げ及び防砂シート敷設面、天端面に均しを実施し、防砂シートの敷設堤内側に裏込材を投入後天端面の均しを実施し、被覆材となる被覆石の投入及び均しを実施した。施工フロー及び施工状況は図-11、写真-5に示すとおり。

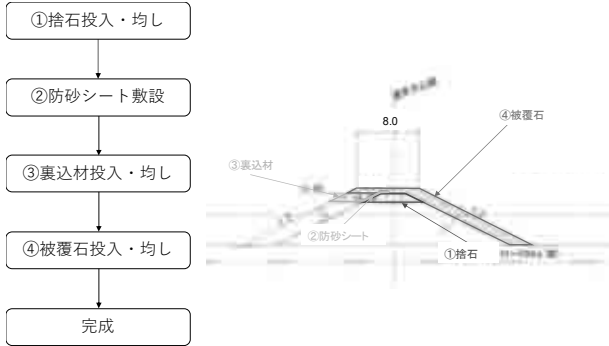


図11-東側護岸の施工フロー



写真-5 東側護岸 (3, 4工区) 施工状況

5. 浚渫土砂の受け入れ

2017年度の浚渫工事は神戸港中央航路及び六甲アイランド地区航路・泊地にて行われ、約80万m³の土砂が発生した。土砂運搬に際して両地区で発生する土砂を輻輳なく安全に運搬できるよう、中央航路は東側護岸、六甲アイランド地区航路・泊地については第七防波堤より揚土した。

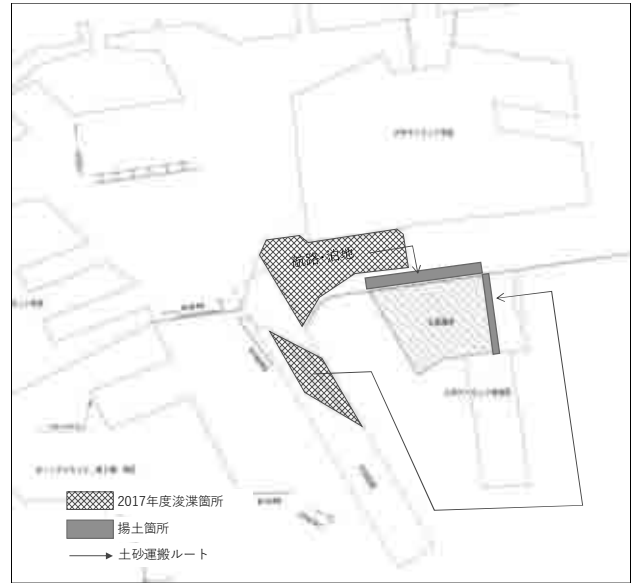


図-12 2017年度工事における浚渫箇所、揚土箇所及び土砂運搬ルート

(3) バージアンローダ揚土による附帯施設

附帯施設への揚土は2017年12月より開始し、2018年3月まで行われた。揚土期間中は、附帯施設外の表層及び底層と神戸港内の代表地点 (BG地点) で濁度 (換算SS) より算出された管理基準値との比較を行い、濁り等の監視を行った。その結果、施工期間中において管理基準を超過するような事象は確認されなかった。

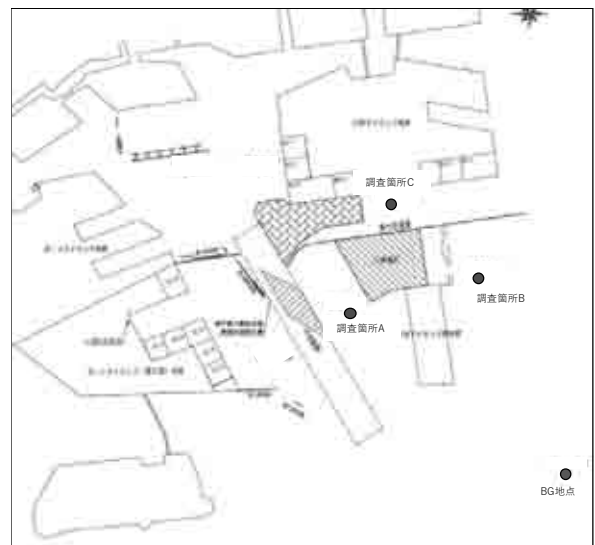


図-13 揚土期間中における濁度測定箇所

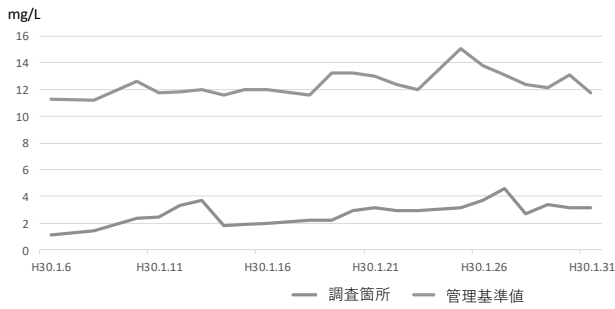


図-14 揚土期間中の調査箇所Aにおける濁度測定箇所 (1月期, 表層)

また、浚渫工事実施期間中にドローンによる空撮での濁り流出の監視を実施したが附帯施設外への濁りの漏出は確認されなかった。



写真-6 揚土期間中の附帯施設の状況

6. 今後の課題

バージアンローダ揚土への切り替えに伴う濁り流出対策については一定の効果を得られることが出来た。しかしながら本施設は地盤改良を実施せず築造された施設であるため、今後も安全に土砂の受け入れを行っていくためには、経年で実施している動態観測による変位状況の把握や、台風等の異常気象時における被災の有無の把握等適切な管理が必要である。

7. 参考文献

- 1) (社)日本港湾協会:港湾の施設の技術上の基準・同解説 平成19年7月

近畿地方整備局管内における堤防植生転換の取り組み

浦西 勝博

近畿地方整備局 近畿技術事務所 品質調査課 (〒573-0016大阪府枚方市山田池北町11番1号)

堤防植生転換とは、堤防の植生を草丈の低い植生に転換することで、雑草の侵入を抑制し、草丈の低い状態を長く保つことで、日常巡視等の河川維持管理に役立てるものである。

近畿地方整備局管内の各河川では、現在、堤防除草は年2回(出水期前点検前1回、台風期点検前1回)行われており、点検期間中は堤防の視認性は確保出来ているが、点検後は再び雑草が伸び始め、1~2ヶ月も経てば堤防の植生はほぼ元戻りの雑草に覆われた状態に戻っている。

そのような状況のなか、平成24年度から平成26年度にかけて近畿技術事務所が堤防植生の雑草抑制対策に取り組み、一定の成果があったことをうけて、近畿地方整備局は平成28年度に堤防除草コスト縮減を図る長期的な施策「堤防植生の低草丈草種への転換」を展開した。

低草丈草種への植生転換が実現すれば、堤防の視認性が長期にわたって維持され、その結果、堤防除草コスト縮減にもつながることを、近畿技術事務所構内の研修用堤防ほかでの生育調査を通して検証を行った。今回はその中間報告を行うものである。

キーワード 堤防除草, 堤防点検, 植生転換, 低草丈草種, 視認性

1. 堤防植生転換とは

堤防植生転換とは、草丈の低い草種で地表面を密に覆うことで、空中から飛来してきた雑草の種子が地面に着地する前にブロックし雑草の発芽を抑制するものである。

本論文で対象とする低草丈草種は、「手引き(案)」を推奨されている改良シバ(改良コウライシバ、改良ムカデシバ、改良イヌシバ)、イワダレソウである。



図-1 芝の有無による雑草の生え方の違い

図-1に示すとおり芝のあるところとないところでは雑草の生え方に大きな違いがある。

近畿技術事務所では、平成24年度から平成26年度まで雑草が入りにくい低草丈草種の特性を利用した「堤防除草コスト縮減対策の導入の手引き(案)(平成27年2月)」(以下「手引き(案)」という。)でとりまとめている。

2. 堤防植生転換の必要性

河川堤防の法面は、河川管理施設等構造令(22条2項)により、護岸を設けない部分は芝等により被覆することと規定されている。芝等の堤防植生は、①降雨や流水等による崩れや洗掘に対して安全性を確保する、②生物の生息・成育・繁殖環境と多様な河川環境の保全・創出に寄与する、ことが求められており、植生を措置された堤防は他の堤防施設と共にその機能を果たすため、点検を実施する必要がある。このため、河川堤防のもつ越流防止機能、耐浸透機能、耐侵食機能を維持するため、年2回の頻度(出水期前1回、台風期前1回)で、堤防表面の異常の有無を目視で点検し、堤体の状態を把握している。点検の時期には雑草が繁茂した状態になっており、除草を行ったあとで点検を行っている。

しかし、年2回の堤防除草では、1回目の除草と2回目の除草の間の期間は、再び雑草が繁茂し、日常巡視では堤防に変状が発生しても殆ど視認が困難な状態となっている。



図-2 除草前の状況



図-4 低草丈草種でない植生における視認性(近畿技術事務所研修用堤防)



図-3 除草後の状況



図-5 低草丈草種における視認性(近畿技術事務所研修用堤防)

河川堤防において、除草前と除草後の状況について図-2,3を見ればその視認性の違いが明らかである。

図-2,3に示す河川堤防は同一地点の同一方向を見た除草前と除草後の状態を表しており、除草後(図-3)では階段があることが分かるが、除草前(図-2)では階段があることが分からない。

近畿技術事務所研修用堤防の低草丈草種においても同じようなことが言える。図-4では草丈が約30cmの雑草が繁茂しているところに野球のボールが置かれているが、ボールは発見しにくい(赤丸の中)。図-5では、低草丈草種の堤防法面上に野球のボールが置かれた状態を示している(赤丸の中)。ボールの輪郭がはっきりと視認出来る。図-5での草丈は約5cmである。草が覆い被さった状態では、堤防に変状があっても殆ど分からない状態となっている。

また、河川堤防の除草に掛かる費用は、河川維持管理費全体の約1/4を占めているが、排水機場、堰、水門、樋門などの河川管理施設の約3割が設置後50年を経過しており、10年後にはそれらの河川管理施設の約5割が設置後50年経過となるため、今後、設備の修繕、更新等に多大な費用が必要となり、

除草に要する費用を圧迫することは必至である。

そのような状況を踏まえて、近畿地方整備局では平成28年度に、各河川の「河川維持管理計画」の改訂において、堤防除草コスト削減を図る長期的な対策として、「堤防植生を低草丈草種へ転換」を施策として位置づけた。

堤防植生を低草丈草種に転換することの利点は、堤防植生として低草丈草種が堤防を密に被覆し、雑草の侵入・生育を抑制し、堤防植生が長期間草丈の低い状態を保つことで、日常的な河川巡視での視認性向上という維持管理に役立つところにある。

河川堤防の堤防植生が年間を通して、図-3や図-5のような状態を維持することが出来れば、刈草量が減ることから、堤防除草コスト削減の可能性も高いと言える。

3. 堤防植生転換の生育調査

堤防植生転換の効果を検証するため、近畿技術事務所では、平成27年度から生育調査を行っている。育成調査箇所は、近畿技術事務所研修用堤防、淀川、由良川、奈佐川で、堤防改修工事に合わせて、低草丈草種を試行的に導入している(図-6参照)。

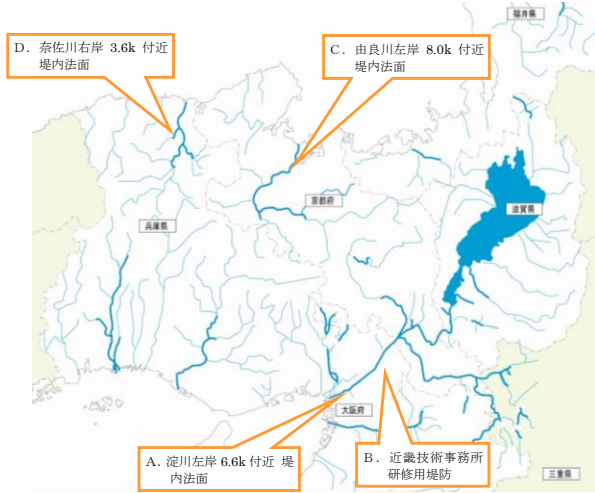


図-6 低草丈草種の生育調査箇所

導入した低草丈草種は、改良コウライシバ(TM9)、改良イヌシバ(ティフブレア)、改良ムカデシバ(ザッソレス)、イワダレソウである。表-1と図-7~図-10に育成状況と植生の特長を示す。

		改良シバ			在来種
		TM9	ティフブレア	ザッソレス	イワダレソウ
生育調査箇所	① 近畿技術事務所 研修用堤防	○	○	○	-
	② 淀川左岸6.6k	-	-	-	○
	③ 由良川左岸8k	○	○	-	-
	④ 奈佐川右岸3.6k	○	○	○	-
育成状況		図6	図7	図8	図9
草の特長		在来種のコウライシバの改良品種で、草丈は在来種の半分以下で、緻密な地表面の被覆により雑草抑制効果が期待出来る。	植物が放出する化学物質により、他の植物に阻害的に働く効果(以下、アレロパシー効果という。)を持ち、雑草抑制効果が期待出来るものとしてNETISに登録されている。草丈は改良コウライシバよりも高い。	植物が放出する化学物質により、他の植物に阻害的に働く効果(アレロパシー効果)を持ち、雑草抑制効果が期待出来るものとしてNETISに登録されている。草丈は改良コウライシバよりも高い。	在来種で緻密な地表面の被覆により雑草抑制効果が期待出来る。

表-1 生育調査の実施状況と各低草丈草種の特長



図-7 改良コウライシバ(TM9)



図-8 改良ムカデシバ(ティフブレア)



図-9 改良イヌシバ(ザッソレス)



図-10 イワダレソウ

低草丈草種への植生転換の重要なポイントは、「手引き(案)」により、低草丈草種の導入時から最初の3年間は養生期間として年間2回(春1回、秋1回)の抜根除草を行い、養生期間が過ぎた4年目以降は通常管理(年2回の機械除草)を行うところにある。そのように維持管理を行うことで4年目以降の雑草の抑制が期待出来る。

そして、生育調査での評価の考え方については、草丈は、土木工事共通仕様書の除草工の刈草高が10cm以下と規定されており、10cm以下で評価した。低草丈草種の被覆率については、道路法面における植生施工後の評価基準に準拠して、被覆率70%以上で評価している。

4. 堤防植生転換の効果検証

低草丈草種の生育調査結果について、フィールド別に結果を示す。

①近畿技術事務所研修用堤防で行った生育調査

図-11は改良シバ及びノシバの被覆率が生育調査を始めた平成27年度からほぼ100%に近い値を示しており、地面に対して十分に密生している事を表している。

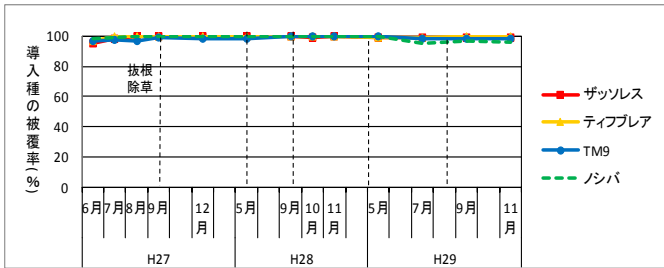


図-11 導入種の被覆率 (改良シバ及びノシバ)

図-12は改良シバ及びノシバの草丈を表しており、改良コウライシバは平成27年度から草丈が10cm以下を保持しており、良好な状態を示しており、改良イヌシバ (ザッソレス) は平成27年度は草丈が高めにでているが、年々草丈が下がっており、平成29年度はほぼ10cm程度を維持している。

改良イヌシバ (ティフブレア) は平成27から平成28年度に掛けては草丈が20cm以上あるが、平成29年度は10cm~20cmを維持して減少傾向にある。

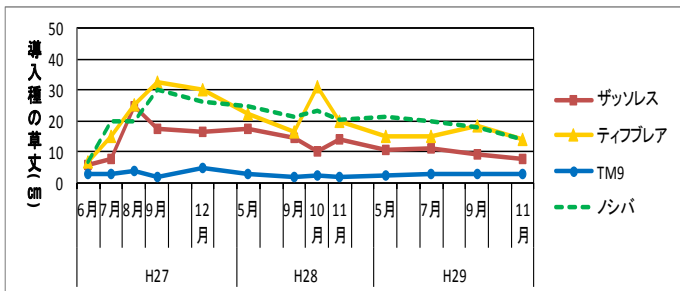


図-12 導入種の草丈 (改良シバ及びノシバ)

図-11, 12より、近畿技術事務所研修用堤防において、3種類の改良シバ (図ではザッソレス、ティフブレア、TM9) のうちザッソレスとTM9は被覆率、草丈が共に評価基準を満たしており、ティフブレアは被覆率が評価基準を満たしているものの、草丈が10cmを超えており評価基準を満たしていない。

②淀川左岸6.6k付近で行った生育調査

図-13より、イワダレソウの被覆率は、平成29年5月は春雑草の繁茂による被圧を受けており、除草回数が年1回 (11月) になったことが影響しているものと推察される。

図-14より、イワダレソウの草丈は最初から全期間にわたって10cm以下を維持している。平成29年度に侵入雑草の草丈が高くなっていることは、被覆率と同じ傾向にある。

平成28年10月と平成29年7月の現地状況は、以下の図-15、図-16のとおりである。

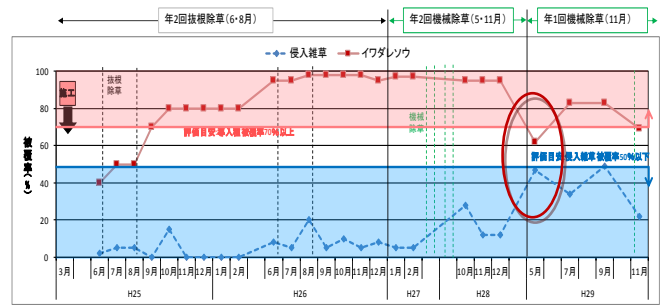


図-13 被覆率 (イワダレソウ)

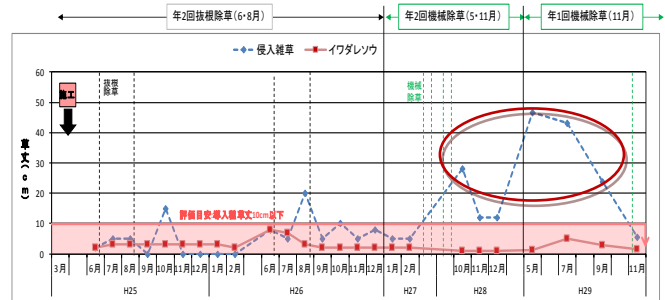


図-14 草丈 (イワダレソウ)



図-15 平成28年10月の淀川左岸6.6k付近の状況



図-16 平成29年7月の淀川左岸6.6k付近の状況

図-16は雑草の草丈が最も高い時期の写真であるが、今後も年1回の機械除草では、抜根除草が出来ないために被覆率の減少を誘発するのが観察していく必要がある。

③由良川左岸8.0k付近で行った調査

図-17では、初年度の平成28年度は被覆率が基準よりも低めであるが、平成29年度では被覆率70%以上を達成している。

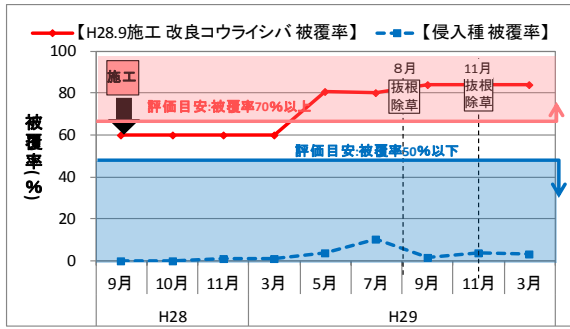


図-17 改良コウライシバの被覆率

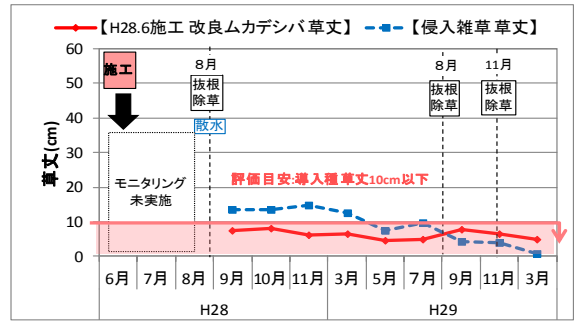


図-21 改良ムカデシバの草丈

図-18 では、改良コウライシバの草丈は全期間 10cm 以下を維持しており良好であるが、雑草の草丈は春の除草後に伸びて、平成 29 年 7 月を頂点に一時的に高くなっている。しかし、平成 29 年 8 月の抜根除草で雑草の草丈は 10mm 以下となり、追加の抜根除草でそれを維持している。

図-20、図-21から被覆率、草丈ともに初年度の平成28年度は少し評価基準から外れているものの、平成29年度にはどちらも良好な状態で安定しているものと思われる。

④奈佐川右岸 3.6k 付近で行った調査

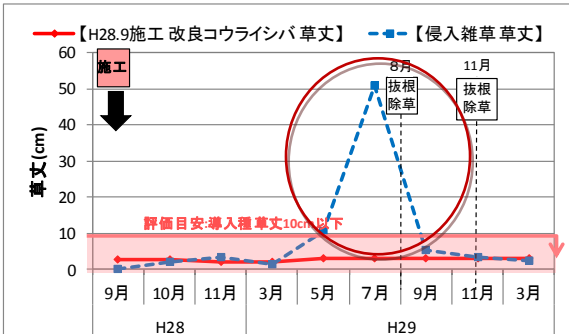


図-18 改良コウライシバの草丈

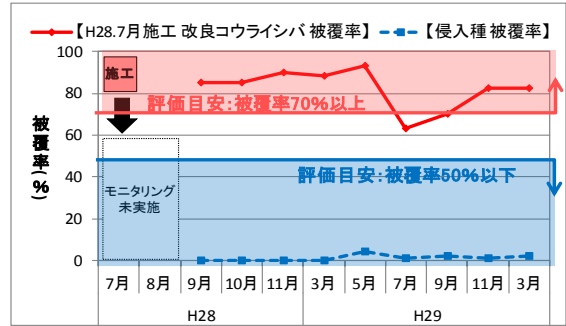


図-22 改良コウライシバの被覆率

図-19 は、平成 29 年 7 月時点の現地の写真を示す。



図-19 平成 29 年 7 月の改良コウライシバの雑草侵入状況

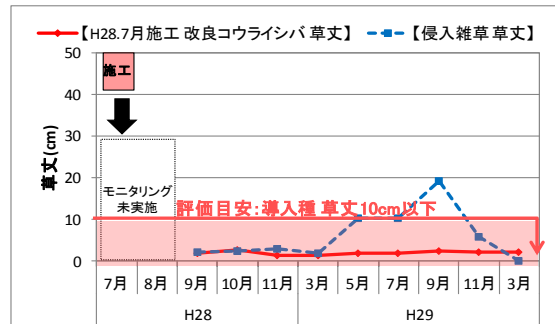


図-23 改良コウライシバの草丈

次に、図-20 に改良ムカデシバの被覆率、図-21 に改良ムカデシバの草丈を示す。

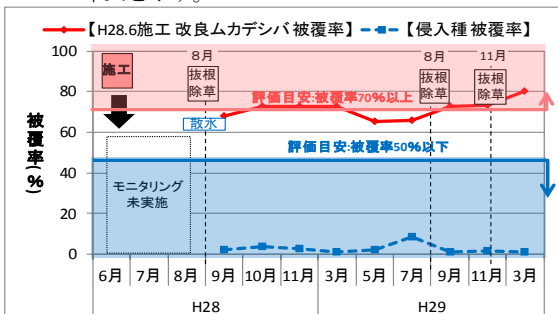


図-20 改良ムカデシバの被覆率

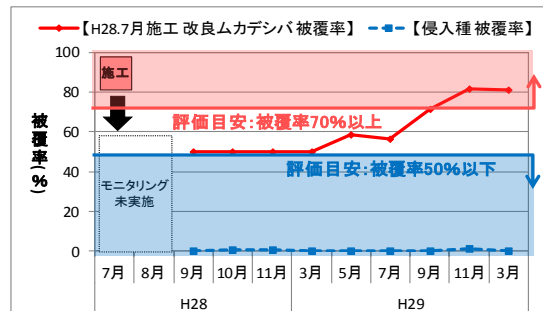


図-24 改良ムカデシバの被覆率

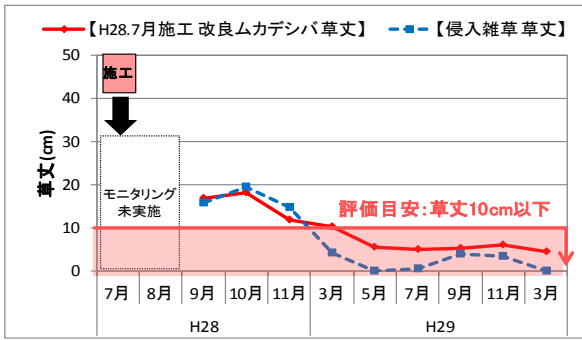


図-25 改良ムカデシバの草丈

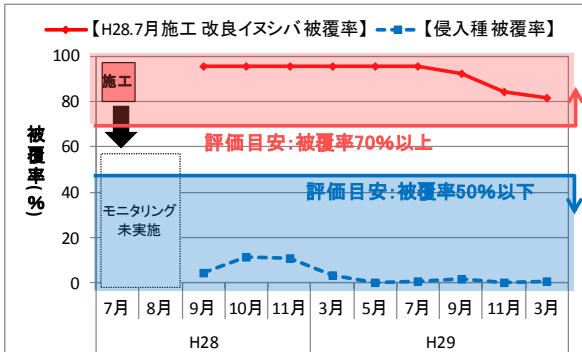


図-26 改良イヌシバの被覆率

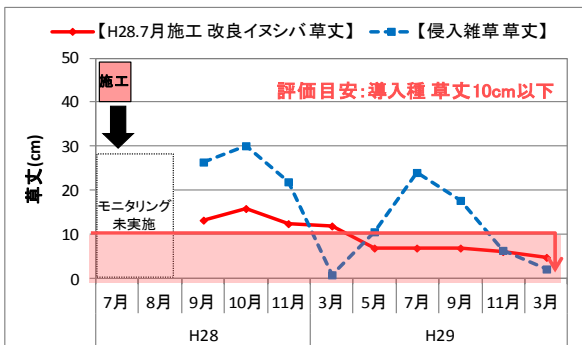


図-27 改良イヌシバの草丈

図-22、23 から、平成 29 年 7 月に改良コウライシバの被覆率が下がっているが、雑草についても同じ傾向を示しており春の除草で改良コウライシバが傷んで被覆率が低下したものと推察される。雑草の草丈が平成 29 年 9 月に 20cm まで伸びているが、同時期の被覆率が殆ど 0% に近いことから、20cm の草丈の雑草が点在している状況であると推察される。

図-24、25 からは、改良ムカデシバは初年度の平成 28 年度は被覆率も草丈も評価基準から外れているが、平成 29 年度に入って草丈は良好な状態であり、被覆率も平成 29 年度後半から右肩上がりとなっている事が分かる。

図-26、27 からは、改良イヌシバの被覆率は全期間で良好であるが、改良イヌシバの被覆率の低下傾向が見られるので、今後は注意して観察していく必要がある。草丈については初年度の平成 28 年度よりも雑草の草丈が下がってきているので、今後雑草の草丈の変化も注意して観察していく必要がある。

5. 堤防植生転換の今後の展開について

今後10年間でコスト比較の一例として、ノシバと改良コウライシバのライフサイクルコスト（10年分）の比較を図-27 に示す。ライフサイクルコストには初期コスト（シバの材料費など）とランニングコスト（除草費などの維持管理費）からなっており、試算で約30%のコスト削減効果が期待出来る。

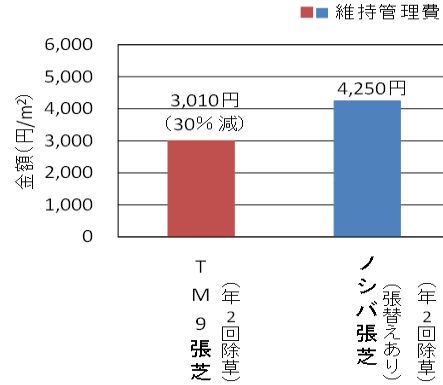


図-28 ノシバと改良コウライシバのコスト比較

現時点では、低草丈草種を堤防改修工事等で試験的に新規に導入して、低草丈草種が雑草を抑制して維持管理に役立つ事が少し見えてきたが、今後は既存の雑草に覆われた堤防植生をスタート地点として、そこから低草丈草種に転換していく取り組みに入っていく段階にあると思われる。

現在、近畿技術事務所では堤防植生転換の試行段階における技術支援（新規の改修する堤防への低草丈草種の施工・品質に関する助言、施工後の維持管理段階における助言など）を行っており、各事務所をバックアップし、引き続き調査を行っていく。

6. まとめ

生育調査結果からは、低草丈草種の草丈についてはほぼ 10cm 以下であることが確認出来たが、抜根時期が春ではなく遅れて夏に行ったことにより、春～夏にかけて雑草の草丈が高くなっているところも見受けられ、抜根時期を春と秋にすることで今後どのように変わるかについて引き続き観察が必要である。

また、「手引き(案)」では、養生期間の3年間は年2回の抜根除草を行う事としているが、抜根除草は人力による手作業であるため、更なるコスト削減には除草剤の散布などの検討も必要と思われる。

7. 結論

以上のことから、以下の結論が導き出される。

- 1) 堤防植生転換は、堤防日常巡視での視認性向上に役立ち、堤防除草コスト削減に繋がる可能性が大きい。
- 2) 更なるコスト削減の観点から、養生期間3年間の抜根除草に代わる維持管理方法（除草剤等）の検討が課題である。

安心・安全な自転車走行環境の創出に向けた 取組について ～ただいま、「みえる化」進展中～

今井 貴大¹

¹京都市 建設局 道路建設部道路建設課 (〒604-8571京都市中京区寺町通御池上る上本能寺前488番地)

京都市では、総合的な自転車政策を進めていくため、自転車施策の「みえる化」をキーワードに、平成27年3月に「京都・新自転車計画」を策定した。その取組の一つである自転車走行環境の「みえる化」を進めるため、産官学連携による取組も踏まえた上で、京都版の統一的な整備マニュアル「京都市自転車走行環境整備ガイドライン」を平成28年10月に取りまとめた。

本市ガイドラインに基づき、車道左側に矢羽根型路面表示を設置する自転車の走行環境整備を重点地区から順次実施しているが、更なる整備推進のため、ハード整備に加えて、様々な周知啓発等の取組（ソフト対策）を行う等、安心・安全な自転車走行環境の創出に向けた京都市独自の取組を提示する。

キーワード 自転車， 走行環境整備， 矢羽根型路面表示， ガイドライン， 産官学連携

1. はじめに

自転車は、子どもから高齢者まで多くの人々に利用される乗り物として、環境に優しく健康に良い乗り物として注目を浴びている一方、車道の逆走や歩道を猛スピードで走行する等、自転車の無秩序な走行が全国的にも常態化し、問題となっている。

また、平成29年5月には、自転車活用推進法も施行され、自転車を取り巻く環境に大きな変化が生じている。

京都市では、総合的な自転車政策を進めていくため、平成27年3月に「京都・新自転車計画¹⁾」を策定し、自転車の「みえる化」をキーワードに自転車走行環境、ルール・マナー、自転車駐輪環境、自転車観光、自転車関連施策の5つの「みえる化」を進めている。

5つの「みえる化」の中でも、自転車利用者が正しく走行できる環境の整備はとりわけ重要であり、自転車が安全に走行できる環境整備を統一的に進めていくため、国土交通省及び警察庁による「安全で快適な自転車利用環境創出ガイドライン」の改定版²⁾（平成28年7月）

（以降、「国ガイドライン」という。）を踏まえ、誰もが分かりやすい整備マニュアルとして、平成28年10月に「京都市自転車走行環境整備ガイドライン」（以降、「本市ガイドライン」という。）を策定した。

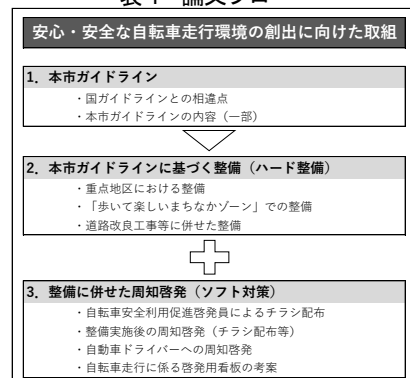
策定に当たっては、有識者等からなる京都市自転車政策審議会及び審議会の下部組織である京都市自転車走行環境整備ガイドライン部会（以降、「ガイドライン部会」という。）で議論を重ね、国の動向を確認しながら、京都市独自の課題の解決に向け、産官学連携による実験

等を実施した。

本市ガイドライン策定以降は、本市ガイドラインに基づき、車道左側に矢羽根型路面表示を設置する自転車の走行環境整備をスピード感をもって推進している（平成29年度予算分も含めると、約76kmの整備が完了見込）。更なる施策の推進のため、整備に加えて、様々な周知啓発等の取組を行う等、安心・安全な自転車走行環境の創出に向け、ハード整備及びソフト対策の両輪で自転車走行環境の「みえる化」に取り組んでいる。

本論文では、産官学連携による実験等の取組を踏まえた上で策定した本市ガイドラインの内容に加え、策定以降に実施した本市ガイドラインに基づくハード整備及びソフト対策について、京都市独自の取組を提示する。さらには、今後、自転車の走行環境整備に取り組む地方自治体等に参考にしてもらい、「世界トップレベルの自転車共存都市」を目指す本市の自転車走行環境の「みえる化」の充実・発展に寄与するものである（表-1）。

表-1 論文フロー



2. 本市ガイドライン

(1) 国ガイドラインとの相違点

国ガイドラインとの主な相違点を以下に示す。

(a) 生活道路における自転車走行環境の整備

生活道路が多い京都市内の道路特性を踏まえ、景観にも配慮し、矢羽根及び自転車マークを20m間隔で交互に設置することを基本としている。また、生活道路同士の交差点において、事故割合が最も高い本市の現状を踏まえ、交差点の手前に京都市オリジナルの「注意喚起マーク」を設置する等、生活道路の安全対策について明記している。

(b) 景観への配慮

路面表示のデザインについて、京都市立芸術大学の藤本教授の監修の下、京都の景観に配慮したよりシンプルなデザインを考案した。色彩についても、国ガイドラインでは青色系を基本とするとされているが、景観に配慮したベンガラ色を用いることとした。ただし、ベンガラ色を用いると、夜間の視認性に問題が生じることが想定されるため、路面表示の材質に関して、夜間の視認性を高める工夫を行っている。

また、本市では、国ガイドラインで示されているような矢羽根と矢印による進行方向の重複表示を行わず、進行方向は矢羽根のみで表現し、さらには、自転車マークも矢羽根ひとつ飛ばしごとを基本に設置する等、景観に配慮したガイドラインとしている。

(2) 本市ガイドライン内容

本市ガイドラインの一部を以下に記載する。

(a) 適用範囲

「京都・新自転車計画」では、3つの重点地区（都心部地区、西院地区、らくなん進都地区）を対象に自転車の走行環境の面的なネットワーク整備を進めていくこととしており、本市ガイドラインの適用範囲も同様とする。

(b) 道路の分類

幹線道路、準幹線道路及び生活道路について、表-2のとおり分類した。

表-2 道路の分類

分類	概要
幹線道路	都市の骨格を形成するみち(4車線以上のみち等)。 京(みやこ)のみちデザインマニュアルにおける幹線道路網図に準じる。
準幹線道路	幹線道路以外で歩道(片側含む)がある2車線のみち。
生活道路	幹線道路又は準幹線道路以外のみち。

幹線道路	準幹線道路	生活道路
		

(c) 自転車走行環境整備のポイント

本市の自転車の走行環境整備の6つの基本的な考え方を下記に示す。

① 歩行者の安全を第一とした整備
② 「自転車は軽車両であり車の仲間である」という大原則を踏まえ、車道の左側に自転車の走行環境を整備
③ 自転車歩行者道における自転車走行位置の明示は行わない
④ 自転車走行環境整備に伴う自転車横断帯撤去の検討
⑤ 自転車走行の連続性を確保する
⑥ 駐停車・荷捌き車両対策による自転車の安全性及び快適性の向上

(d) 自転車走行環境整備フロー

本市ガイドラインは、自転車通行量及び交通事故多発交差点等を考慮して設定した3つの重点地区において適用されるものである。

車線数や歩道の有無等の道路構成別に定めた道路の分類に基づき、図-1のフローにより自転車走行環境の整備形態を選定するものとする。

また、安全上改善が求められる路線については、自転車道（一方通行）を検討する。

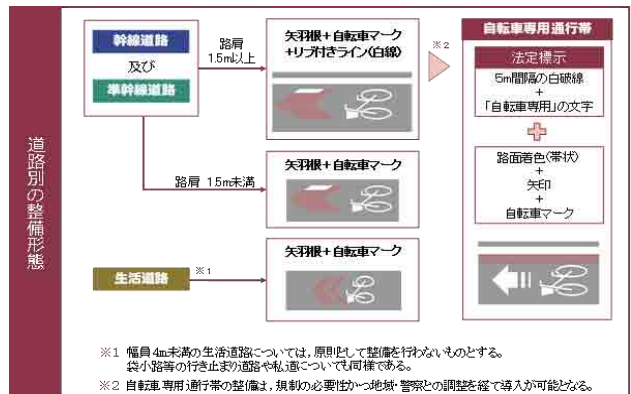


図-1 自転車走行環境整備フロー

(e) 矢羽根（色彩）

国ガイドラインにおいては、青色系を基本とするとされているが、本市では景観に配慮し、「京（みやこ）のみちデザインマニュアル³⁾」に基づき、ベンガラ色（色相2.5R、彩度4、明度6）を用いる。

(f) 矢羽根（設置間隔）

本市では、幹線道路及び準幹線道路の矢羽根の設置間隔について、単路部は10m間隔、交差点部は3.6m間隔を基本とするものとする（図-2）。

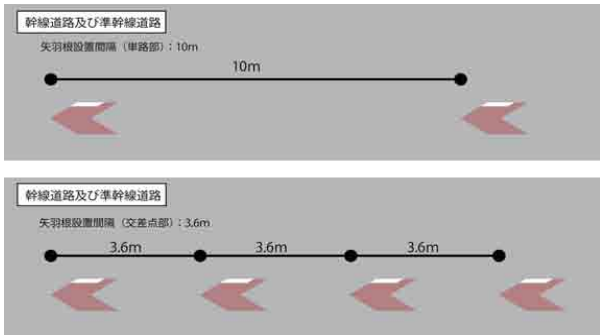


図2 本市の矢羽根の設置間隔

(g) 矢羽根 (視認性)

本市では、幹線道路、準幹線道路及び生活道路における矢羽根の夜間視認性向上策として、塗料（ベンガラ色部ベース層）への高輝度ガラスビーズの混入を基本とし、さらに、幹線道路及び準幹線道路については、矢羽根右端に白線を設置するものとする。矢羽根右端に設置する白線の寸法については、幅は 10cm、長さは矢羽根の右端部の 2/3 の長さを基本とする⁴⁾。

塗料（ベンガラ色部）の標準仕様として、散布層については、JIS ガラスビーズと硬質骨材を 1:1 に混合したものとし、ベース層については、高輝度ガラスビーズ 25%（3号相当）を含んだものに加え、すべり抵抗値を向上させるために硬質骨材 30%を含んだものを基本とするものとする。これにより、ガラスビーズによる自動車のヘッドライトの再帰反射により視認性を確保し、車両の通行等による塗料の摩耗後も持続的に高い視認性を維持することができる（図-3）。

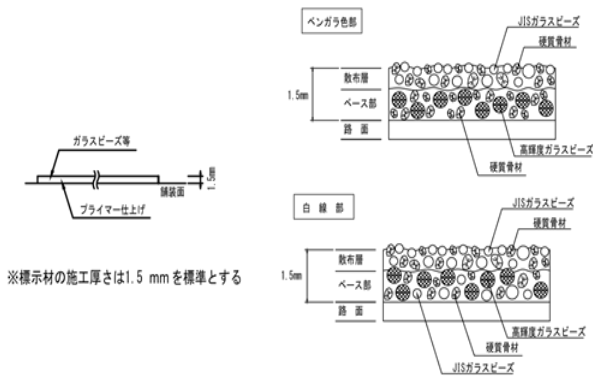


図3 矢羽根（標準仕様断面図）

(h) 幹線道路と生活道路の交差点における路面表示による明示

幹線道路（準幹線道路）と生活道路の交差点においては、生活道路からの自動車のドライバーに対して、自転車走行空間があることを明示するために交差点の中央に自転車マークを設置するが、自転車マークの向きは、生活道路に垂直に設置するものとする（図-4）。

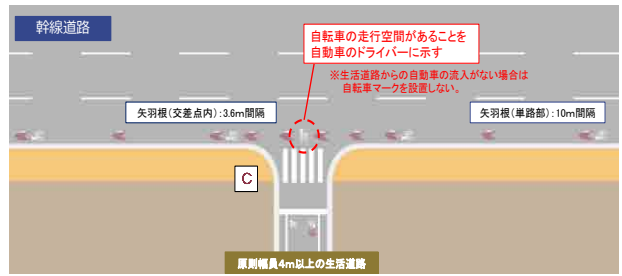


図4 自転車マークの設置方向

3. 本市ガイドラインに基づく整備（ハード整備）

前章までは、本市ガイドライン策定までの取組を中心に展開してきたが、本章では、現在進捗中である本市ガイドラインに基づく自転車の走行環境整備について、京都市独自の取組も含めた事例を紹介する。

(1) 重点地区における整備

本市ガイドラインに基づき、平成 27 年 3 月に策定した「京都・新自転車計画」で定めた重点地区のうち、都心部地区から自転車の走行環境整備を順次実施しており、生活道路も含めた面的な自転車ネットワークを構築中である（図-5）。

過年度に実証実験を行った河原町丸太町交差点を起点に、自転車利用者の多い京都大学及び同志社大学周辺から、連続性を確保しつつ、整備を順次進めているところである（図-6）。

また、自転車事故割合が最も高い生活道路同士の交差点においては、「注意喚起マーク」を設置し、自転車利用者が注意して交差点に進入するよう安全対策も行っている（図-7）。

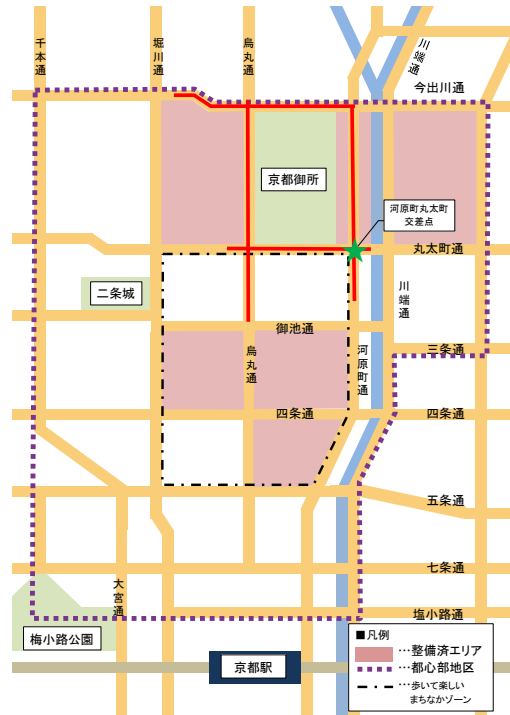


図5 都心部地区における主な整備箇所（平成 29 年度末現在）



図6 矢羽根型路面表示の整備状況



図7 注意喚起マークの整備状況

(2) 「歩いて楽しいまちなかゾーン」での整備

京都市内の中心部において、安心でゆとりある歩行空間の確保と車両の速度抑制を目的とした「歩いて楽しいまちなかゾーン」が整備されている。その設計思想としては、歩道整備が困難な都心部の生活道路において、自動車の速度低減やゆとりある歩行空間の創出を図るため、路側帯を出来る限り広げ、その車道側に自転車走行空間を設置するものである。

本市ガイドライン策定前は、自転車走行空間として、矢印と自転車マークをセットに設置することで対策を講じてきたが、ガイドライン策定後は、本ガイドラインの仕様を適用することで、自転車走行に係る路面表示の統一化を図っている。

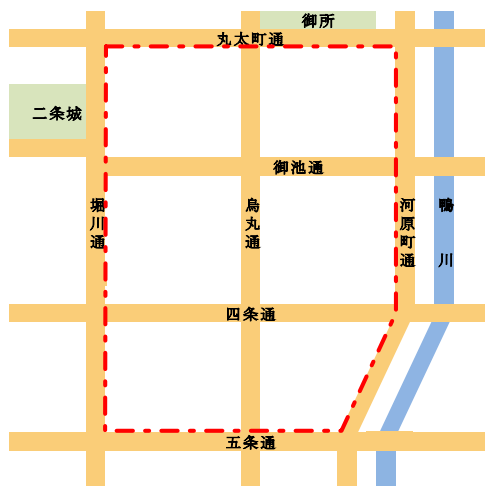


図8 「歩いて楽しいまちなかゾーン」位置図



図9 歩いて楽しいまちなかゾーンの整備状況
(上：本市ガイドライン策定前，下：本市ガイドライン策定後)

(3) 道路改良工事等に併せた整備

本市では、道路利用者の安心・安全または利便性向上等のため、道路改良等の工事が多数実施されているが、自転車の走行環境整備の更なる進捗を図るため、道路改良工事等の際には、自転車政策推進室に事前相談のうえ、工事に併せて、自転車の走行環境整備を行うよう指導している。これは、各設計担当者が道路設計を行う際に、限られた道路幅員の中で、自転車の走行空間についても検討する意識の醸成に繋がるという効果も有している。

世界トップレベルの自転車共存都市を目指す本市にとって、自転車政策を担当する部署だけでなく、道路整備に携わる職員全てが自転車について十分に理解していることもまた、目標達成に向けての必要不可欠な要素であると考えている。

本取組を引き続き実施することで、重点地区内だけに留まらない自転車ネットワークを市内に拡充していきたい。



図-10 道路改良工事等に併せた整備

4. 整備に併せた周知啓発（ソフト対策）

本市ガイドラインに基づく自転車の走行環境整備（ハード整備）について、前章のとおり様々な手法による整備の推進を図っているが、道路利用者への整備に対する更なる周知を図るためには、ソフト対策も併せて講じていくことがより一層重要である。

本章では、ハード整備に併せた様々なソフト対策事例を紹介する。

(1) 自転車安全利用促進啓発員によるチラシ配布

京都市行財政局サービス事業推進室の自転車安全利用促進啓発員により、基本的に毎日、整備を実施した交差点でチラシを配布し、矢羽根型路面表示に沿った車道左側走行を呼び掛けることで、整備に併せた周知徹底を図っている。



図-11 啓発員による配布チラシ（両面）

(2) 整備実施後の周知啓発（チラシ配布等）

自転車の走行環境整備実施後に、関係機関等と連携して、チラシ配布やプラカード掲示による啓発を実施し、整備の周知啓発を図ることで、自転車利用者のルールやマナーの向上に努めている。



図-12 整備実施後の啓発状況

(3) 自動車ドライバーへの周知啓発

自転車利用者が車道を安心・安全に走行するためには、自動車ドライバーに対する整備への理解が重要である。平成 29 年度に自転車の走行環境整備に対する住民アンケートを実施した際にも、「車道走行するには自動車が怖い」や「歩行者・自転車・自動車ドライバーお互いの意識が重要」との意見を頂いている。

そこで、市内の自動車教習所が実施している自転車の走行に関する講習の際に、自動車ドライバー向け啓発チラシの配布を行い、自動車ドライバーに対する整備への理解を促している（平成 29 年度は約 30,000 枚の啓発チラシを市内の自動車教習所に配布）。



図-13 自動車ドライバーへの周知啓発チラシ

(4) 自転車走行に係る啓発用看板の考案

自転車走行に係るルールやマナーの更なる徹底等を図るため、重点地区における整備に併せて、重点地区外においても、外国人にも分かりやすいピクトグラムを活用したデザインによる啓発用看板を設置することとした。

設置の第一弾として、観光客が多く、安心・安全な歩行空間の創出に向けての取組が進められている東山区の東大路通に電柱幕として平成 29 年度末に設置を行ったところである。

看板デザインについては、自転車事故が特に多い若者世代の心にも響くデザインとなるよう、同区内の京都女子大学生生活デザイン研究所（出井副所長と学生メンバー4名）にデザイン作成を依頼し、主に6パターンのデザインを作成いただいた。

その主な特徴として、

- ① 外国人にも分かりやすいよう、ピクトグラムを活用
- ② 言語は日本語・英語の2箇国語表記
- ③ 縦長の看板の形状を活かした立体感のあるデザイン
- ④ 現在進めている歩行環境整備で使用している、ベンガラ色の矢羽根型路面表示のデザインを活用
- ⑤ 景観にも配慮し、上記のベンガラ色以外は、白色・黒色・赤色のシンプルな色使い

となっている。

今後は、重点地区外の大学の周辺や観光客が多いエリア等に、順次設置していく予定としている。



図-14 看板デザイン

5. 今後の展望

今後の展望としては、現在実施している本市ガイドラインに基づく整備の効果検証及びアンケート調査等を経年で実施することで、今後の整備の方向性を見出していくことはもちろん、「京都・新自転車計画」の上位計画である「歩くまち・京都」総合交通戦略⁵⁾に基づき、歩行者優先のまちづくりを進めていくためには、自動車交通量の減少に伴う車線の減少等により生み出された空間を活用し、自動車から切り離された空間を自転車が安心して走行できる環境整備が望まれる。

また、地方自治体を取り巻く予算・人員状況が大きく変化してきている事情を踏まえると、これまでとは異なる切り口からの検証を実施し、施策を展開しなければならない。具体的には、高度な技術力を持った民間企業との連携や知の集積地である大学との連携が不可欠だと考える。本市ガイドライン策定段階の取組においても、自治体だけの取組では実現し得なかったことが大学及び民間企業との連携により実現することができた。

今後も、歩行者の安全を第一とした、自転車利用者が安全・安心に走行できる環境整備を行い、産官学連携を伴った自転車走行環境の「みえる化」の取組を加速させていくとともに、「世界トップレベルの自転車共存都市～だれもが安心して心地よく行き交うことができるまち京都～」を目指して、諸外国の先進的な取組も参考にしながら、積極果敢に5つの「みえる化」施策を実行していきたい。

異動に伴う対応：

本論文は、従前の所属（建設局自転車政策推進室）における業務内容について提示したものである。

謝辞：総合調査設計株式会社には、産官学連携による取組を含めた本市ガイドライン策定業務において、きめ細かい助言をいただく等、大変お世話になりました。ご担当者の皆様に感謝いたします。

参考文献

- 1) 京都市：京都・新自転車計画，平成 27 年 3 月
- 2) 国土交通省・警察庁：安全で快適な自転車利用環境創出ガイドライン，平成 28 年 7 月
- 3) 京都市：京（みやこ）のみちデザインマニュアル，平成 25 年 3 月
- 4) 国土交通省大宮国道事務所：国道 17 号自転車通行空間整備専門家による技術的アドバイス実施概要，平成 27 年 10 月
- 5) 京都市：「歩くまち・京都」総合交通戦略，平成 22 年 1 月

設計図書のない既設橋梁のウィング補修設計における一考察～名阪国道 福住跨道橋～

水野 千恵¹

¹近畿地方整備局 奈良国道事務所 管理第二課 (〒630-8115奈良県奈良市大宮町3-5-11)

名阪国道（一般国道25号）に位置する”福住跨道橋(上)・(下)”は、2015年の定期点検で各橋台ウィングの外面上部において鉛直方向・斜め方向に対して多くのひび割れ損傷が確認された。本橋の橋梁毎の健全性は“Ⅲ”（早期措置段階）と判定され、対策が急がれる状況であったが、供用後50年以上経過しており、設計図書（設計図面、竣工図面や構造計算書等）が一部しか存在しない。

このような状況の中、本橋を補修するにあたり、橋梁ドクターに助言を得ながら詳細調査、対策方針の検討を行い、補修設計を実施した。本報告では、これらの調査内容および補修設計に先立って実施した損傷評価について概要を紹介する。

キーワード 橋台ウィング コンクリートひび割れ 現地調査計測 損傷評価

1. はじめに

本報告は、名阪国道（一般国道25号）に架設されている福住跨道橋の橋台ウィングに発生したひび割れの対策を実施するにあたり、詳細な調査・計測にてひび割れ性状を把握し、ひび割れ状態と設計値の乖離について種々の要因を検討（損傷評価）したうえで、補修対策工法の設計を行ったものである。

名阪国道（一般国道25号）は「千日道路」と呼ばれた道路であり、昭和38年4月に着工し、昭和40年12月に暫定供用を開始し、次いで昭和55年3月に全線4車線化が完成している。現在、日交通量は約5万台、大型交通量が約45%を占める重交通路線である。

この名阪国道に架かる福住跨道橋は、上り線が昭和40年、下り線が昭和46年に竣工したPC単純プレテンT桁橋である。橋台は、昭和40年に上下線同時に完成した橋台高さ16mの控え壁式橋台である。

本橋は、平成27年度の定期点検で、上下線とも対策区分“C2”と判定された橋台ウィングのひび割れやうき、剥離・鉄筋露出等の損傷により橋梁毎の健全性は“Ⅲ”（早期措置段階）と診断された。

この損傷への対策を検討するにあたり設計図書を調べたところ、供用後50年が経過しており、設計図書のうち竣工図面や構造計算書がほとんど存在しないことが判明した。

このような状況の中、今回は橋梁ドクターに助言を得ながら詳細な調査・計測を実施し、補修方針策定のために実施した損傷評価の内容について報告する。

位置図を図-1に、橋梁概要図を図-2に、橋梁諸元を表-1に示す。



図-1 位置図

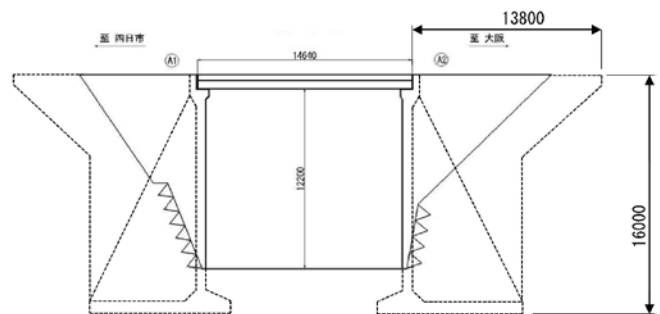


表-1 橋梁諸元(上・下)

上部構造	PC単純プレテンT桁橋
下部構造	控え壁式橋台
基礎構造	直接基礎
橋長	14.640m
幅員	全幅10.9m, 有効幅員10.1m
建設年次	上り線：1971(S46), 下り線：1965(S40)
交通量	51,894台/日, 大型車混入率44.8% (H27道路交通センサス)
ウィング構造	フルウィング(側壁+パラレル)

2. ひび割れ損傷概要

定期点検時の橋台ウイングのひび割れ発生状況を図3に示す。上り線側でひび割れ幅が0.5mm～2.0mmで遊離石灰を伴い、一部剥離・鉄筋露出が確認されている。また、下り線側ではひび割れ幅は最大10mm程度である。

工事図面等に存在しないコンクリート突起構造(タイロッド等の定着部保護コンクリートと推測)の存在も確認されている。

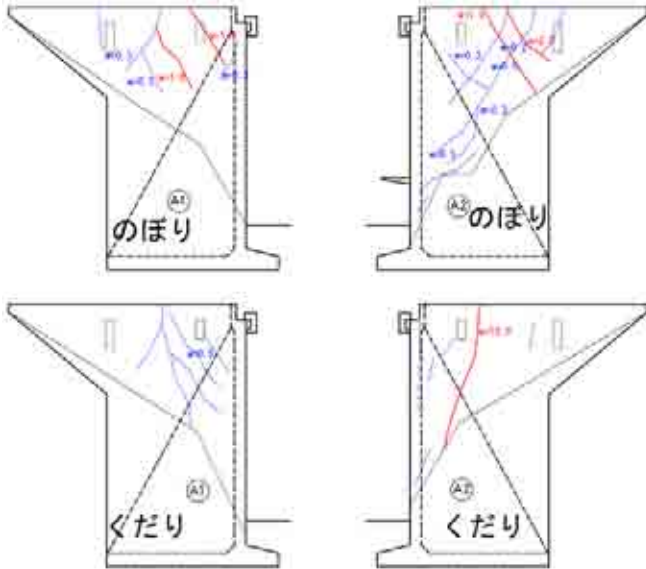


図3 既設ウイングひび割れ概要図(赤:1mm以上)

3. 補修・補強に向けた調査・検討

(1) 事前調査

本橋の損傷への対策の検討に先立って、設計図書(設計図面, 工事図面, 構造計算書, 補修補強履歴, 設計基準類等)の調査を実施した。その結果を表2に整理する。確認された設計図書のうち、ウイングの配筋図のマイクロフィルムを現在の設計手法と比較した場合、鉄筋量が最も多くなるパラレルウイング付根部の鉄筋量が著しく小さく、実際にその配筋で施工したかの確認が重要であったが、工事竣工図面や構造計算書がないため、その配筋の妥当性の確認ができなかった。また、橋台ウイングに設置されたコンクリート突起構造についても、竣工図面や補修補強履歴等の資料が確認できなかった。

表2 収集した設計図書一覧表

項目	存在資料	備考
発注図面	一般図, 配筋図マイカ	5葉
工事竣工図面	なし	
構造計算書	なし	
補修補強履歴	なし	コンクリート突起構造の資料なし
設計基準類	名阪国道構造基準	ウイング設計手法について記述なし

そこで、十分な設計図書類が存在しないことから、既存資料や建設前後の基準類の収集を行い、当時のウイングの設計手法を推定し、その上で補修工法の検討を実施することとした。一方で、名阪国道の他の橋梁においては、同様の損傷事例がほとんどないことから、橋梁ドクターに診断して頂き、現況調査方法、損傷評価および補修工法検討等について幅広い観点から助言を頂き、補修設計の妥当性を確保できるようにした。

(2) 概略検討

ウイングの設計手法は、「設計要領第二集」(H2.7道路公団, 以下「H2設計要領」と略記)において初めて基準類に記載されたものである。そのため、昭和39年に完成している橋台ウイングの設計手法とは異なる可能性がある。そこで、橋台各部における応力状態を把握するための概略検討として、「H2設計要領」および発注図面を参考に既設ウイングの応力状況の推測を行った。

上記の検討の結果、全ての部位において許容応力度に対する超過が見られ、特にウイング上部付根部(A部)においては、設計上の応力度が許容応力度の20倍(鉄筋 $\sigma_a=140\text{N/mm}^2$ に対し最大 $\sigma=2775\text{N/mm}^2$)程度と算定された。この結果は、ひび割れはあるものの、土留め構造として50年以上経過している実情と著しく乖離していることから、説明に苦慮するものであった。

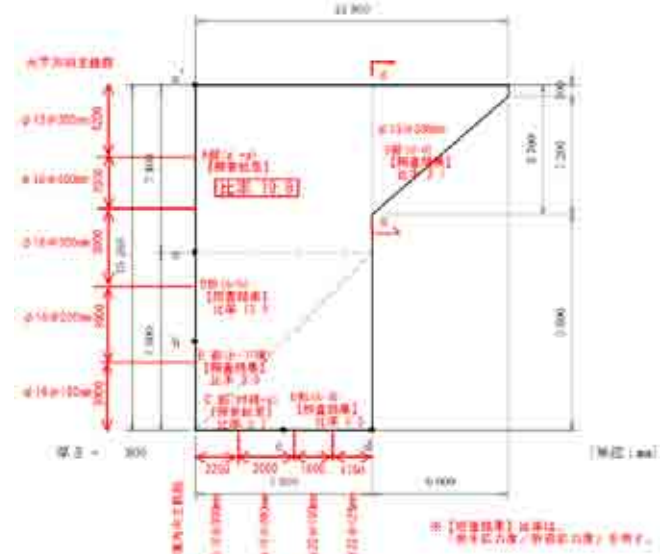


図4 橋台ウイング発生応力概要図

(3) 橋梁ドクターとの現地診断

橋台ウイング補修・補強工法選定および詳細設計の実施に際して、橋梁ドクターに本橋の損傷状況を現地にて確認頂き、補修対策工法の選定等設計検討における留意点について助言を頂いた。表3にその概要を整理する。橋梁ドクターの助言では、損傷の発生要因は主に力学的なものと推測されるとのことであるが、タイロッド補強の定着構造等、本橋特有の構造があるため、詳細調査を実施の上、対策方法を決定することとした。

表-3 現地診断助言一覧表

項目	助言概要
ひび割れ損傷について	<ul style="list-style-type: none"> 最も注意すべき損傷は、ウイングが側方へはらみ出す方向の変形である。 乾燥収縮や翼壁の張り出し自重による影響も要因の一つと思われる。 ひび割れの主要因は、化学的なものでなく、施工時の状況や力学的な条件等と推測される。
補修・補強対策選定に向けて	<ul style="list-style-type: none"> ウイング外面のひび割れだけでなく、コンクリート内部のひび割れ状況をコア採取等で調査し、ひび割れ損傷状況の把握が必要。 ウイング外側への変形のモニタリング調査が必要。 補修・補強の前提条件として、現状のコンクリート圧縮強度、タイロッド補強の定着部構造等の調査が必要。

(4) 詳細調査

a) 縦壁とウイング接合部のひび割れ調査

ウイング各部の応力状態を把握するための概略検討で判明した応力状態によると、調査対象とするひび割れは、ウイングの内側から発現していると考えられる。よって、直接目視できない箇所となるため、非破壊検査手法による調査を検討したが、縦壁およびウイングの壁厚が厚いこともあり、ひび割れの有無および位置を精度良く把握できない恐れがあるため、小径観察孔（1 inc.ビットによる削孔）を設けてファイバースコープにより内部を観察する手法を試みることにした。なお、観察孔箇所はひび割れ性状と既設鉄筋配置を勘案し、ウイング1面あたり4段、1段あたり5箇所の計20箇所、全4面の合計80箇所とした。

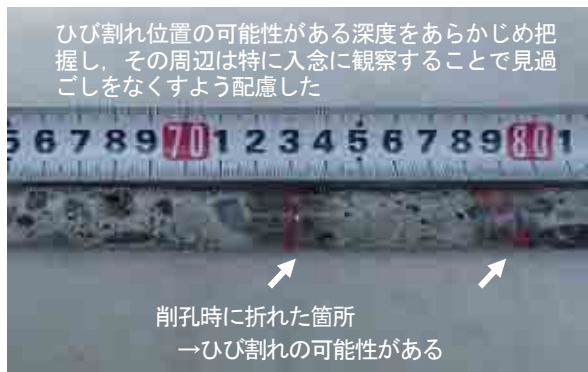


写真-1 採取コアの破断位置の確認



写真-2 観察孔内のひび割れ位置の確認

観察孔削孔時のコンクリートコアを写真-1に、ファイバースコープによる内部ひび割れ状況を写真-2に示す。ケーシングサイズが小さいことから、削孔されたコアは粉砕された状態になる可能性が高いと考えていたが、後述のとおり非常に強度の高い密実なコンクリートであったことから比較的綺麗なコア状のコンクリート片を得ることができた。そのため、現地にてコアを復元整形し、破断位置にはひび割れが入っている可能性があることを踏まえ、その深度を確認しておき、ファイバースコープで内部観察する際に特に入念に観察することで、ひび割れを見逃すことのないよう留意した。

ここでは、A1橋台(上)側の橋座より8.0m下がった箇所（最下段）での調査結果を図-5に示すが、外面のひび割れが見られない当該部においても、内側に端を発すると考えられるひび割れの存在が確認された。

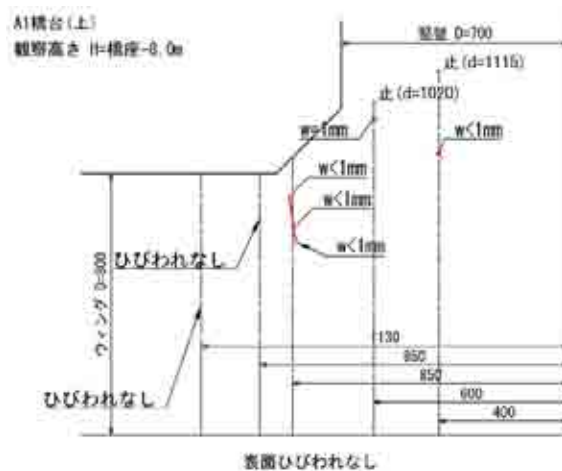


図-5 A1(上)ウイング接合部ひび割れ調査の結果

b) コンクリート圧縮強度試験

ウイングの上縁付近より採取したコンクリートコアにより圧縮強度試験を実施したところ、採取した3本のいずれのコアでも圧縮強度は設計基準強度 $\sigma_{ck}=24\text{N/mm}^2$ に対して 45N/mm^2 を超えていた。また、コア孔を利用して中性化試験を実施したところ、中性化深さは平均で約1mm程度であり、純かぶり55mm程度に対して十分に小さく、中性化による劣化は生じていないと判断した。

c) 既存定着部の調査

既存定着部の外観を写真-3に示すが、外観からはタイロッドなどの定着部保護コンクリートのように見受けら

れる。タイロッドが配置されている場合には、その影響を考慮した検討を実施する必要があるため、構造把握するための調査を実施した。業務における調査であるため、できる限り小規模なハツリ調査で構造を把握する必要があることから、非破壊検査（電磁誘導法と電磁波レーダ法を併用）を活用し、突起状に突き出した鋼材位置を探索で確認したのち、部分的にはつり調査を実施した。この結果、写真-4に示すとおり、普通PC鋼棒φ23mm用のナットが確認できた。また、保護コンクリート打設用型枠を固定する番線は定着ナットに溶接されていることが判った。このことから改めて定着体を観察すると、ほぼ等間隔に番線が確認できたことから、鋼材配置は番線位置と一致すると考え、図-6に示す鋼材配置であると推定した。

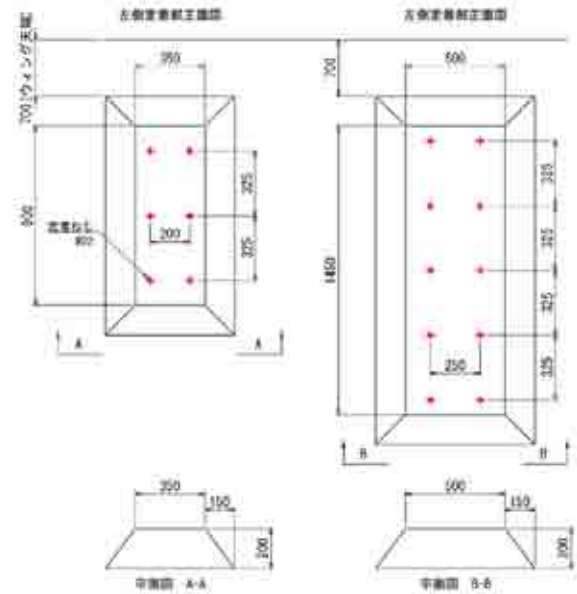


図-6 既存定着部の鋼材配置



写真-3 既存定着部の調査対象



写真-4 はつり箇所の状況

d) 形状計測

測量はH29.6とH29.7の2回実施したが、この間に変位が増大するような観測結果は得られなかった（トータルステーションの機械精度（±(2+2ppmxD(距離)) mm）の範囲内の差異程度）ことから、設計断面と比較するとウイングが開いている状態ではあるが、変位が顕著に進行している状況ではないため、通行止めなどの緊急処置は不要であることを確認した。

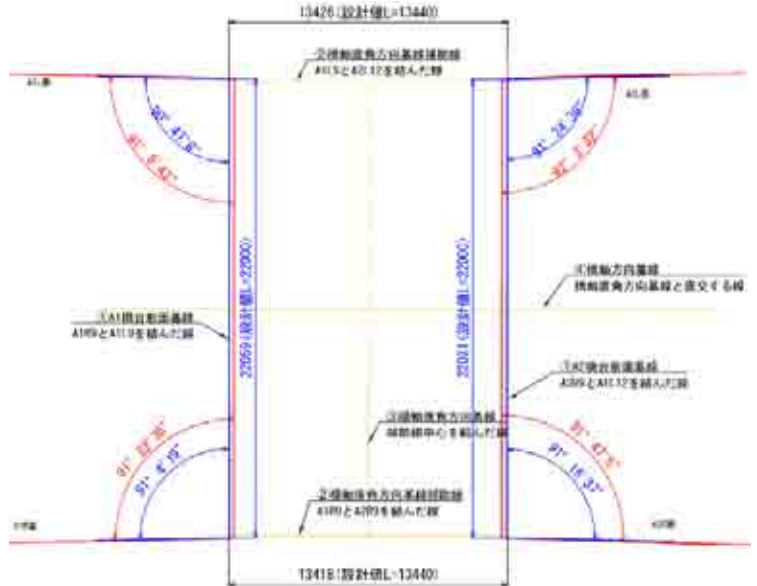


図-7 形状計測の結果

4. 補修・補強方針の策定のための損傷評価検討

(1) 検討方針

設計図面および既存の設計手法等に基づく設計断面力や設計応力度の発生状況では、橋台ウイング付根部に発生する損傷（ひび割れ）状況を説明できないことが明らかとなった。そこで、補強対策方針を策定するため、橋台ウイングに実際に生じている断面力の算出の観点と橋台ウイングが実際に有している耐力の観点の両面から、損傷状況を把握することとした。

(2) 橋台ウイングに実際に生じている断面力の検討

a) 発生断面力に与える要因分析

橋台ウイングに作用する断面力は、主に土圧力による断面力である。前述のH2設計要領では、パラレルウイングの土圧は、2辺固定版としての解析による方法が示されている。

ここで、橋台ウイングに作用する土圧に影響を与える要因および検討の方向性を表-4に整理した。

表-4 土圧に影響を与える要因一覧表

項目	概略検討条件	詳細検討条件
1 断面力算出方法	H2設計要領	平面格子解析により算出可能
2 既存定着部(タイロッド)	考慮不可能	平面格子解析により考慮可能
3 橋台控え壁	考慮不可能	〃
4 巻き込み土羽による土圧力	考慮不可能	〃
5 裏込め土材料	砂・砂礫	粘着力c, せん断抵抗角φの影響を評価

b) 解析モデル概要

表-4におけるNo.1~No.4の項目を考慮するために、橋台ウイングを平面格子解析を行った。解析モデル概要図を以下に示す。

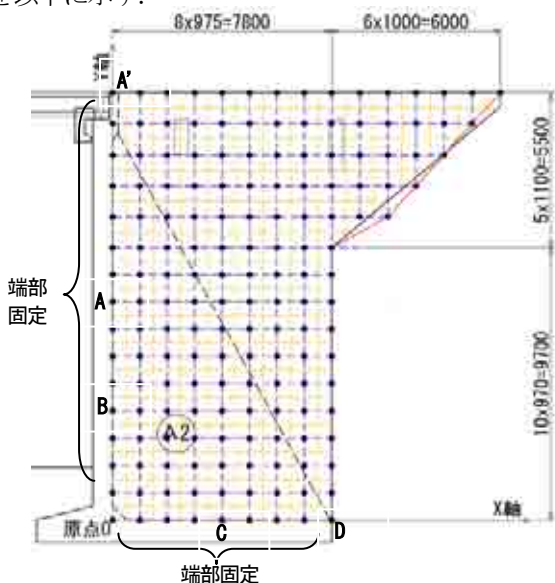


図-8 平面格子解析モデル概要図

なお、それぞれの要素の部材剛性は、図-9に示すように、1要素の幅を、両側の節点間隔の1/2、高さ800mmの矩形断面として、断面積A、断面2次モーメントIy、Iz、ねじり剛性Jを算出した。

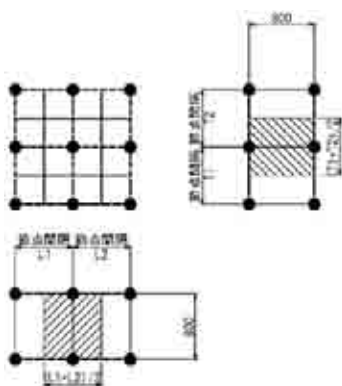


図-9 部材剛性設定方法概要

c) 断面力算出方法による影響

“H2設計要領”の簡易式により求めた断面力と平面格子解析により求めた断面力について、ウイング各部に生じる断面力の比較を行った。比較結果を図-10および表-4に示す。

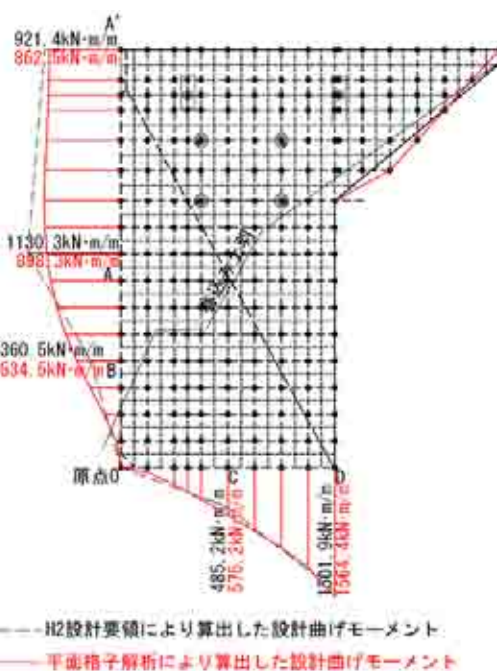


図-10 ウイング部の発生曲げモーメント比較図

表-4 平面格子解析とH2設計要領による曲げモーメント比較表

曲げモーメント(kN·m)	H2設計要領 平面格子解析	着目箇所				
		A'	A	B	D	C
		921.4	1130.0	365.0	1501.9	485.2
		862.5	898.3	534.5	1564.4	575.2
	比率	93.6%	79.5%	146.4%	104.2%	118.6%

上記の結果から、H2設計要領においては、ウイング付根部上部(A'部~A部)で発生する曲げモーメントが10%~20%程度安全側に評価していることを確認した。一方で、ウイング付根部下部(A部~B部)およびウイングとフーチング付根部の曲げモーメントは小さく評価されている。

d) 既存タイロッドによる横締めの影響

既存タイロッドに与える緊張力は、土圧による曲げモーメントが逆曲げ(ウイング外側が引張)とならない最大値とし、タイロッド降伏耐力の15%に設定した。

その結果、タイロッドの緊張力を評価することで、ウイング付根部上部で発生する曲げモーメントが70%~20%程度低減されていることを確認した。ウイング付根部下部およびウイングとフーチング付根部においても、少なくとも5%程度の曲げモーメントの低減が確認された。

表-5 既存タイロッドによる横締めの影響比較表

曲げモーメント(kN·m)	緊張力なし 緊張力あり	着目箇所				
		A'	A	B	D	C
		862.5	898.3	534.5	1564.4	575.2
		251.3	728.7	503.2	1275.5	541.7
	比率	29.1%	81.1%	94.1%	81.5%	94.2%

e) 控え壁による影響

福住跨道橋は控え壁式橋台であり、控え壁が土塊のすべりに抵抗するため、土圧力が低減することに着目した検討を行った。(図-11参照)

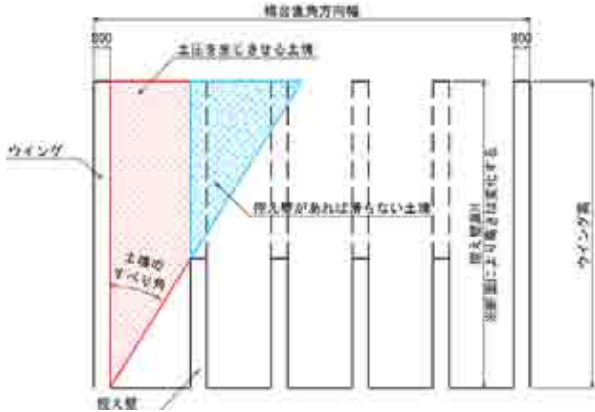


図-11 控え壁による土圧軽減概念図

平面格子解析により、土圧低減を評価した解析を行った結果、控え壁を考慮することにより、場所により最大10%程度の曲げモーメントの低下が確認できた。

f) その他の影響

ウイング外側の巻き込み土羽による土圧の低減効果、および裏込め土材料による影響について検討を行った。

ウイング外側の巻き込み土羽の影響では、A部において曲げモーメントが4%~10%程度低下することが確認できた。また、裏込め土材料の影響では、A部において曲げモーメントが35%程度低下することが確認できた。

(3) 橋台ウイングの保有耐力の検討

a) 橋台ウイングの保有耐力に影響を与える要因

保有耐力に影響を与える要因を表-6に整理する。

表-6 土圧に影響を与える要因一覧表

項目	概略検討条件	詳細検討条件
1 コンクリート材料	$\sigma_{ck}=24\text{N/mm}^2$	コンクリート圧縮強度試験 ($\sigma_{ck}=45\text{N/mm}^2$)
2 鉄筋	SR24 (SR235)	名阪国道基準から高強度鉄筋(SSD49)
3 ハンチ鉄筋	考慮しない	付根部の耐力評価に考慮

b) 橋台ウイングの保有耐力の推定

A部における保有耐力の算出結果を表-7に示す。

表-7に示すように、当時も使用が想定される材料、配置されているハンチ筋を考慮することで、保有耐力が約4倍程度大きく評価できることを確認した。

表-7 A部における保有耐力算出結果

項目	抵抗曲げモーメント	降伏曲げモーメント	終局曲げモーメント
曲げモーメント(kN・m)	64	108	123
コンクリート強度の影響	1.000	1.021	1.016
鉄筋材質の影響	1.129	1.240	1.232
ハンチ鉄筋影響	2.909	3.011	2.909
保有耐力の推定値(kN・m)	210	412	448

(3) ウイングのはらみ出し方向への損傷に対する評価

前項までで整理した“橋台ウイングに実際に生じている断面力”と“橋台ウイングの保有耐力”とを表-8に示す。種々の要因を考慮した場合、橋台ウイング付根の一部分(A部)においては、抵抗曲げモーメントを超える曲げモーメントが発生するが、その他の部分においては、抵抗曲げモーメント(許容応力度)以下であることが確認できた。そのような状況から、ウイングのA部付近については、補修対策が必要であるが、その他の箇所については、緊急性が低く、経過観察で対応可能と判断した。

表-8 ウイング各部の発生曲げモーメントと保有耐力との比較

部位	抵抗曲げモーメント(kN・m)	降伏曲げモーメント(kN・m)	終局曲げモーメント(kN・m)	発生曲げモーメント(kN・m)	評価
A'	188	368	404	121	抵抗曲げモーメント以下
A	210	412	448	335	降伏曲げモーメント以下
B	305	609	649	213	抵抗曲げモーメント以下
D	684	1308	1414	496	抵抗曲げモーメント以下
C	369	723	762	230	抵抗曲げモーメント以下

5 補修工法の検討

前項で示した損傷評価により、ウイング付け根のひび割れについて、現状と計算値との評価は概ね一致することが確認できた。よって、総合的な比較検討により、補修工法は、ひび割れた既設断面に代わり、土留めとしての耐力を確保でき、かつ、ウイング外壁がモニタリング可能な補修工法である“鋼製梁補修工法”を採用した。

表-7 補修工法比較表

工法名称	第1案	第2案	第3案	第4案
	RC壁増厚工法	鋼製梁補修工法	裏込土土圧低減工法	新設土留壁設置工法
施工性	△	○	×	△
環境性	○	○	○	×
維持管理性	×	○	○	△
経済性	△	○	△	×
総合評価		◎		

6 おわりに

本報告では、机上の設計結果と実際の損傷に大きな乖離が見られたため、現場での詳細調査や過去の文献調査、さらには、実際の構造を適切に評価した解析を実施した。その結果、橋台ウイング各部に実際に発生している断面力について妥当と考えられる評価が可能となった。

本橋のように、建設年次が古い構造物においては、設計図書や構造計算書がないことが多い。そのような場合、橋梁ドクターに診断していただくと共に、詳細な調査の実施により、考えられる全ての事柄に対して検討することが重要であることを改めて実感した。

謝辞：本検討に際し、橋梁ドクターの方々に多大なるご協力とご助言を賜りました。深く感謝いたします。

旧タイプアンカー部材（PC鋼棒）の破断について

井尻 和秀¹ 安藤 一行²

¹近畿地方整備局 福知山河川国道事務所 工務第一課（〒620-0875 京都府福知山市字堀小字今岡2459-14）

²近畿地方整備局 福知山河川国道事務所 道路管理課（〒620-0875 京都府福知山市字堀小字今岡2459-14）

福知山河川国道事務所管内国道9号福知山市岩井地区の上り車線側法面において、30年以上前に建設されたアンカー付き法枠工のアンカー頭部保護コンクリートがアンカーの破断に伴い車道に飛散し、国道通行車両に衝突したことを受け、緊急点検、調査、対策委員会を通じ旧タイプアンカーに対し取った措置について報告する。

キーワード 法面对策，ゲビンデスターブ，リフトオフ試験，自動観測，MMS

1. はじめに

国道9号の福知山市岩井地区において、昭和62年に切土による現道拡幅工事が実施され、法面对策工としてゲビンデスターブ工法を用いた法枠付きグラウンドアンカーを施工し、アンカー頭部をコンクリートで保護していた。このグラウンドアンカーは、1998年に制定された土質工学会基準「グラウンドアンカー設計・施工基準」以前の基準に基づいて施工された旧タイプアンカーであり、アンカー体の二重防食が義務づけられておらず、アンカーの破断などの問題を起こしやすい構造となっている。今回、アンカー頭部を保護しているコンクリートが、アンカー部材（PC鋼棒）の破断により落下し、通行していた車両に損傷を与える重大な事故を起こしたことを踏まえ、今後同様の事故が発生しないように、原因究明と今後の対応について、2回の委員会を得てとりまとめた提言について述べる。

2. 事故後の対応

(1) 初期対応

事故は、2017年5月1日16時ごろに発生し（写真-1）、20時30分より車線規制を開始した。同日21時から道路防災ドクターによる現地診断を実施した。その結果、次の提言を受けた。



写真-1 アンカー飛び出し状況及びコンクリート片

(原因)

- ・地山の変動により緊張力がかかったか、水が浸透して劣化によりPC鋼棒が破断した可能性がある。

(応急対策)

- ・法面の変状が疑われる範囲へ第三者被害を防ぐためのネットを設置すること。

(今後の挙動観測)

- ・ボーリングを実施し、孔内変位計による地山の変動状況の確認
- ・法枠に発生しているクラックの変状調査
- ・アンカー頭部保護コンクリートをはつりアンカー頭部の状況確認。（1箇所程度）

翌5月2日に国土技術政策総合研究所、土木研究所による合同現地調査を行い、現地状況及び破断したアンカーを取り出した破断面確認（図-1）の結果、以下の提言を受けた。

(原因)

- ・過緊張により定着部が破断したと考えられる。

(今後の観測)

- ・オールコアボーリングを実施し、土砂化の確認及びすべり面の確認。
- ・法面の健全性確認のため既存アンカーの緊張力調査。



図-1 コンクリート片飛散原因及びアンカー破断断面
5月1日及び2日の現地調査における提言を基に、5月2日より法面の変状が疑われる範囲に第三者被害防止のネットを設置するとともに、破断したアンカー近傍で発達

した法枠クラックの開き等の変位計測を行うため、自動計測機器が設置できるまでの応急対策として、光波測量によるクラック間計測を開始し、変状があった場合は直ちに通行規制できる体制をとり、車線規制を解除した。(図-2)

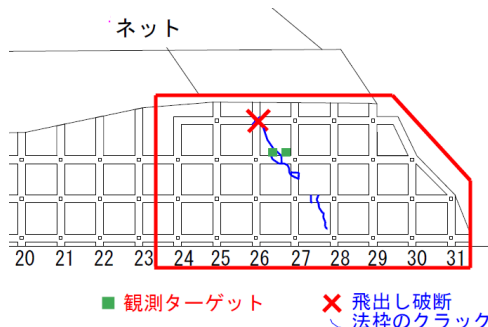


図-2 ネット設置範囲及びターゲット設置位置

(2) 長期法面計測のための機器設置

応急的な手動観測から、24時間計測可能な自動観測に移行するため、5月9日からボーリングを開始し、5月23日から孔内傾斜計を用いた自動観測を開始した。また、既存法枠の変状及びクラックの広がりをつめるため、法面変位計及び法面傾斜計を設置し5月13日に自動観測を開始した(写真-3)。

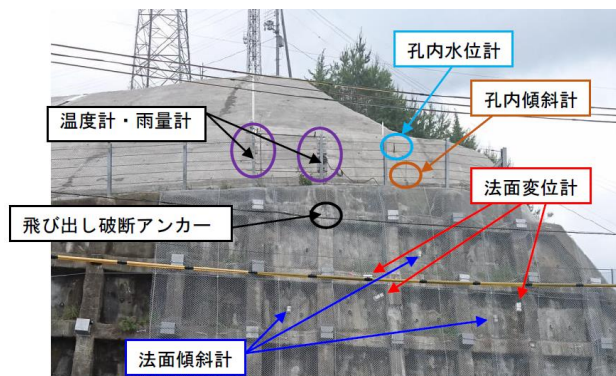


写真-3 自動計測機器と設置位置

(3) 残存緊張力の調査

法面の健全性を確認するため、既存アンカーの緊張力調査として、残存しているアンカー94本のうち、破断箇所に重点を置き約30%に当たる34本について緊張力調査を実施した。当該箇所は現道交通を確保する必要があり、足場の設置が困難であるため、梯子やロープだけで調査が可能なリフトオフ試験を採用した^{1) 2)}(写真-4)。リフトオフ試験とはアンカー頭部に突出しているPC鋼材をジャッキで引張り、定着部が浮き上がったときの引張力を計測する事で現有緊張力を確認する試験である。



写真-4 リフトオフ試験実施状況

(4) 2次災害の防止対策

リフトオフ試験を実施した箇所は頭部保護コンクリートを撤去しているため、アンカー体の飛び出し防止のため帯鋼板の設置、及び帯鋼板の上から飛び出し防止ワイヤーの設置を行った³⁾。



写真-5 リフトオフ試験後のアンカー頭部対策

3. 調査結果

(1) 法枠クラック幅の変動観測

法枠クラック測定のため設置した法面変位計及び法面傾斜計については、現在(平成30年6月時点)も変動は見られない。

(2) ボーリング調査

地質調査の結果、基盤岩の変斑れい岩が分布し、亀裂が多方向に発達し、風化、および、変質が著しく蛇紋岩化しているとともに、部分的に葉片状に剥離しやすい状態を呈していた。概ね深度7~10mまではD~CM級、深度11~15mまではCL~CH級の地山であった。またボアホールカメラによる孔壁撮影を行い、シュミットネット解析を行った結果、全体としてはやや南側にすべり方向が多いが、すべり方向が多方向であることが判明した。

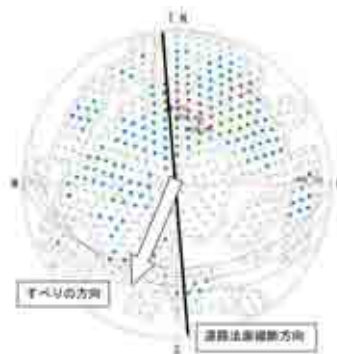


図-3 シュミットネット解析結果

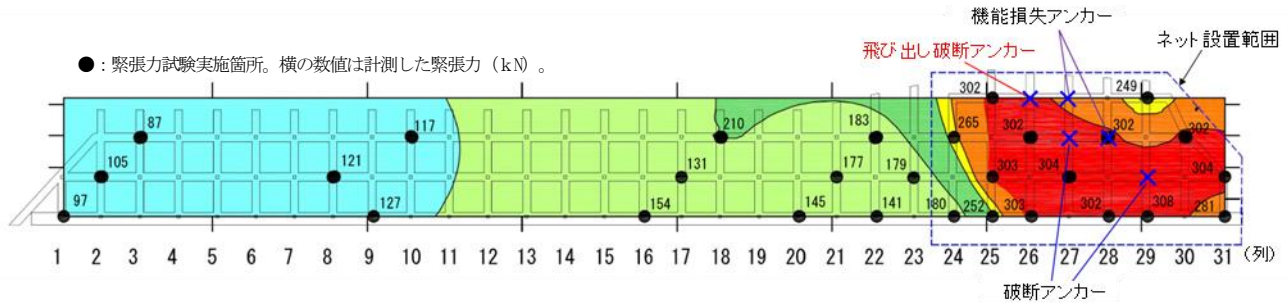


図-4 残存緊張力調査結果

(3) 残存緊張力調査

残存緊張力調査の結果、法枠24列～31列のアンカーは、想定する設計アンカー力(表-1)以上の緊張を示しており、これら周辺のアンカーが過緊張状態になっていることを確認した。また、調査時にアンカー頭部においてPC鋼棒が破断しているものが2本、アンカーの機能を損失しているもの(残存緊張力の無いもの)が2本確認された。

法枠11列～23列は比較的健全な状態であった。

法枠1列～10列は、残存緊張力が低かったが、施工当初にアンカーの緊張力を低く設定していた可能性もあることから、アンカーの破断の恐れは無いものと想定した。

(4) 熱赤外線調査

ボーリング調査の結果、地下水位がG.Lより5.5m付近と高く位置している事が判明し、また当該法枠水抜き穴の一部分のみしか排水されていない状況であったことから、法枠背面に滞水している可能性があったため、遠方熱赤外線調査を実施した。その結果、写真-6に示す青色部が湿潤箇所になっている可能性が高いと言えるが、明確な滞水は確認されなかった。

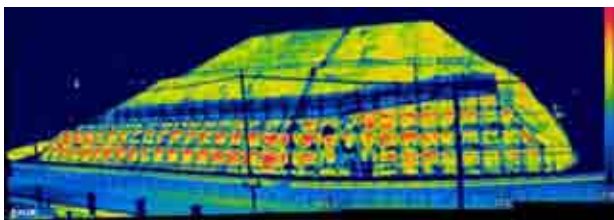


写真-6 熱赤外線調査結果

試験荷重	残存緊張力の範囲	健全度	状態	対応例
348.3kN	0.9 Tys	破	破断の恐れあり	緊急対策を実施
295.7kN	載荷確率上限 1.1 Ta	危	危険な状態になる恐れあり	対策を実施
268.8kN	許容アンカー力 (Ta)	C+	許容値を超えている	経過観察により対策の必要性を検討
255.4kN	設計アンカー力 (Td)	B+		
204.3kN	定着時緊張力 (Pt)	A+	健全	
127.7kN	0.8 Pt	A	健全	
25.0kN	0.5 Pt	B-		経過観察により対策の必要性を検討
0.0kN	0.1 Pt	C-	機能が大きく低下している	対策を実施
		D-	機能していない	

表-1 アンカー評価表

5. コンクリート片落下調査検討委員会

(1) 委員会の設置

法枠のアンカー頭部コンクリート落下事象を受け、その発生に至った原因究明及び、国道9号 福知山市岩井地区法面点検について、技術的な検討を行うことを目的とし、「国道9号福知山市岩井地区コンクリート片落下調査検討委員会」を設置した。

国道9号福知山市岩井地区コンクリート片
落下調査検討委員会名簿 (敬称略)

- 座長 関西大学客員教授・
京都大学名誉教授 大西 有三
- 委員 京都大学教授 岸田 潔
- 委員 国立研究開発法人 土木研究所 地質・
地盤グループ 上席研究員 浅井 健一
- 委員 近畿地方整備局 福知山河川国道事務所
事務所長 久内 伸夫
- 委員 近畿地方整備局 道路部
道路保全企画官 河合 良治

委員会は、2017年6月7日及び2017年7月5日の2回開催し、コンクリート片落下の原因については、明確なせん断面でのすべりではなく、クリープ現象により地山が少しずつ変形して動いた結果、アンカーが破断したものと考えられる。クリープが原因の場合、挙動を把握するのに時間を要するため、当該法面のクリープ現象について追跡調査が必要との結論が出された。

また、「今後の法面点検及び施設管理にあたっての技術的留意事項」について以下のとおり提言を受けた。

(2) 提言の内容

提言1：法面点検方法についての留意事項

- ①点検（近接目視）時に発見した損傷について、局所的なものか、構造的なものであるか、調査記録表に損傷に対する所見を記載する必要がある。
- ②構造的な損傷と判断した場合は、損傷状況及び経年変化が確認できる形で、空間的に把握できるよう、展開図及び横断図に記載して整理する必要がある。そのため、点検に際して必ず作成されるよう点検者に周知徹底する事が重要である。
- ③点検要領に基づく点検では、アンカーが過緊張状態であるかの確認が難しいことから、アンカー変状の予兆確認として、周辺の附帯構造物や地山全体のひび割れ変状等の状況を展開図等に整理し、所見として残しておく必要がある。
- ④法面保護工等の構造物のひび割れから発生している湧水が止まった場合は、地山の水位上昇が懸念され、当初設計では見込んでいない外力が加わり法面保護工等の構造物に異常を引き起こす場合があるため、排水異常の有無についても記録として残しておく必要がある。
- ⑤点検した構造物については、結果が健全であっても、点検要領の参考資料「異常なしの取り扱い」に示されているとおり、将来的な変状の増大や発生を監視するため、実施した点検方法、点検結果及び健全と判断した着目点及び代表箇所の写真を点検記録に残す必要がある。
- ⑥鋼棒タイプの旧タイプアンカーは、破断した際に飛び出す恐れがあるため、点検時に設計図面等でアンカーの構造を明確にする必要がある。
- ⑦点検時に収集した資料は電子化を行い、今後の点検及びその後の対応に活用できるよう関連付ける事が重要である。
- ⑧グラウンドアンカーに異常が認められた場合は、速やかに第三者被害の防止を図るためネット掛け等の抜け出し防止策と専門家による現地診断等の対策を講じること。

提言2：評価プロセスについての留意事項

- ①法面の点検結果は、点検者と検討会等により損傷の評価を実施し、損傷状況に応じて専門家による評価を講じる必要がある。また評価する上で、緊急対応（応急措置、詳細調査、有識者技術相談、道路防災点検への切り替え等）の有無について、モニタリングの結果や、点検対象構造物の設置目的及び特性を踏まえ、地山全体を見た上で着目点を整理して判断する事が重要である。

提言3：モニタリングのあり方についての留意事項

- ①原因不明の異常や損傷があった場合、過年度点検時の変状や、地山全体を見た上で観測方法や観測期間を決定するなど、着目点を整理したモニタリングを行う事とする。

- ②発生した異常によっては、長期的な観察が必要な場合も想定されることから、3次元レーザ計測器等のICT技術の活用を積極的に図るなど、構造物の維持管理においてもi-constructionの考え方を推進されると良い。

6. 委員会後の対応

(1) 法面点検におけるICTの活用

委員会で提言されたICT活用については、新都市社会技術融合創造研究会で選定されたプロジェクトである「ICRT技術を活用した高精度かつ効率的な斜面・法面点検技術の開発」実証実験にて、MMSを利用した計測を行っている。



写真-7 MMS計測用のターゲット

(2) 過緊張域を解消するための対策アンカー工

当該法面のアンカーは過緊張状態であり、また破断等によりアンカーが不足している状態である。そのため、応急対策として、新タイプアンカー（PC鋼より線）を法枠内に設置後、旧タイプアンカーを除去する工事を、H31年2月完了に向けH30年6月現在施工中である。この応急対策実施後もクリープ現象について観測を継続し、地山の挙動を把握した上で恒久対策を実施する予定である。

以上

謝辞

防災ドクター大西有三教授、岸田潔教授、土木研究所浅井健一上席研究員には法面の維持管理に関する貴重なご助言をいただいたことに対し謝意を表する。

参考文献

- 1) 公益社団法人地盤工学会：平成24年5月「グラウンドアンカー設計・施工基準、同解説 JGS4101-2012」
- 2) 土木研究所・日本アンカー協会：平成20年7月「アンカー維持管理マニュアル」
- 3) 日本道路公団：平成12年5月「旧タイプ鋼棒アンカーの応急対策の手引き」
- 4) 日本道路協会：平成21年6月「道路土工一切土工・斜面安定工指針」
- 5) 日本道路公団：平成9年3月「長大切土のり面の縮小化工法に関する手引き」

老朽化したゲルバー形式橋梁の補修について

湊川裕介¹・田中達也²

^{1,2}近畿地方整備局 紀南河川国道事務所 道路管理課 (〒646-0003 和歌山県田辺市中万呂 142)

国道 42 号下里大橋 (和歌山県那智勝浦町) では、ゲルバーヒンジ部の損傷、支承の腐食等が課題となっている。

本橋は 1956 年 (昭和 31 年) に建設され建設後 62 年経過しており、ゲルバーヒンジ受桁部のコンクリートにひびわれや剥離の損傷が確認された。対策として、一般的なポリマーセメント系で断面修復を実施したが、再劣化したため、打換え工法、RC 連続工法、桁吊り工法等のゲルバー桁の補修工法についての現場の適用性を検討した。

今回、損傷の発生原因を調査するため、橋梁点検車で近接し、ファイバースコープで目視が不可能な中桁付近の内部状況まで確認を実施した。その結果、橋梁の全体構造としての安全性に問題が生じる状況ではないと判断し、補修対策は支承の腐食の原因となっている伸縮装置からの漏水を防ぐため、二重止水構造の埋設ジョイントへの交換、支承については金属溶射と樹脂コーティングによる耐久性の向上等を実施することにした。

キーワード ゲルバー、コンクリートひびわれ、現地調査計測、原因究明、補修・補強

1. はじめに

下里大橋は和歌山県那智勝浦町の国道 42 号に位置し、1956 年 (昭和 31 年) に建設されたゲルバーヒンジを有するコンクリート橋で、供用開始後 62 年が経過した橋梁である。これまで定期的な点検を行っている中で、ゲルバーヒンジ受桁部のコンクリートにひび割れや剥離の損傷が確認された。対策として、一般的なポリマーセメント系で断面修復を実施したが、再劣化したため、2013 年 (平成 25 年) には補強鉄筋を設けた断面修復を実施した。しかし、3 年後の 2016 年 (平成 28 年) に実施した定期点検で、その補修箇所が再度損傷し、ファイバースコープで目視が不可能な中桁付近の内部状況まで確認を実施した。本報告では、これまでの補修・補強の検討内容の概要について紹介する。

位置図を図-1 に、橋梁一般図および全景写真を図-2 に、橋梁諸元を表-1 に示す。



図-1 位置図

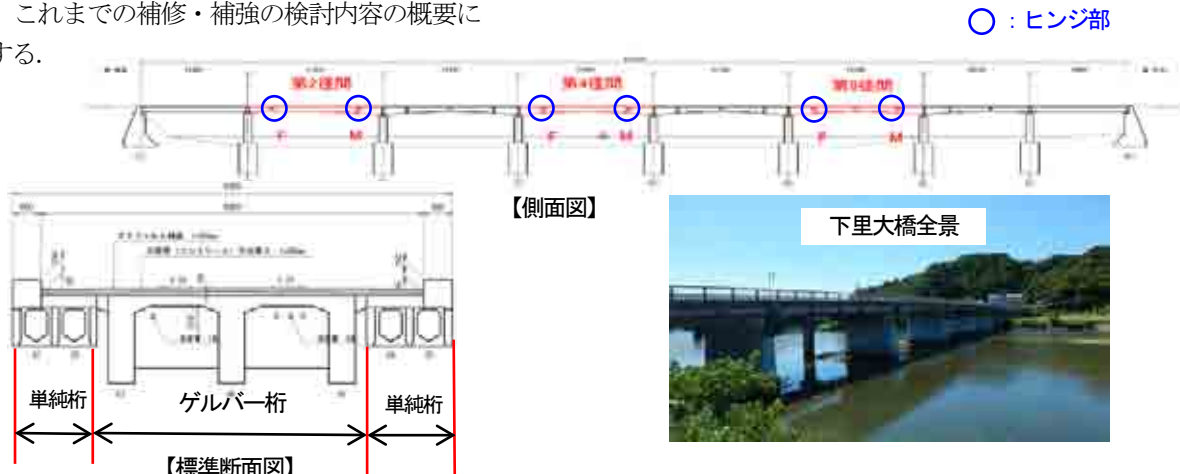


図-2 下里大橋 一般図および全景写真

表-1 橋梁諸元

構造形式	7径間連続ゲルバーRC T桁橋+単純RC T桁(1連)
拡幅部形式	単純PCプレテンション中空床版橋(8連)
橋長(支間長)	153.55m(16.65+5@21.0+16.5m+15.4m)
幅員	9.2m(全幅員), 8.0m(有効幅員)
平面線形	R=∞
下部工	橋台:重力式橋台, 橋脚:柱式RC橋脚
基礎工	直接基礎, オープンケーソン基礎

2. ゲルバー橋の概要

ゲルバー橋とは、1867年にドイツ人のハインリッヒ・ゲルバーによって考案された構造形式である。連続桁橋の中間部にヒンジを設けることにより、径間長を延ばすことが可能となったため、欧米で急速に普及した。(図-3及び写真-1, 2参照)

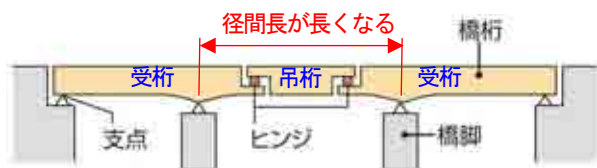


図-3 ゲルバー橋 概略図



写真-1 ヒンジ部近景

写真-2 ヒンジ支承

ゲルバーの支持方法は、連続桁橋と同様であるが、ヒンジがあるため、その力学的性質は異なる。この構造では支点到大きな不等沈下が生じた場合でも上部構造内に無理な応力や変形が生じることはない。また、単純桁を数径間並べるよりもゲルバー形式とすることによって全体の曲げモーメントが小さくなり、工事費の縮減、全体の桁高を小さくすることが可能で経済的となる。

ただし、伸縮継手の数が連続桁に比べて多くなってしまったため、構造上の弱点が出来てしまい、設計や桁製作も複雑となる。また、伸縮継手部を通過する車両に衝撃を与えることから走行性はあまり好ましくないという側面もある。

3. ひびわれ損傷の経緯

本橋はこれまで定期的な点検を行っている中で、ゲルバーヒンジ受桁部のコンクリートにひびわれや剥離の損傷が確認された。対策として、一般的なポリマーセメント系で断面修復を実施したが、再劣化したため、2013年(平成25年)には補強鉄筋を設けた断面修復を実施した。しかし、3年後の2016年(平成28年)に実施した定期点検で、その補修箇所が再度損傷し、ひびわれを生じた。点検及び工事履歴を表-2に、損傷写真を写真-3, 4に示す。

表-2 点検・工事履歴一覧

年度	項目	内容・概要	補修工事	経過年
1976年 (昭和51年)	竣工			0
1977年 (昭和52年)	定期点検	ゲルバーヒンジ部に割れ筋確認		1
1982年 (昭和57年)	定期点検	ゲルバーヒンジ部、首座支床の劣化		7
1989年 (平成7年)	補修工事		幅員をPCで拡幅	14
1992年 (平成4年)	定期点検	ゲルバーヒンジ部、割れ筋確認		18
2001年 (平成13年)	定期点検	ゲルバーヒンジ部、割れ筋確認		26
2007年 (平成19年)	定期点検 (国土管理)	ゲルバーヒンジ部、割れ筋確認		31
2010年 (平成22年)	補修工事		ポリマー系樹脂のひびわれに対して断面修復 補修	34
2011年 (平成23年)	補修工事		補修箇所補修	35
2011年 (平成23年)	異常時点検	台風17号による影響に対して異常時点検		35
2013年 (平成25年)	調査、 異常時点検	ポリマー樹脂のひびわれに対して緊急点検		37
2013年 (平成25年)	補修工事		ポリマー樹脂のひびわれに対して断面修復 補修	37
2016年 (平成28年)	定期点検 (国土管理)	ポリマー樹脂の補修箇所が再度損傷		40



【ポリマー系断面修復後のひびわれ】

【補強鉄筋による断面修復】



【補強鉄筋による断面修復】

【断面修復部の再劣化】

写真-3 ゲルバー部補修・損傷の経緯



【第4径間起点側】

【第6径間起点側】

写真-4 ゲルバー部のひびわれ損傷状況

4. 補強検討概要

ゲルバー部の抜本的な対策として下図に示すような打換え工法(非連続)、RC連続工法、ケーブルPC連続工法等の補強工法について、現場の施工性も含め、その適用性を検討した。概要について図-4、工事費を表-3に示す。

工法	概略イメージ図	構造概要
ケーブルPC連続工法		<ul style="list-style-type: none"> ・かけ違い部を支持桁両端を定着部とし、外ケーブル方式で吊り桁にプレストレスを導入する事により、桁連結及び支間中央部の補強を同時に行う補強工法。 ・橋梁形式を連続に替える構造改善案である。 ・連続化により、橋脚に過大な水平力が作用しないよう支承構造検討が必要となる。 ・既設橋脚は耐震補強済みであるため、変化した反力に対する照査が必要である。
		<p>施工概要</p> <ul style="list-style-type: none"> ・桁間にある添架管と干渉する際には、移設検討が必要である。 ・緊張作業の際には、一時的な通行規制が必要となる。 ・かけ違い部の支承を撤去するか否か検討が必要である。 ・撤去する場合にはワイヤーソーによる沓の切断等検討が必要である。 <p>概算工費(百万円) 72</p>

図-4 ゲルバー部補強工法検討図

表-3 各工法の概算工事費

補強工法 概算工費(直接工事費)					
工法案/対策項目	単位	数量	単価(千円)	金額(千円)	備考
①打換え工法(非連続)					
コンクリート打換工	m ³	28.8	150	4,320	
ゴム沓交換工	個	18	200	3,600	ヒンジ部
吊り足場工	m ²	300	5	1,500	
仮橋設置工	m ²	1,240	200	248,000	幅8m×延長155m
			小計	257,420	
②RC打ち換え連続工法					
コンクリート打換工		28.8	200	5,760	
支承交換工	個	27	1,000	27,000	橋台及び橋脚部
吊り足場工	m ²	300	5	1,500	
仮橋工	m ²	1,240	200	248,000	幅8m×延長155m
			小計	282,260	
③RC連続工法					
コンクリート増厚工(上面)	m ²	126	50	6,300	
コンクリート増厚工(下面)	m ²	30	60	1,800	
支承交換工	個	27	1,000	27,000	橋台及び橋脚部
間詰コンクリート工	m ³	4	800	3,040	アンカー工含む
吊り足場工	m ²	300	5	1,500	
			小計	39,640	
④ケーブルPC連続工法					
外ケーブル工	箇所	6	3,000	18,000	桁両側2本想定
支承交換工	個	27	1,000	27,000	橋台及び橋脚部
添架管移設工1	m	155	60	9,300	
添架管移設工2	m	155	60	9,300	
吊り足場工	m ²	1,550	5	7,750	
			小計	71,350	
【参考】架替え案					
上部架替工	m ²	1,426	200	285,200	幅9.2m×延長155m
仮橋設置工	m ²	1,240	200	248,000	幅8m×延長155m
			小計	533,200	

工法	概略イメージ図	構造概要
打換え工法(非連続)		<ul style="list-style-type: none"> ・既設かけ違い部を撤去し切り欠き部の内角にハンチを設けることにより応力集中を避けた構造とする改良型の打換え工法。 ・補強前と同様の構造でのかけ違い部の完全改良ができ、耐力増強が期待できる。
		<p>施工概要</p> <ul style="list-style-type: none"> ・吊り桁を支持する支保工が必要となるが、現道を供用しながらの施工は、3主桁の構造であるため、2車線中央に位置する中桁の施工に課題がある。 ・全面通行止めで施工する際には、迂回路確保が困難であるため、仮橋設置の検討が必要となる。 <p>概算工費(百万円) 258</p>
RC打ち換え連続工法		<ul style="list-style-type: none"> ・既設かけ違い部を撤去し鉄筋を配置してRC連続構造に改善する打ち換え工法。 ・打換え工法に対して、橋梁形式を連続に替える構造改善案である。 ・連続化により、橋脚に過大な水平力が作用しないよう支承構造検討が必要となる。 ・既設橋脚は耐震補強済みであるため、変化した反力に対する照査が必要である。
		<p>施工概要</p> <ul style="list-style-type: none"> ・吊り桁を支持する支保工が必要となるが、現道を供用しながらの施工は、3主桁の構造であるため、2車線中央に位置する中桁の施工に課題がある。 ・全面通行止めで施工する際には、迂回路確保が困難であるため、仮橋設置の検討が必要となる。 <p>概算工費(百万円) 283</p>
RC連続工法		<ul style="list-style-type: none"> ・既設かけ違い部の上下面を鉄筋で補強し、かけ違いの遊間部分を間詰めすることにより、RC部材として一体化する工法である。 ・打換え連続工法に対して、既設コンクリートを打ち替えずに、橋梁形式を連続に替える構造改善案である。 ・連続化により、橋脚に過大な水平力が作用しないよう支承構造検討が必要となる。 ・既設橋脚は耐震補強済みであるため、変化した反力に対する照査が必要である。
		<p>施工概要</p> <ul style="list-style-type: none"> ・かけ違い部の支承を撤去するか否か検討が必要である。 ・撤去する場合にはワイヤーソーによる沓の切断等検討が必要である。 <p>概算工費(百万円) 40</p>

打換え工法(非連続)、RC連続打ち換え連続工法では中桁を施工する際の作業スペースを確保することが必要となる。スペースの確保手段は中桁を挟んで吊り側の床版及び横桁を橋面からはつる必要がある。図-5に示す通り、中桁部の支承補修作業においては、上下線の中央で3.0m程度の規制範囲が必要であり、残存幅員が2.5mとなる。また、図-6に示す通り迂回路の確保が困難で、仮橋の設置費用が高価なので社会性・経済性共に悪く、本橋には

不適合と判断した。

ケーブルPC連続工法では、施工する際に通行止めの必要はなく、仮橋を設置する必要は無いので費用は安く収まる。よって、経済性は良いと判断した。だが、ケーブルに緊張作業を行う際には一時的に通行規制をかける必要があるため、社会性は少し悪く本橋には不適合と判断した。

RC連続工法では、施工する際に通行止めは必要なく、仮橋を設置する必要が無いので、経済性・社会性共に良いと判断した。

以上の考察より本橋にはRC連続工法が最もふさわしいと判断した。

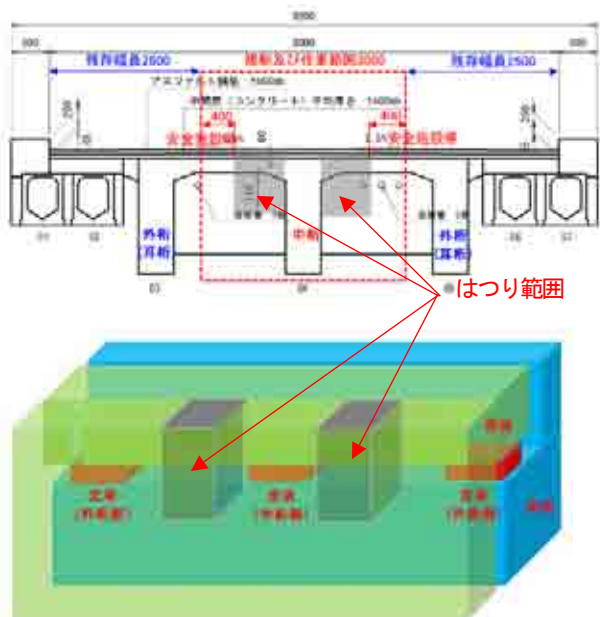


図-5 中桁支承補修時のはつりイメージ図



図-6 迂回路及び仮橋検討図

5. 現地調査概要

今回、損傷の発生原因を調査するため、橋梁点検車で近接し、目視が不可能な中桁の支承付近の内部状況までファイバースコープで確認を実施した。(写真-5 参照)



【点検車による近接調査】



【ファイバースコープ調査】

写真-5 ゲルバー部補修の経緯

結果、下記の内容について現地確認し、外的要因で腐食環境下にある外桁の支承については、すべり機能障害で受桁コンクリート断面にひびわれを起こしているものと判断した。

- ・ゲルバーヒンジ直上の伸縮装置からの漏水が確認され、伝い水が外桁支承の腐食原因となっている。また、外桁の支承周辺には土砂堆積もあり、腐食環境下に置かれていた。(写真-6 参照)



【漏水状況】



【土砂堆積状況】



滞水

【滞水状況】



土砂

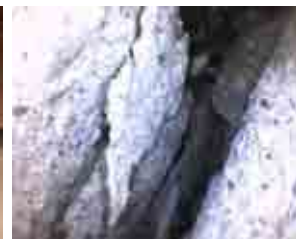
【土砂堆積状況】

写真-6 ゲルバー部周辺の状況

- ・第6 径間 (起点側) 下流側の補修工事で新たに設置された断面修復部で発生している幅の広いひびわれは、支承位置付近から発生していた。(写真-7 参照)



【再劣化したひびわれ】



【ひびわれ内部状況】

写真-7 ひびわれ再劣化の状況

なお、中桁部の支承については、錆びて滲み出したような漏水跡もなく、鋼材の断面もしっかり残っていることを確認した。(写真-8,9 参照)



【第4 径間起点側】 【第4 径間起点側】
写真-8 ファイバースコープによる中桁支承の状況



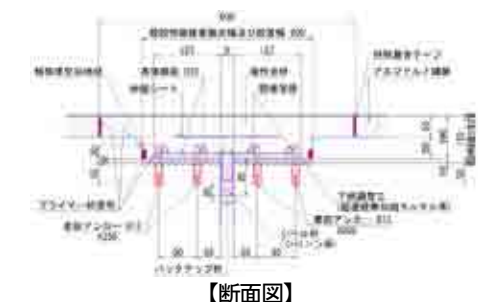
【中桁下面の状況】 【外桁の状況】

写真-9 桁下の漏水状況

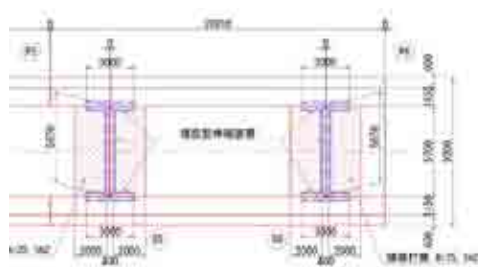
6. 補修対策概要

現況を鑑みて、補修対策は下記の内容を実施するものとした。

- ・ゲルバーヒンジ部の埋設ジョイント（施工から16年経過したシームレスジョイント）から漏水し、ゲルバーの外桁支承の腐食が進行しているため、止水性を向上させた二重止水の埋設ジョイントに取替える。なお、縦目地（同じシームレス）とは一体で施工し、弾性合材の端部処理も確実に（図-7 参照）



【断面図】



【平面図】

図-7 伸縮装置取替図

- ・補修断面に再劣化が発生したのは、固定支承の箇所である。劣化の一要因として、可動支承の腐食が原因であると推察される。すべり機能が低下し、可動側で移動しなくなることによって、固定支承側の水平力負担が増加し、再劣化が発生している。また、支承縁端距離が短いことも一要因でもある。従って、可動支承に潤滑性防錆材を注入し、すべり機能を回復させることによって、固定支承の損傷も防止し、かつ金属溶射と樹脂コーティングによる耐久性向上の補修対策を行う(写真-10 参照)。



【補修前】 【補修後】

写真-10 金属溶射補修前後

- ・ただし、支承が錆びて滲み出したような錆汁跡がなく、鋼材断面が残っていることで健全な状態であると判断した中桁部の支承については対策しない。
- ・受桁のひびわれ補修を再度実施するが、前回補修後3年程度でひびわれが再発している。前回の補修が支承の軸方向変位に効果のある水平方向のアンカー鉄筋しか設置されていない。支承の鉛直荷重より発生するせん断破壊に対して効果のある鉛直方向鉄筋をアンカー筋として設置する(写真-11, 図-8 参照)



写真-11 過年度配筋状況

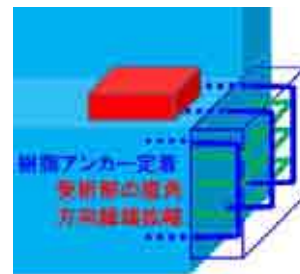


図-8 今回の配筋イメージ図

7. おわりに

今回の検討でゲルバー桁の補修工法についての知見を整理したことから、他のゲルバー桁形式橋梁の補修における参考になれば幸いである。

謝辞：本検討に際し、「橋梁ドクター診断」（川谷神戸大学名誉教授、高橋京都大学大学院工学研究科教授）で多大なるご協力とご助言を賜りました。深く感謝致します。

参考文献

- 1) コンクリートゲルバー橋補強対策マニュアル(案) (工法選定の考え方, 設計・施工の留意点), 平成8年3月, (財) 道路保全技術センター

国道42号藤白トンネル開削時の安全確保について

小沼 亮太

近畿地方整備局 和歌山河川国道事務所 工務第二課 (〒640-8227 和歌山県和歌山市西汀丁 16 番)

冷水拡幅道路事業の一部である藤白トンネル部は、山地と海岸間の狭隘な箇所であり、現道交通を確保しながらトンネルを撤去し現道拡幅を行うものである。本路線は、2車線の既設トンネルを開削し、4車線拡幅を行うものである。開削施工するにあたり、現道の迂回ルートがない事に加え、南側にJRトンネル、北側に港湾施設が存在しており狭隘な箇所での段階施工が必要となる。本発表は、こうした施工制約条件、地質状況、トンネルの健全性等を勘案し、トンネル上部・側方掘削時の偏土圧による変位影響の分析、施工時の計測等について検討した成果を発表するものである。

キーワード トンネル開削, 安全, FEM, 変位計測

1. はじめに

藤白トンネル開削にあたっては、トンネル内で一般車両を通しながら、トンネル上部掘削作業を行う際の安全性確認が重要となる。藤白トンネルは、在来工法の山岳トンネルで、建設後56年が経過(昭和36年完成)しており、周辺地質は片理が発達した黒色片岩であることに加え、トンネル覆工の老朽化が懸念されている。これを踏まえ、解決すべき課題を以下に示す。

- ①迂回路の設置空間が確保できるまでトンネル内を供用させながら、上方・側方の掘削を行う必要がある。
- ②地質状況、既設トンネルの健全性を踏まえ、供用交通の安全性確保を前提条件とした掘削範囲の設定が必要である。
- ③既設トンネルに対する上方・側方の掘削施工時において適切な計測方法と管理値の設定が必要である。

2. 施工手順

現道交通を確保することを前提条件とし、狭隘な箇所での現道迂回路を設置するまでの施工手順の検討を行った。迂回路が設置できるまで既設トンネル内を交通供用させることから、1次掘削はトンネル幅1Dを確保した段階施工を計画した。

具体的な施工手順は以下の通りである。

- 手順1：既設トンネル内を供用させながらトンネルの上方・側方を掘削。
- 手順2：迂回路を設置し現道交通を切替。

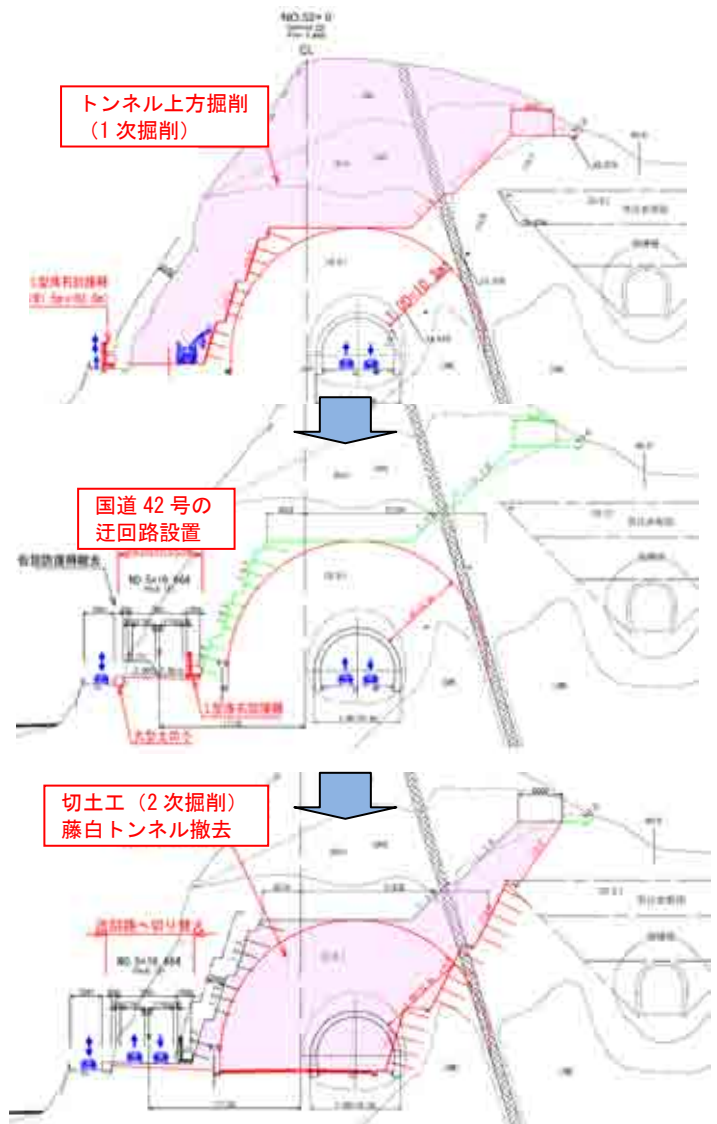


図 - 1 施工手順図

3. 地質状況とトンネル健全性の把握

(1) 地質状況の把握

藤白トンネル付近は三波川帯にみられる黒色片岩(泥質片岩)であり、片理面の走行は東西方向を示し、南側(山側)に傾斜している。道路拡幅に伴い、切土掘削を行うが、北側(海側)は平切となり、南側(山側)が切土法面となるが、片理の傾斜方向から切土法面は受盤となる。

本検討において既往の地質調査結果¹⁾に加え、追加ボーリング調査を実施し地質状況をより詳細に把握した。特に道路トンネルとJRトンネルの間に破碎帯を確認したため、切土掘削に伴い既設トンネルに及ぼす影響を含め検討することとした。

- ・表土は浅く、表層3~4m以深はDHクラスの黒色片岩である。
- ・RQDは、概ね50%以下であり、比較的脆い岩盤である。
- ・孔内水平載荷試験の結果、変形係数は、2,367~4,628MN/m²である。

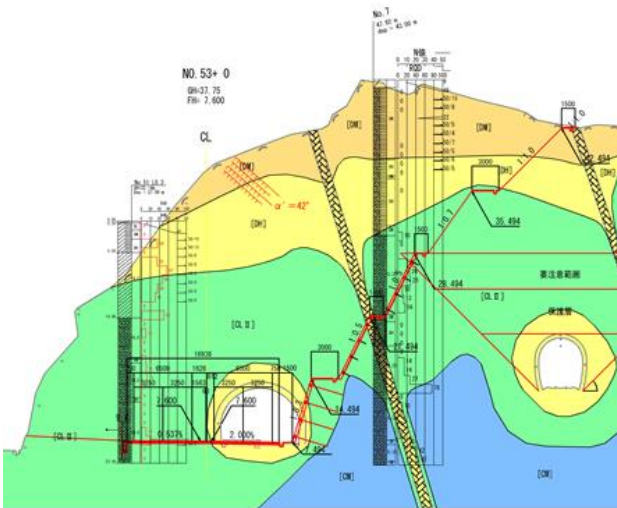


図-2 地質横断面図

(2) トンネル健全性

既設トンネルは施工後56年が経過しており、覆工の老朽化が進んでいる。また、NATM工法導入以前の矢板工法で施工されているため、覆工背面の空洞が懸念される。これを踏まえ、覆工コンクリート全面の目視点検、及びレーザー探索による覆工厚、背面空洞探査を実施した。

調査の結果は以下の通りである。

a) トンネル覆工の健全性調査結果(現地踏査)

トンネル覆工部は、過年度に裏込め注入や剥落対策が行われており、直ちに補強対策が必要な状況ではない。しかし、漏水跡や錆汁の状況から、材料劣化により健全性が低下している可能性がある。

- ①ひび割れ：トンネル覆工は縦断方向と横断方向のひび割れが発達し、全体に劣化が進行している。なお、H29年に、はく落対策(はく落防止シート)が実施され、ひび割れも充填が施されている。
- ②漏水：漏水箇所に対しては、導水工により排水されている。しかし、降雨量によっては、ひび割れから漏水している形跡があることから、水量の多い場合は、覆工背面から貫通クラックに導水していると推察する。
- ③錆汁：天端部の縦断方向ひび割れから錆汁が認められた。覆工コンクリートは無筋であることから、鋼製支保工の錆によるもので貫通したひび割れと推察する。
- ④注入孔跡：覆工に空洞注入孔跡を確認した。H4年に、裏込め注入が実施されている。

b) 覆工厚・背面空洞探査結果

覆工厚および波面空洞を確認するため、トンネル縦断方向に5測線の背面空洞探査を行った。探査の結果、覆工厚は55~65cmであることが判明した。背面空洞は、天端部(測線①)を除くと顕著な背面空洞は認められなかった。過去に裏込め注入を行った形跡があり、大部分の背面空洞は既に充填済であると考えられる。

測線①(天端部)の2カ所で背面空洞が確認できたが、隣接する測線②、③(両肩部)で確認されていないことから、横断方向の空洞も比較的軽微である。

背面空洞箇所

空洞(1)：S002ブロック 14m~19m

空洞厚 10cm 程度、延長L=5m、幅3m以内

空洞(2)：S006ブロック 71m~73m

空洞厚 10cm 程度、延長L=2m、幅3m以内

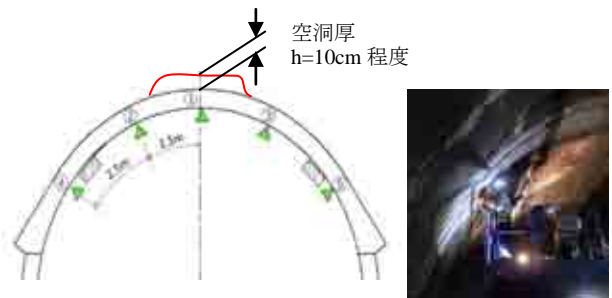


図-3 レーザー探査位置

表-1 背面空洞探査結果

ス/シ番号	背面空洞					記事
	測線①	測線②	測線③	測線④	測線⑤	
1	無	無	無	無	無	直線区間のため不明
2	無	無	有	無	無	延長1.5m 深さ 10cm程度
3	無	無	無	無	無	
4	無	無	無	無	無	
5	無	無	無	無	無	
6	無	無	有	無	無	延長1.2m 深さ 10cm程度
7	無	無	無	無	無	直線区間のため不明

表 - 3 覆工増加応力の許容値の目安

既設トンネル覆工の健全度判定区分	増加圧縮応力 (N/mm ²)
B, OK	0.3 σ_{ck}
A	0.2 σ_{ck}
AA	0.1 σ_{ck}

トンネルの健全度は、在来工法での施工、経過年数を考慮し判定区分はAAとした。トンネル覆工コンクリートの設計基準強度 $\sigma_{ck}=18\text{N/mm}^2$ とし、増加圧縮応力の許容値は以下のように設定する。

4. FEM解析による増加応力と変位予測

(1) FEM解析の検討方針

前述した“トンネル周辺の地質状況” “トンネルの健全度” を踏まえ、FEM解析の検討条件を設定した。特に破碎帯による影響、背面空洞による影響を把握するため、各条件の組み合わせにより解析パターンを設定し検証を実施した。

$$\text{増加圧縮応力 } \sigma_t : 0.10 \times 18.0 = 1.80 \text{ N/mm}^2 \quad (1,800\text{KN/m}^2)$$

掘削によるトンネル上載徐荷による地山の挙動に対し、既設トンネルの周辺地山の状況より、許容変位量を設定した。

過年度の地質調査により、既設トンネルの周辺地山は、強風化岩 DH 相当である。よって、換算 N 値 (N=250) より、地山強度は弾性係数 $E=120\text{MN/m}^2$ と設定し、許容変位量は、トンネル周辺の地山強度と安定領域ひずみの関係³⁾から以下の通り算定する。

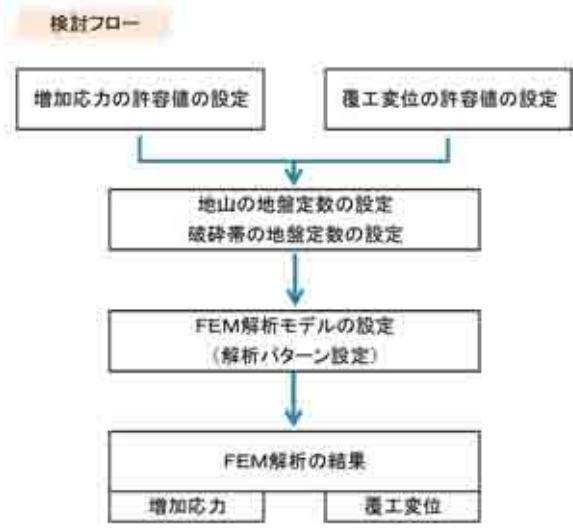


図 - 4 FEM 解析フロー

$$1,223 \text{ (kgf/cm}^2\text{)} \\ (1,223 \times 98.1/1000) \\ = 120 \text{ (MN/m}^2\text{)}$$

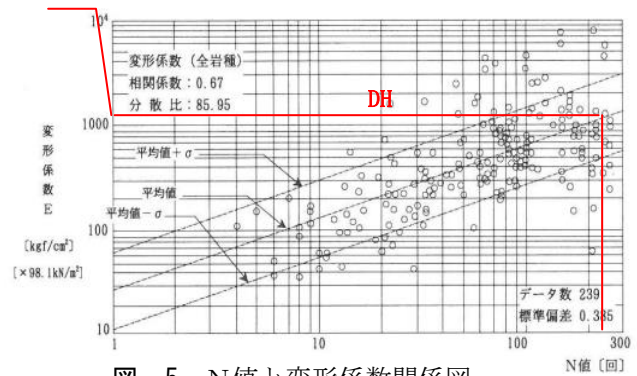


図 - 5 N 値と変形係数関係図

(2) 覆工応力・変位の許容値の設定

覆工増加応力に対する許容値は、トンネル覆工健全度に応じて、コンクリート設計基準度に対する比率によって設定する²⁾。

$$\text{安定領域ひずみ } \epsilon = 10^{(-0.25\text{Log}E-1.59)} = 0.44\% \\ \text{許容変位量 } \Delta = 3\text{m} \times 0.44\% = 0.013\text{m} = 13\text{mm}$$

表 - 2 トンネル健全度判定区分

判定区分	一般的状況
AA	崩落・変位が著しく、補修が必要と見込まれる場合。
A	崩落・変位があり、補修が必要と見込まれるが、速やかに補修を要しない場合。
B	崩落・変位はあらかず、補修が必要と見込まれるが、補修を要する可能性がある場合。
OK	崩落・変位が認められず、補修を要しない場合。

(注) 上表の補修とは、定尺対策のための総合的な対策のことをいいます。

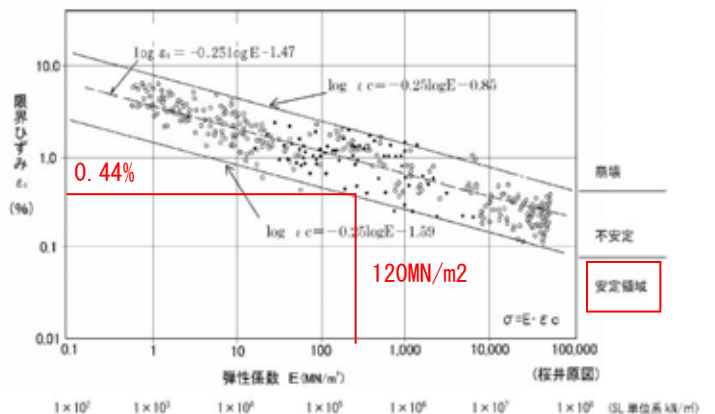


図 - 6 限界ひずみと弾性係数関係図

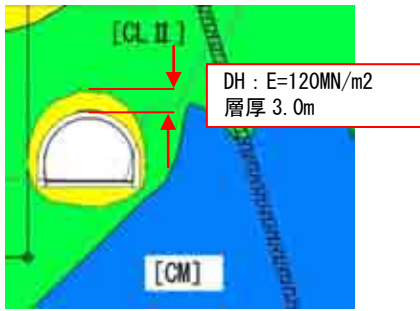


図 - 7 トンネル周辺の地山状況

(3) FEM解析に用いる地山物性値

地山の地盤定数設定は、現地ボーリング調査結果の実測値、試験値、文献値、及び実測値に基づく推定値を採用した。

既設トンネルに与える断層破碎帯の影響を検証するため、母岩とは別に断層破碎帯の地盤定数を設定した。

「文献:断層破碎帯の工学的物性値に関する研究 大林組技術研究所」では、母岩に対する破碎帯部の工学的物性変化について検討している。そこでは、破碎帯物性値の母岩に対する低減式を提示している。

本検討においては、文献に示す低減式を参考に物性値を設定した。

- ・変形係数 : 母岩強度×1/1000 ※
- ・粘着力 : 母岩強度×1/200
- ・内部摩擦角 : 母岩強度×1/2

※文献では一軸圧縮強度に対し 1/1000 の低減を提示している。一軸圧縮強度と変形係数には一次相関関係あるため同率の低減とした。

表 - 4 地山の物性値

区分	地山区分		地山物性値					
			代表 N値	単位体積重量 γ (kN/m ³)	内部摩擦角 φ (°)	粘着力 c (kN/m ²)	変形係数 E (MN/m ²)	
地山物性値	堆積層		dt	9	19	28	0	6
	通常地山	岩級区分	DM	118	20	20	292	71
			DH	250	23	20	460	120
			CL II	288	26	30	600	2367
			CM	-	27	35	695	4555
			DM	-	20	10	1.5	0.071
	断層破碎帯	母岩部の 岩級区分	DH	-	23	10	2.3	0.120
			CL II	-	26	15	3.0	2.367
			CM	-	27	18	3.4	4.555
			CM	-	27	18	3.4	4.555

※細字は「実測値」、太字は「実測値に基づく推定値」、斜字は「文献値」を示す。

(4) FEM解析モデルの設定

FEM解析は、断層破碎帯を考慮する場合、しない場合、覆工の有無、背面空洞の有無毎に以下の8ケースを実施した。

表 - 5 解析ケース(断層破碎帯有り)

[解析ケース：断層破碎帯有り]			
Case	覆工	空洞	施工ステップ
Case1	有	有	5ステップ
Case2		無	5ステップ
Case3	無※	有	5ステップ
Case4		無	5ステップ

表 - 6 解析ケース(断層無し)

[解析ケース：断層破碎帯無し]			
Case	覆工	空洞	施工ステップ
Case5	有	有	5ステップ
Case6		無	5ステップ
Case7	無※	有	5ステップ
Case8		無	5ステップ

覆工無しケースについては、無くした場合、応力・変位が算定できないため、当解析においては覆工強度を大幅に低減した値(1/100)を入力し算定を行った。

施工の進捗に応じて増加応力、変位の進行を把握するため、以下の通り5ステップに分割し検証を行った。

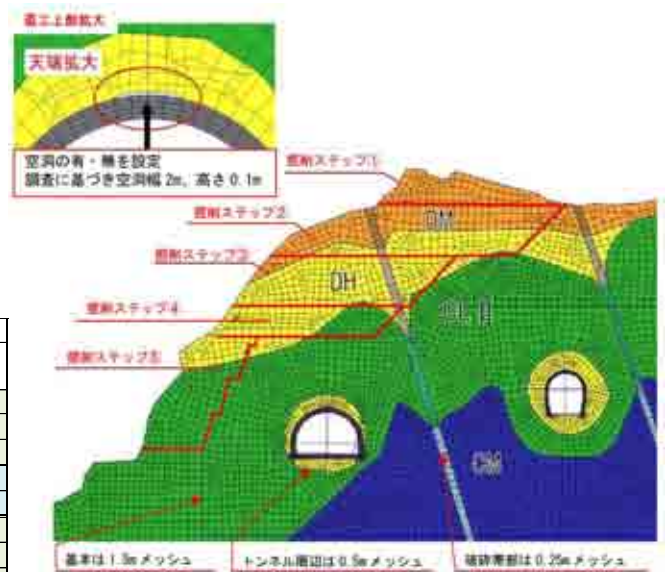


図 - 8 解析モデル図

(5) FEM解析結果

FEM解析の結果、8 ケース、5 ステップにおいて最大となる応力、変位に対しても許容値内であったことから、切土掘削に対する既設トンネルの安全性を検証することができた。

増加応力は、Case6(断層無し、覆工有、空洞無)のステップ4において最大値を示したが、許容値の40%程

度であった。変位は、Case8(断層無、覆工無、空洞無)のステップ5において最大値を示したが、許容値の30%程度であった。

増加応力: $\sigma=777\text{KN/m}^2 < 1,800\text{KN/m}^2 \cdots \text{OK}$
 変位: $\Delta=4.2\text{mm} < 13.0\text{mm} \cdots \text{OK}$

増加応力: 全ケースで許容値(1,800KN/m²)以下

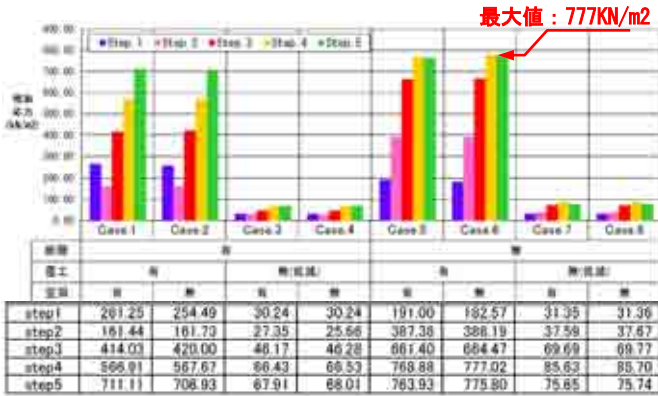


図 - 9 増加応力結果グラフ

変位: 全ケースで許容値(13mm)以下

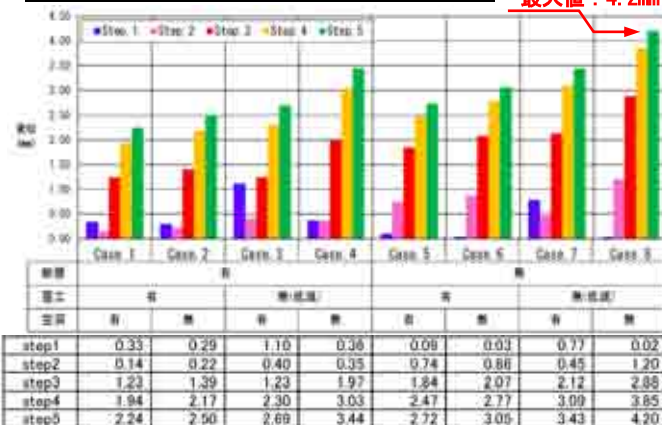


図 - 10 変位結果グラフ

5. 変位計測方法と管理値の設定

(1) 計測方法

FEM解析での変位予測値は微小(4mm程度)であり、設定する許容値($\Delta=13\text{mm}$)以内であった。施工時において微小な変位を正確にリアルタイムで把握できるトータルステーション変位計測を採用することとした。計測は、40箇所(8断面 \times 5測点)をリアルタイムに計測し、管理基準値以上となった場合はアラームを発報する。なお、計測する変位値はトンネル外の不動点を基準とする“絶対値”とし、絶対変位量で管理を行うこととした。

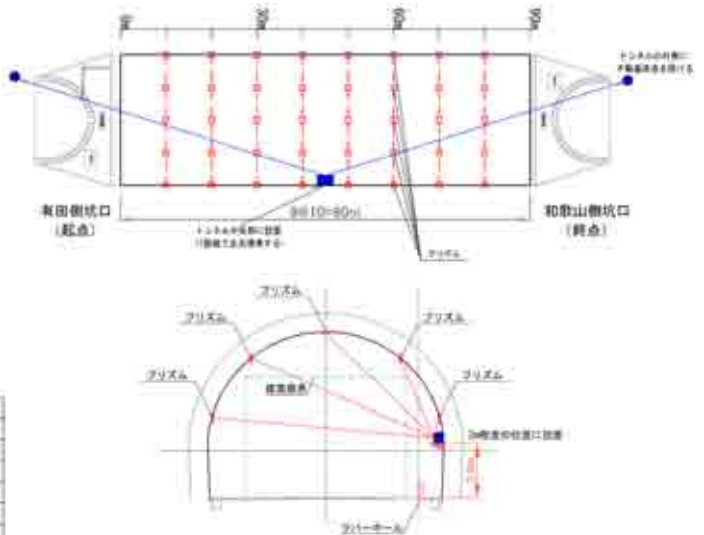


図 - 11 トータルステーション計測位置

(2) 変位計測の管理値

各種指針の許容変位量を確認したうえ、変位計測の管理値は、周辺地山の許容ひずみと覆工コンクリートの許容ひずみを基本に設定した⁴⁾。

地山の安定領域ひずみからの変位量は前述したとおり13mmである。一方で、覆工コンクリートも同様にひずみから変位許容値を算定した場合、25mmとなった。

表 - 7 コンクリートの終局ひずみ

表-5.8.2 コンクリートの終局ひずみ			
コンクリートの設計基準強度 σ_{ck} (N/mm ²)	$\sigma_{ck} \leq 50$	$50 < \sigma_{ck} < 60$	$60 \leq \sigma_{ck}$
終局ひずみ ϵ_m	0.0035	0.0035 から 0.0025 の間を線形補間	0.0025

トンネル覆工コンクリートの設計基準強度は50N/mm²以下であることから、終局ひずみは「0.0035」として変位量を算定した。

ひずみ量 $\epsilon=8,000\text{mm} \times 0.0035=28\text{mm}$
 許容変位量 $\Delta=25\text{mm}$ (下図より)

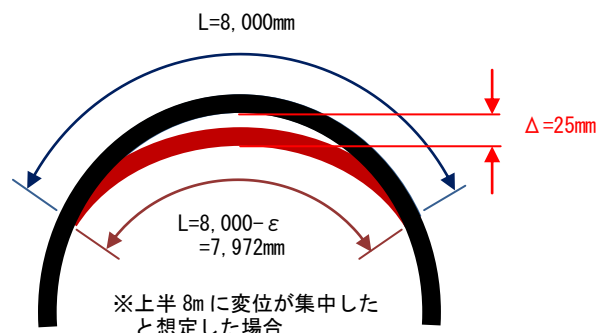


図 - 12 覆工変位模式図

なお、トンネル覆工コンクリートの終局ひずみは「0.0035」として算定しているが、コンクリートのひずみは「0.002」を超えると進行が速くなり、応力が増加しなくてもひずみが増加する⁴⁾。このことから、

安定域のコンクリートひずみ「0.002」より変位量を計算した場合、変位量は14mmとなる。

安定域のコンクリートひずみは、地山の安定領域ひずみから算定した許容変位量 13mm と概ね合致する。よって、変位計測の管理値は、 $\Delta=13\text{mm}$ を基準とした。

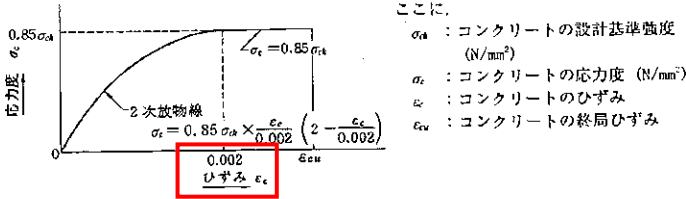


図-5.5.1 コンクリートの応力度-ひずみ曲線

図 - 13 コンクリートの応力度-ひずみ曲線

6. まとめ

本検討は、一般交通の安全確保を前提とした既設トンネルに対する影響検討が主目的であったため、様々な条件を組合せケーススタディを行った。断層破砕帯、覆工背面空洞、および覆工健全性の影響を踏まえ、8ケースでのFEM解析を行った結果、増加応力、変位ともに許容値内に収まり安全性は検証できた。

施工時における変位計測においては、FEM解析で予測した想定内の変位 4mm、安定域としての変位 13mm、極限值としての変位 25mm を以下の通り管理値として設定した。

管理レベル1 : 0mm～ 4mm ※1

管理レベル2 : 4mm～13mm ※2

管理レベル3 : 13mm～25mm ※3

※1 ; FEM解析より想定内変位の上限として 4mm を設定。

※2 ; 地山の限界ひずみ、覆工コンクリートひずみの安定域として 13mm を設定。

※3 ; 覆工コンクリートの終局ひずみとして 25mm を設定。

安定域での変位 13mm を計測した場合、工事を一時中断し、トンネルの補強・防護対策の可否を判断することとした。

以上のことから、変位管理値として FEM での予測最大値 4mm を点検頻度変更 (レベル1) , 13mm を工事中止判断 (レベル2) , 25mm を通行止め (レベル3) の管理値を設定した。

表 - 8 管理レベル

変位量 (mm)	0～4	4～13	13～25	25～
管理レベル	1	2	3	
覆工点検	週1	毎日		
施工	施工		一時中断	
トンネル内一般交通	通常		点検時通行規制	通行止め

謝辞：京都大学大西有三名誉教授には、本検討にあたり有識者会議にて委員長を務めて頂き、国立研究開発法人土木研究所の砂金伸治上席研究員、国土技術政策総合研究所の間瀬利明構造・基礎研究室長とともに、工事の安全を確保できる施工方法やトンネルの変位計測・分析手法等をご提示頂きました。また、本論文の執筆にあたっては、株式会社総合技術コンサルタントより資料提供等のご協力を頂きました。さらに、和歌山河川国道事務所関係者各位には、本論文の添削並びに発表についてご指導・ご鞭撻を賜りました。皆様のご協力のもとに本論文が完成したこと深く感謝申し上げます。

参考文献

- 1) H19 冷水拡幅地質調査業務
和歌山河川国道事務所
- 2) 設計要領第三集 トンネル保全編
(トンネル近接施工) H28年8月 NEXCO
- 3) トンネルの安全性評価のための限界せん断ひずみ、
土木学会論文集 NO. 492, III-27, 1994. 6
- 4) 道路橋示方書・同解説 III コンクリート橋編
H29.11 日本道路協会

実負荷運転から得た高山ダムクレストゲートの健全度評価

内田 颯太¹

¹ (独)水資源機構 木津川ダム総合管理所 高山ダム管理所
(〒619-1421 京都府相楽郡南山城村田山字ツルギ 43)

高山ダムの非常用洪水吐き設備（以下「クレストゲート」という。）は、1969年の管理開始から49年が経過した。これまで、無負荷状態での健全性については、直営・請負での点検により確認してきたが、実負荷での運転状況・健全性については、1982年の放流以降確認する機会がなかった。

そのような状況の中、昨年度実施したフラッシュ放流において、冷水放流対策からクレストゲートを使って放流を行うこととなり、実負荷を伴った運転状況を確認する機会を得た。

本稿は、扉体の振動計測、電動機の電流・電圧値計測、放流水の流況確認の結果から得たクレストゲートの健全性について報告するものである。

キーワード：クレストゲート、微小開度、振動安定性、軸受の健全性、主ローラ回転確認

1. はじめに

高山ダムのクレストゲートは、異常洪水時の防災操作において使用される重要な設備であり、1969年の管理開始から49年が経過している。これまで、機械設備管理指針（独立行政法人水資源機構）を基に作成した高山ダムゲート設備等点検整備実施要領に従い点検を実施することで、健全性を把握し適切な維持管理に努めてきた。

しかし、上述の点検は無負荷状態で実施するものであり、実負荷での運転状況等については、1982年に行った放流以降35年間確認する機会がなかった。

一方、高山ダムでは、漁業協同組合（以下「漁業組合」）の要望により、2002年度から低水管理用主バルブを使ってフラッシュ放流を実施してきたが、中層からの冷水放流による魚類への影響が懸念され、2014年度以降フラッシュ放流を中止していた。

上述の懸念事項を解消するため、漁業組合に対し低水管理用主バルブより敷高の高いクレストゲートからの放流を提案したところ、2017年度よりフラッシュ放流を再開する了解を得た。

以上の経緯から、昨年度フラッシュ放流において実負荷運転時のデータ計測を行い、クレストゲートの健全性を確認したため、本稿において報告する。

2. 計測方法

(1) 計測項目

高山ダムのクレストゲートは、従前より微小開度における放流の可否や、特徴的な主ローラ構造からなる幅広な戸溝が主ローラ軸受に及ぼす影響について懸念されていた。そこで、扉体の振動及び電動機の電流・電圧値計測、放流状況の撮影を行い、放流中の扉体安定性、主ローラ軸受の健全性、主ローラの回転状況について確認することとした。

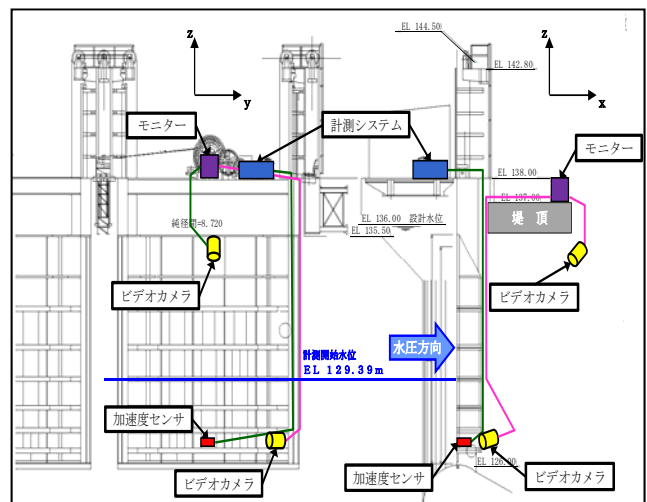


図1 計測機器設置状況

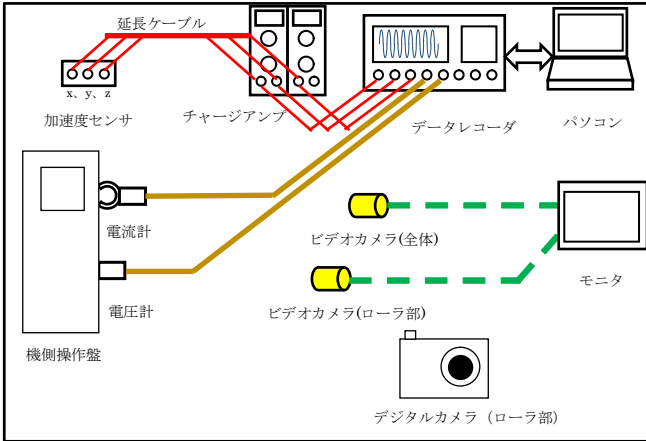


図2 計測システムの構成

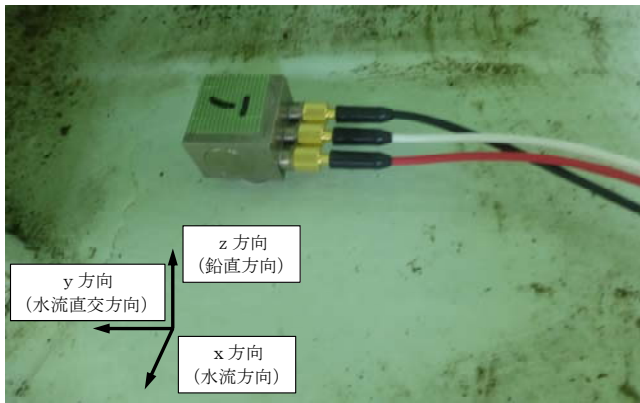


写真1 加速度センサ設置状況

(2) 計測条件

表1 計測条件(クレストゲート3号)

開度	放流量	貯水位 (E L)	ゲート数高からの水位
1 c m	0.47 m ³ /s	129.39 m	3.39 m
3 c m	1.41 m ³ /s	129.39 m	3.39 m
5 c m	2.34 m ³ /s	129.38 m	3.38 m
10 c m	4.65 m ³ /s	129.38 m	3.38 m
45 c m	20.46 m ³ /s	129.37 m	3.37 m
92 c m	40.64 m ³ /s	129.36 m	3.36 m

表2 計測条件(クレストゲート4号)

開度	放流量	貯水位 (E L)	ゲート数高からの水位
2 c m	0.93 m ³ /s	129.35 m	3.35 m
3 c m	1.40 m ³ /s	129.34 m	3.34 m
6 c m	2.78 m ³ /s	129.33 m	3.33 m
11 c m	5.07 m ³ /s	129.32 m	3.32 m
45 c m	20.30 m ³ /s	129.31 m	3.31 m
92 c m	40.34 m ³ /s	129.31 m	3.31 m

表1及び表2に計測条件を示す。フラッシュ放流は、最大40 m³/s程度の放流を2時間実施する計画であった

め、時間・放流量の制約から計測門数を2門とし、微小開度域(1 c mから10 c m)のデータ計測を主目的として計測を行うこととした。

計測時間は5分、放流の原則及び次データ計測のための準備時間を考慮し、開度保持時間は10分とした。

(3) 評価方法

a) 扉体の安定性評価¹⁾

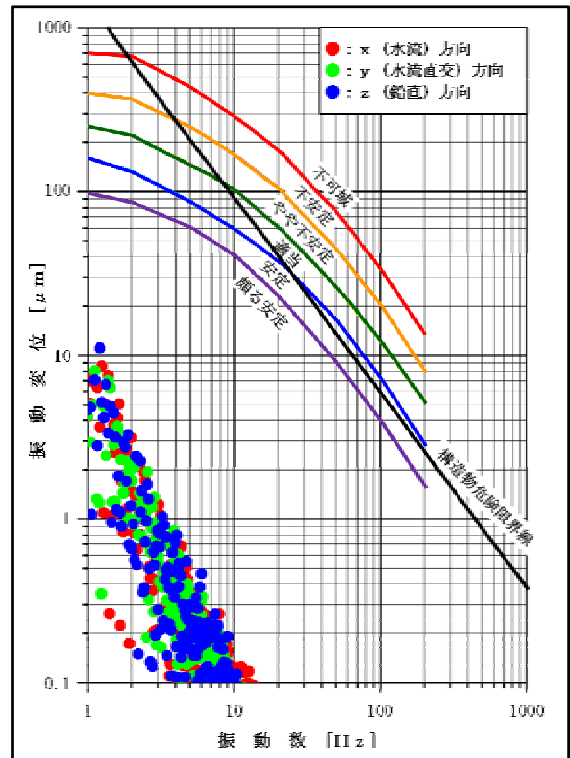


図3 ペトリカット線図による振動安定性評価(例)

扉体の安定性については、振動計測より得たデータを、図3に示すペトリカット線図にプロットし評価することとした。加速度計より得たデータは、計測時間(s)毎の加速度(c m/s²)であるため、フーリエ変換により周波数(H z)毎の加速度データに変換し、次式を用いて振動変位(μ m)を算出した。

$$\delta = \frac{a_n \times 10^4}{(2\pi f)^2} \dots \dots \dots (1)$$

δ : 周波数fでの振動変位 (μ m)

f : 周波数成分 (H z)

a_n : 周波数fでの加速度 (c m/s²)

b) 主ローラ軸受の健全性評価

主ローラ軸受の健全性は、ローラ効率等の計測が困難なことから、電動機の電流・電圧値より機械効率を算出し、当初設計の効率と比較することで軸受性能の劣化状況について判断することとした。

機械効率は、式(2)及び(3)により算出される。下記に示す電流・電圧以外の[]内の値は、当初設計図書及び計測条件等から算出したものである。

$$P = \sqrt{3} \times V \times I \times \cos \theta \times \eta \div 1000 \dots \dots (2)$$

P : 電動機出力 (kW)

V : 電圧 (V)

I : 電流 (A)

cos θ : 電動機力率 [0.645]

η : 電動機効率 [0.899]

$$\eta m = (W \times v) \div (60 \times P) \dots \dots (3)$$

ηm : 機械効率

W : 電圧 (V) [290]

v : 開閉速度 (m/min) [0.491]

3. 計測結果

(1) 振動安定性評価

図4に Crest Gate 3号のペトリカット線図による振動安定性評価を示す。図の結果から、放流中に発生する振動は、全ての開度において「構造物危険限界線」を下回っており扉体が安定していることが解る。

しかし、開度92cmのy(水流直交)方向16Hz付近、開度45cm及び92cmのz(鉛直)方向6Hz付近に着目すると、特異的な振動変位が見受けられる。この振動変位の原因を明らかにするため、当該開度での流況の確認を行った。

写真2に開度92cmの流況を示す。流況確認より、特異的な振動変位が発生する開度において、放流水が戸溝から噴流していることが解かった。

この結果から6Hz付近で発生していたz(鉛直)方向の振動は、戸溝からの噴流によりゲートの動作方向に外力が作用したことで発生したものであると考えられる。

また、放流中のx(水流)方向には、放流水を外力とした振動が常に発生している。高山ダムの Crest Gate は主桁ウェブの剛性が低いため、x(水流)方向の振動に誘発される形でz(鉛直)方向の振動も発生する。このz(鉛直)方向の振動により主桁ウェブがたわみ、たわみ量を振動変位として検出することでy(水流直交)方向の特異振動が発生したと考えられる。

ただし、これらの振動変位は非常に小さく、「構造物危険限界線」を大きく下回っていることから、ゲートの運用に支障をきたすものではないと判断した。

Crest Gate 4号も、3号と同様の結果であった。

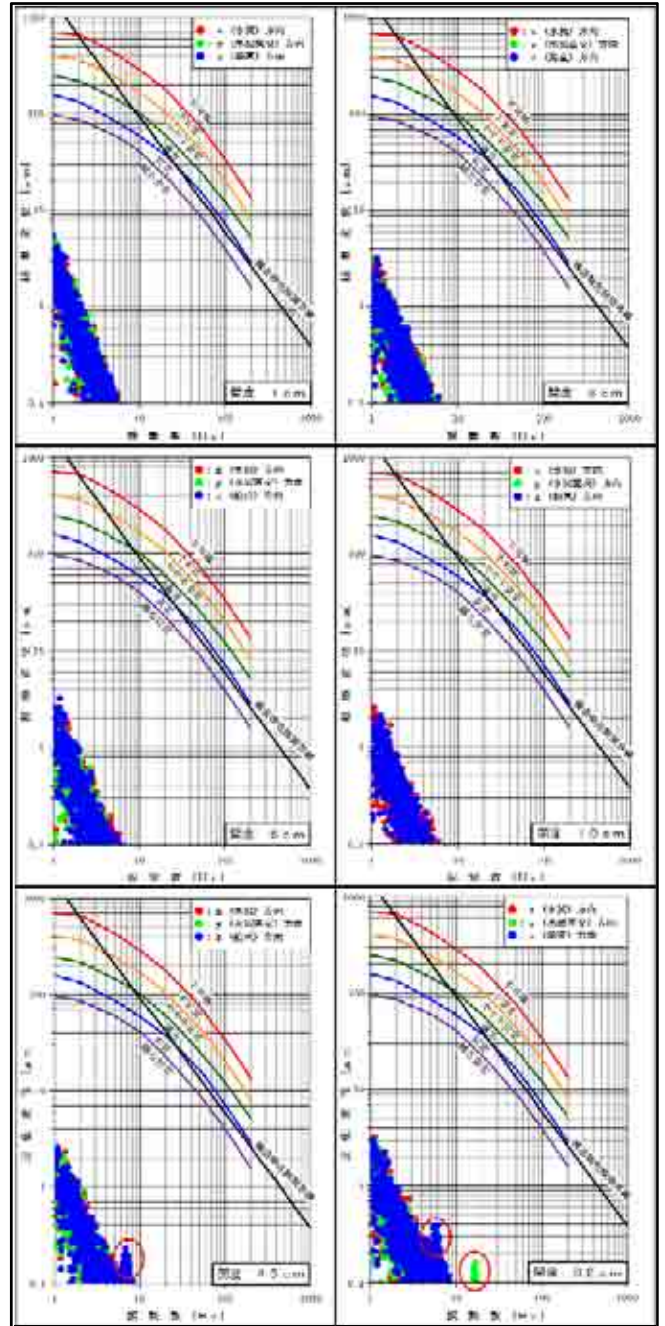


図4 ペトリカット線図による振動安定性評価 (Crest Gate 3号)



写真2 開度92cm時の放流状況

(2) 主ローラ軸受の健全性評価

健全性を評価するにあたり、電流・電圧の定常値を検出する必要があるが、微小開度域(1cmから10cm)では電動機の起動時間が短く、定常値が検出できなかった。そこで、比較的起動時間の長い開度10cmから45cm運転時の時刻歴データから、電流・電圧の定常値を検出し評価することとした。

また、図5より電流の定常値は10.6Aであるが、この電流値の中にはブレーキ電流(0.8A)が含まれている。そのため、定常値からブレーキ電流値を除いた値(9.8A)を純粋な電動機電流の定常値とした。

計測より得た電流・電圧の定常値を2.(3)b)の式(2)及び(3)に代入すると、機械効率は0.551となる。当初設計時の機械効率0.556と比較すると効率は僅かに減少しているが、電動機が取替後15年を経過していることから減少値は経年劣化の範囲内であり、3号主ローラ軸受は健全であると判断した。

クレストゲート4号についても同開度域で健全度評価を行ったが、機械効率は0.593であり、3号同様健全な状態であった。

従前からの懸念事項である放流水が主ローラ軸受に及ぼす影響について、放流時の映像より確認したところ、戸溝からの噴流により最下段の主ローラが水没する事象が確認された。

しかし、クレストゲートからの放流実績がほとんどないことや今後放流の機会があったとしても長期間にわたって運用する可能性が極めて低いことから、主ローラの水没が軸受へ及ぼす影響はないと判断している。

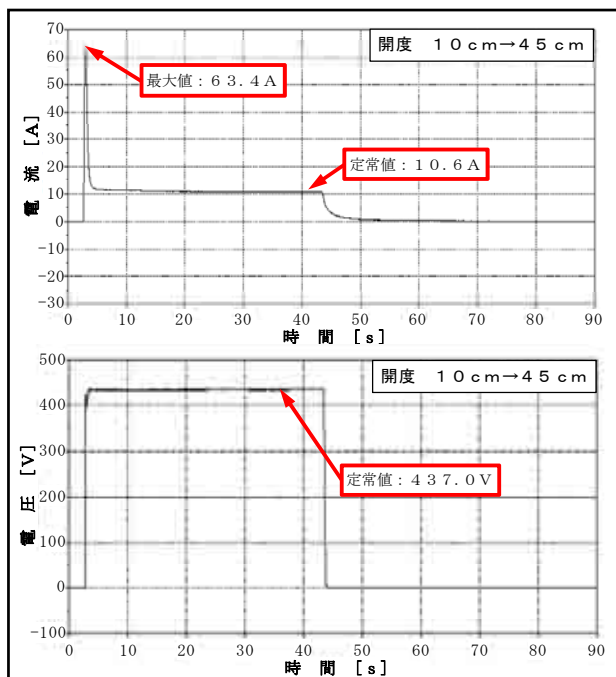


図5 時刻歴データ(クレストゲート3号)

(3) 主ローラ回転確認

主ローラの回転については、ローラ側面にマーキングを行い、放流前(開度0cm)、開度10cm及び放流終了後(開度0cm)に撮影した画像から、マーキング位置の移動量を確認し、回転の有無を判断した。

図6にマーキング位置移動量確認の一例を示す。移動量確認の結果、3・4号の左右岸とも最上段のローラ以外、正常に回転していることが判った。

今回計測を行った際の貯水位はEL129.40m程度であり、ゲート敷高からの水位が設計水位(EL136.00m)の1/3ほどであった(図1参照)。このため、下段側のローラは水圧による戸当りへの押付力が十分にあり回転したが、上段側は十分な押付力を得られなかったため回転しなかったと考えられる。

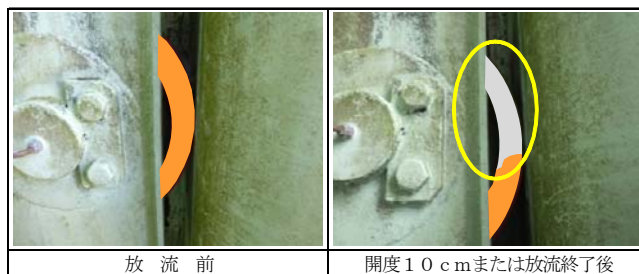


図6 マーキング位置の移動量確認

4. まとめ

本計測より、扉体の振動安定性、主ローラ軸受の健全性、主ローラの回転確認を行い、実負荷を伴った運転も支障なく行えることを確認した。

しかし、今回の計測では下記に示す課題も残った。

- 放流時間、放流量の制約から、限られた門数・開度でのデータ計測・健全度評価となった。
- より正確な振動安定性評価を得るためには、設計水深に近い貯水位で放流する必要がある。

クレストゲートを実負荷運転する機会は滅多になく、計測データ及び健全性評価は、ダム管理を行う上で重要な資料となることから、今後のフラッシュ放流においてもデータ計測を継続し健全性の把握に努めることや、評価方法等を見直し、評価の質を向上させることが必要だと考える。

参考文献

- 1) (社)ダム・堰施設技術協会. 2010. ダム・堰施設検査要領(案)(同解説)

治山事業におけるシカ食害対策について

小林 正典¹・岡井 邦仁²

¹近畿中国森林管理局 奈良森林管理事務所 十津川治山事業所
(〒637-1103奈良県吉野郡十津川村上野地241-23)

²近畿中国森林管理局 和歌山森林管理署 紀伊田辺治山事業所
(〒646-1421和歌山県田辺市中辺路町栗栖川396-1 (中辺路行政局3階))

近年、全国的にニホンジカ（以下「シカ」という。）の個体数が急増しており、農林業や生態系への影響が問題視されています。治山事業においても、緑化工への被害が問題となっており、その対策が急務となっています。本研究では、シカの行動等を調査した結果を基に、新たなシカ侵入防止工法を開発し、治山事業においてシカ食害対策（竹の被覆工）を行いました。

キーワード 治山, シカ, 食害, 侵入防止, 竹

1. はじめに

現在、治山事業におけるシカによる緑化被害対策は、主に侵入防止ネットや立体金網等の設置が行われています。しかし、侵入防止ネットは、破損等によりシカの侵入を許す事例が多く見受けられる上、頻繁にメンテナンスを行う必要があります。また、立体金網設置は、金網内の草は食害を受けませんが、金網から上部はシカの食害を受けるため木本類が生育しにくいというデメリットがあります。このように、有効な対策がないことが現状です。

本研究では、シカの行動等を調査した結果を基に、緑化被害の対策となる新たなシカ侵入防止工法を開発し、和歌山森林管理署が民有林直轄治山事業を行っている八升前（はっしょうまえ）区域と本田垣内（ほんだがい）区域の2箇所において試験施工を行いました。

2. シカの行動等調査

(1) 調査概要

2014年度に八升前区域にて施工した法枠工（図-1）において、法枠内の植生基材吹付箇所がシカによる食害や踏み荒らし被害を受けていました。そこでセンサーカメラによる行動調査とフィールドサイン調査を行い、シカの侵入状況を調査しました。



図-1 2014年度施工の法枠工

(2) 調査結果

a) センサーカメラによる行動調査

シカが法枠を横移動する場合は、表面水を流すための水切りを利用（図-2）することが分かりました。また、法枠を上下移動する場合は、水切りと枠内の植生基材吹付箇所の両方を利用し、縦枠は利用しないことが分かりました。



図-2 水切りを横移動する様子

b) フィールドサイン調査

植生基材吹付箇所の食害を受けたエリアにおいて、全ての枠で糞や食痕などの痕跡が確認できました。一方で、枠内モルタル吹付した箇所や傾斜約70°以上の急傾斜地では、シカの痕跡がなく、侵入していないことが分かりました。



図-5 伏工内の設置状況

3. シカ侵入防止工法（竹の被覆工）の開発

(1) 開発の経緯

シカの行動等調査結果の中で、特に枠内モルタル吹付箇所にシカが侵入していない点に着目しました。侵入しなかった理由の一つとして、シカは蹄が滑ることを嫌うためではないかと考え、滑りやすい物を斜面に設置することにより、侵入を防ぐことが可能ではないかと推測しました。そこで、縦半分に割った竹を枠内に縦方向に均等に並べ、枠を覆うように設置する竹の被覆工を開発しました。

また、竹の間隔を空けることにより、竹の下にも日光が入り植生の生長を阻害しないようにしました。

2016年8月に3箇所において生育状況を確認しました。まず、竹を外し、植生の生育状況を確認（図-6,7,8）したところ、3箇所とも無施工の対照区と比べ植物の生育が良好であることが確認できました。



図-6 法枠工内の生育状況

(2) 八升前区域における試験施工

設置場所は、八升前区域の法枠工箇所（2016年2月施工）、簡易法枠工箇所（2016年5月施工）、伏工箇所（2016年5月施工）の3箇所（図-3,4,5）であり、シカの侵入や食害の有無等を調査しました。



図-3 法枠工内の設置状況



図-7 簡易法枠工内の生育状況



図-4 簡易法枠工内の設置状況



図-8 伏工内の生育状況

続いて、竹の被覆工により保護されている箇所の植生の生育状況を確認しました。設置後1ヶ月程度まではシカの侵入を許さず良好に生育していたものの、1ヶ月程度経過するとシカが侵入し始め、最終的には3箇所ともシカの食害を受けることとなりました。また、センサーカメラでシカの行動を確認したところ、竹と竹の隙間に足を入れ、竹の被覆工内に侵入していることが判明しました(図-9)。



図-9 竹の被覆工に侵入したシカ

そこで、シカに侵入されないためには竹の間隔を改良する必要があると考え、有害捕獲したシカ(9頭)の足幅を調査したところ、生後数ヶ月の小さなシカで3.0cm、大きなオスジカで4.5cmであることが確認されました。この調査結果により、竹と竹の隙間を3.0cm以下に統一することでシカの侵入を防止できると推測し、本田垣内区域にて改良した竹の被覆工を試験施工しました。

4. 改良した竹の被覆工

(1) 本田垣内区域における試験施工

改良した竹の被覆工が図-10です。



図-10 竹の被覆工(設置前)

工場にて法枠内に収まるよう縦1800mm×横1700mmサイズのパネルを作製し、設置時にはアンカーピンで固定できるようにしました(図-11)。

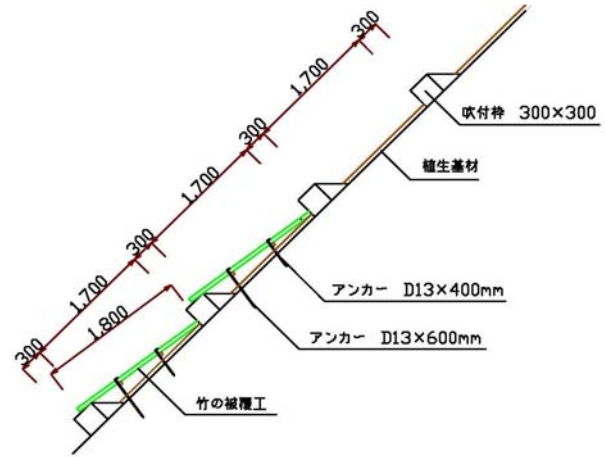


図-11 竹の被覆工(標準断面図)

シカは幅4m程度あれば飛び越えて侵入することはないと想定し、4m(法枠2枠)幅で四角く囲うように施工することにより、竹の被覆工で囲った内側をシカの食害から保護しました(図-12)。施工数量は76枠(保護面積約450㎡)、直接工事費は114万円(1枠あたり15,000円、施工費込み)になりました。竹の被覆工は周囲のみの施工であるため、全面施工が必要な立体金網工法と比較すると、16%のコストダウン(450㎡で比較)になります。また、侵入防止ネットは補修等のメンテナンスが必要ですが、竹の被覆工ではメンテナンス不要というメリットがあります。

竹の被覆工を施工後、シカの侵入は全く見受けられず、施工枠内(シカが首を伸ばして届く外側1m程度を除く)及び内側はヨモギ、メドハギ、クローバ、イネ科牧草等が良好に生育していました(図-13,14)。

一方で、周辺の植生はシカに食べ尽くされたり踏み荒らされたりしていることから、竹の被覆工はシカ侵入防止に大きな効果があると確認できました。



図-12 施工直後の様子(2017年2月)



図-13 生育状況の様子 (2017年8月)



図-14 生育状況の近景 (2017年8月)

(2) センサーカメラ等によるシカの行動確認

改良した竹の被覆工はシカの侵入を許さなかったものの、周辺では糞、足跡、食痕が多く見受けられました。また、センサーカメラによりシカの行動を確認すると、シカは竹の被覆工の外側から首を伸ばし、時には前足を竹の上に置きながら竹の隙間から出ている草(竹より上の部分)を食べている様子が確認できました(図-15,16)。しかし、食害された箇所は被覆した外側1m前後(1枠目)だけであり、2枠目から内側は全く食害を受けず、草本類が良好に生育していました。

更に、シカが侵入しようとして竹の被覆工の上に乗っても、蹄が滑り、体ごと外に滑り落ちていく動画も撮影でき、侵入を防止できたことを確認できました。



図-15 枠下から竹の上の草を食べている様子



図-16 枠横から竹の上の草を食べている様子

(3) 八升前区域における試験施工

改良した竹の被覆工の成果が見られたことから、更なる検証として5つの条件を設定し試験施工しました(図-17)。

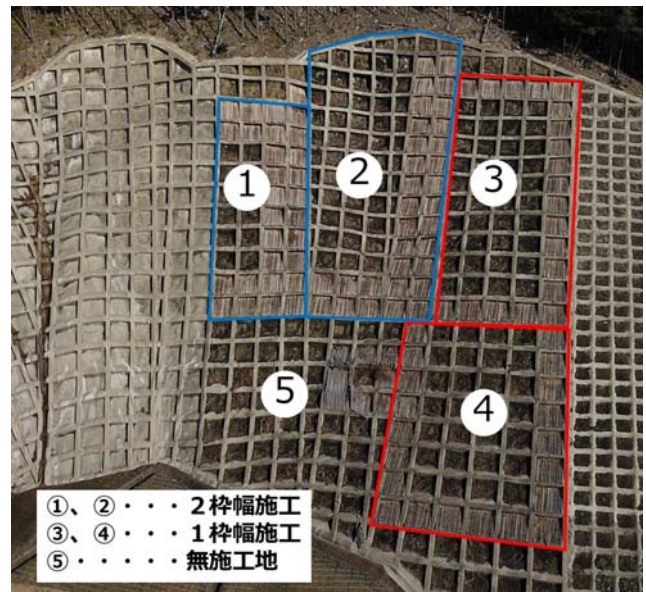


図-17 区画分けの状況 (2018年3月)

a) 区画の設定条件

竹の被覆工の設置幅について、①・②の区画は本田垣内区域と同じ2枠幅、③・④区画は1枠幅で施工しました。また、対照区として⑤区画を無施工地としました。

①区画は、左側が枠内モルタル吹付箇所隣接しており、隣接する箇所のみ竹の被覆工を施工せず、枠内モルタル吹付箇所からの侵入の有無を検証するため設定しました。

②区画は、上部の急傾斜(傾斜約70°以上)の箇所のみ竹の被覆工を施工せず、急傾斜からの侵入の有無を検証するため設定しました。

③区画は、本田垣内区域と同程度の中傾斜地(傾斜35°~56°)で、1枠幅でも侵入防止が可能か検証するため設定しました。

④区画は、緩傾斜地(傾斜24°~34°)で、1枠幅でも侵入防止が可能か検証するため設定しました。

また、各区画にて緑化基材を播き、樹木の苗木を植栽

し、シカの侵入の有無や植生の状況を調査することとしました。

b) 検証結果

2018年5月に現地調査を行ったところ、①,②,③の区画ではシカの侵入は見られず、植生はシカが好んで食べるヨモギやクローバ等が優占する状況でした(図-18)。



図-18 ①,②,③区画の生育状況(2018年5月)

このことから枠内モルタル吹付箇所や急傾斜地(傾斜約70°以上)からはシカが侵入せず、そのような箇所では対策は不要であり、コスト縮減に繋がれると考えられます。また、③区画でもシカが侵入していないことから、傾斜35°以上であれば1枠幅の施工でもシカの侵入を防げることが分かりました。

一方で、④区画はシカの食害や糞が確認されたことから、傾斜24°~34°の1枠幅の施工では、シカの侵入を許す結果となりました(図-19)。ただし、植生調査結果ではヨモギやクローバが優占していることから、シカによる食害の影響は少なく、侵入の頻度は低いと考えられ、竹の被覆工による一定の効果が確認できました。



図-19 ④区画で確認されたアザミの食痕(2018年5月)

対照区として設定した⑤の区画は、シカの食害が顕著に表れ、ダンドボロギクやシダ類などのシカが食べないとされる草本が優占していました(図-20)。また、植栽した樹木も生育が見込めないほど食害を受けていました。



図-20 ⑤区画の状況(2018年5月)

(4) 竹の腐食調査

2016年2月に試験施工後、約2年3ヶ月が経過した竹の被覆工の腐食状況を調査しました。目視と打音検査では異常は見られず、一部をノコギリで切断し、切断面を調査したところ、腐食は確認されませんでした。

5. 今後の展望と課題

2018年5月時点においても、竹の被覆工によりシカの侵入防止効果を確認することができており、竹の破損や腐食は確認されず機能を維持しており、メンテナンスが不要です。植生が回復する将来においても、竹は自然素材であり分解するため撤去費用も不要です。また、竹を使用することで景観を損ねず、放置竹林対策にも繋がる等の大きなメリットがあります。

今後の経過観察として、継続してシカ侵入防止に効果が続くかどうか、竹の腐食具合はどうか等、追跡調査を行いたいと思います。

今後も、より最適なシカ侵入防止工法を検証し、シカ食害対策を行うことによって施工地の緑化を目指して取り組んで参ります。

謝辞: 本研究は、複数年に渡る取り組みであり、これまで携われた方々の成果の積み重ねでもあります。また、和歌山森林管理署及び近畿中国森林管理局の皆様より様々な助言等を頂きました。関係各位に深く感謝申し上げます。

上野遊水地における塵芥処理について

穴山 悟司¹・青木 勇樹²

¹近畿地方整備局 木津川上流河川事務所 管理課 (〒518-0723三重県名張市木屋町812-1)

²近畿地方整備局 木津川上流河川事務所 管理課 (〒518-0723三重県名張市木屋町812-1)

伊賀市上野地区では、過去から幾度となく洪水被害が発生していたことから、上野地区の抜本的な治水対策を策定する必要があった。そこで、木津川上流河川事務所では1969年度から上野遊水地対策事業に着手を行い、2015年6月に上野遊水地の運用を開始した。2017年10月の台風21号にて、上野遊水地運用開始後初めて遊水地に湛水し、遊水地の事業効果が発揮したが、湛水した水の排水後、遊水地内には多くの塵芥が残ることとなり、塵芥処理対策について新たな課題が発生した。本論文は、上野遊水地における台風21号での塵芥処理について紹介するものである。

キーワード 上野遊水地, 越流, 塵芥処理, 一斉清掃

1. 上野遊水地の概要

(1)上野盆地の地理的特性

木津川の本流は鈴鹿山脈、布引山地に源を發し、山間を曲流して上野盆地に出て、鈴鹿山脈、布引山地に源を發する柘植川、服部川を岩倉上流で合流している。さらに岩倉峠を西流して、大河原で名張川を合わせ、笠置を経て山城盆地の流末で、淀川に合流している。岩倉上流で合流するこの3河川は、流路延長及び標高差があまり変わらず、それぞれの河川の洪水ピークはほぼ同時刻に岩倉地点に現れる。3河川合流後の岩倉峠は川幅が約60m、延長約5kmの狭窄部のため、洪水疎通が著しく阻害されている。そのため直上流の上野盆地で湛水し、たびたび浸水被害をもたらしている。

また、この地域は1854年の伊賀大地震により、平地部が約1.5m程度地盤沈下し、洪水被害をさらに大きくするものとなっている。

(2)過去の洪水災害

岩倉峠による堰上げにより、歴史的にも幾多の水害が被害を及ぼし、上野地区の発展を阻害してきた。

表1のとおり、1953年9月の台風13号による洪水が戦後最大の水害であった。

表-1 伊賀上野地区戦後の洪水被害状況

年月日	湛水量(m ³)	湛水面積(ha)	湛水戸数(戸)	備考
1953年8月15日	9,100,000	470	94	東近畿(南山城)水害
1953年9月25日	16,100,000	540	200	台風13号
1959年9月26日	15,500,000	535	195	伊勢湾台風
1961年10月28日	12,700,000	510	140	前線豪雨
1965年9月17日	10,700,000	505	35	台風24号
1982年8月1日	10,700,000	505	35	台風10号

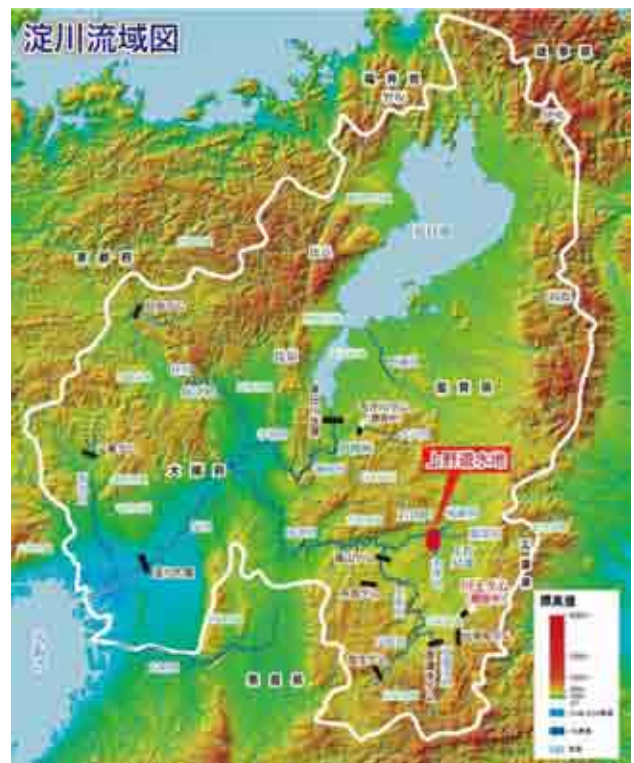


図-1 伊賀上野地区位置図

(3)上野遊水地の計画

1953年度以降、幾度か洪水被害が相次ぎ、上野地区の抜本的な治水対策を策定する必要が生じた。地元としては、岩倉峠開削を強く要望したが、下流への影響を考えると、下流河川の改修が完了しなければ岩倉の開削を行うことは不可能であり、早急な治水対策が発揮できない。そこで、岩倉峠現状のまま、上野遊水地事業(遊水地+河川改修)+川上ダムで調節する上野遊水地計画案を

1968年度に策定、1969年度に事業着手した。

上野遊水地事業は、岩倉峡下流の木津川や淀川のピーク流量を増加させずに伊賀市市街地における洪水の氾濫を防止するものであり、2009年に策定された淀川水系河川整備計画には以下の考え方が記述されている。

- ・上野遊水地と川上ダムを完成させるとともに、木津川、服部川及び柘植川の河道掘削等の河川改修を併せて実施。
- ・戦後最大の洪水である1953年台風13号洪水を狭窄部上流の上野地区において安全に流下させる。
- ・あわせて戦後最大の洪水を狭窄部下流の木津川において安全に流下させる。

(4)上野遊水地の概要

上野遊水地は、4遊水地（新居、小田、長田、木興）に区分され、合計約250haの面積に容量約900万 m^3 の湛水能力を確保しており、2015年6月に運用を開始した。

各遊水地には、それぞれ一箇所ずつ越流堤を設け、洪水により河川流量以上になった場合には自然越流方式で

遊水地に流入させる。

また、遊水地内の湛水は、洪水が終わった後の河川水位の低下に応じて各遊水地に設けた排水門より排水させる。なお、上野遊水地では、1989年4月6日に当時の近畿地方建設局と上野遊水地連絡協議会との間で補償金額の他に地役権の設定目的、土地の利用制限内容、補償金支払い方法などを定める「上野遊水地事業地役権補償協定書」を締結し、これをもって湛水区域への地役権設定とそれに伴う補償が進められたことから、湛水区域は、大規模な出水時には一時的に湛水させ、平時は農地として利用している。

2. 上野遊水地における台風21号の被害状況

2015年6月の上野遊水地運用開始後、特に大きな洪水もなく湛水実績が無かったが、2017年10月の台風21号にて上野遊水地運用開始後初めて遊水地に湛水した。本台風の洪水により、遊水地の効果も確認出来たが、課題も見えた。

(1)台風21号の概要

2017年10月16日にカロリン諸島近海で発生した台風21号は、10月22日21時頃に木津川上流河川事務所管内に最も接近し、日本列島南岸を東北東に進み、北海道の東側で温帯低気圧に変わった。この台風を取り巻く雨雲と秋雨前線の影響により、木津川上流河川事務所管内でも10月18日～23日かけて降雨を記録した。特に、10月21日～23日の3日間では、坂下2雨量観測所において累加雨量が460mmに達するなど、管内で最大の降雨が観測された。

また、木津川の岩倉水位流量観測所では、10月23日2時40分に1970年観測開始以降2番目に高い水位となる7.94mを観測した。

(2)遊水地運用後初の湛水

2017年10月22日20時57分、木興遊水地にて遊水地運用開始後初めて越流を開始した。その後、21時6分に長田遊水地、22時に小田遊水地、22時5分に新居遊水地で越流を開始し、4つの遊水地全てで越流した。なお、越流時は夜であったため、カメラにて越流を確認するのは難

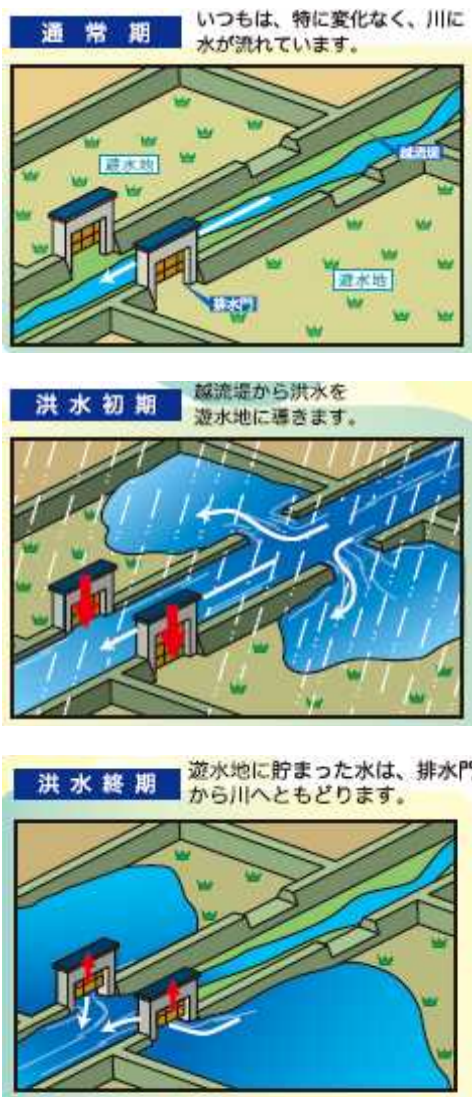


図-2 上野遊水地の構造と湛水の仕組み



図-3 伊賀上野地区位置図

しい状況であったが、越流堤に設置されている外水位計で越流開始時刻を判断した。越流後も河川水位はどんどん上昇し、10月23日2時30分頃にピークを迎え、4つの遊水地で約600万m³を貯留した。

(3)遊水地の事業効果発揮

2017年10月の台風21号では、木津川及び服部川から4つの遊水地に越流させたことにより約600万m³の水を貯留させたが、遊水地の整備により伊賀市上野地区において約160haの浸水面積、約760戸の浸水戸数の被害を解消できたと推定され、初めて遊水地事業の効果を発揮した。

(4)遊水地に残されたゴミ

台風のピークも過ぎ、木津川の水位も低下したことから、10月23日6時10分頃に新居排水門を全開し、新居遊水地に貯留した水の排水を開始した。当初は新居排水門と小田排水門を同時に全開する予定であったが、遊水地運用後初めての湛水であったため、排水門から排出される水により遊水地直下に設置されている岩倉水位流量観測所の水位がどれほど上昇するか不明であったことから、まずは新居排水門のみを全開した。結果として岩倉水位

流量観測所の水位上昇は発生しなかったことから、6時50分頃に小田排水門を全開、7時20分頃に木興排水門及び長田排水門を全開し、各遊水地に貯留した水の排水を開始した。排水後、各遊水地には越流時に一緒に遊水地に流入した流木や塵芥が周囲堤や田畑に取り残され、新たな課題が発生することとなった。

浸水面積の比較

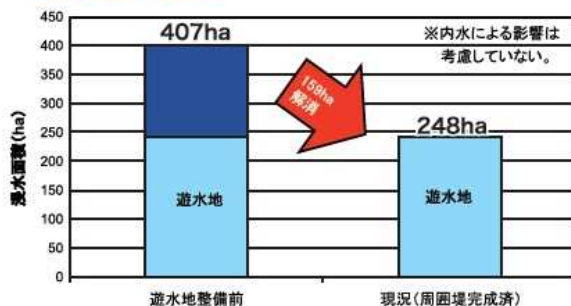


図-4.3 上野遊水地事業効果

浸水戸数の比較

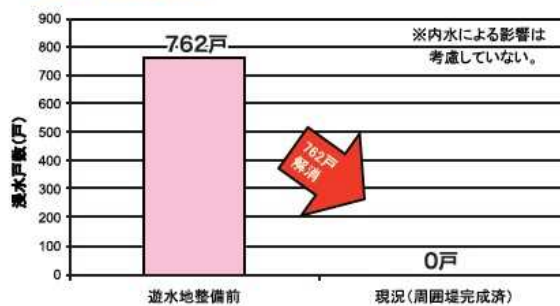


図-4.4 上野遊水地事業効果



図-4.1 上野遊水地事業効果



図-4.2 上野遊水地事業効果



写真-1 遊水地内ゴミ堆積状況(小田)



写真-2 遊水地内ゴミ堆積状況(長田)

3. 地域と一体で実施した塵芥処理

遊水地内に取り残された塵芥量は全体で約1250^m₃ (約620トン) にのぼったが、上野遊水地は地役権設定をしているため、周囲堤などの官地に残された塵芥と田畑などの民地に取り残された塵芥に分かれた。官地部分の塵芥は当事務所で発注している維持作業にて塵芥処理を行うことができるが、民地部分の塵芥処理は維持作業で実施することが難しく、新たな課題が発生した。民地所有者は高齢者も多く、また塵芥量も相当あったことから土地所有者だけで塵芥処理を行うことは限界であった。そこで民地部分については、塵芥量の少ない箇所では土地所有者が自ら処理を行い、塵芥量の多い箇所や遊水地内を流れる用水路など個人で処理を行うことが困難な箇所については地域住民、伊賀市、木津川上流河川事務所が一同に集まって一斉清掃を実施することとした。各遊水地の清掃を一同に実施するのは困難であることから、遊水地ごとに実施日を分けて作業を行うこととし、延べ約100名で清掃を実施した。一斉清掃に必要な資機材等については、地元住民、伊賀市、国がそれぞれ用意して実施し、塵芥の処分については一部を伊賀市処分場にて無償受け入れをして頂いた。地元住民、伊賀市、国がそれぞれの役目と連携して清掃に取り組んだことにより、上野遊水地は越流する前ののどかな田園風景を取り戻すことができた。これにより、地元の方々からは「台風21号のあと、大量の漂着物が現地に残って困っていたが、今回皆さんで協力してきれいにすることができ、大変助かりました。」と感謝のお言葉を頂いた。

4. 今後の課題

2017年台風21号では、一斉清掃により遊水地内の塵芥処理を実施したが、今後、遊水地に越流するたびに一斉清掃を実施するのでは地元の負担など大きくなることから、抜本的な対策が望まれる。このため、2018年度は越流堤から塵芥進入を防ぐ施設の検討を行い、次年度以降に対策工事が実施できるよう計画をしている。



写真-4 地元住民や伊賀市と協力した清掃(長田)



写真-5 地元住民や伊賀市と協力した清掃前(長田)



写真-6 地元住民や伊賀市と協力した清掃後(長田)



写真-3 地元住民や伊賀市と協力した清掃(小田)



写真-7 地元住民や伊賀市と協力した清掃後集合写真

水力発電異常検知システムについて

石渡 俊弘¹・市川 彰浩²

¹ (独)水資源機構 日吉ダム管理所 (〒629-0335京都府南丹市日吉町中神子ヶ谷68)

² (独)水資源機構 中部支社 事業部 設備課 (〒460-0001愛知県名古屋市中区三の丸1丁目2-1)

水資源機構木津川ダム総合管理所(布目ダム、室生ダム)では、管理用水力発電設備停止に伴う、ダム管理への重大な影響を抑えるため、「水力発電設備異常検知システム」の構築を図った。当該システムは、日常監視しているデータから異常動作に繋がるデータを抽出し異常判定とその情報提供を行う設備で、異常動作に早期対応することにより障害発生 of 未然防止又は障害被害の軽減を図るものである。

本稿では、今回設置した「水力発電異常検知システム」の概要、運用方法(異常検知方法)、今後の課題等について報告するものである。

キーワード 異常検知システム、異常判定、データの蓄積・分析、しきい値、2次元判定

1. はじめに

2015年11月15日、室生ダム発電所において、発電流量の設定変更を行った直後に重故障が発生し水力発電設備が緊急停止した。現地で状況を確認したところ、ガイドベーンが開いたままで、現地操作も出来ない状態であった。よって、点検口から水車内部を確認したところ異物の混入が発見され、その復旧に3日間を要した。

また、布目ダムでは、2012年10月3日に発電機の回転速度を検出する装置に障害が発生した。この装置は生産終了していたため、その代替え対策に時間を要し247日におよぶ期間の発電停止となった。

発電停止期間は、上記で述べた事例のように障害内容で異なり、室生ダムでは停止期間が3日間で済んだが、布目ダムでは停止期間が長期化したため、売電収入が大幅に減少した。

売電収入は、雑収入としてダム管理費に組み込まれているため、布目ダムのように停止期間が長期化した場合、ダム管理費に大きく影響し予定した工事等の実施時期を変更するなどの措置が必要となる。このような事態の発生を未然に防止し、又は早期対応による被害の軽減を目的に、「水力発電異常検知システム」を室生ダム発電所、布目ダム発電所に導入した。

2. 管理用水力発電設備の概況

室生ダム発電所は1986年から運用開始、布目ダム発電所は1991年から運用開始した設備で、両発電所共に稼働率が90%以上と非常に高く、ダム管理に大きく貢献している。

以下に室生ダム発電所、布目ダム発電所の年間発生電力、買電収入等(直近10年間平均)の稼働状況を示す。

室生ダム発電所

・稼働率	92% (336日/365日)
・年間発電量	2,685,836 (KWH/年)
・売電収入	24,500 (千円/年)
・所在地	奈良県 宇陀市
・最大出力	560kw
・水車	クロスフロー水車

布目ダム発電所

・稼働率	90% (329日/365日)
・年間発電量	5,240,713 (KWH/年)
・売電収入	51,692 (千円/年)
・所在地	奈良県 奈良市
・最大出力	990kw
・水車	フランシス水車

3. 水力発電設備異常検知システム

(1) システムの概要

異常検知システムは、水力発電設備からの各種データとダム管理用制御処理設備（以下「ダムコン」と言う）からのダム貯水位データをリアルタイムで受信し、データが通常と異なる動きをした場合、ダム管理職員へ情報を通報するものである。システム構成は図1に示すとおりで、各種センサー（発電所の水車・発電機・軸受け等に設置）、伝送路（光ケーブル）、異常検知装置（PC）、メール送信機、ファイアウォールで構成される。水車・発電設備には、水圧鉄管・水車内の水圧を測定する圧力計、水車軸受等の温度計、水車・発電機の回転速度検出計、振動計など14個のセンサーを設置し、設備の動作を監視している。

異常検出装置は、各設備からのデータを受信・蓄積し、異常判定、警報を出力する。異常判定については、「4. 異常検知の方法」で示す。又、警報出力はインターネットを介してダム管理職員の携帯端末へ配信するため、情報セキュリティ対策としてファイアウォールを設置し、ポートフィルタリング、ポリシーフィルタリング、URL フィルタリング等の機能を完備した。

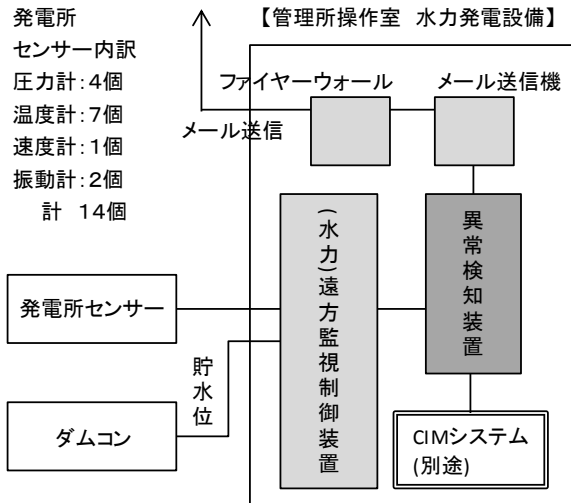


図-1 水力発電設備異常検知システム構成図

(2) 振動センサーについて

異常検知システムを構築する上で、水車、発電機の運転状況を把握するために必要不可欠である振動センサーを新たに設置した。振動の計測は前後、左右、上下の3方向で行い、取付け位置は、横軸の水

車・発電機の振動が最も顕著に表れる軸受け部とし、比較が可能なように水車側軸受け、反水車側軸受けの2箇所とした。

振動センサーの取付け位置を図2に、振動センサーの取付状況を写真1、写真2に示す。

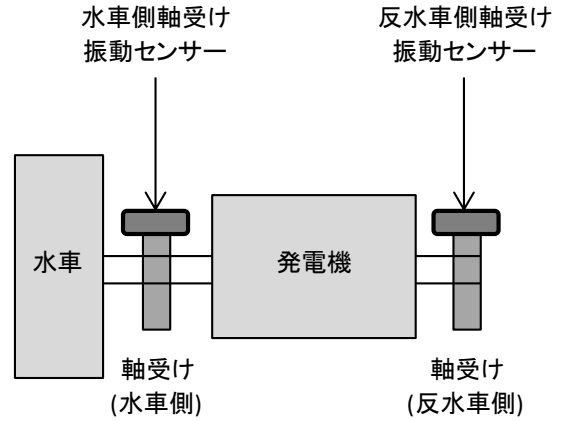


図-2 振動センサー取付位置

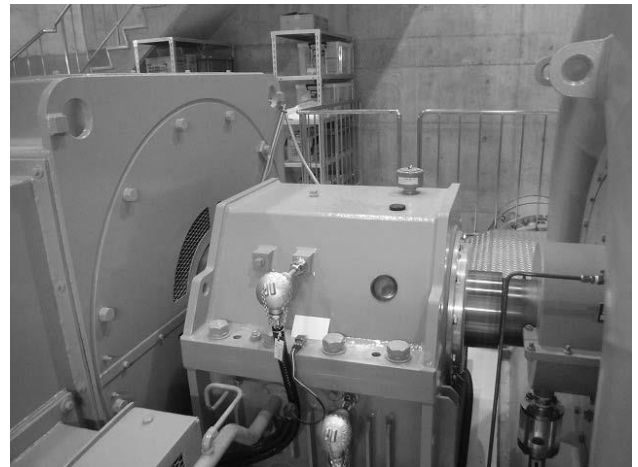


写真-1 振動センサー（水車側軸受け）



写真-2 振動センサー（取付状況）

4. 異常検知の方法

(1) 監視蓄積データ

異常検知装置により監視・蓄積するデータを次に示す。

- ① 発電電力
- ② 発電電圧
- ③ 発電電流
- ④ 発電流量
- ⑤ ガイドベーン開度
- ⑥ 回転速度
- ⑦ 水車入口圧力
- ⑧ 振動(水車・発電機)
- ⑨ 発電機固定子巻線温度
- ⑩ 軸受温度
- ⑪ 発電所内温度
- ⑫ ダム貯水位
- ⑬ 利水バルブ流量
- ⑭ 発電流量設定値
- ⑮ 起動時間タイマー
- ⑯ 発電機力率
- ⑰ 発電機周波数

(2) 異常判定方法

本システムで行う異常判定方法は、しきい値判定と2次元判定の2とおりである。それぞれの判定方法について次に示す。

a) しきい値判定

日常監視しているデータから正常である範囲の値をしきい値として設定し、そのしきい値を逸脱した場合に異常判定を行う。

判定のイメージを図3に示す。

監視する計測値(データa)がしきい値をオーバーしたため異常と判定する。

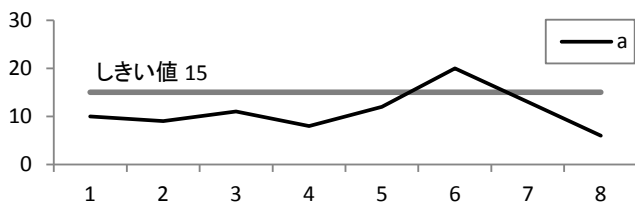


図-3 しきい値判定 グラフ

しきい値で判定する項目は、次のものである。

- ① 水車側軸受振動
- ② 反水車側軸受振動
- ③ 固定子スラスト温度
- ④ スラスト軸受温度
- ⑤ 発電機水車側軸受温度
- ⑥ 発電機反水車側軸受温度

b) 2次元判定

監視データから関連する2つの項目を抽出し、そのデータの動きを比較することにより判定を行う。

判定のイメージを図4及び図5に示す。

関連する2つの計測値(データa, データb)を組み合わせて比較し、時間変化(X軸)に対して変化傾向が同じ場合は正常と判定し、異なる場合は異常と判定とする。

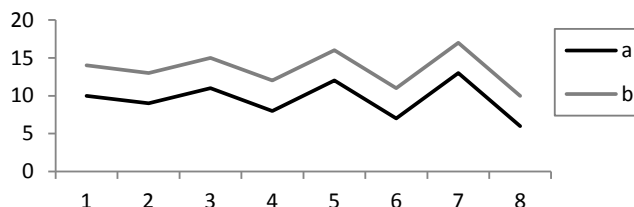


図-4 正常判定 グラフ

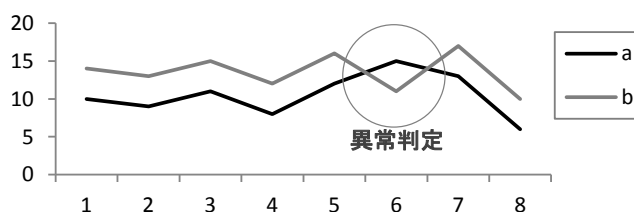


図-5 異常判定 グラフ

2次元判定で比較する組合項目と比較根拠を次に示す。

○ダム貯水位との組合せ

組合せ1	「ダム貯水位」と「発電電力」
組合せ2	「ダム貯水位」と「水車入口圧力」

発電電力と水車入口圧力は、ダム貯水位の変化に比例して変動するため、この組合せで監視し、変化傾向が異なった場合は異常判定とした。

○発電所内温度との組合せ

組合せ3	「発電所内温度」と「固定子温度」
組合せ4	「発電所内温度」と「軸受温度」

固定子温度及び軸受温度の変化は、発電所内温度の変化と関係すると考えられることから、この組合せで監視し、変化傾向が異なった場合は異常判定とした。

○発電流量との組合せ1

組合せ5	「発電流量」と「ガイドベーン開度」
組合せ6	「発電流量」と「発電電力」

ガイドベーン開度と発電電力は、発電流量の変化に比例して変動するため、この組合せで監視し、変化傾向が異なった場合は異常判定とした。

○発電流量との組合せ2

組合せ7	「発電流量」と「水車入口圧力」
------	-----------------

水車入口圧力は、発電流量の変更に関連して変化するものではないが、水車で発生する水流に影響を受けていないか検証するため、この組合せで監視し、発電流量の変更時に水車入口圧力が変化した場合は異常判定とした。

○発電流量との組合せ3

組合せ8	「発電流量」と「水車側軸受振動」
組合せ9	「発電流量」と「反水車側軸受振動」

発電流量毎に水車軸受振動、反水車軸受振動の動作範囲を計測し、設定した範囲から逸脱した場合は異常判定とした。

○ガイドベーン開度との組合せ1

組合せ10	「ガイドベーン開度」と「発電電力」
-------	-------------------

ガイドベーン開度の動きに対し、発電電力は比例して変化するため、この組合せで監視し、変化傾向が異なった場合は異常判定とした。

○ガイドベーン開度との組合せ2

組合せ11	「ガイドベーン開度」と「水車入口圧力」
-------	---------------------

水車入口圧力は、ガイドベーン開度の動作に関連して変化するものではないが、水車で発生する水流に影響を受けていないか検証するため、この組合せで監視し、ガイドベーン開度の変化傾向に同調して変化した場合は異常判定とした。

○ガイドベーン開度との組合せ3

組合せ12	「ガイドベーン開度」と「水車側軸受振動」
組合せ13	「ガイドベーン開度」と「反水車側軸受振動」

ガイドベーン開度毎に水車軸受振動、反水車軸受振動の動作範囲を計測し、設定した範囲から逸脱した場合は異常判定とした。

○発電電力との組合せ1

組合せ14	「発電電力」と「水車軸受振動」
組合せ15	「発電電力」と「反水車軸受振動」

発電電力毎に水車軸受振動、反水車軸受振動の動作範囲を計測し、設定した範囲から逸脱した場合は異常判定とした。

○発電電力との組合せ2

組合せ16	「発電電力」と「固定子温度」
組合せ17	「発電電力」と「軸受温度」

発電電力毎に固定子温度、軸受温度の変化傾向を計測し、設定した範囲から逸脱した場合は異常判定とした。

○水車入口圧力との組合せ

組合せ18	「水車入口圧力」と「発電電力」
-------	-----------------

水車入口圧力の変化に対し、発電電力は比例して変化するため、この組合せで監視し、変化傾向が異なった場合は異常判定とした。

上記で述べた「しきい値判定」及び「2次元判定(18種類の組合せ)」により、水力発電設備を常に監視し、通常と異なる動きをした場合、点検を実施し、その原因の究明と対策を行う。また、異常発生時毎の蓄積データから、監視データ組合せの妥当性及び正常である変動範囲の検証を行い、適宜見直しを行っていく。

5. 今後の展望と課題

布目ダムでは2017年3月に、室生ダムでは2017年7月に異常検知システムを導入し運用を開始したが、本システムは運用と合わせて、蓄積したデータの整理・分析を行い、しきい値、2次元判定項目の見直しを進め、システムの精度向上を図るもので長期的に継続していくことが重要である。

また、設備の整備・更新の判断材料の一つとして活用するため、蓄積データの経年的な変化を整理・分析し、設備の老朽化とどのように関連づけしていくかが今後の課題である。

6. まとめ

木津川ダム総合管理所で導入した異常検知システムは、他の管理用発電への活用及び揚水機場等のポンプ設備などへの応用が可能と考えられる。

また、本システムで蓄積されたデータは、様々な条件での運転特性が把握できるため、異常判定値等の見直しや修繕時期の最適化に活用する他、運転可能範囲の検証、利水放流設備からの放流量との相関関係の検証など水力発電の効率的な運用への活用も可能である。

本システムは、的確に運用し続けることで、より精度の高いシステムを構築でき、ダム管理の効率化・高度化を目指すことができると思われるため、新たな活用の検討も視野に入れ確実な運用を図っていく。

本論文は、著者および共著者の前任地である(独)水資源機構木津川ダム総合管理所での成果について取りまとめたものである。

六甲山系グリーンベルト事業地における ナラ枯れ被害対策について

明見 章史

近畿地方整備局琵琶湖河川事務所保全対策官 (〒520-2279 大津市黒津4丁目5-1)

六甲山系グリーンベルト整備事業は、土砂災害に強い山づくりを進めていくことを目的として、斜面对策工事とともに植物の力を活かした対策として、樹林整備に取り組んでいる。その六甲山系において、2010年に神戸市灘区の坊主山地区でナラ枯れ被害が確認されて以降、現在もナラ枯れ被害が拡大しており、樹林整備地を含むナラ類の集団枯死が多く確認されている。

六甲砂防事務所は、六甲山系でのナラ枯れ被害の実態を把握するとともに、樹林整備地等でのナラ枯れ被害の拡大を抑制する取り組みを進めてきた。ここでは、六甲山系でのナラ枯れ被害の特徴と、被害対策の取り組み事例を報告するとともに、その効果等の検証結果を報告する。

キーワード グリーンベルト整備事業、ナラ枯れ対策、空中写真判読

1. 六甲山系におけるナラ枯れ被害の状況

ナラ枯れは、ナラ類やシイ・カシ類（ブナ・イヌブナを除くブナ科樹木）の樹幹にカシノナガキクイムシ（以下カシナガと略記）が穿入することにより、カシナガが運んでくるナラ菌が樹木内部で繁殖し、その影響で導管の機能障害が起き枯死に至る現象である。

六甲砂防事務所は、六甲山系グリーンベルト整備事業として樹林整備を進めている地域（以下、六甲GB事業地とする）において、樹林整備マニュアルを策定し、コナラを主体とした樹林を目標に整備を進めているところである。一方で、整備目標としている樹林は、大径木のナラ類を主体としているため、ナラ枯れ被害が蔓延すると広範囲において樹林が消失するほどの影響を受ける可能性がある。

近年は、六甲山系のナラ枯れ被害が拡大する傾向にあり、六甲GB事業地においてもナラ枯れ枯死木が集中発生する激害地が確認されるようになってきている。

このため、六甲砂防事務所では、六甲GB事業地でのナラ枯れ被害の激化を抑制する取り組みを進めている。

(1)六甲GB事業地でのナラ枯れ被害の特徴

ナラ枯れは、樹木内で繁殖したナラ菌が導管の機能障害を引き起こすため、蒸散活発時期（夏期や初秋期）に葉枯れすることが特徴となっている。ナラ枯れ被害地では、葉枯れしたナラ枯れ被害木（枯死木）が多数確認されているが、六甲GB事業地では、カシナガ穿入被害を受けたものの、樹冠が全て葉枯れするまでには至らない

ナラ類（被害生存木）が枯死木よりも多く確認されている。六甲GB事業地での調査結果では、ナラ枯れ被害を受けた樹木のうち、枯死木となる樹木は全体の20～30%程度であることが確認されており、実際の被害木としては葉枯れまでに至らない（あるいは、樹冠の一部の葉枯れにとどまる）被害生存木が多いことが明らかとなっている（図1参照）。

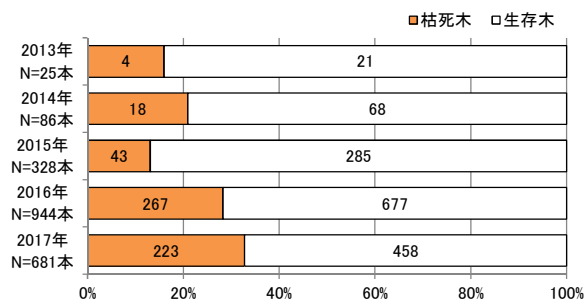


図1 六甲GB事業地における被害割合

ナラ枯れ被害木について、枯死木と被害生存木を伐倒し、樹幹断面を観察した結果、両者にはナラ菌による導管の機能障害を受けている範囲（樹木がナラ菌繁殖に抵抗したことを示す変色部）が異なっている様子が確認された。枯死木の樹幹断面は、心材から辺材までの広範囲で褐色に変化した変色部が広がっていることが確認されたことに対し、被害生存木の樹幹断面は、心材周縁で変色部がみられるものの、辺材全体にまで広がっていない様子が確認された（図2参照）。

樹幹断面にみられる変色部は、カシナガが穿入した際の樹木抗菌作用を示すものであり、多くのカシナガが穿入しナラ菌の繁殖が激しい樹木であるほど抗菌作用が強

く働く。このような抗菌作用が働くと、その範囲が褐色に変色し、辺材にある道管を機能不全にするものと考えられており、抗菌作用が辺材全体に及ぶと樹木が枯死すると考えられる。一方で、カシナガの穿入程度が相対的に少なく、抗菌作用が辺材全体に及ばない程度の被害（ナラ菌繁殖への樹木抵抗が終了した段階）であった場合には、辺材に存続する道管が機能することで、枯死に至らない可能性がある（被害生存木にとどまる要因と推察される）。なお、抗菌作用が働いた辺材は、再びカシナガが穿入しても繁殖し難いという研究報告があり、カシナガ穿入に抵抗した被害生存木は、以降のナラ枯れ被害への抵抗力を高めている可能性も考えられる。

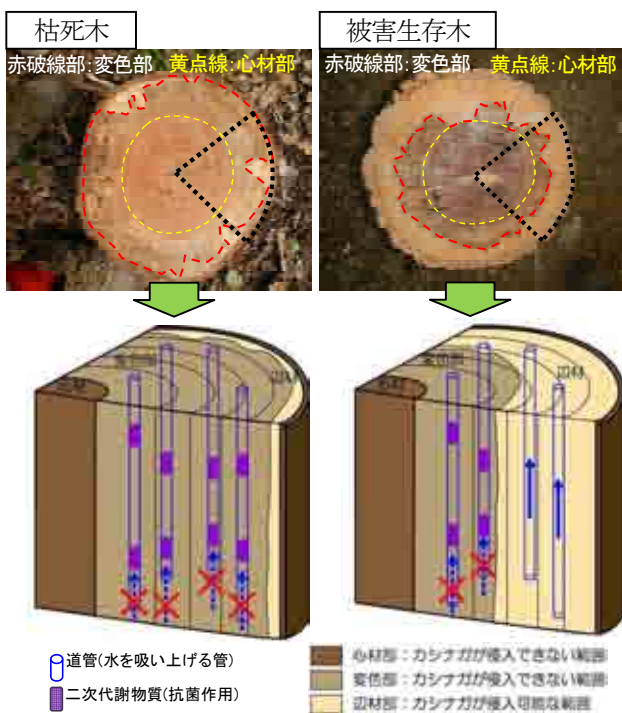


図 2 六甲 GB 事業地で確認した被害木断面

(2)六甲GB事業地周辺でのナラ枯れ被害の拡大

六甲山系で見られるナラ枯れ被害の特徴として、枯死木の周辺に被害生存木が多数分布する傾向があげられる。このような枯死木を中心とした被害木がまとまったエリアは、被害木内で繁殖したカシナガが翌年（初夏頃がピーク）に大量に樹木から脱出し、周辺のナラ類に穿入して被害を拡散、拡大していく傾向がある。カシナガの繁殖成功率は、枯死木が高いことが知られているものの、六甲GB事業地の調査結果では、被害生存木であってもカシナガの穿入孔数が多いものは、枯死木同様に多くのカシナガが脱出する傾向が確認されている（図 3参照）。

ナラ枯れ被害の拡散、拡大を把握するうえでは、樹冠が葉枯れした枯死木を把握するとともに、その周辺に存在する被害生存木の分布状況を把握していくことが望ましいと言えるが、葉枯れを伴わない被害生存木の確認は、広かつ急峻な地形の山岳斜面では極めて困難である。

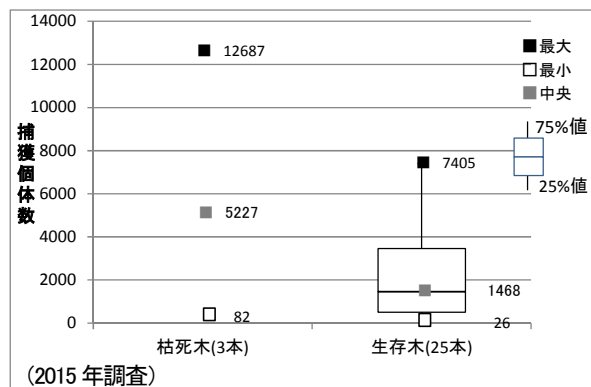
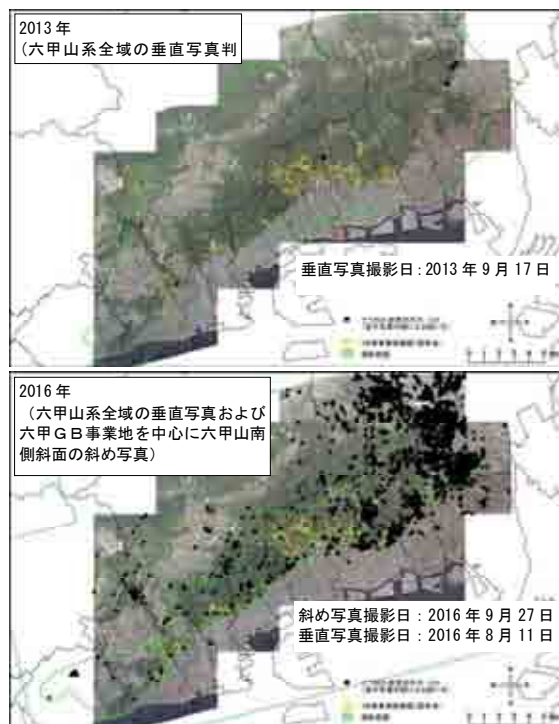


図 3 粘着シートによる被害程度別の捕獲個体数

このため、六甲GB事業地におけるナラ枯れ被害状況調査は、空中写真撮影や上空ヘリ調査による枯死木確認を基本とし、枯死木が集中する被害の激害化が想定される箇所を重点的に現地踏査することで把握している。

このような上空からの枯死木確認調査において、ナラ枯れ枯死木と判断される被害木は、六甲山系全体で2013年に数十本程度が確認された程度であったことに対し、その後は経年的に増加し、2014年で約10倍、2016年で約100倍に達することが確認され、六甲山系で被害が急速に拡大していることが確認された（図 4参照）。



※图中背景のオルソ写真は、2016年8月11日撮影

図 4 判読によるナラ枯れ枯死木の変遷

六甲GB事業地とその周辺でのナラ枯れ被害は、東方地域で激害化しつつあり、年々西方地域に拡大していく傾向を示している

上空調査で把握した枯死木と判断される被害木の分布状況から、六甲GB事業地の面積と被害木本数から、単

位面積10ha当たりの枯死木密度を試算すると、2013年～2015年までは約0.18～0.57本/10ha程度にとどまっていた被害が、2016年には1.61本/10ha、2017年には2.46本/10haと大幅に増加していることが確認された(表1参照)。なお、被害が激しい東方地域の六甲GB事業地外では、2016年の被害木密度が3.96本/10haとなっており、六甲GB事業地の被害木密度は相対的に低い傾向を示した。

表1 ナラ枯れ枯死木発生密度の経年変化

調査年度	2013年	2014年	2015年	2016年	2017年
枯死木密度(本/10ha)	0.18	0.36	0.57	1.61	2.46
枯死木本数(本)	22	43	48	197	293
撮影面積(ha)	1226	1179	843	1226	1192

2. ナラ枯れ被害の受けやすい場所の予測

(1) ナラ枯れ被害発生ポテンシャルによる評価

六甲GB事業地では、ナラ枯れ被害の受けやすさを事前に予測するため、既往知見等をふまえてナラ枯れの発生に関連する条件(コナラ等の存在を示す植生分布、カシナガが飛翔のしやすい地形条件や林内環境、カシナガ飛翔空間となる林縁からの距離等(図5参照))について、被害木の発生位置での現地調査を実施した。

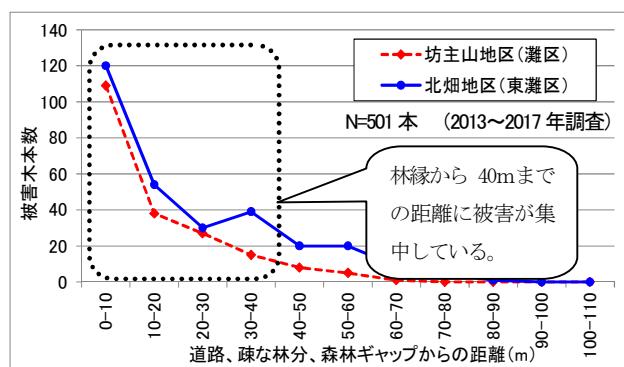


図5 ナラ枯れ発生条件の調査例(カシナガ飛翔空間となる林縁と被害木との位置関係)

調査の結果から、六甲GB事業地のナラ枯れ被害発生条件を整理(表2参照)し、詳細植生図と航空レーザ測量による詳細地形データを用いてナラ枯れ被害発生のポテンシャルを評価(0～4点の5段階として数値が高いほど被害を受けやすいと評価)し、ナラ枯れ被害を予測するポテンシャルマップを2013年度に作成した。

作成したポテンシャルマップを使って、2017年に確認されたナラ枯れ被害発生地点の該当条件を確認すると、被害発生地点のポテンシャル得点は多くが3～4の範囲に該当しており、被害木の9割近くが3点以上のポテンシャルに該当していることが確認された(図6参照)。

表2 ナラ枯れ被害発生ポテンシャルの条件と算出式
<条件と配点>

発生ポテンシャル条件		配点
基礎的 条件	ナラ類が分布する林分	A= 1点 B= 0.05点 該当なし= 0点
	A.コナラアベマキ群集 or アラカシ群落	
	B.アカマツモチツツジ群集	
補強的 条件	①標高:100～350m	①・②・③全て該当 = 3点 ①・②・③のうち2つ該当 = 2点 ①・②・③のうち1つ該当 = 1点 ①・②・③に該当なし = 0点
	②斜面傾斜:10～40°	
	③明るい林分:林縁40mの範囲	

<算出式>

ポテンシャル得点 = 基礎的条件配点 + (基礎的条件配点 × 補強的条件配点)

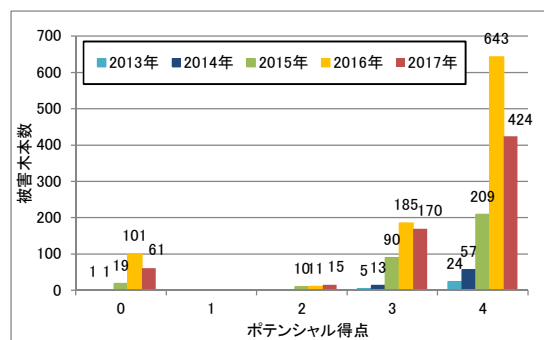


図6 被害発生ポテンシャル得点別の被害木本数

(2) ナラ枯れ被害拡大と激害化の傾向

ナラ枯れ被害の拡大傾向として、当年被害木が前年被害木(特に枯死木)から、50m範囲内にまとまって発生していることが確認された。神戸市東灘区の調査地点で被害拡散状況を詳細に現地確認した結果、当年被害木の90%以上が前年度被害木周辺の50m範囲で発生していることが確認された。一方で、前年被害木から50m周辺の範囲内であっても、ナラ枯れ被害発生ポテンシャルが低いエリアでの当年被害の拡大は少なく、ポテンシャルが高いエリアに当年被害拡大が集中する傾向が確認された(図7参照)。



図7 ナラ枯れ被害の拡大傾向

3. ナラ枯れ被害対策の取り組みと効果

ナラ枯れ対策は、被害木を伐倒して樹木に穿入しているカシナガを燻蒸殺虫する「伐倒・燻蒸」、被害木内で成長したカシナガの新成虫が樹木から脱出する際に捕殺する「粘着シート設置」、カシナガが樹木に穿入出来ないようにする「ビニルシート巻」や「樹幹への防護薬剤

塗布」，カシナガの餌となる菌類が樹木内で増殖しにくくする「殺菌剤の樹幹注入」，カシナガが集合フェロモン等に集まる習性を利用した「誘引・捕殺トラップ」等がある。これらの対策は，ナラ類とカシナガの通年の生活サイクルをふまえ，適切な時期に適切な対応を実施する必要がある。

ここでは，六甲GB事業地でのナラ枯れ被害について，現場条件や被害状況に応じた対策を実施するとともに，対策効果の検証と改良を進めてきた対応事例を示す。

(1) 六甲GB事業地で実施しているナラ枯れ対策

六甲GB事業地でのナラ枯れ対策は，複雑で急峻な地形条件や登山者など一般者の立ち入りが多い条件等を考慮し，施工性や安全性を考慮しつつ，効率的かつ効果的な対策手法の検討と効果検証を2013年度より進めてきた。

近年のナラ枯れ被害の激化状況から，現在の対策は，枯死木の腐朽による倒伏や枝落ちについて，登山道周辺等での一般者影響が懸念されるものから優先的に伐倒・燻蒸することを基本としている。また，登山道周辺のナラ類への被害拡大が懸念される箇所では，被害木内で繁殖したカシナガを捕殺する粘着シート内向き設置（粘着面を樹木側とした内巻に設置することにより，樹木から脱出するカシナガを捕獲）を実施している。

また，枯死木が集中発生した箇所のうち，周辺ナラ林にカシナガ穿孔が拡大して被害の深刻化が懸念される箇所は，保全すべきナラ類や人的被害影響等を考慮した優先度に応じて，カシナガ個体数を抑制するための誘引捕獲トラップや殺菌材樹幹注入等の対策を進めている。

(2) 粘着シート内巻による脱出個体の捕獲効果

カシナガの穿入を受けた被害木は，根際で最も多くのカシナガ穿入が見られ，根際から数メートルの高さまでに穿孔孔が集中する傾向がある。

被害木内で繁殖したカシナガを脱出時期に捕獲する粘着シート内巻による対策は，このようなカシナガ脱出特性を踏まえて実施することが有効である（急峻な斜面での高所作業を少なくし，安全で効果的かつ効率的に対策を実施するため）。

粘着シート内巻で捕獲されたカシナガについて，設置高さで捕獲個体数の関係を調査した結果，根際から2m程度の高さで全体の8割程度のカシナガ個体数が捕獲できていることが確認された（図9参照）。また，粘着シートに捕獲されるカシナガ個体数は，カシナガの脱出が始まる6月頃から7月頃までで9割以上が捕獲され，7月～11月までの期間では捕獲される個体数が大きく低下することが確認された（図10参照）。

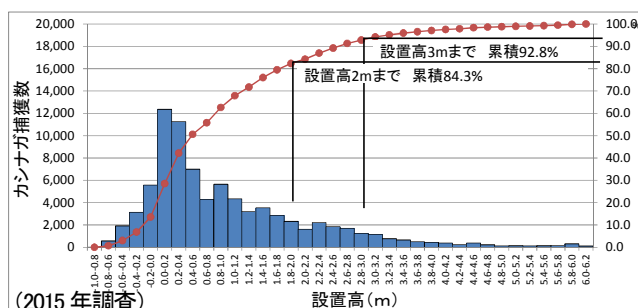


図9 粘着シート内向き設置高さ別カシナガ捕獲数

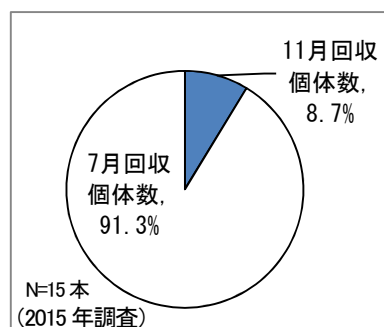


図10 粘着シート内向き設置期間別カシナガ捕獲数割合



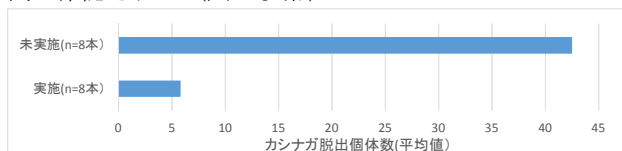
図8 主な対策の実施例

(3) 殺菌剤樹幹注入による繁殖個体数の抑制効果

ナラ枯れ被害を受けるとその影響が大きい大径木など優先的に保全すべきナラ類については，樹木内に穿入したカシナガの繁殖を抑制するなどの対策も有効である。

六甲GB事業地においては，特に保全が必要と判断されるナラ類に限って，樹木内への殺菌剤樹幹注入を実施している。この殺菌剤樹幹注入によるカシナガ繁殖抑制効果を確認するため，殺菌剤樹幹注入有無によるカシナガの脱出個体数の違いを確認した結果，殺菌剤樹幹注入によりカシナガ脱出個体数が18程度にまで低下する傾

向が確認された(図11参照)。



(2015年、2016年調査)

図11 同一地区における殺菌剤樹幹注入実施の有無によるカシナガ脱出個体数(平均値)の比較

(4) 誘引捕獲トラップによる繁殖個体数の抑制

誘引捕獲トラップは、カシナガが集合フェロモンとナラ類から拡散される物質(カイロモン)に誘引される習性を利用し、健全な複数のナラ類(おとり木)と誘引フェロモン、揮発剤(ナラ類からのカイロモンを拡散させるためのエタノール)を用いてカシナガを誘引捕獲して個体数を抑制するものである。

六甲GB事業地では、枯死木が集中している激害地のうち、被害の深刻化による影響がより大きい箇所において、周辺の保全すべきナラ類の被害を抑制する対策として誘引捕獲トラップ(おとり木トラップ)を実施している。

誘引したカシナガについて、おとり木を含むナラ類に穿入する前に捕獲する手法として、粘着シートを用いた手法とペットボトルを用いた手法を適用し、捕獲効果を検証した。粘着シートは、粘着面を外向きにして誘引するおとり木に設置する方法とし、ペットボトルによる捕獲は、ペットボトルの飲み口に近い部分を漏斗状に切り取り、それを重ねて飛来したカシナガを漏斗部で捕獲するトラップを設置する方法(以下、ペットボトルトラップという)である。

両者の捕獲効果を比較すると、おとり木1本当たりのカシナガ捕獲個体数は、ペットボトルトラップが相対的に多く捕獲された。また、ペットボトルトラップについて、トラップ活用が多い2Lタイプと、収集・加工しやすい500mlタイプでカシナガ捕獲個体数を比較したところ両者に差は確認されなかった(図12参照)。

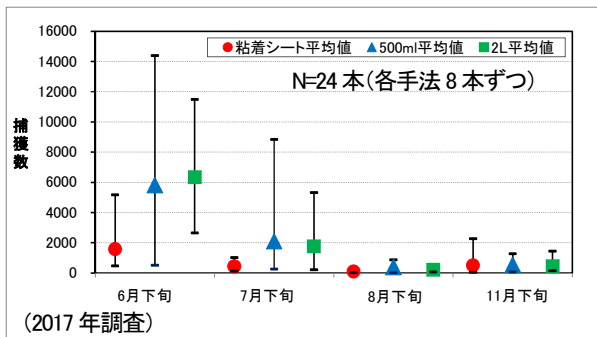


図12 同一地区でのカシナガ個体捕獲の効果的な時期と手法(ペットボトルと粘着シート)の検証例

このため、六甲GB事業地では、急峻な山岳斜面での設置や現地搬入の面から、500mlタイプのペットボトル

トラップを今後活用していく予定である。

4. ナラ枯れ枯死木の根系腐朽状況

六甲GB事業地で調査した結果、ナラ枯れによる枯死木は、伐採木等に比べて根茎の腐朽進行が速いことが確認された。このため、ナラ枯れ被害が激害化すると、斜面のナラ類の枯死することにより、山腹斜面の土層に発達するナラ類の根茎緊縛効果が低下していくことが懸念される。

ここでは、これまでに六甲山系で調査されてきた健全木の根茎引き抜き力に対し、ナラ枯れ枯死木の根茎引き抜き力の低下度合を根系引張試験で確認した。

被害後経過年数が3年時点の枯死木について、根茎引き抜き試験の結果を見ると、数cm程度以上の根茎で引き抜き力が大きく低下している結果が確認された(図13参照)。また、枯死木の根茎断面を確認したところ、樹幹断面と同様に、カシナガ穿孔による抗菌作用で褐色に変色している様子が確認された。

この結果から、ナラ枯れによる枯死木増加は、樹幹の腐朽進行による倒木や枝折れの被害をもたらすとともに、樹幹の腐朽進行と同時に根茎腐朽も進行することにより、早期に根茎引き抜き抵抗力が低下することが考えられる。

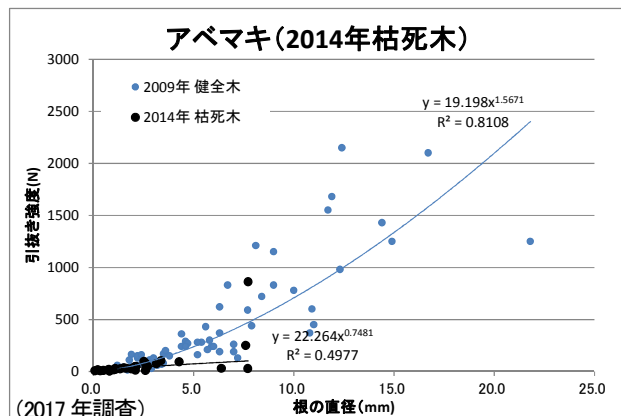


図13 根系引張試験結果の比較

5. まとめ

ナラ枯れ被害の激害化や深刻化は、六甲山系のみならず、近畿地方の山林等に共通する課題となっている。

六甲GB事業地では、空中写真判読や上空からの視認によりナラ枯れ被害の中心となる枯死木の分布を効果的に把握し、その結果は周辺自治体へも提供しており、六甲山系でのナラ枯れ被害把握の一端を担っている。

また、把握したナラ枯れ被害木の多くは、前述したナラ枯れ被害発生ポテンシャルの高得点地域に分布するため、上記ポテンシャルマップは被害発生の監視の一助となっている。さらに、ポテンシャルマップ高得点で、且つ人的な影響が想定される地域は、優先的に対策を実施すべき地域とし、被害木を抽出し、効率的、効果的な対策実施を進めている。

被害対策に関しては、殺菌剤の樹幹注入の効果や、粘着シートの内向き設置の実施高さ、誘引トラップの誘引剤の使用方法等について試験施工を行い、六甲 GB 事業地においてより有効な実施手法を検証した。

ナラ枯れ被害の激害化や深刻化は、六甲山系のみならず、近畿地方の山林等に共通する課題であるため、六甲 GB 事業地内で取り組んできた様々なナラ枯れ被害対策の工夫や効果検証結果、被害実態の把握手法の検討結果は関連他機関とも情報共有し、今後は行政機関だけでなく、周辺地域の取り組みと連携した対策を進めていくことも重要と考える。

また今回、六甲砂防事務所では、上記知見をもとに、効率的かつ効果的な対策を実施するための手法や施工上の留意点等を取りまとめた「ナラ枯れ被害対策の手引き(案)」と、ナラ枯れ被害対策の基本方針やモニタリング計画等を示した「ナラ枯れ被害対策の計画書(案)」を作成した。手引き(案)等は関連他機関と情報共有し、各機関協力してナラ枯れ対策に取り組んでいきたい。なお、上記計画書(案)等は今後の調査や対策実施場面で実際に使用することでブラッシュアップしていければと考えている。

※本とりくみは前所属の六甲砂防事務所調査課にて行った内容を取りまとめたものである。

技術力向上を目的とした地方自治体と 道路管理者自らによる橋梁点検について

山本 洋¹

¹近畿地方整備局 滋賀国道事務所 管理第二課 (〒520-0803滋賀県大津市竜が丘4番5号)

滋賀国道事務所管内において技術力向上を目的として、平成28年度、平成29年度に、滋賀国道事務所職員自らによる橋梁点検を行った。また平成29年度には、地方自治体にも技術力向上として橋梁の点検に参加して頂いた。そのときの課題を踏まえ、これからの職員自らによる橋梁点検をどのようにしていくか検討した。

キーワード 維持管理、メンテナンス、橋梁点検

1. はじめに

滋賀県全体の管理橋梁は12,124存在しており、この内滋賀国道事務所では、800橋を管理している。

これらの橋梁を橋梁定期点検要領に基づき5年に1回の頻度で点検している。滋賀国道事務所では、職員の技術力向上を目的として平成28年度から職員自らによる橋梁点検を行った(以後直営点検と記載する)。滋賀国道事務所では、滋賀県内の道路管理を効率的に行うため各道路管理者が相互に連絡調整を行うことを目的として、滋賀県道路メンテナンス会議を開催しており、その中で地方自治体とも連携をはかり、平成29年度は、滋賀国道事務所が行う職員による直営点検に参加して頂いた。

以下、平成29年度に取り組んだ直営点検について紹介する。

2. 橋梁点検の対象

平成29年度滋賀国道事務所では、2017年9月～11月にかけて直営点検を6橋行った。(表-1)

表-1 直営点検を行った橋梁一覧

事務所	点検日時	号線	橋名	橋種	径間	橋長	全幅員
滋賀	9月28日	161	イマヅ カワヅドウ キョガ 今津川副道橋上り	PC	1	11.0	5.2
	10月3日	1	ヤガラ コウキョウキョウ キョガ 矢倉1号橋側歩道橋下り	RC	1	2.2	1.75
	10月10日	8	ヒロセ コウキョウ 広瀬1号橋	RC	1	2.0	8.2
	10月10日	8	ヒロセ コウキョウキョウ キョガ 広瀬1号橋側歩道橋上り	RC	1	2.6	4.3
	11月14日	1	カマガサキ コウキョウ 上鉤歩道橋下り	PC	2	6.0	1.9
	11月14日	1	カマガサキ コウキョウ 上鉤1号橋	RC	1	4.3	22.9

直営点検を行った橋梁は、一日で点検が可能な橋梁で梯子などで容易に近接目視が可能な橋梁を選定した。

3. 橋梁点検の方法

直営点検では、原則として、実際にどのような損傷があるかを見つける点検係、調書に必要な写真撮影する写真係、点検調書に損傷を記載する調書係、この三つの役割に分かれて3人1班の体制で実施した。(写真-01)

滋賀国道事務所管内の橋梁点検を受注しているコンサルタントに直営点検職員への助言や交通規制等の支援をして頂いた。(図-1)



写真-01 点検状況

現地点検にあたっては、点検フローに基づき、チョーキング、写真撮影、ホワイトボード記入、スケッチなどを実施した。

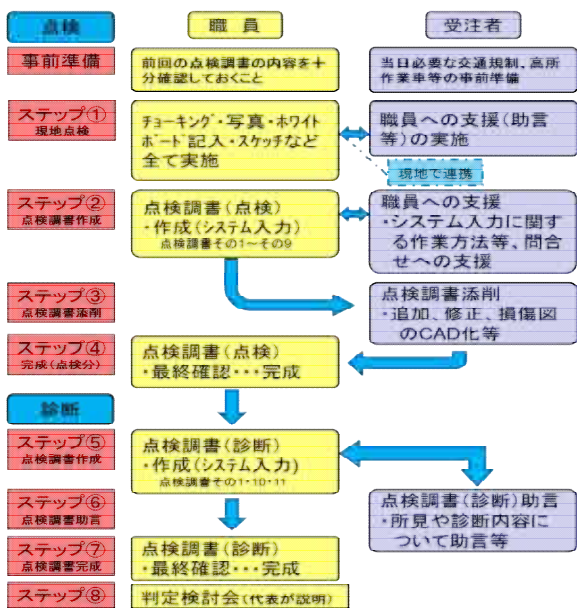


図-1 点検フロー

現地点検を行う前に、職員とコンサルタントによるKYミーティングを行い、当日の予定や注意すべき点などの確認を行った。(写真-02)



写真-02 橋梁点検KYミーティング状況

直営点検の例として2017年9月28日に行った今津川副道橋上りと10月10日に行った広瀬1号橋の紹介をする。(写真-03) (写真-04)



写真-03 今津川副道橋上り



写真-04 広瀬1号橋

今津川副道橋上り(単純PCプレテン床版橋)では、橋面から損傷の点検を行い、その後桁下の損傷状況の点検を行った。桁下に水路があり、転倒に十分に注意を払い、梯子を用いて桁下の点検を実施した。(表-2)

表-2 今津川副道橋上りの概要と諸元

【橋梁概要】					
架設時期	イマヅガワ副道橋上り	架設年	1980年	管理区	一般国道161号 現道
橋名	今津川副道橋上り	所在地	滋賀県高島市今津町弘川	橋長	白 百木橋03.1km+ 距離7m
橋高	白	橋脚	滋賀県高島市今津町弘川	橋脚	白 百木橋03.1km+ 距離18m
【橋梁諸元】					
橋梁形式	側道橋	橋梁形式	単純PCプレテン床版橋	橋脚形式	橋
橋脚形式	橋	橋脚形式	橋	橋脚形式	11
橋脚形式	側道橋・上り	橋脚形式	橋	橋脚形式	44
橋脚形式	一般道路	橋脚形式	橋	橋脚形式	1
橋脚形式	河川・開水路・溝沼	橋脚形式	橋	橋脚形式	0
橋脚形式	河川	橋脚形式	橋	橋脚形式	

橋面にある防護柵に腐食や変形・欠損、桁下は、漏水・滞水、浮き、剥離・鉄筋露出などの損傷が見られたがほとんど前回点検(平成25年度)より進展が見られず、完成から37年経過しているが、道路橋の機能に支障は生じていない状態だと考えられる。しかし橋梁と接続している遊歩道がありそこには9.5mm程度の段差があった。前回点検の40mmから拡大していた。遊歩道側が下がっているので、橋の損傷でなく、遊歩道の沈下が要因ではないかと推定する。今後の状況変化によっては遊歩道の詳細調査が必要であると考え。(写真-05)



写真-05 橋面 遊歩道との段差 95mm

広瀬1号橋(単純RC中実床版橋)(表-3)は、桁下高が1.3mと低く屈んだ状態で点検を実施した。(写真-06)

表-3 広瀬1号橋の概要と諸元

【橋架頭】

種別	橋	竣工年	1961年	路線	一般国道5号 環道
所在地	宮城県伊藤郡木之元町大字栗橋	橋長	11.0m	桁高	桁上 百米標494.3km+791m 桁下 100m
設計者	宮城県伊藤郡木之元町大字栗橋	施工者	不明	桁高	桁上 百米標494.3km+791m 桁下 100m

【橋架諸元】

橋架形式	単純RC中実床版橋	橋架形式	単純RC中実床版橋
橋架種別	橋	橋架種別	橋
橋架用途	上下線一体	橋架用途	上下線一体
橋架用途	一般道路	橋架用途	一般道路
橋架用途	河川・開水路・湖沼	橋架用途	河川・開水路・湖沼
橋架用途	水路	橋架用途	水路



写真-06 広瀬1号橋 点検状況写真

点検の際にコンクリート部を点検用ハンマーを使用し、たたき点検を行い、打音によりうきの状態確認を行った。打音で、浮きがあるかどうかの判断をするには、浮きの範囲が広範囲であれば、打音した際の乾いた音が発見しやすいが、反対に浮きの範囲が小さい箇所であれば、発見が難しく細かく打音しなければならなかった。

点検中は、鉄筋露出箇所が発見された場合、防錆スプレーで緊急的な補修を行った。(写真-07)(写真-08)

また野帳への損傷の記入は、橋梁の寸法を意識しながら見たままを野帳に記録することを注意して行った。(写真-09)



写真-07 剥離・鉄筋露出



写真-08 防錆スプレー塗布

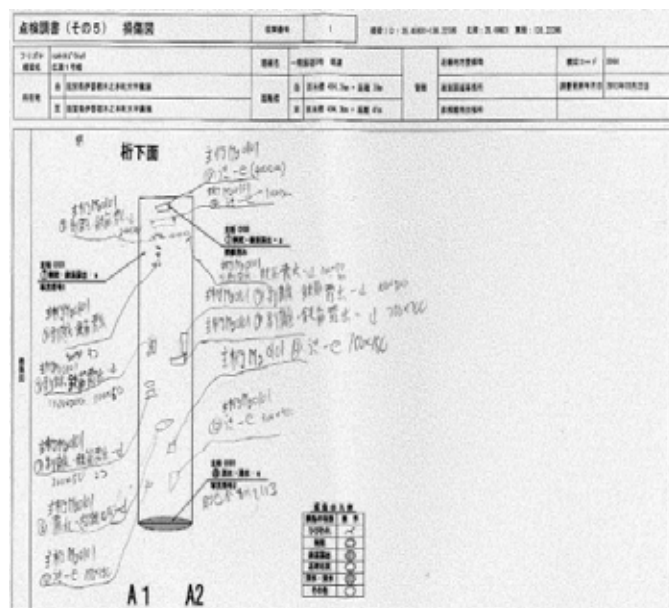


写真-09 広瀬1号橋 損傷図

4. 地方自治体の意見を踏まえて

今回の直営点検に参加して頂いた地方自治体職員の方に、点検後に様々な意見を頂いた。
主な意見として、以下の通りです。

- ① 毎年多額の点検費用が必要となり、点検費用の削減のために、直営での点検が必要であると考え、今回の直営点検に参加した。損傷の判定をするには、橋梁の構造に関する知識も必要になると感じた。
- ② 実際に橋梁点検を進める中で、損傷の程度により補修の必要性、補修の方法等を検討し得るために実務的な経験と指導を受ける必要を感じた。
(写真-10)
- ③ 点検方法だけでなく点検調書の書き方も教えていただきたい。



写真-10 職員による自治体職員への説明状況

以上より、調書の作成や記入の講習、簡易補修の方法に関する講習などを地方自治体と行っていただけると考えます。

5. 平成29年度直営点検を実施した上での課題

(1) 点検箇所のチョーキングについて

ひびわれの損傷などには、損傷箇所をわかりやすくするためにチョークで印をつけるが、あらかじめ用意していた白いチョークでは印をつけた際に、白いよごれと見間違えることがあるとの意見があった。この意見をふまえ来年度からは、損傷箇所の汚れなどを、取り除いた後にチョーキングをするなど配慮が必要と考える。

(2) 簡易防錆

点検中、鉄筋の露出がみられたので、橋梁の長寿命化はかるために、簡易防錆として手もみモルタルを購入し、鉄筋露出が発見された場合は、点検時に速やかに補修を行うようにする。今後、各出張所に配布し、橋梁点検の充実に取り組んで行く。(写真-11)



写真-11 手もみモルタル

(3) 橋梁点検の班編制

調書係、点検係、写真係、この三つの役割にそれぞれ一名ずつの体制で橋梁点検を行ったが、実際に点検を行うと、もっと効率的に二名で行えると考えたので、調書係と写真係を兼任させて効率的に点検を行う。

6. まとめ

地方自治体の方々に参加して頂くことができ、参加者からも好評を頂きました。第4章でも述べたとおり橋梁点検には多くの費用がかかる。さらにこれから橋梁は高度経済成長期に集中的に整備されたものが、今後老朽化する時代になってくる。そのため、橋梁の状態を確かめる橋梁点検の重要性は上がってくると考える。そこで点検や講習を通して自らの技術力を向上させて行くとともに、地方自治体とも連携することで、共に技術力をあげて行きたいと考えています。

超軟弱地盤における橋台基礎工の施工 ～回転杭（斜杭・直杭）～

栗倉 佑子

但馬県民局 豊岡土木事務所 河川砂防課 (〒668-0025 兵庫県豊岡市幸町7番11号)

兵庫県では県道豊岡竹野線（仮称）城崎大橋架け替え事業を行っている。本事業の目的は、老朽化対策をはじめ道路としての機能向上などであり、架橋位置は日本海に面した一級河川円山川下流である。右岸側のA2橋台付近は、軟弱地盤であり、N値5以下の粘性土層が約40m堆積している。本論文では、本事業で最初に着手した構造物であるA2橋台の鋼管杭基礎の特徴、支持層への根入れ長確保において発生した問題とその原因について述べる。

キーワード 軟弱地盤，回転杭，施工管理

1. はじめに

2005年から県道豊岡竹野線（仮称）城崎大橋架け替え事業に着手しており2023年度完了を目指している。新橋はPC6径間連続箱桁橋（L=561.5m）で、河川のみを跨ぐ県管理橋では県内最長となる。

この橋は、兵庫県北部の但馬地方を流れる一級河川円山川に架かっており、近年インバウンド需要で多くの外国人が訪れる城崎温泉の玄関口の一つである。1956年に架設されてから62年が経過して老朽化が進み、大型車の通行が制限され観光バスが通行出来ないなど、様々な課題を抱えている。これらの課題を踏まえた事業目的を表1に示す。

表1 架け替えの目的

①機能性の向上	狭小幅員(4.5m)・大型車通行制限(10t)を解消し、交通の安全を確保、橋脚の間隔が狭く(基準50m、現況10m)、低い橋桁が洪水の流下を阻害している為、現城崎大橋を撤去し、治安全度を向上させる
②地域の安心・安全の確保	円山川出水時の道路冠水により通行止めとなる(主)豊岡瀬戸線の代替路を確保する、第3次医療機関である公立豊岡病院へのアクセスを強化する
③地域活性化	城崎温泉の玄関口にある本橋の整備により、大型バスによる観光ルートを改善する(例:コウノトリの郷公園→玄武洞公園→城崎温泉)

また、架橋位置は、山陰海岸国立公園、ラムサール条約登録湿地（円山川下流域・周辺水田），世界ジオパーク（山陰海岸）に指定されており（図1），絶滅危惧種であるコウノトリの生息域でもある。そのため、2015年2月に景観・環境の専門家で構成する設計検討委員会を設置し、その意見を盛り込んだ詳細設計を2017年3月に完了した。委員会で決定した完成イメージを図2に示す。

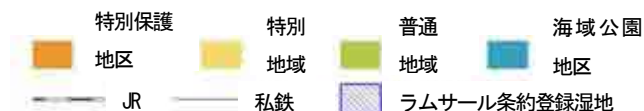


図1 山陰海岸国立公園，ラムサール条約登録湿地，世界ジオパーク指定状況



図2 完成イメージ

事業において最初の構造物となるA2橋台の杭基礎の施工は2017年8月に着手し、11月に終了した。基礎の特徴としては、鋼管杭基礎35本中21本の斜杭を採用したことが挙げられる。

この工事は、約40mの軟弱地盤上での施工であったが、基礎杭の支持層への根入れを確保し、無事に完了することが出来た。

本論文では、超軟弱地盤とも呼べる厚い軟弱地盤において施工を行った、①A2橋台基礎の特徴と②支持層確認において発生した問題と、その対応の結果について述べる。

2. A2橋台基礎の特徴

(1) 地質概要

架橋位置は豊岡盆地に属し、完新世（約1万年前～現在）の礫・砂・粘土及びシルトが40m程度堆積しており、主に粘性土質から構成されている。

円山川の右岸側に位置するA2橋台の地質は、2016年に行った詳細設計時のボーリング調査（BA2）（図3）の柱状図（図4）のとおり、N値5以下の粘性土層が約40mも堆積しており、ここではこれを超軟弱地盤と呼ぶ。

今回の支持層は、N値30以上が連続して確認出来るという道路橋示方書の基準を満たす、標高-48.5m付近の礫混じり砂層とした。

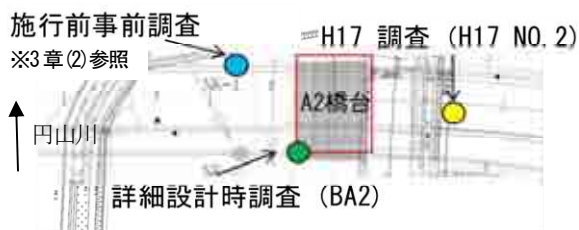


図3 ボーリング調査位置図

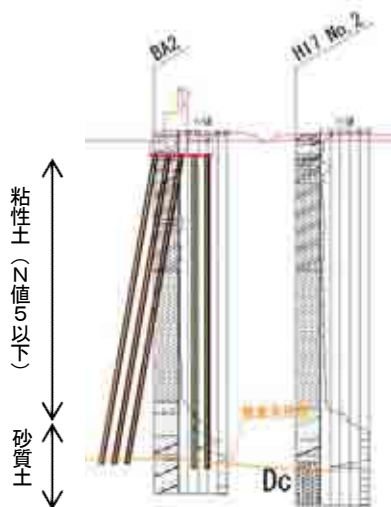


図4 柱状図

(2) 斜杭の採用

予備設計時は場所打杭としていたが、右岸取付道路の計画が進むにつれ、橋台背面の土工の形状が明らかになった。その結果を基に再検討を行うと、L1地震時の杭の水平変位が許容値を超過した。

その原因は、橋台前面方向に作用する地震時水平力が大きく、それに対して地盤の水平抵抗が小さい為、杭が変形に耐えられないことである（図5）。

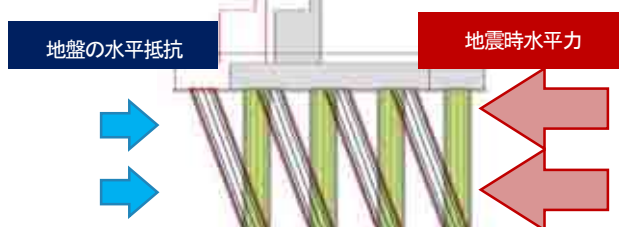


図5 直杭のみの場合のL1地震時の水平変位

そのため、水平力に対し高い抵抗値が得られる斜杭を採用した。一般的に、直杭では杭頭に作用する水平力に対して杭体の曲げ剛性で抵抗するが、図6に示すとおり斜杭では杭の軸心が斜角を有することから、水平力に対して杭体の軸剛性も抵抗要素として加わることとなり¹⁾ 水平変位を抑制することが出来る。斜杭の割合については、直杭を全本数の1/3以上とすること、角度についてはフーチングとの接合部の応力状態に不明な点が多いことから10度程度までとするのが良いとされている。²⁾

このため、全数35本中21本を斜杭とし、橋軸方向の橋台背面側へ10度傾けている。

なお、鋼管杭の直杭のみの設計も試みたが、杭の本数が増加し、それに伴いフーチングが大きくなり収束が付かない状況となり構造不成立であった。このような場合、斜杭の採用により杭本数の低減が可能となりコストの削減も期待出来る。

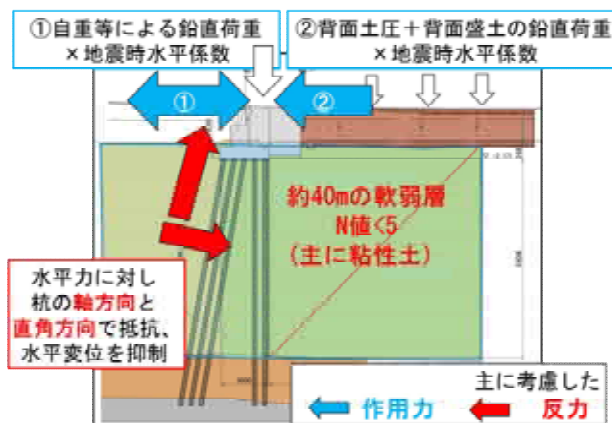


図6 斜杭の抵抗力概念図

(3)基礎杭の施工（回転杭工法）

基礎杭の施工に用いた回転杭工法は、鋼管杭の先端に羽と呼ばれる螺旋状の鋼板（図7）を取り付け、鋼管杭に回転力を付与してネジを押し込む様に、杭を地盤に貫入させる工法である。

現場付近はコウノトリの生息環境に配慮する必要があり、施工中の騒音を低減出来ること、また、斜杭が比較的精度良く施工出来ることからこの回転杭工法を採用した。その他の利点として、残土排出が無いこと、杭径に比べて羽根の拡底効果により大きな先端押し込み支持力が得られること、先端羽根のアンカー効果により大きな引抜抵抗力が得られることが挙げられる。

施工は、杭径が概ね600mm以下の場合には3点支持式杭打機等に装備したオーガモーターにより杭頭部に回転力を付与する杭頭回転方式を用い、杭径が概ね600mmを超える場合は、全周回転型オールケーシング掘削機で杭胴体部に回転力を付与する胴体回転方式を採用することが一般的である。³⁾ 今回は、杭径が800mmなので全周回転機で杭胴体部に回転力を付加した（図8）。



図7 先端羽



図8 回転杭施工方法

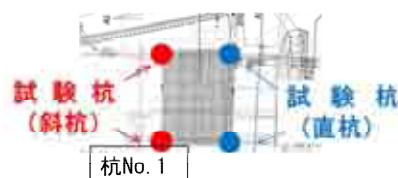


図9 試験杭の配置

詳細設計に用いたN値、回転杭施工に伴う掘削トルク値[kN・m]のグラフを比較すると、今回の施工現場においてもN値と掘削トルク値の相関性が高いことが分かる。貫入量[mm/回]、上載荷重[kN]については、極力一定に保つよう注意して施工を行った。

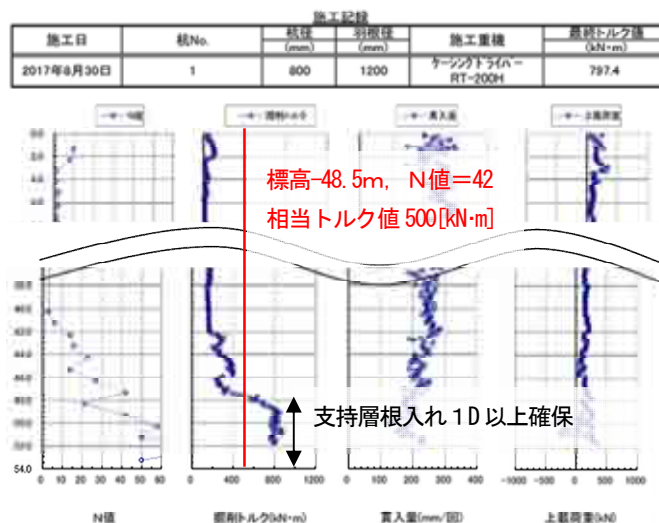


図10 試験杭（斜杭）施工データ例（杭No.1）

3 支持層への根入れ長確保

(1) 支持層への到達確認

回転杭工法では、回転速度がスパイラルオーガによる掘削の場合と比べて遅いことや、杭先端に羽根があるため先端地盤の硬軟が回転抵抗値に反映されることから、一般的には施工中の掘削トルク（回転抵抗値）がN値と相関性が高い。ただし、地盤条件や、施工機械の能力、杭体から決める回転抵抗値の上限、押し込み力等によって異なる。このため、支持層確認は杭の貫入量、施工機械の回転速度・押し込み力を極力一定に保ち、回転抵抗値とN値の変化を対比し、支持層上部よりも回転抵抗値が増加していることから判断するのが基本となる。

本工事では、橋台フーチング部の四隅の杭を試験杭とし（図9）、支持層到達の判断基準としてトルク値500[kN・m]以上を設定した。4本の試験杭の施工データの内、例として、杭No.1の記録を図10に示す。グラフは、左から、詳細設計に用いたN値、回転杭施工に伴う掘削トルク値[kN・m]、貫入量[mm/回]、上載荷重[kN]を示す。

(2) 問題と対応結果

斜杭の先端位置のボーリング調査を行っていなかった為、2017年5月に施工前事前調査ボーリングを斜杭の先端位置で行った（図3、青丸で示す）。その結果、設計支持層と調査データがおおよそ同じであった為、設計杭長L=48.5mで鋼管杭を製作した。

直杭については、先端付近の支持層中、一部N値が下がる地層が見られていたが、設計上根入れ長は確保出来ていたため、事前ボーリング調査は行わなかった。

施行結果として、斜杭については全数において支持層への必要根入れ長1D（800mm）を問題無く確保することが出来た。

直杭の施工では、掘削トルク値が判断基準トルク値500[kN・m]に達した後、一時的に減少する現象（図11）が見られ、14本中5本について、根入れ長の確保が難しいと思われる状況になった。施工初期段階には、この現象は回転杭の先端羽が地層に食い込まず、地層表面で空回りする機械的なすべり現象だと考えていた。

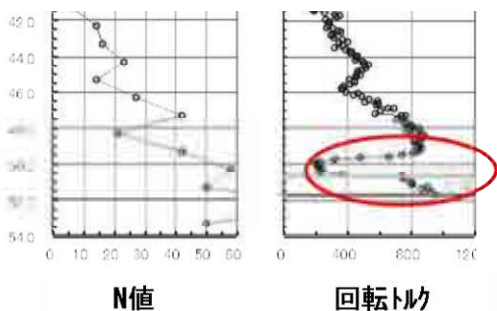


図11 掘削トルク値の一時的な減少

その後、施行の進捗と共にこの現象の原因が判明した。まず、直杭の全てで掘削トルク値が減少し、いずれも平成17年の土質調査箇所付近であること(図12)、次に図4に示す平成17年に実施した土質調査結果(H17 No.2)の支持層付近で粘土層によるN値の減少が見られること、以上2点から、橋台背面側の直杭の支持層付近に存在する粘土層が、掘削トルク値の一時的な減少の原因だと判断出来る。

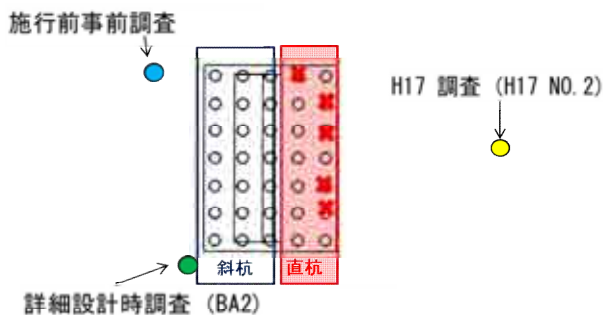


図12 掘削トルク値の減少がみられた杭(直杭全数)の位置

支持層の定義は、N値30程度以上の地盤が連続して確認出来ることであり、支持層到達後の一時的な掘削トルク値の減少があれば、それ以浅の地盤を支持層とみなせない為、根入れ長確保へ悪影響を及ぼす。

根入れ長確保について設計長で判断すると、掘削トルク値が減少した直杭14本中9本については掘削トルクの減少後、判断基準トルク値500[kN・m]以上で1D(800mm)以上の根入れ長を確保出来たが、図12「赤×」で示す残り5本については支持層への根入れ長が1Dを3cm~12cm不足した。

しかし、製作工場において鋼管杭を15~18cm程度長く製作していた為、表2に示すとおり、製作実長で判断すると必要根入れ長1Dを35本全ての杭で確保する事が出来た。

表2 鋼管杭(直杭)の根入れ長

杭No.	設計上の杭長の場合			製作実長の場合	
	根入れ長	根入れ長1Dの判定	不足長	根入れ長	根入れ長1Dの判定
1	No.22	0.943	○	1.103	○
2	No.23	0.864	○	1.025	○
3	No.24	0.914	○	1.077	○
4	No.25	0.876	○	1.047	○
5	No.26	0.801	○	0.953	○
6	No.27	0.837	○	1.014	○
7	No.28	0.688	×	0.855	○
8	No.29	1.171	○	1.338	○
9	No.30	0.754	×	0.901	○
10	No.31	0.770	×	0.954	○
11	No.32	0.902	○	1.059	○
12	No.33	0.760	×	0.921	○
13	No.34	0.675	×	0.834	○
14	No.35	0.835	○	0.983	○

4. まとめ

円山川下流右岸側に位置し、厚い軟弱地盤上に施行するA2橋台は、斜杭により構造が成り立っている。

この基礎の施工方法として選定した回転杭工法は、適切な施工管理によりスムーズで確実な施工を行える事が分かった。その結果、騒音を出さず、必要根入れ長を確保し、超軟弱地盤においてL=48.5mの鋼管杭を施工する事が出来た。

ただし、今回の反省点として、ボーリング調査が不十分であった点が挙げられる。

直杭については、直杭近傍の過年度の土質調査結果を踏まえると、支持層中に一部N値が低い地層が存在することも考えられた。直杭位置でのボーリング調査を追加していれば、より確実に杭長設定が行えた可能性がある。

一方、上手くいった点は、鋼管杭の施工データを毎日受発注者間で共有したこと、これによって、支持層への根入れ長1Dが確保困難になる可能性を予め把握し、対応を検討することが出来たことである。

謝辞：事業に関わっていただきました、地元の皆様、設計受注者様、施工受注者様、施工管理受注者様のご協力に感謝させていただきます。

参考文献

- 1) 日本道路協会：杭基礎設計便覧 (H27.3)
- 2) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説 (H24.3)
 - I 共通編 IV 下部構造編
- 3) 日本道路協会：杭基礎施行便覧 (H27.3)

※本論文は従前の所属である道路第1課時の所掌内容

排水ポンプ(排水ポンプ車)の性能把握のための簡易な点検装置開発について

南口 由行

近畿地方整備局 近畿技術事務所 施工調査・技術活用課 (〒573-0166 大阪府枚方市山田池北町11-1) .

災害対策用機械の排水ポンプ車に搭載している排水ポンプの定期点検は、現状、動作確認や目視点検が主であり、本来の性能(吐出量)を発揮しているか分からず適切な分解点検や更新の時期が把握しづらいという問題点があった。

その問題点を解消するため、排水ポンプ車の運転操作、定期点検を委託している受注者でも操作可能な排水ポンプの性能を把握するための簡易な点検装置を開発したので、その開発経過と試行結果について報告するものである。

キーワード メンテナンス、維持管理、災害対策用機械

1. はじめに

災害対策用機械の排水ポンプ車は、河川の氾濫等で浸水した箇所であふれた水を排水すること等を目的に2018年4月1日現在で全国に354台配備されています。

現在、全国に配備されている排水ポンプ車のほとんどに搭載されている排水ポンプは、災害現場でクレーン等の重機を使用せずに設置できるようにコンパクト化・軽量化するために高精度かつ軽合金による構造で設計・製作されています。そのため、ゴミや土砂等を含んだ水を排

水した場合、排水ポンプの羽根車やケーシング等が摩耗・変形してしまい本来の性能(吐出量)が発揮できなくなるおそれがありますが、排水ポンプの性能を点検・確認するには、ポンプの総運転時間を基に製作メーカー等の専門的な知識を有している技術者が実施する分解点検が必要でした。

現状実施している定期点検は、排水ポンプの動作確認・目視点検が主で、本来の性能(吐出量)を発揮しているか分からず適切な分解点検や更新の時期が把握しづらいという問題点がありました。

その問題点を解消するため、排水ポンプ車の運転操作、定期点検を委託している受注者でも操作可能な排水ポンプの性能把握のための簡易な点検装置を開発しました。

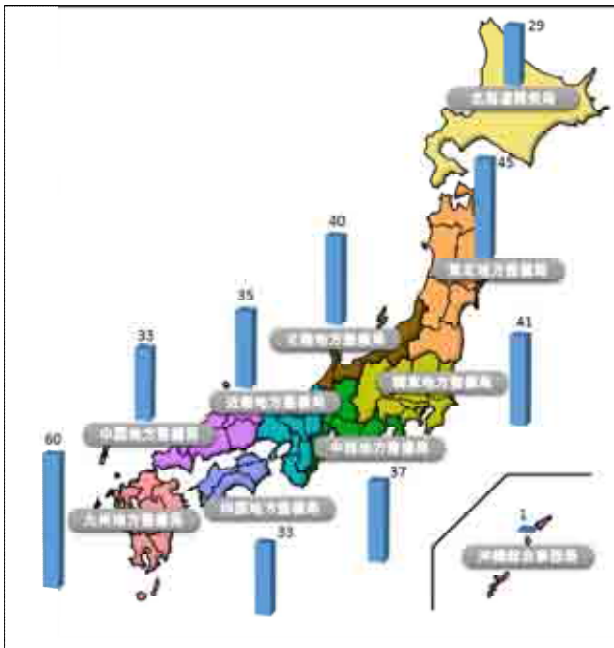


図-1 排水ポンプ車の配備状況



図-2 排水ポンプ車に搭載している排水ポンプ

2. 点検装置

(1) 点検装置の設計

点検装置の設計にあたっては、技術事務所だけでなく

排水ポンプ車が配備されている各事務所等でも活用できる様な点検装置となるよう下記の点に留意し設計を行いました。

a) 点検場所

点検装置による点検を実施するためには、排水ポンプでの実排水が必要となりますが、事務所により河川または水槽等を利用しての循環排水作業が想定されるため、どちらでも対応可能な構造としました。

b) 小型、軽量化

点検装置の設置場所を固定し常設することは、どの事務所でも困難なのは明白であるため、使用時のみ設置することを想定し、人力のみで設置可能とするため出来る限り小型、軽量化を目指しました。

c) 計測精度

計測精度については、高い方が良いのは当然のことですが、計測精度を求めすぎてしまうと、どうしても装置が大きくなってしまうため、装置の位置づけを一次スクリーニングのための装置とし、小型・軽量化に重点を置くこととしました。

d) 操作性

専門的な知識を有していなくても、操作や定期点検を実施している方が扱えるような簡易な構造、計測項目としました。

(2) 点検装置の概要

点検装置の概要については、下記に示すとおりです。

- ・全長：約 1.5 m
- ・総重量：約 80 kg
- ・計測項目：吐出流量、吐出圧力



図-3 点検装置

3. 点検装置の精度確認

(1) 工場試験設備での精度確認

製作した点検装置の測定精度を確認するため、排水ポンプを新規製作した際に実施される工場試験方法 (JIS B 8301 (2000)、8302 (2002)) に則り測定した結果と工場試

験設備 (工場常設の大型水槽や吐き出し側の直鋼管等) と点検装置を用いた測定結果の比較を実施しました。



図-4 工場試験設備による測定状況

(2) 近畿技術事務所構内での精度確認

点検装置自体の精度確認は、工場試験で確認することは出来ましたが、実際の点検実施方法となる近畿技術事務所で所有している水槽を活用しての点検方法でも、その測定結果の精度を確認する必要があるため、工場試験での測定結果と近畿技術事務所構内での測定結果についても比較を実施しました。



図-5 近畿技術事務所での測定状況

(3) 精度確認の結果

今回の精度確認では、排水ポンプの仕様点 (100% 運転時 吐出量：5 m³/min、全揚程：10 m) 付近での流量、圧力を測定し、その測定値より揚程を算出しその値をJISに準じた工場試験結果と比較することで、その精度確認を行いました。また、実際の点検時には大型の水槽の手配が困難で100%運転が困難な小型水槽での運用が想定されるため、ポンプの回転数を「100%、80%、60%」とした場合の確認も実施しました。

ポンプ性能を確認する上で、100%運転による測定結果をもとに、その性能を確認することが理想となりますが、今回の精度確認 (100%運転時) では最大で約

23%の誤差が確認され、測定装置の誤差として適さない結果となりました。これは排水ポンプ車で使用する排水ホースが搬性を考慮したポリエステル繊維製のホースとなっているため、100%運転時の大水量運転においては、ホース自体が脈動してしまい流量が不安定になったことが原因と推察されます。

しかしながら、60%運転であれば工場試験、近畿技術事務所構内試験とも約4%の誤差に収まり今回開発した点検装置による性能確認に問題が無いことが確認されました。

表-1 精度確認試験の結果

ポンプ回転数 (%)	工場試験測定誤差 (%)	技術事務所構内試験測定誤差 (%)
100	9.1 ~ 24.1	8.6
80	3.4 ~ 12.7	5.9
60	0 ~ 3.4	3.6

4. 点検装置を活用した点検

(1) 分解点検を実施する基準値

本点検装置の点検結果を活用して、適切な時期に分解点検を実施できるようにするためには、その基準値が必要となります。その基準値設定の目安とするため、全国の分解点検の実績を調査しましたが、その実績全てが絶縁抵抗の低下やポンプの羽根車の回転不良といった明らかな異常発生によるもので、性能の低下を懸念しての分

解点検の実績は確認できませんでした。

そのため、実際どの程度排水量が低下すれば視覚的に確認出来るかの試験を実施してみました。その結果、ポンプの回転数を30~40%低減したところで明らかな排水量の低下が確認できました。また、製作メーカーへ聞き取り調査を実施したところ、排水量が半減するなど大きく性能低下する場合は、ケーシングが損傷するなど排水ポンプの内部で不具合が発生している可能性が高いということであったため、当面の間30%以上の性能低下が確認された場合に分解点検を実施することとし、点検整備フロー図を作成しました。



図-7 排水量低下確認の試験状況

(2) 点検装置を活用した点検マニュアル

排水ポンプ車の点検は、大きく分けると専門知識を有している製造メーカー等が実施する分解点検と災害時の出勤を委託契約している業者（以下、「災対業者」と言う。）が行う定期点検の2つがあります。本点検装置を

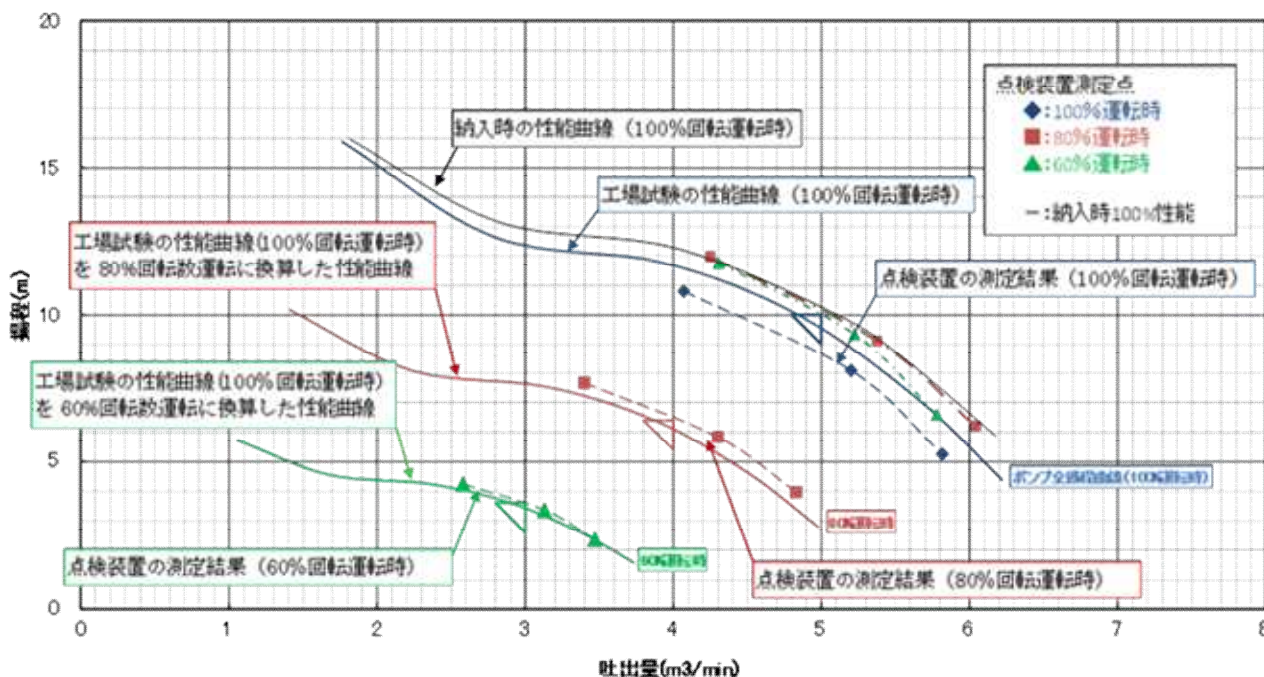


図-6 工場試験での測定結果比較図

活用するのは定期点検時ですが、災対業者のほとんどは機械にあまり精通していない土木業者等となっています。そのため土木業者等の方でも精度の高い測定が可能となるよう機器の設置および測定時の方法や留意点を写真や図を活用してとりまとめた点検マニュアルを作成しました。

また、ポンプの性能を評価しようとする場合、本来はそのポンプの性能曲線を作成し評価する必要がありますが、今回の点検装置では一次スクリーニングを行うことを目的としていますので、点検者が目で確認出来る測定

値（ポンプの回転数、測定流量、圧力、測定高差）のみをメモ、記入すれば点検結果（性能低下率）が算出される点検表を市販の表計算ソフトで作成し、より点検者の負担が軽減できるようにしました。

5. ワーキンググループの開催

本点検装置を全国でも活用してもらえるよう本省を含め近隣の地方整備局に実際に点検装置を見てもらい意見交換等を行うため、ワーキンググループを開催しました。

その結果、目視できない部分が点検で把握出来るのは意義があるという意見や今後のデータ収集方法等について意見を交換しました。

6. 今後の検討事項

4章で記載しましたとおり、排水ポンプの性能低下を理由に分解点検、整備が行われた事例はなく、機器の総運転時間や劣化具合等と性能（吐出量）にどのような相関があるかは現状まったく分からない状況となっています。適切なタイミングでの整備、更新を行うためには、この相関を把握する事は不可欠です。そのため今後は、図-9のフローに則って分解点検を実施した排水ポンプの総運転時間や劣化具合等とその時の性能（吐出量）をとりまとめたデータを蓄積し、分解点検を判断する基準値の更新が重要と考えます。



図-8 点検マニュアルの一例

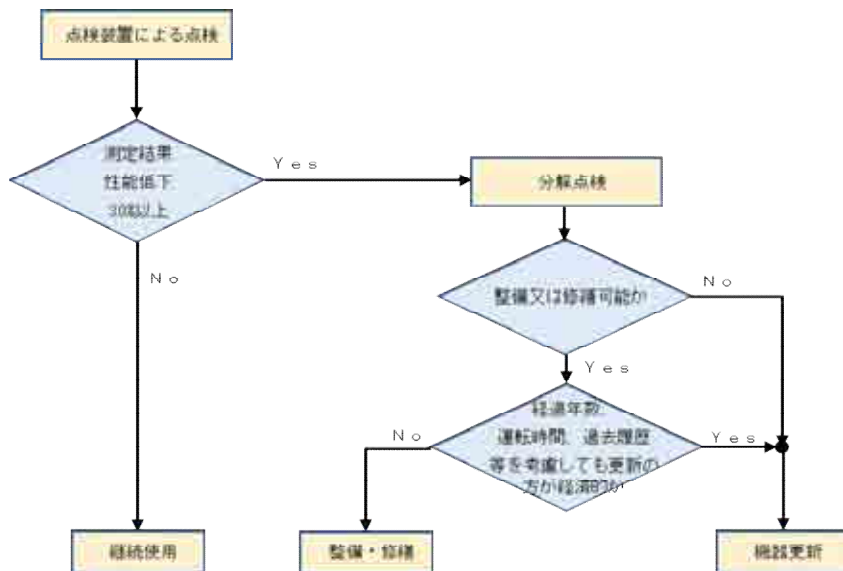


図-9 点検整備フロー図

表-2 点検表

<ポンプ：60%回転運転>

ポンプ	点検装置測定				測定高差 [*] E (m)	ポンプ性能測定値		ポンプ性能換算値 ※100%回転に換算		換算からの 揚程計算値 J (m)	性能比較 K (%)
	A	B	C	D		F	G	H	I		
回転数 (%)	目標流量 (m ³ /h)	測定流量 (m ³ /h)	圧力 (MPa)	測定高差 (m)		吐出量 (m ³ /min)	全揚程 (m)	吐出量 (m ³ /min)	全揚程 (m)		
60	180m ³ /h	105	0.025	1.5	6.115	2.80	3.76	4.67	10.44	9.34	457
60		130	0.018	1.3	6.138	3.10	3.27	3.17	9.09		

※ A、B、C、D を記入すれば、その他は自動計算されます。

阪神高速5号湾岸線住吉浜出口 における渋滞対策効果分析

小島 悠紀子¹・兒玉 崇²

¹阪神高速技研株式会社 技術部 技術課 (〒550-0011大阪府大阪市西区阿波座1-3-15)

²阪神高速道路株式会社 計画部 調査課 (〒541-0056大阪市中央区久太郎町4-1-3)

交通集中による渋滞発生原因の一つとして道路交通容量の不足や上り勾配における速度低下等が挙げられる。本論文で着目した阪神高速5号湾岸線住吉浜出口は、阪神高速道路でも渋滞が多発する箇所の一つである。本箇所は、ハーバーハイウェイへの連絡路の1車線運用による交通容量不足と、上り勾配による速度低下とが複合的に影響し、渋滞が発生している。今回、連絡路の上り勾配区間を1車線運用から2車線運用に変更し、上り勾配で速度が出にくい大型車等を後続車両が追い越しする機会を与える対策を実施した。本論文では、2車線運用に伴う渋滞対策効果について、車両検知器データや車種が異なるプローブデータを使って分析した結果を報告する。

キーワード 都市高速道路, 渋滞対策, プローブ調査, 上り勾配, 付加車線

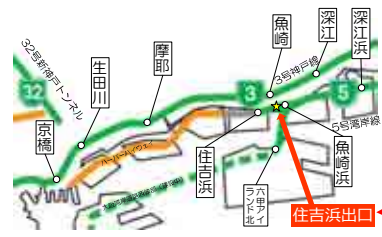
1. はじめに

阪神高速道路では、大阪湾岸道路西伸部や淀川左岸線延伸部等が事業中であり、完成により大阪・神戸都心部に集中している交通が分散され、渋滞緩和が期待される。しかし、完成には時間を要することから、既存の路線を「賢く使う」渋滞対策が求められている。

阪神高速5号湾岸線は大阪湾沿岸の工業を支える上で欠かせない道路であり、阪神間の市街地の交通を沿岸部へシフトさせることで環境改善へも貢献している。本論文で対象とする住吉浜出口は5号湾岸線の端部近くに位置し、また「道路網未整備により接続されていない箇所」として3号神戸線への乗り継ぎ制度が一時的に実施されている出口でもある(図-1)。将来的には大阪湾岸道路西伸部が延伸する計画があるため、ハーバーハイウェイへ繋がる連絡路が1車線で計画運用されていたが、交通量は2車線で運用されている路線末端出口に匹敵し、阪神高速の出口のうち3号神戸線末端の第二神明接続部、11号池田線末端の池田出口に次いで3番目に多い1日約15,400台(2016年度平日)である。更に、上り勾配(最大7.9%)による速度低下が発生し、複合的な影響により渋滞が1日約8時間発生し、近年は交通量増加に伴い渋滞が慢性化していた。

今回、連絡路の上り勾配区間を1車線運用から2車線運用に変更し、上り勾配で速度が出にくい大型車等を後続車両が追い越しする機会を与える対策を実施した。本論

文で、図-2のフローに従い、車両検知器データや対象車種の異なるプローブデータ等を使った渋滞対策の効果検証を行った結果について報告するものである。



阪神高速道路における乗り継ぎ制度

道路網未整備により接続されていない箇所について、一時的な措置として、乗り継ぎ制度を実施

図-1 住吉浜出口の位置および乗り継ぎ制度



図-2 対策効果の検証の流れ

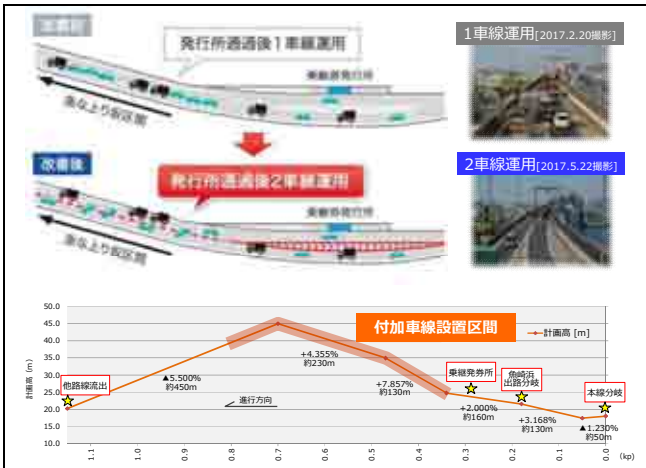


図-3 付加車線設置対策内容

3. 2車線運用対策実施内容

2017年3月、急勾配に変化する地点付近からおおよそ450mに渡り付加車線を設置した(図-3)。これにより交通容量が増大し、上り勾配で速度が出にくい大型車等を後続車両が追い越す機会を与えることになる。対策による効果について、検証した結果を次章以降で紹介する。

4. 2車線運用対策効果の検証

(1) 効果検証に使用するデータ

a) 映像データ

映像データより、付加車線利用率を把握した。

- 【撮影日時】2017年5月22日(月) 8:20~11:20
- 【撮影箇所】乗継券発行所よりハーバーハイウェイ方面
- 【撮影範囲】乗継券発行所より上り勾配区間の終点
- 【判断断面】図-4参照

b) 車両検知器データ

車両検知器データより、交通量、速度、渋滞状況の変化を把握した。

【期間】1車線運用:2016年3月7日~2017年2月28日

2車線運用:2017年3月6日~2018年2月28日

【箇所】住吉浜出口、本線上の住吉浜出口接続車線

- ・大型車交通量の多い区間であるため、交通量は大型車1台分を乗用車2台として換算
- ・交通需要による影響を除くため、平日昼間(7~19時)を分析対象
- ・深江浜・住吉浜間の月別の交通量が前年同月比が5%以上減少した8・10月は交通需要の影響による渋滞減少の恐れがあるため除外(図-5)
- ・神戸線フレッシュアップ工事期間(2016年11月1~9日)除外
- ・交通集中が原因の渋滞発生時と非渋滞時を分析対象(事故、工事等の特異事象発生時は除外)



図-4 映像による走行車線判断断面

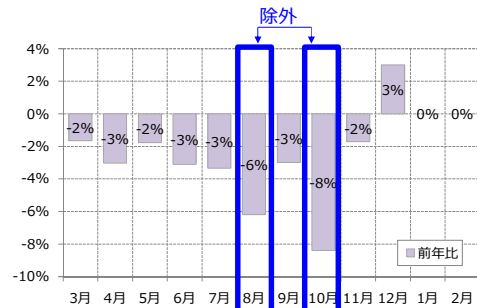


図-5 深江浜・住吉浜間区間交通量(前年同月比)の月推移

表-1 プローブデータの概要一覧

◆データ概要

商用車プローブ(富士通)	
対象車種	富士通製デジタルタコグラフを搭載した車両(主に貨物商用車)
データ取得周期	1秒
データ仕様	トリップ単位・1秒単位の位置データ
特徴	トリップ単位での集計が可能
普通車プローブ(HONDA)	
対象車種	無料データ通信機能付きHONDA純正ナビを搭載した車両(主に自家用車)
データ取得周期	3秒
データ仕様	5m区間単位の速度分布(1km/h毎のデータ件数)
特徴	集計データなのでトリップ単位に分解できない

◆分析対象期間・延長・対象データ

5号湾岸線下り:住吉浜出口付近	
期間	2016年6月、2017年6月
延長	約1.2km
対象データ	・自然渋滞時に当該箇所を通過する車両 ・ハーバーハイウェイ合流部手前において、40km/h以上で走行
参考	・2016年6月の延べ渋滞時間:115.0時間 ・2017年6月の延べ渋滞時間:97.3時間

◆対象データ数

	期間	商用車プローブ	普通車プローブ
		(富士通)	(HONDA)
住吉浜出口付近	2016年6月	352,751 (2,344)	212,259
	2017年6月	328,377 (2,530)	240,191

※()内はトリップ数

c) プローブデータ

プローブデータより、速度分布、速度回復状況等の変化を把握した(表-1)。また、急勾配で懸念された車種による影響を把握するため、商用車プローブ(富士通)と普通車プローブ(HONDA)の2種類のプローブデータの比較を行った。

d) 事故データ

阪神高速交通統計システムの事故データより、事故発生状況を把握した。

【期間】1車線運用:2016年3月7日~2017年2月28日

2車線運用:2017年3月6日~2018年2月28日

【箇所】深江浜入口~住吉浜出口分岐部(19.8~21.7kp)



図-6 付加車線の利用状況

(2) 付加車線の利用状況

映像データより、付加車線利用状況を「混雑した状況下」と「比較的自由に走行できる状況下」とで比較した(図-6)。

当初、混雑した状況下において付加車線の利用を予想していたが、実際は車線変更が可能となる地点から車線変更が行われる傾向が比較的大きく、また、下流部での付加車線利用率は低くなる傾向が見られた。混雑により先の区間が詰まっており付加車線を利用しても追い越しが困難であるため、部分的な付加車線の利用を躊躇している可能性がある。

一方、比較的自由に走行できる状況下では、車線変更が混雑した状況下よりも下流部で行われ、付加車線利用率が高くなる傾向が見られた。付加車線を利用して低速車両を追い越しが可能となることが影響していると考えられる。

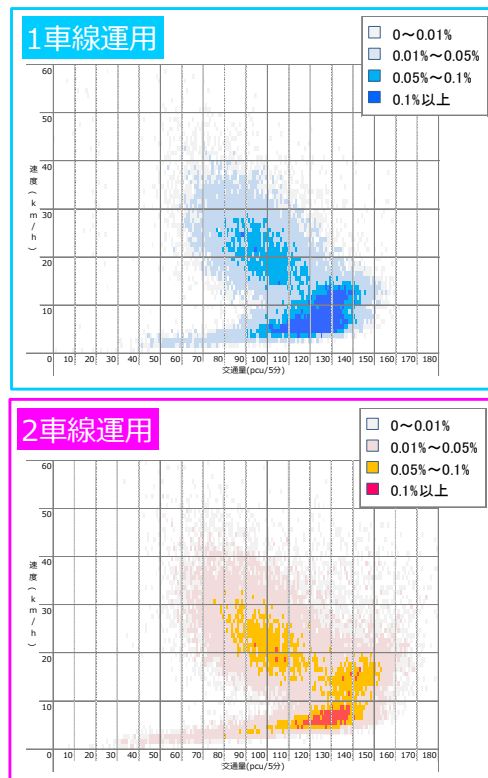


図-6 住吉浜出口の交通量と速度の分布の比率

(3) 対策による交通処理能力の変化

a) 住吉浜出口の交通処理能力の評価

1車線運用と比較して、交通量の増加および速度の上昇し、特に、交通量の大きい分布で増加してが見られた(図-5)。また、同じ速度帯でも交通量が増加し、対策による交通容量の増大が伺える(図-6, 図-7)。

b) 本線上の交通処理能力の評価

本線上でも、1車線運用と比較して、交通量の増加および速度の上昇が見られた(図-8)。出口同様、交通量が増加して分布が増加しており、同じ速度帯でも交通量が増加していた。この傾向は本線も同様であり、住吉浜出口の容量増大の効果が本線まで明らかに及んでいるためと考えられる(図-9, 図-10)。

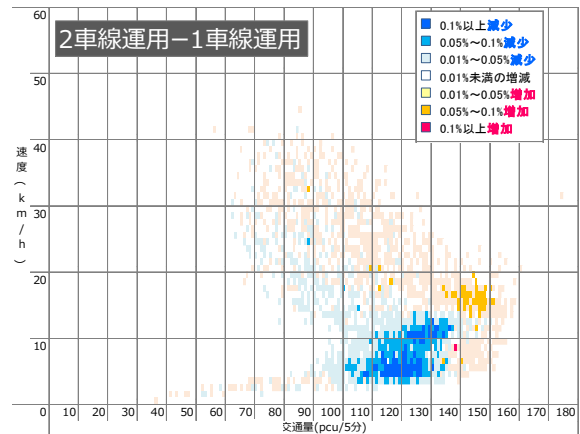


図-7 住吉浜出口の交通量と速度の分布の比率の差分 (2車線運用-1車線運用)

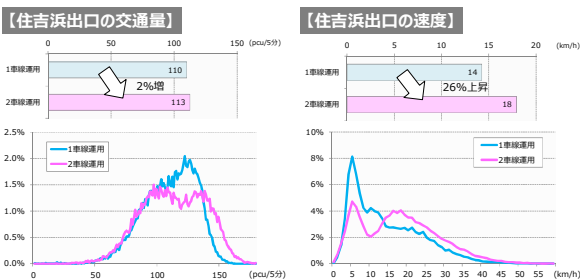


図-5 住吉浜出口の交通量の変化(平均値, 度数分布)(左)
住吉浜出口の速度の変化(平均値, 度数分布)(右)

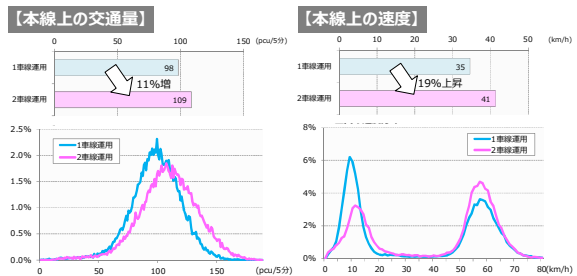


図-8 本線上の交通量の変化(平均値, 度数分布)(左)
本線上の速度の変化(平均値, 度数分布)(右)

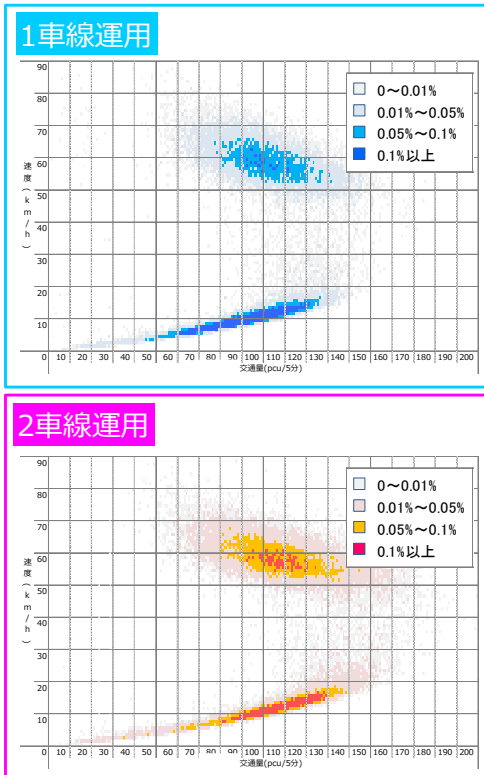


図-9 本線上の交通量と速度の分布の比率

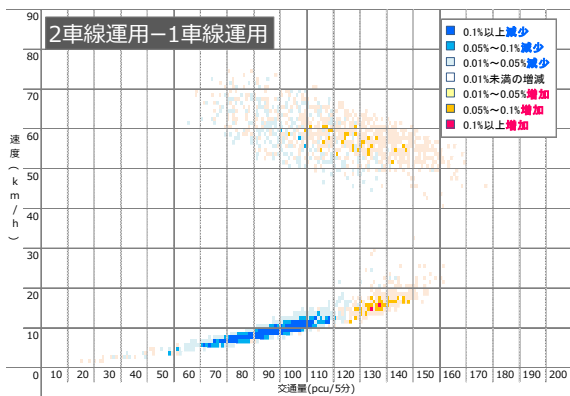


図-10 本線上の交通量と速度の分布の比率の差分
(2車線運用-1車線運用)

(4) 交通処理能力の向上による速度分布の変化

前項で述べたとおり、2車線運用により、交通処理能力が向上し、商用車、普通車ともに、本線部～上り勾配付近(0.0~0.4kp付近)で速度が明らかに上昇した(図-11~図-14)。特に0.4kpでは、平均速度が商用車で6.9km/h、普通車で8.9km/h上昇している。

また、付加車線設置前後の速度分布、平均速度の差異について車種別に比較すると普通車プローブの方が前後の差が大きい(図-15)。商用車に多く見られる大型車と比べ普通車は、車重が軽いため付加車線を利用した追い越しがしやすく、設置前は商用車が普通車の所謂「頭おさえ」をしていたことで速度が低下していた可能性が考えられる。

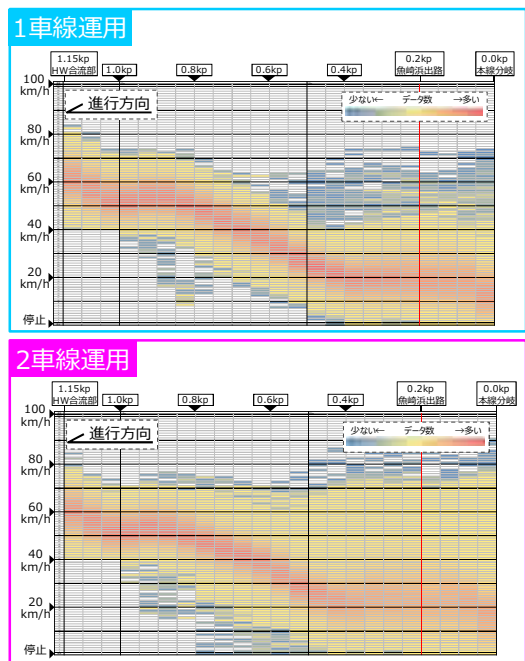


図-11 速度分布の比率 (商用車)

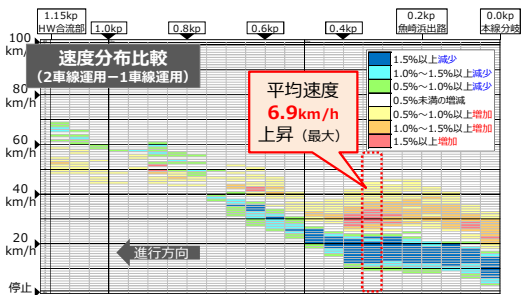


図-12 速度分布の比率の差分 (商用車)

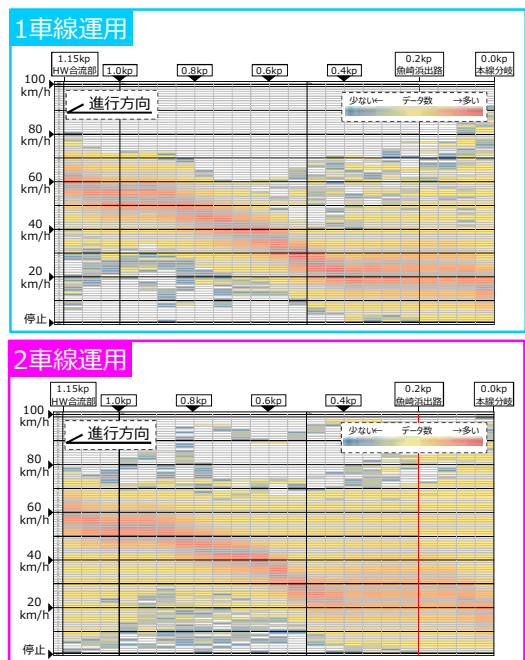


図-13 速度分布の変化 (普通車)

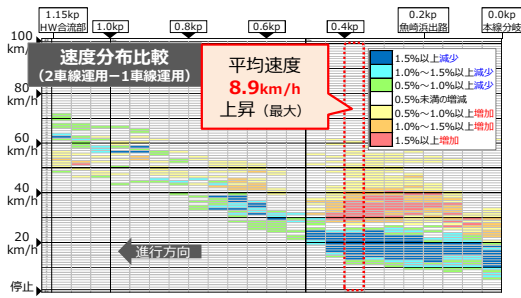


図-14 速度分布の比率の差分(普通車)

過去の分析結果より、神戸線上り方向の深江サグ部の先(20.1kp 付近)に、比較的緩やかな速度回復開始点が集中していることが分かった。このような速度回復は、渋滞領域から比較的自由に走行できる領域への緩やかな加速を行っている状況を現していると考えられる。

以下の基準を満たす速度回復開始点を「緩やかな速度回復開始点」とする。

緩やかな速度回復開始点の定義

傾き(加速終了速度-開始速度)/(加速終了kp-開始kp)が平均値±標準偏差以内(平均値は111.1, 標準偏差は74.5)

1車線運用では、商用車、普通車ともに上り勾配区間(0.40kp~0.70kp)付近に緩やかな速度回復開始点が集中している。

2車線運用では、商用車では本線分岐後~魚崎浜出路分岐(0.00kp~0.20kp付近)の増加、急勾配区間の下流側(0.55kp~0.65kp付近:勾配4.4%)の減少が顕著である。普通車では本線分岐後~魚崎浜出路分岐(0.00kp~0.20kp付近)の増加、急勾配区間(0.35kp~0.45kp付近)の減少が顕著であり、急勾配区間でも商用車と比較してスムーズに加速できていることが考えられる。

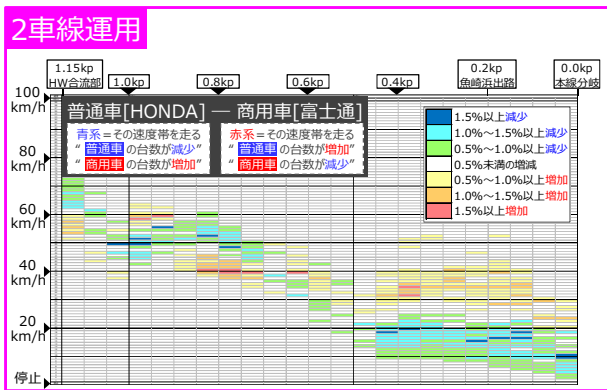
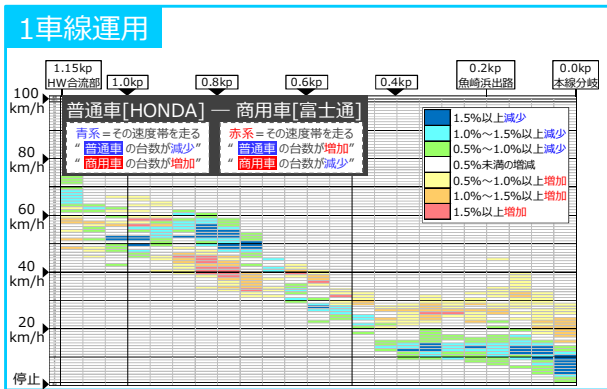


図-15 速度分布の車種による比較(普通車-商用車)

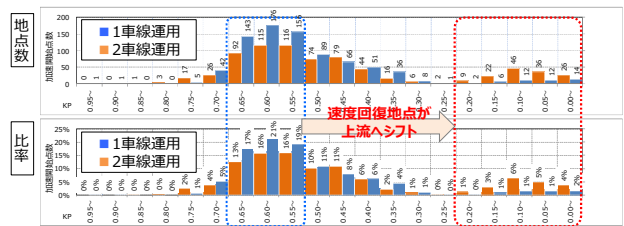


図-16 速度回復開始点の変化(商用車)

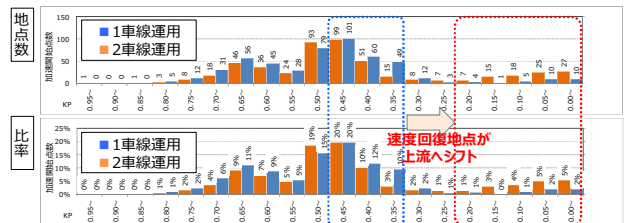


図-17 速度回復開始点の変化(普通車)

(5)処理能力の向上による速度回復開始点の変化

渋滞の先頭箇所の把握においては、速度分布や平均速度等から速度が回復傾向に転じる地点を抽出する等の方法が考えられる。しかしながら、比較的高速で走行する車両と低速で走行する車両が同じデータセットに含まれるような場合、分布や平均化された速度のみでは加減速の状況が混在してしまうために、真の渋滞先頭地点が明確に現れない可能性がある。そのため、より正確に渋滞の先頭位置を把握するため「速度回復開始点」、つまり加速度が負から正に転じる地点(加速開始点)の分布を整理する。

速度回復開始点を集計する際、渋滞・混雑領域から速度が明確に回復している車両を抽出する必要があるため、以下2つの条件に合致するドットを対象に分析を行う。

- ・ 加速開始時の速度が40km/h以下(混雑速度)、加速開始から正の加速度が継続
- ・ 加速が終了するまでの速度差が20km/h以上

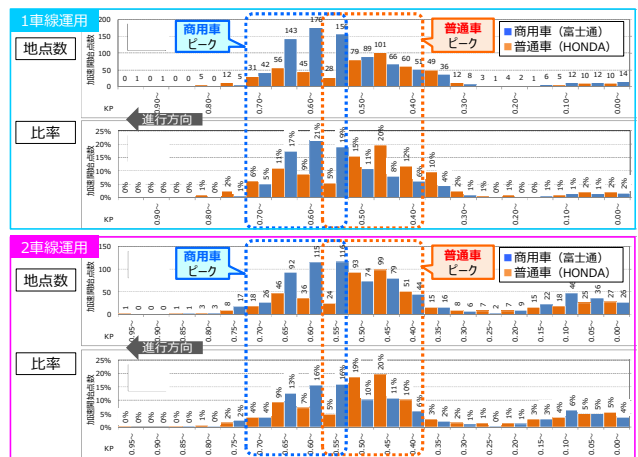


図-18 速度回復開始点の変化(車種による比較)

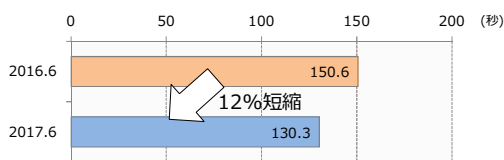


図-19 所要時間平均値の変化

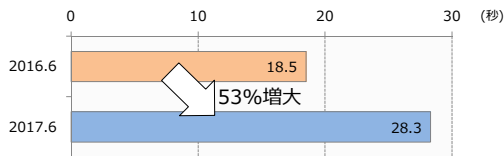


図-20 所要時間の標準偏差の変化

(6)処理能力の向上による所要時間の変化

商用車プローブデータより、本線分岐部からハーバーハイウェイ合流部までの1.2kmの区間の所要時間の変化を把握した(図-19, 図-20)。

所要時間の平均値は約20秒短縮し、また、速度のばらつきも大きくなっている。これは、付加車線を利用した追い越しが可能となった影響と考えられる。

(7)対策による交通事象の評価

a) 渋滞発生状況

1車線運用と比較して、渋滞損失時間は23%減少した(図-21)。地点別の渋滞継続時間を比較すると、1時間未満かつ短距離(0.7km)の渋滞が減少、東神戸大橋東(1.6km)で2時間未満の渋滞が増加、6.5~7時間の渋滞が減少している(図-22)。「小規模の渋滞」や「長時間継続する渋滞」が減少したと考えられる。

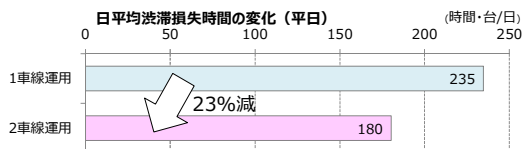


図-21 渋滞損失時間の変化

時間	最大渋滞長(21.6kpからの距離)						
	東神戸大橋西 0.7km	東神戸大橋東 1.6km	深江出口分岐後 2.0km	深江出口分岐前 2.4km	南島出入口合流後 2.9km	南島出入口合流前 3.4km	舞金所下流 3.9km
0~0.5時間	0%	1%	0%	0%	0%	0%	0%
0.5~1時間	-1%	-1%	0%	0%	0%	0%	0%
1~1.5時間	0%	2%	0%	0%	0%	0%	0%
1.5~2時間	-1%	5%	0%	0%	0%	0%	0%
2~2.5時間	0%	1%	0%	0%	0%	0%	0%
2.5~3時間	0%	2%	0%	0%	1%	0%	0%
3~3.5時間	0%	1%	0%	0%	-1%	0%	0%
3.5~4時間	0%	-1%	0%	0%	0%	0%	0%
4~4.5時間	0%	-1%	0%	0%	0%	0%	0%
4.5~5時間	0%	-1%	-1%	0%	1%	0%	0%
5~5.5時間	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
5.5~6時間	0%	1%	0%	0%	0%	0%	0%
6.5~7時間	0%	-3%	-2%	0%	0%	0%	0%
7~7.5時間	0%	-1%	-1%	0%	0%	0%	0%
7.5~8時間	0%	0%	0%	0%	-1%	0%	0%
8時間以上	0%	-1%	0%	0%	0%	0%	0%



図-22 渋滞継続時間の変化

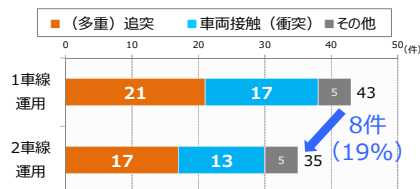


図-23 事故発生状況の変化

b) 事故発生状況

住吉浜出口と接続する本線では、(多重)追突事故は4件(21件→17件)、車両接触(衝突)事故は4件(17件→13件)減少し、合計8件(19%)減少した(図-23)。これは本線まで延伸していた渋滞が減少したことにより、事故も減少し、安全面でもサービス水準が向上したと考えている。

5. まとめ

今回の2車線運用対策により、付加車線を利用した追い越し走行が一定数確認できた。

1車線運用と比較し、交通量の増加および速度の上昇が見られた。特に、交通量の大きい分布が増加しており、同じ速度帯でも交通量が増大し、対策による交通容量の増大が確認できた。

プローブデータによる分析結果からは、本線分岐部〜上り勾配区間端点における走行速度の改善が確認され、所要時間も短縮となった。

2車線運用対策による交通事象の評価についても、渋滞継続時間の短縮により渋滞損失時間の減少も確認した。なお、住吉浜出口と接続する本線では、追突事故、車両接触事故ともに減少を確認でき、安全面でもサービス水準の向上が伺えた。

対策効果を走行速度という観点で整理すると、低速度の車両の走行が別車線を利用することで、全体の走行速度の向上が期待できると考えられる。今回の効果検証においては、多くの車両が右側車線を通行する中、数は少ないが左側車線利用が確認され、渋滞緩和にも寄与したものと考えられる。一方、走行車両の俯瞰からは、部分的な付加車線の利用を多くのドライバーが躊躇している可能性があり、「遅い車は左車線に！」等、付加車線の利用方法を積極的に伝える対策が求められる。

今後対策効果を高めるため、左側車線の適切な利用を促す情報提供等の案内充実や、現在設置している看板(車線減少)の設置位置の再検討など、運用面の改善が必要である。また、対策の実施により渋滞削減および事故件数削減に一定の効果が確認できたことから、住吉浜出口と同様に車線数が少ないなどの理由から混雑している箇所等において、付加車線設置による渋滞対策について検討していきたい。

インフラメンテナンス国民会議 近畿本部フォーラムの取り組み

戌亥 俊介

近畿地方整備局 企画部 企画課 (〒540-8586大阪府大阪市中央区大手前1-5-44)

平成28年11月にインフラメンテナンス国民会議を設立以降、全国に先駆けて公認フォーラムとして近畿本部フォーラムが発足した。近畿本部フォーラムはこれまでにフォーラムやピッチイベント、実証実験に取り組んできたところであり、本稿ではこれらの取り組みについて報告する。

キーワード インフラメンテナンス、フォーラム、ピッチイベント、実証実験

1. はじめに

(1) 社会資本の現状とインフラメンテナンス国民会議

我が国の社会資本ストックは高度経済成長期に集中的に整備され、今後20年間で、建設後50年以上経過する施設の割合は加速度的に高くなる見込みであり、その多くは地方公共団体が管理している。今後、一斉に老朽化するインフラを戦略的に維持管理・更新することが求められているが、維持管理・更新には、施設管理者の厳しい財政状況における予算の確保や、技術職員の不足のほか、建設業等のメンテナンス産業や地域の担い手の確保等、社会全体として多くの課題に取り組む必要がある。

インフラメンテナンス国民会議（以下、「国民会議」という。）は、インフラを良好な状態で持続的に活用するために、産学官民が一体となってインフラメンテナンスに取り組む社会の実現に向け、さまざまな主体が参画し、理念の普及、課題の解決及びイノベーションの推進を図るプラットフォームとして、活力ある社会の維持に寄与することを目的とする組織である。

(2) インフラメンテナンス国民会議近畿本部フォーラム

国民会議の活動については、企業、研究機関、施設管理者、市民団体等の国民会議会員の主体的な運営により行うこととしている。

また、インフラメンテナンスの課題について、会員が知識・人材の交流を深め解決策を見いだす場として、会員の発意に対して国民会議が認定して設置される公認フォーラムを開設することとなっている。

近畿本部フォーラムは、国民会議設立（平成28年11月）以降、平成28年12月に全国で初めて発足した公認地方フォーラムである。（図1-1） 具体的には、技術的

な課題（ニーズ）に対し、民間技術等が保有する技術（シーズ）をマッチングさせ、さらに技術の検証を行うなど施設管理者が抱えるインフラメンテナンスに関する課題解決に向けた活動を実施している。（図1-2）

なお、近畿本部フォーラムの事務局は（一社）国土政策研究会関西支部が担っている。

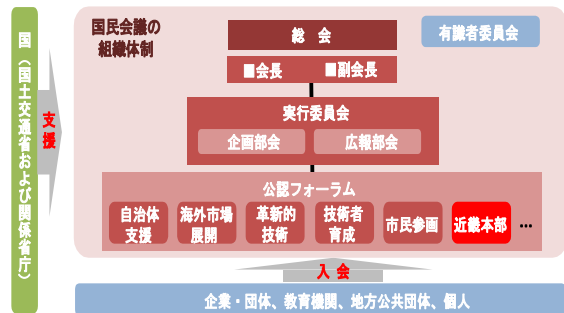


図1-1 インフラメンテナンス国民会議の体制

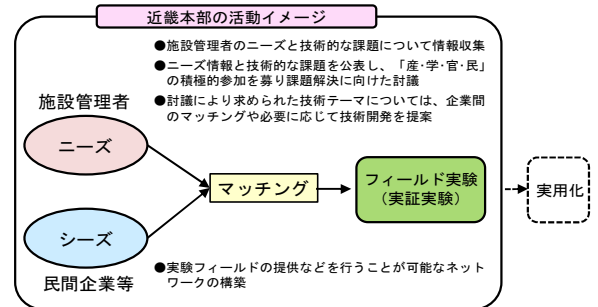


図1-2 近畿本部フォーラムの活動イメージ

(3) インフラメンテナンス国民会議の会員数

国民会議の会員数は、平成28年11月の設立時においては、199者（うち、企業：95者 行政：73者 団体：27者 個人：4者）であったものの、現在（平成30年3月末）では、1,330者（うち、企業：517者 行政：575者 団体：125者 個

人：113者）となり、1,131者の増加、特に行政会員が502者の増加となっている。（図1-3）

また、このうち近畿地方整備局管内の行政会員を抜粋すると設立時8者だったものが、平成30年3月末時点では78者となっており70者の増加となっている。（図1-4）

以上のことから、行政や企業などの国民会議への関心と期待が高まっていることが確認できる。

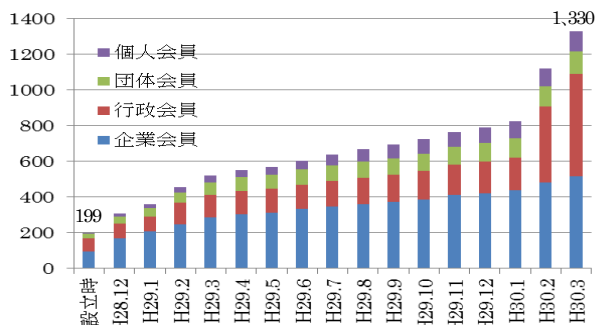


図1-3 国民会議の会員数の推移と内訳

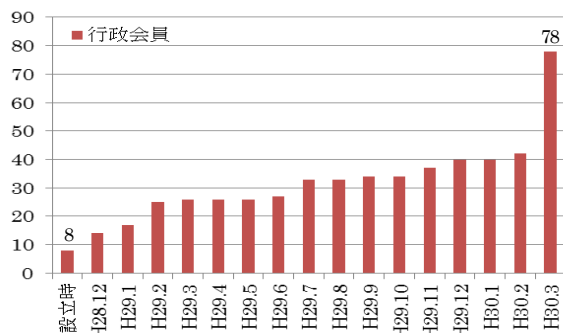


図1-4 近畿地方整備局管内の行政会員数の推移

2. 平成29年度の近畿本部フォーラムの取り組み

(1) フォーラム

フォーラムとは、インフラの維持管理の課題（ニーズ）について、施設管理者だけでなく民間企業等を交えて情報の共有を図り、民間企業等の保有する技術の情報提供を行う等、課題解決に向けた討議を行うものであり、平成28年度までに3回のフォーラムを開催した。

平成29年8月9日に開催した第4回フォーラムでは、①「路面下空洞厚さ調査を支援する技術」、②「法面点検（目視点検）を支援する技術」、③「常時水没している構造物の点検の効率化技術」、④「化粧板下の清掃、滞水除去技術」の4課題（テーマ）について地方自治体12名（4自治体）、民間企業等37名（26社）が出席し班別討議を実施した。（図2-1）

討議では、施設管理者の抱える課題解決に向けて、活発な情報・意見交換が行われ、民間企業等からの参加者からは「自治体のニーズなど生の声を聞いたことが良かった」、施設管理者からは「既存技術について新たな知見が得られ、有益な場であった」等の感想が述べられ、有意義な意見交換となった。



図2-1 フォーラムの様子

(2) ピッチイベント

ピッチイベントとは、施設管理者の課題（ニーズ）に対し民間企業等が保有する最新の技術（シーズ）を提案し、マッチングを図るものである。

平成29年7月28日に近畿本部フォーラムで初めてのピッチイベントを開催し、2回目を同年10月26日に開催した。

ピッチイベントの進め方は、まず施設管理者等から施設の現状を適正に管理するうえでの現状や課題について説明を行った後に、民間事業者等から保有する技術についてプレゼンテーションを行うこととした。（図2-2）

なお、プレゼンテーションされた技術の中から、施設管理者等のニーズに適応する可能性の高い技術については、実用化の可能性を検証するフィールド（実証）実験の実施に向け調整を行っていくこととした。

ピッチイベントに参加された施設管理者及び民間企業者等に対するアンケート調査を実施した結果、「ピッチイベントが有意義であったか」については「有意義」「まあまあ有意義」の肯定的な評価が行政等・民間企業等とともに90%を超え、特に、民間企業等にとっては「有意義」の意見が多いことから、保有技術のPRや他技術の情報収集の場として活用した側面もあるものと推察される。また、「今後もピッチイベントに参加したいか」については、「参加しようと思わない」の否定的な意見は寄せられず、ピッチイベントに寄せる期待が大きいことが確認できた。（図2-3、図2-4）



図2-2 ピッチイベントの様子

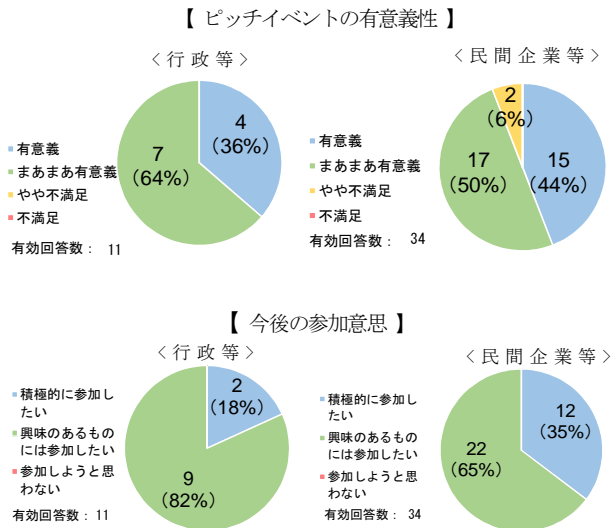


図-2-3 ピッチイベントアンケート結果

(3) 実証実験

近畿本部フォーラムでは、これまでに3回の実証実験及び現場見学会を開催した。本稿では、第1回ピッチイベントで提案された9件のシーズ技術の中からマッチングが成立した阪南市の課題（ニーズ）とNME研究所の技術（シーズ）の実証実験（10月12日実施）について紹介する。

施設管理者である阪南市のニーズは以下である。

- 求める技術：・橋梁の近接目視点検、打音検査を支援（ニーズ）する技術
- ・点検者の移動を支援する技術
- 条件：・桁下条件により、高所作業車の使用、足場の設置が困難
- ・道路は通行止め不可（一時的・短時間の通行止めは可能）

これに対し、技術（シーズ）提供者であるNME研究所の技術は、「短時間の通行止めの間に検査路を設置。設置後は車輛の通行が可能となり、設置した検査路は人力で移動出来る。さらに、損傷箇所容易に近接して点検可能な技術（ブリッジハンガー）」であった。

現場での実証実験において適用性を確認したところ、一時通行止めから、検査路の設置までの所用時間は25分であり、設置後、通行規制解除も確認出来た。さらに、実際に検査路を使い、作業性・安全性等を体感した。（図2-5）

参加者からは、「求めるニーズに対して、非常に有効な技術であると感じた」等の意見が出された他、「斜橋の端部の目視が困難であったため、更なる改良を期待したい」といった改善を望む意見も出される等、実証実験は、マッチングした技術の適用性を直接確認できる有効な機会となった。（図2-6）

参加された施設管理者及び民間企業者等に対するアンケート調査の結果、「実証実験が有意義であったか」については「有意義」「まあまあ有意義」の肯定的な評価

が行政等・民間企業者等共に、90%を超えていることから、双方にとって、実証実験が現地における技術の検証、実用化に向けての有効な場であることが確認出来た。

「本技術を適用してみたい」については、「ぜひ適用したい」「条件があれば適用したい」という意見が全体の90%程度を占めた。（図2-7）



図-2-5 適用性の確認状況

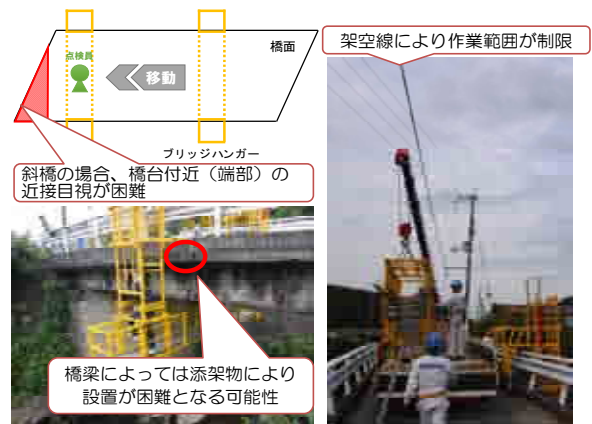


図-2-6 実証実験で確認した改善点

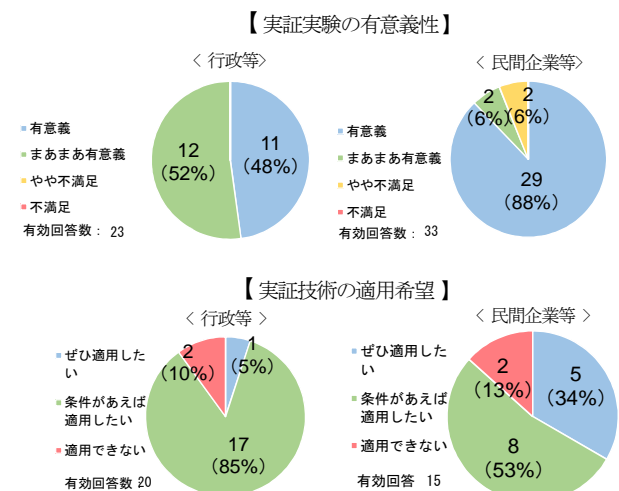


図-2-7 実証実験アンケート結果

3. 今後の課題

これまでの近畿本部フォーラムの活動を通して抽出された課題として、実証実験にかかる費用面での施設管理者と実験実施者との分担が挙げられる。

実験実施者からは、実験実施に係る費用は負担するも

の、実験に必要なフィールド提供に係る費用（規制費等）は施設管理者が負担して頂きたいという意見が多い。

しかし、これまで実施してきた実証実験では、施設管理者側の予算確保が困難であるという理由で、実験実施者がその費用を負担しているケースがほとんどである。

応分の費用を負担してでも実施するのは、実験実施者が営業の一環として実施している側面があるものと推察されるが、実験実施者に負担が偏ることなく、さまざまな業種の民間企業等が実証実験に参画しやすいよう、ひいては施設管理上の課題解決につながることへの理解を深める必要があると考える。

4. まとめ

国民会議の取り組みは始まったばかりである。

今後、これらの取り組みが全国に普及・浸透し、事例の蓄積や施設管理者と実験実施者の双方のメリットの明確化により課題解消に繋がることを期待したい。

現在、施設管理者側から求められる多種多様なニーズに対して、全てを満足させる技術は存在しない。今後、急速に老朽化するインフラに対するメンテナンス技術は、国民会議の取り組みを通して段階的に技術革新に繋がり、ひいては社会実装に繋がるものとする。

現在、施設管理者が抱えるニーズの把握のため、事務局と連携し近畿管内の複数の地方自治体を訪問し、抱える悩みをヒアリングしているところであるが、「高所における無人調査の技術」「地中構造物における点検技術」「ドローン等を活用した漂着ゴミの測量技術」など新しい技術による課題解決を求めていることに改めて気付かされた。

国民会議が産官学民が連携するプラットフォームとして機能を発揮することで、施設管理者側と民間企業側がお互いにWIN-WINの関係となり、インフラ産業の活性化とともに、これから迎えるインフラ老朽化時代を戦略的に乗り越えていくことに期待したい。

近畿本部フォーラムに参画頂いている関西大学の坂野教授からは、「点検しにくいから見ない、見ないでそのまま放置するなどということは許されない。あらゆる手を尽くして何とかして見なければならぬ中で、シーズ側の技術が求められている。」とご指摘頂いている。想定外では済まされない時代であり、インフラの長寿命化や老朽化による事故を未然に防ぐことが私たちの使命である。

最後に、関西大学坂野教授、及び事務局の（一社）国土政策研究会関西支部におかれましては、近畿本部フォーラムの運営に対し、多大なご協力をいただいております。ここに感謝します。

ネットワークカメラによるポンプ運転情報の確認について

中島 雄一¹

¹(公財)兵庫県まちづくり技術センター 武庫川流域下水道管理事務所 (〒660-0087 尼崎市平左衛門町 18-4)

(公財)兵庫県まちづくり技術センターは、下水道サービスを維持するために流域下水道施設を維持管理している。なかでも緊急時の情報伝達については、危機管理を行う上では欠かせないものとなっている。

勤務時間外においては、維持管理業者からの電話により運転情報の確認を行うことになる。しかしながら、この運転情報を正確に伝えるのは非常に困難であり、かつ時間を要する。そこで、運転情報を自宅のパソコンやスマホで確認できる方法を構築し、正確な情報の入手、伝達手段の簡便化と同時に即時、情報の共有化を図るものである。

キーワード 維持管理、ネットワークカメラ、スマホ

1. はじめに

武庫川下流浄化センターは、尼崎市・西宮市・伊丹市、宝塚市の下水道処理区域から流入してくる下水を処理している施設である。(図-1) 処理区域内には3つのポンプ場が設置されており、そこを經由して下水は浄化センターへ送水される。

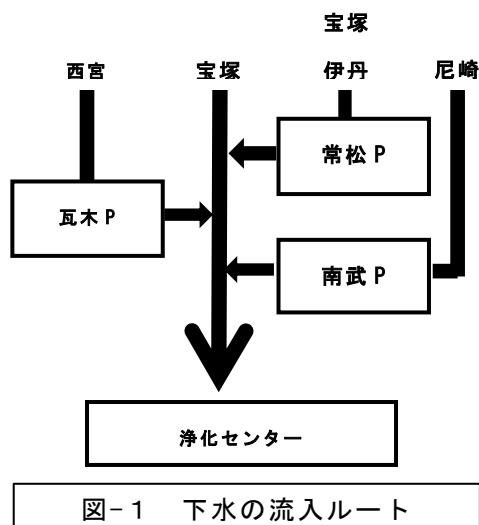
浄化センターを含む4つの施設には23台のポンプが設置されており、勤務時間外の降雨時においては、維持管理業者との電話連絡により運転情報の確認を行っている。

しかしながら、この運転情報を口頭だけで、正確に伝えるのは非常に困難であり、かつ時間を要する。

そこで、ポンプなどの運転情報を自宅のパソコンやスマホで確認できる方法を構築すれば迅

速かつ、正確な情報収集ができるのではないかと考え、ネットワークカメラを導入した。

ゲリラ豪雨、台風時など緊急時の初動対応を行う目安の一つとしても活用できることから今回、その内容と成果を報告する。



2. 業務を進める上での課題(現状と概要図)

勤務時間外における情報収集については、センター職員がポンプ運転情報や雨量等を直接、確認することができないため維持管理業者との電話により報告を受けているが、電話だけでは状況把握が困難であったり、他の人へ伝達している間に内容が変わってしまう恐れがある。

また、維持管理業者も運転操作を行いながらの電話対応であり、運転に専念しづらいなどの問題があった。(図-2)

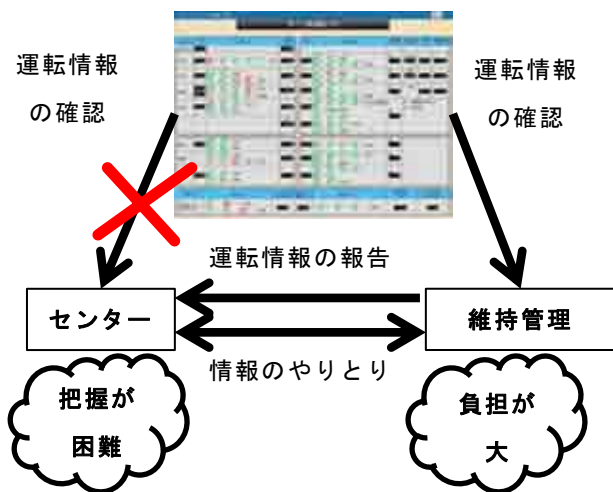


図-2 情報収集ルート

3. 課題の解決策について

勤務時間外においても職場と同じ情報収集が行える方法を検討した。

具体的にはセンター事務室に設置されている中央監視システムのサブモニターに表示されるポンプ運転情報画面をネットワークカメラで撮影し、インターネットを経由して自宅のパソコンやスマホなどで確認できるようにする。

これらを実施するにあたり、いくつかの問題点があったため以下のとおり対応した。

(1) 外部から中央監視システムの操作をされ

る可能性について

中央監視システムに侵入されないよう、ネットワークカメラで中央監視システムの運転情報画面を撮影する方法を取り、物理的にシステムから切り離れた。(図-3)



図-3 カメラ設置状況

(2) ネットワークカメラや画像ファイルのセキュリティについて

IPアドレスやID、パスワードによる認証、システム管理者による監視対策をとっている。アドレスも非公開であるため部外者はアクセスできない。

会員制のホームページにアクセスしているイメージである。(図-4)



図-4 ネットワーク構成図

(3) 閲覧可能人数の拡大について

一般に市販されているネットワークカメラはカメラメーカーの無料プロバイダサービスを利用しており、同時に数人程度しか閲覧できない。

当センターについては、同時に大勢で情報共有したいと考えており、閲覧可能人数に制限のない、独自の画像受信サーバーシステムを構築した。

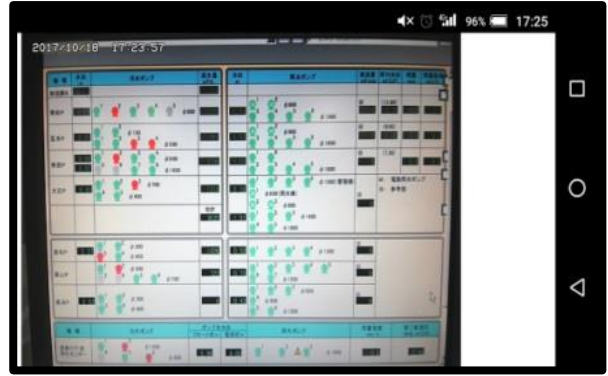


図-6 スマホの表示画面

(4) 導入費用の低廉化について

既存の電気店で購入可能な機器を使用し安価にシステムを構築した。

イニシャルコスト 5万円(カメラ代)
ランニングコスト 1日あたり45円
(カメラ、パソコン、モニタの電気代)

4. ネットワークカメラ導入による効果について

(1) ポンプ運転情報や雨量等の情報がいつでもどこでもリアルタイムに確認できる。

(図-5、6)

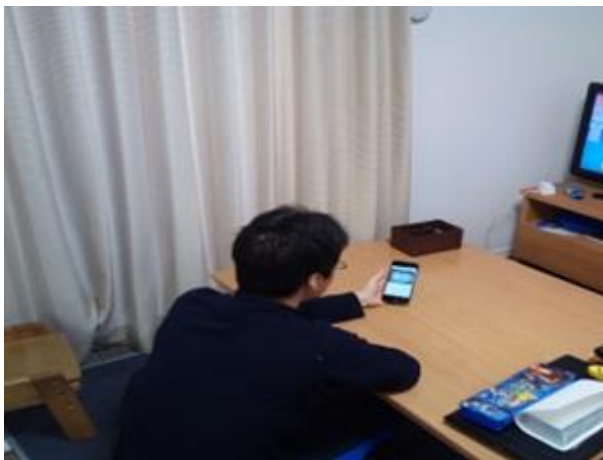


図-5 自宅での確認状況

(2) 口頭による情報伝達時に発生する伝言内容の誤りをなくし、正確なポンプ運転情報を得ることができる。

(3) 電話による報告事項を大幅に減らすことができ維持管理業者の負担が軽減され運転操作に集中できる。

(4) 多種多様な情報が閲覧可能である。内容については以下のとおり。

- a) 浄化センター及びポンプ場の汚水・雨水ポンプの運転情報(起動 or 停止)
(4施設 ポンプ23台)
- b) 各ポンプ場の送水量、ポンプ井水位
- c) 浄化センターのポンプ井水位、放流口水位
- d) 浄化センターの雨量、雨量強度
- e) 関連市の雨水ポンプ運転情報
(3施設 ポンプ29台)

(5) 緊急配備に対する事前準備が早い段階でできる。

(6) センター職員、維持管理業者、流域関連市の下水道関係職員が同時に閲覧、共有できるシステムを構築できた。

(現在の利用人数 約110人)

(7) モニタ画面にメモ書きを貼ることにより、「水防指令発令及び待機者の状況」及び「待機者からの伝達事項」などの情報の発信もできるようになった。

例)

「水防1号発令中、当番1班2名待機中(次の班、12時頃呼ぶ予定)」

- (8) 新規配属者や他の事務所からの応援者であっても視覚的な情報として頭に入るため、全体をイメージしやすい。

5. まとめ

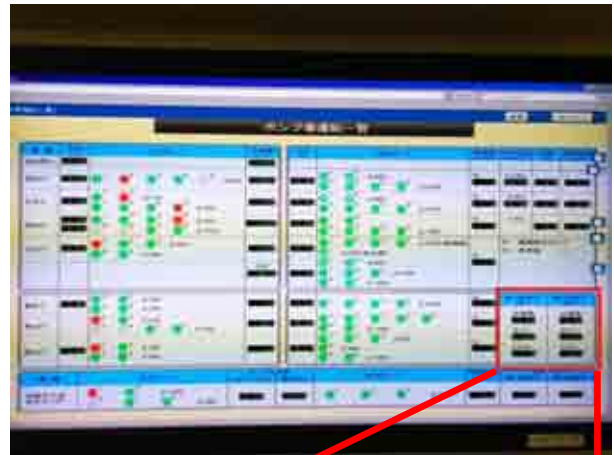
維持管理の中で緊急対応の初動については非常に重要な要素となっている。実施に当たっては、セキュリティ面、流域関連市への情報提供に伴う取扱説明書の作成など、いろいろな課題があったが、職員が一丸となって協力、検討したうえでメリットの方が大きいと判断し実施した。

職員についてもポンプ運転情報をスマホで確認する習慣が付くとともに、雨天日の翌日には運転情報について説明の省略化が図れた。

多くの情報を迅速で正確に入手できるようになったことは大きな成果である。

当センターの様に情報を集約したモニター画面を持たない職場でも安価に実施可能であり、河川の水位監視、工事現場の進捗状況確認、定点観測、防犯カメラなどあらゆる場所で利用できる可能性がある。

今後の展開については、施設の運転情報だけでなく、水処理の水質情報を含めた全体的な管理体制の強化に繋げていきたいと考える。(図-7、8)



第1放流口 mg/l	第2放流口 mg/l
全窒素 5.48	全窒素 6.78
全リン 0.548	全リン 0.577
COD 7.1	COD 6.3

(空いている部分に水処理の水質情報を追加表示している。)

図-7 ポンプ運転情報(改1) 試作版



(ブラウザの多重起動による2画面表示)

図-8 ポンプ運転情報(改2) 試作版

国道171号八丁畷交差点改良事業とその効果検証

杉田 智行

近畿地方整備局 大阪国道事務所 管理第二課 〒536-0004大阪府大阪市城東区今福西2-12-35)

国道171号八丁畷交差点は、自動車の交通量が多く、右左折専用レーンが未設置で慢性的な渋滞が発生し、渋滞による追突事故が多発していた。そのため、平成12年度より段階的に整備を実施し、右左折専用レーンを新たに設置することにより交通事故を解消及び渋滞による追突事故を防止するとともにあわせて自転車歩行者道を拡幅する交差点改良事業を行い、平成29年6月に完成した。その効果と検証について考察したものである。

キーワード ETC2.0, プローブデータ, 交通渋滞, 交差点改良

1. 事業概要

国道171号は、京都府京都市を起点とし、大阪府三島郡島本町、高槻市、茨木市等を経て、兵庫県神戸市に至る延長約69kmの主要幹線道路である。

高槻市に存する国道171号の八丁畷交差点は、国道171号、国道170号、府道伏見柳谷高槻線が交差する大規模な交差点であるが、右左折レーンの不足や未整備のために交通が渋滞し、急な車線変更を誘発することによって、接触や追突の事故が発生している。

このような状況に対処するため、京都側での右折レーン、左折レーンの新設及び神戸側での右折レーンの増設を実施することにより、交通流の円滑化と安全性の向上を図る事業である。

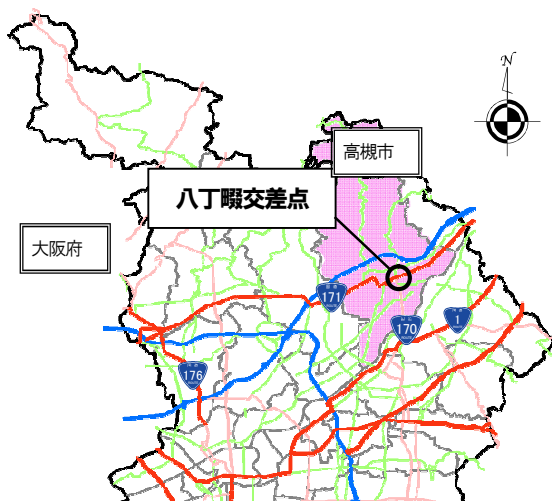


図-1 位置図

2. 八丁畷交差点の現況と対策

(1) 改良前の状況

1) 渋滞状況

改良前の八丁畷交差点では、交通量が京都側断面で約4.1万台/日(H22ヒヤス)、神戸側断面で約2.8万台/日(H22ヒヤス)、混雑度はそれぞれ2.07、1.26となっており、全国の一般国道平均の混雑度1.09を大きく上回っている。

交通が集中する時間帯は、日常的に渋滞しており、神戸向きでは、最大渋滞長も160m、通過時間も4分(15時)程度要する時間帯もある状況となっている。交差道路の国道170号や府道伏見柳谷高槻線ではそれぞれ最大渋滞長が1050m、1100m通過時間は23分、21分と混雑している状況となっている。

また、阪急高槻市駅も近くにあり多くのバスが運行するバス路線となっており、時間帯によっては、バス運行に時間がかかる等の支障がでている状況である。



写真-1 国道171号京都向きの渋滞状況(整備前)



写真-2 国道171号神戸向けの渋滞状況(整備前)

2)交通事故発生状況

京都側流入部(神戸方面行き)は、右折レーン及び左折レーン未設置により渋滞が発生し、右左折車両を避けるために、無理な車線変更を強いられている。

これらに起因して、追突事故や追い越し接触事故が発生している。

神戸側流入部(京都方面行き)は、右折レーン長が不足しており渋滞が発生し、渋滞に起因する追突事故や追い越し接触事故が発生している。

国道170号の京都側流入部は、常時左折可となっているが、流出側の国道171号には合流専用レーンが設置されていないため、安全確認のために徐行または一時停止を要するので、これに起因する追突事故が発生している。



図-2 事故発生場所(整備前)

表-1 国道171号における交通事故発生件数(整備前)

	H22年	H23年	H24年	H25年	H26年	計
事故件数(件)	18	12	8	14	11	63
死者(人)	0	0	0	0	0	0

※事故ピンマップ図(大阪府警提供資料)による。
 ※高槻市南松原町地内～京町地内

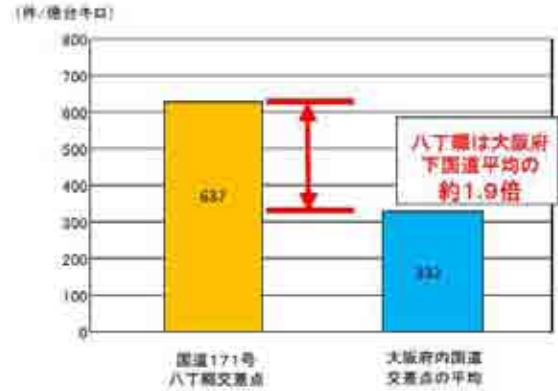


図-3 大阪府下の国道交差点の死傷事故率

(2)対策の概要

1)京都側(右折レーン・左折レーンの新設)

京都側流入部(神戸方面行き)に不足している右折レーンおよび左折レーンを新設する。

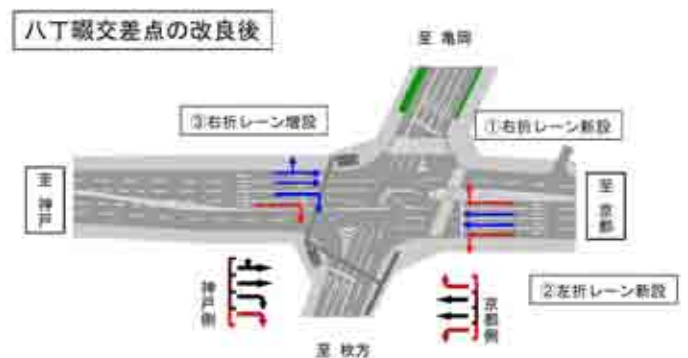
2)神戸側(右折レーンの増設)

神戸側流入部(京都方面行き)の右折レーンは、現在1車線から新たに1車線増設して2車線化する。

3)歩道整備

整備前の歩道幅員は3.0m(有効幅員2.5m)であるが、自転車交通量(8,104台/日 H22調査)及び歩行者交通量(5,308人/日 H22調査)が多いことから、道路構造令に準拠し、幅員4.0mの自歩道を道路の各側に設けることとした。

図-4 おもな整備内容



(3)業務の経過

昭和44年	都市計画変更
平成6年頃	用地買収着手
平成12年度	事業化(松原町地区)
平成12年10月	用地取得着手(京都側)
平成20年度	事業化(京口町地区)
平成20年10月	用地取得着手(神戸側)
平成25年8月	都市計画変更(立体交差から平面)

交差へ)
 平成 26 年度 事業認定告示
 平成 27 年 12 月 用地取得完了
 平成 28 年 5 月 工事着工
 平成 29 年 6 月 工事完了

3. 事業実施による効果と検証

八丁交差点における事後評価の検証指標とその結果概要を取りまとめた。

検証指標	分析手法・対象条件等	評価結果概要
①渋滞状況の変化	対策前後における渋滞長・調査地点の比較	改善 国道171号および府道伏見柳谷高槻線の渋滞が解消し、国道170号の交通も改善
②ETC2.0 急制動分析	急ブレーキ発生率等の変化を検証(全時間・混雑時)	改善 全時間・混雑時において大幅に急ブレーキ削減 全時間:43~62%減、混雑時:38~68%減
③事故発生件数変動	対策前後7と対策後12月の同時期で事故発生件数の比較	モニタリング 対策後の事故発生件数が少ないことから、十分な評価が難しい。 4ヶ月データでは一部事故が減少、右折レーン付近の追突事故が増加
④利用者意見		
一般利用者意見 (WEBアンケート結果)		改善 意見多数 一般道路利用者では、全体の約73%の方が渋滞解消を満足、約84%の方が安全性向上を満足
バス・タクシー会社意見 (ヒアリング/ドライバーアンケート結果)	改善して良かった具体的な内容意見、届いての満足状況、安全性が改善されたかの意見取合	改善 意見多数 地域公共交通機関【ベテランドライバー視点】では、約93%の方が安全性向上を満足
高校中学校・高校意見 (アンケート結果)		一部 改善 通学で利用する地元中学校・高校生では、約29%の方が安全性向上を満足。 (家北側:50%、東田側:21%)

表-2 検証結果

渋滞状況の変化、ETC2.0 の挙動分析、急減速削減効果、道路利用者の意見について、以下に詳細に述べる。

(1)渋滞状況の変化

八丁交差点では、右折専用レーン及び左折専用レーンを新たに設置することによって、国道171号および府道伏見柳谷高槻線の渋滞が解消し、国道170号の渋滞・事故件数も改善された。

国道171号の京都市行車線は、改良前の最大渋滞長が120mで通過時間に7分所要していたが、改良後は、渋滞が発生していない。神戸行車線は、改良前の最大渋滞長が160mで通過時間に4分所要していたが、改良後は、渋滞が発生していない。

府道伏見柳田高槻線は、改良前の最大渋滞長が1100mで通過に21分所要していたが、改良後は、渋滞が発生していない。

国道170号は、改良前の最大渋滞長が1050mで通過時間に23分、要していたが、改良後は、最大渋滞長が200m、通過には6分に短縮されている。



図-5 渋滞状況の変化

(2)事故発生件数の変化

対策前後4ヶ月データ(H27年7月~10月とH29年7月~10月)の比較では、交差点付近全体の事故件数の削減が確認される。一方、八丁交差点東側下り方向にて、新設右折レーン付近で追突事故が集中して発生している。対策直後であることから、事故発生状況は、今後分析することとする。

(3)ETC2.0 プローブデータを利用した挙動分析

1)ETC2.0 プローブデータとは

ETC2.0 プローブデータとは、車両に搭載された ETC2.0 対応車載器と道路上に設置された ETC2.0 プローブデータを収集可能な路側機が通信することにより、車両の走行履歴や挙動履歴等を含んだ大量の情報のことである。

2)全時間帯での急減速削減効果

全時間帯での急減速に関して ETC2.0 データを用いて比較検証を行った。

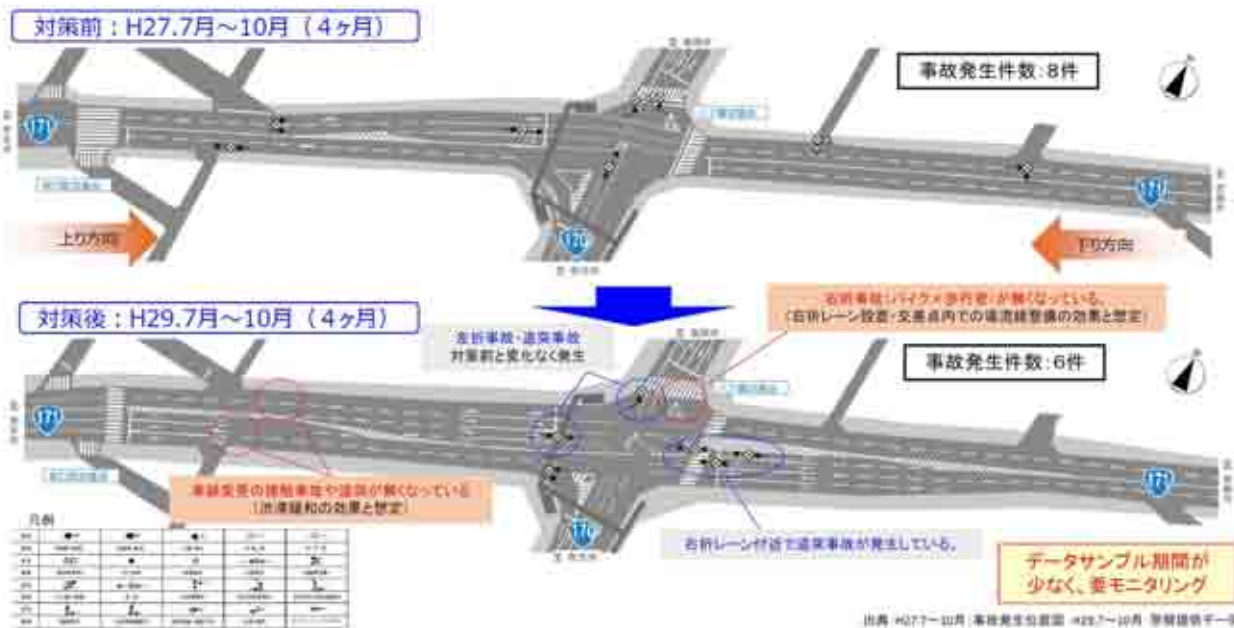


図-6 事故発生件数(改良前後)

国道171号八丁驛交差点を直進する車両が交差点付近で急ブレーキをかける件数が大幅に減少(43~51%減少)し、通行車両の安全性が向上している。



図-7 急ブレーキ件数の変化(全時間帯)

出典：ETC2.0プローブデータ

(整備前)：H27.9~11月、(整備後)：H29.9~11月

3) 混雑時間帯での急減速削減効果

特に車が集中する通勤時間帯(7時~9時、17時~19時)での急減速に関してETC2.0データを用いて比較検証を行った。

通勤時間帯においては急ブレーキをかける車両が38~66%減少しており、-0.7G(0.1Gは3秒間に10km/h減速する減速度)の非常に強い急ブレーキに関しては最大77%もの大きな減少効果が発生している。



図-8 急ブレーキ件数の変化(混雑時)

出典：ETC2.0プローブデータ

(整備前)：H27.9~11月、(整備後)：H29.9~11月



写真-3 国道171号京都向きの状況(整備後)



写真4 国道171号神戸向きの状況(整備後)

(4)道路利用者へのアンケート結果

アンケート調査は、改良前後において当該交差点を利用したことがある①一般ドライバーを対象にしたWEBアンケート調査 ②地元タクシー・バス会社の近隣営業所の運転手を対象にしたアンケート調査 ③地元中学校・高校を対象にしたアンケート調査を実施し、安全性向上に関する実感、意見などを収集した。

1)一般道路利用者(一般ドライバー)(500名)の意見

WEBアンケートによる一般道路利用者の回答では、全体の約73%の方が渋滞解消を実感、約84%の方が安全向上を実感している。



図9 渋滞解消についての結果



図10 安全性向上についての結果

2)地域公共機関(バス・タクシードライバー視点)の意見

地元タクシー・バスドライバーにアンケートを実施したところ、約93%の方が安全性向上を実感している。

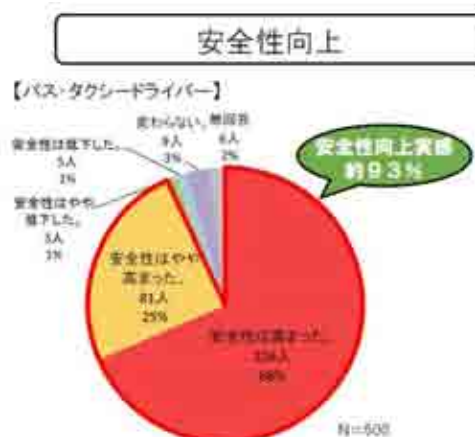


図11 安全向上性についての結果

3)地元中学生・高校生の意見

通学で利用する地元中学生・高校生の回答では、約29%の方が安全性向上を実感している。



図12 安全向上性についての結果

4. おわりに

検証結果により、国道171号および、府道伏見柳谷高槻線の渋滞が解消し、国道170号の渋滞も改善や急ブレーキの発生率においても全時間・渋滞時においても大幅に減少しており、右折レーン、左折レーンを設置による効果が確認できた。

また、一般ドライバーによるWEBアンケート、バス・タクシードライバー、中学生・高校生から、渋滞解消を実感、安全性の向上も実感した意見が多数寄せられました。

以上の検証結果と利用者からのアンケート結果から、これまで、慢性的な渋滞の発生や事故が多発していた八丁畷交差点が改良事業により交差点改良が完成したことで、多くの利用者に喜ばれていることと推察されます。

また、ETC2.0 プローブデータの活用により、車輛の挙動を把握することで、今後のきめ細かな交通安全対策の設計等に生かして参りたいと考えます。

参考文献

1) 八千代エンジニアリング：交通事故対策効果検証他業務(2018.3)

謝辞：本論文のとりまとめに際し、関係各位には多大なご協力とご意見を賜りました。ここに感謝申し上げます。

この歩道橋撤去します ～職人たちのリスク軽減策～

伊藤 聖晃¹

¹滋賀県道路課 (〒520-8577 滋賀県大津市京町四丁目1-1)

本県でほとんど例のない歩道橋撤去工事を2016年12月に実施した。DID地区に位置し、架空線や住宅等が近接し、夜間通行規制中のみの作業となるなど厳しい現場条件であったが、その中で生まれた作業を円滑に進めるためのアイデア(リスク軽減策)を紹介するとともに、これらをリスクアセスメントという観点で整理した内容を報告する。

キーワード 歩道橋撤去, リスク軽減策

1. はじめに

横断歩道橋は自動車交通量の増加に伴い、課題となった交通安全対策として、1960年代から全国的に設置されてきた。

滋賀県内でも横断歩道橋が36橋あり、1960年代から1980年代にかけてほとんどの横断歩道橋が設置されている(図-1)。その多くは通学路として利用されているが、供用開始後、40年近くが経過し老朽化が懸念されている。

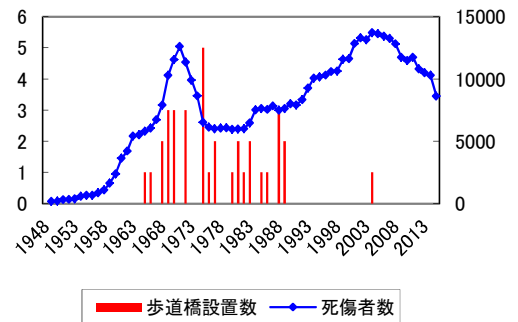


図-1 滋賀県内の交通事故死傷者数¹⁾と歩道橋数の関係



図-2 撤去前状況写真(上: 建部歩道橋 下: 東中野歩道橋)

そのうち滋賀県東近江市の DID 地区内にある建部歩道橋と東中野歩道橋の 2 橋(図-2)について、維持管理方針の検討を行い、撤去することを決定した。滋賀県内では、道路拡幅事業等にあわせて歩道橋撤去は事例はあるものの、インフラメンテナンスの思想のもと、単独での撤去は初めてのものである。

2. 概要

(1)建部歩道橋

主要地方道彦根八日市甲西線に架かる建部歩道橋（滋賀県東近江市建部日吉町）は、1970年に供用開始された横断歩道橋であった。橋長は水平距離で39.9m、幅員は1.5m、径間数は4径間、主桁は鋼製 I 桁とデッキプレートからなっていた。（図-3,4）

また、東近江市立八日市北小学校の児童の通学路に指定され、4 自治会在住の約 35 名の児童が利用していた。

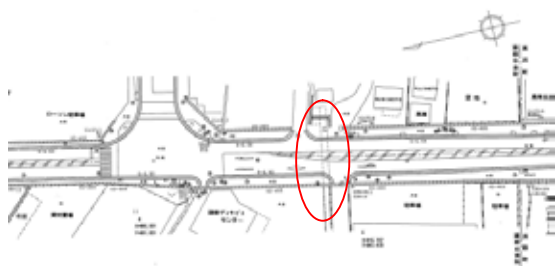


図-3 建部歩道橋周辺平面図

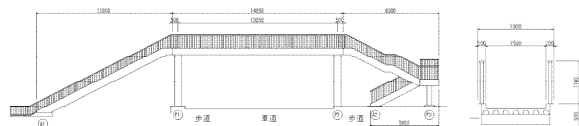


図-4 建部歩道橋諸元

(2)東中野歩道橋

東中野歩道橋は国道 421 号を跨いでおり、1968 年に供用を開始した。橋長は水平距離で 40.6m、幅員は 1.5m、径間数は 5 径間、主桁は鋼製 I 桁とデッキプレートからなっていた。

3. 経過

建部歩道橋は凍結防止材等の影響による鋼製排水管の落下、東中野歩道橋は鉄筋腐食による階段ステップ裏のコンクリートが剥落し、緊急点検・応急措置および関係機関協議の上、撤去に向けて進めることとなった(表-1)。

4. 撤去順序

両歩道橋とも階段部撤去 1 日、反対側階段撤去 1 日

表-1 経過整理表

	東中野歩道橋	建部歩道橋
H27.5	コンクリートはく落 (応急措置)	
H27.7	関係機関協議(市、警察)	
H27.8	関係自治会協議(中野校区)	東側桁下 排水管落下 (応急措置・通行止め)
H27.9	関係機関同意	関係機関協議(PTA、自治会)
H27.12	通行止め	横断歩道設置
H28.9	横断歩道橋撤去工事 契約 (田中シビルテック株式会社)	
H28.12	横断歩道橋撤去工事 施工	



図-5 通路部撤去状況写真(左：建部歩道橋 右：東中野歩道橋)

、通路部(階段部と階段部の間で道路を跨ぐ部分)撤去1日の順番で撤去作業を行った。本体階段部・通路部を撤去するまでに、照明灯や案内標識などの付属物を撤去し、つり金具を設置するための桁の削孔、手すりの切断など準備作業を行った。建部歩道橋は通路部撤去の1日、東中野歩道橋は通路部撤去1日(図-5)と片方の階段部撤去1日の合計2日において夜間通行止めにより作業を行った。

5. 撤去作業までの準備

撤去作業までに実施した主な準備作業はつぎのとおりである。

(1) 工事説明・広報

撤去作業2ヶ月前から地元関係者に説明を行った。周辺道路を夜間通行止めして実施する工事であることから、沿道の店舗や近隣住宅を訪問し直接説明を行った。周辺自治会には工事案内の回覧を依頼し地域への周知を行った。

また、第三者に対しては、本庁道路課からの記者発表、東近江市ホームページへの掲載により周知を行った。

(2) 横断幕設置

撤去1ヶ月前から両歩道橋に横断幕を設置した(図-5)。「この歩道橋撤去します ●●～●● 12● 夜間(22:00～6:00)通行止め」(●には予告看板と同じ内容)という内容である。両歩道橋ともDID地区に入っており、24時間交通量が、建部歩道橋が跨いでいる主要地方道彦根八日市甲西線は約9,700台、東中野歩道橋が跨いでいる国道421号は約9,600台であり、立て看板よりも文字が大きく車線上の目に入りやすいところにあるため、車両に対する周知においては大きく貢献したと思われる。

(3) 通行止め区間予告看板設置

撤去2週間前から通行止め区間を案内する看板を、通行止め区間および周辺道路に設置した(図-6)。この看板を見たということで、個人のブログで取り上げられており、関心を持っていただいていることを実感した。

(4) 腐食ボルトの交換

上部工と橋脚を連結しているボルトが凍結防止材等により腐食が進み(図-7)、一部のボルトではボルト孔と一体となっていた。撤去作業時に容易に部材を分離し作業時間を短縮するため、予め新品ボルトに交換した。

ボルトの交換作業には1橋あたり1夜間作業が必要であった。この作業を実施せずに、階段部、通路部の撤去作業を実施していたら、通行止め規制時間が完了予定時刻を越えていたと思われる。この作業が歩道橋撤去作業完

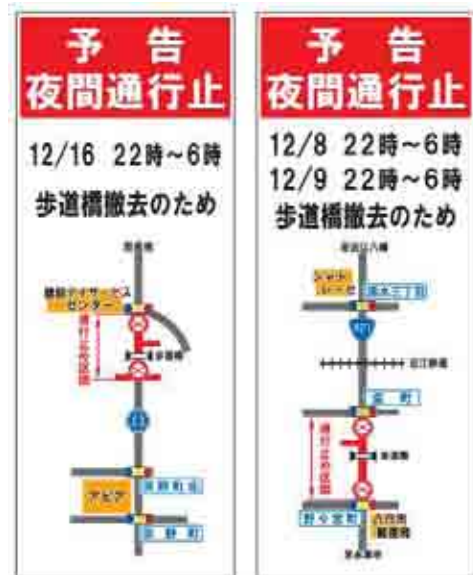


図-6 予告看板(左:建部歩道橋 右:東中野歩道橋)



図-7 ボルト状況写真(左:健全2本 右:撤去後2本)



図-8 小型高所作業車

了に重要な役割を果たしていた。

(5) 小型高所作業車の採用

効率よく桁下の作業を進めるため、配置スペースが小さく、小回りの効く小型高所作業車(自走式リフト(クローラ・ブーム式))を配置した。(図-8)

(6) 電線の養生

両歩道橋において、架空線が近接していたため電線管理者と調整を行った。通路手すりの上端から上空架空線までの離隔がもっとも近い箇所では1.5m程度であったため、電線管理者により養生を依頼した。

東中野歩道橋では、少しでも離隔が取れるよう、複数ある電線を束ねた。

6. 想定内と想定外

(1) 想定内

通路部と階段部の接合部は凍結防止材等により密着し取れにくい状況であった。階段部と基礎部は基礎コンクリートと鋼材の密着により取れにくい状況であった。

各部材が密着し取れにくい状況が発生した部材はガスにより切断した。

(2) 想定外

東中野歩道橋において、階段部と基礎部の接合部の隙間から生えていた南天の木の根が引張力に強かったことである。根が地盤から離れた際には、部材が上下に震動しヒヤリとする場面があった。

7. 現場条件の整理

(1) 有利な条件

建部歩道橋周辺には、撤去後一時的に部材を仮置きできるスペース(店舗駐車場や貸し駐車場)があったことがあげられる。通行止め車線上のみでは、部材吊り上げのためのクレーンと撤去部材運搬するトレーラーの配置が困難であった。

また、東中野歩道橋から100m程度、建部歩道橋からも1km以内のところに小学校跡地があり、撤去部材の処分運搬まで1ヶ月程度仮置きできた。

(2) 不利な条件

建部歩道橋においては、歩道橋上部を横断する架空線、平行する架空線を合わせて四方に架空線があり、離隔が通路部手すり上端から約1.5mであったことがあげられ

る。

東中野歩道橋においては、歩道橋上部を横断する線があり離隔が通路部手すり上端から約1.5mであったこと、近隣住宅の軒先との離隔が1m未満であったことがあげられる。

8. リスク軽減策

(1) リスク軽減の考え方

前章までに紹介した内容をリスクアセスメントという観点から整理する。

厚労省ホームページ²⁾によるとリスクアセスメントの基本的な手順は、①危険性・有毒性の特定、②危険性・有毒性ごとのリスクの見積もり、③リスク低減のための優先度の設定・リスク低減措置内容の検討、④リスクの低減措置の実施、である。リスクの見積もりについては、「危険性・有毒性によって生ずるおそれのある負傷・疾病の重篤度と発生可能性の度合いの両者の組み合わせ」とされている。

本工事に照らし合わせると、危険性・有毒性を「工事中に発生が想定される危険な事象」と置き換えることができると考えた。また、想定される危険な事象のリスクを『発生した場合の重篤度(10段階) × その事象が発生する確率(10段階)』と設定した。重篤度または発生確率を可能な限り0に近づける対応策によりリスクを軽減するということである。

(2) リスク軽減策の整理

現場代理人に対しヒアリングを行い、歩道橋撤去作業に入るまでに想定できた危険な事象と、5章から7章で挙げた内容やその他準備内容を整理した(表-2)。手順の①と③④である。また、②については撤去作業前には整理していなかったため、筆者が作業前と作業後の数値を想定した。ヒアリングによると、安全教育等で労働災害についてのリスクアセスメントの考え方は確認しているとのことであったが、歩道橋撤去作業について、リスクアセスメントの考え方は整理していないということであった。

表-2により整理した結果、発生確率を下げる対応策は全事象に対し挙げられた。重篤度を下げる対応策については、少ないが数点挙げられた。

傾向としては、撤去部材の落下や積み込み不良といったものに対して重篤度を下げる軽減策はほとんどなかった。大きな構造物の動きを制御するためには、時間、空間、技術、コスト等が必要である。限られた予算・時間の中で、リスクを軽減するために発生確率を下げる軽減策が多くあげられたと推察する。

また、架空線や近隣建物への接触・破損といったもの

表-2 想定される危険な事象とリスク軽減策

起因分類	①想定される危険な事象	②対策前			③リスク軽減策	重篤度を 下げる	発生確率を 下げる	対策後		
		重篤度	発生確率	リスク				重篤度	発生確率	リスク
直接 (機械・作業員・部材によるもの)	解体不可能	8	8	64	腐食ボルト交換 油圧ジャッキ配置 小型リフトの採用		○ ○ ○	8	4	32
	撤去部材落下	10	5	50	撤去部材重量算定(詳細) つり金具の事前配置 付属看板等の事前撤去 リスク共有(毎日・全員)	○	○ ○ ○ ○	8	2	16
	撤去材積み込み不良	10	5	50	機械・撤去部材配置計画 周辺駐車場等の借り上げ 特殊トレーラーの使用 リスク共有(毎日・全員)		○ ○ ○ ○	10	2	20
	架空線への接触・破損	10	8	80	架空線養生 結束吊り上げ	○ ○	○ ○	5	5	25
	近隣建物への接触・破損	10	8	80	合図者・見張員の配置 溶接時の養生シート設置 消火器配置・散水 機械・撤去部材配置計画 部材端部の明示(青色ライト)	○ ○ ○	○ ○ ○	5	5	25
間接 (第三者によるもの)	周辺住民・店舗等からの苦情・作業阻止	5	9	45	ビラ配布・個別説明 横断幕設置 看板設置 作業終了時の清掃(毎日)		○ ○ ○	5	2	10
	一般交通の進入	5	9	45	ビラ配布 横断幕設置 看板設置 誘導員・バリケード等の設置		○ ○ ○ ○	5	2	10

に対しては、重篤度・発生確率を下げる策がともに挙げられていた。周辺への影響を極力抑えるという意識が高いことが推察できる。

(3)課題

リスクアセスメントを実施するうえで課題として次の2点を挙げた。

まず、想定される危険な事象・リスク軽減策の抽出においてのできるだけ多くの関係者から意見を吸い上げられるかということである。工事関係者だけでなく、周辺の住宅・店舗等やの意見にも、思いがけない内容が含まれることがあるため無視はできない。

次に、重篤度、発生確率を数値化の精度である。数値化することにより優先順位を付けることができ、リスク軽減策を効率よく抽出できる。しかし、数値化する担当者の主観や経験で大きくも小さくもなる。数値化に重き

を置くよりもリスク軽減策を検討することに時間を割くほうがよいと考える。

9. おわりに

本稿では 2015 年に撤去方針が決定した建部歩道橋および東中野歩道橋の撤去工事で実施した内容とリスク軽減策の整理について報告した。

前例や経験の無い歩道橋撤去という作業であったが、準備段階の綿密な計画・準備によりリスクを軽減させ、撤去作業はほぼ予定通りに進み、予定時間の遅延、および事故なく撤去完了することができた。設計段階での検討も大切な要素であるが、橋梁架設工事・橋梁修繕工事を数多く経験する施工業者およびその担当者の発想も重要であることが確認できた。

また、本工事で整理したリスクの考え方やリスク軽減の取り組みについて、一部課題はあるものの今後の構造物撤去工事、また経験したことのない工事を進めていく際の一助になれば幸いである。

最後に、撤去することとなる橋梁等は、それが置かれた環境での損傷状況を観察するために非常に有益な教材である。道路橋点検要領等で記載されている損傷事例を間近で確認できるため、撤去した橋梁の部材を保管し研修等で役立てるなどの有効活用方法も検討していくのがよいと思われる。

謝辞：緊急点検や関係者協議および歩道橋撤去事業推進にご協力いただきました地元自治会、各業者、東近江警察署、東近江市役所関係各課等のみなさまにはこの場を借りて深く感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 滋賀県の交通事故・自動車台数等の推移(滋賀県警察本部ホームページ)
- 2) 事例でわかる職場のリスクアセスメント(厚生労働省ホームページ)

毛馬排水機場ポンプ設備の健全度を 評価する項目の整理

栗山 大生¹・辻野 直義²

¹近畿地方整備局 兵庫国道事務所 管理第二課 (〒650-0042兵庫県神戸市中央区波止場町3番11号)

²近畿地方整備局 淀川河川事務所 施設管理課 (〒573-1191大阪府枚方市新町2丁目2-10)

毛馬排水機場は、機場計画総排水量330m³/sの排水能力を有している大規模施設であるが、ポンプ設備設置後40年が経過したため通常の定期点検では確認が困難である設備の劣化が見られはじめた。

そこで、ポンプ設備の健全度を把握するために6号ポンプ設備の分解整備にあわせ精密診断を行った。本論文では、6号ポンプの分解整備と精密診断結果から整理した定期点検時における機械設備の健全度評価に必要な項目を報告する。

キーワード 大規模施設, 分解整備, 精密診断, 健全度評価

1. はじめに

毛馬排水機場は、高潮や洪水時において寢屋川流域の水位低下を図るため大川の水を淀川に排水することを主な目的として1978年に設置された大規模内水排除施設である。排水量55.0m³/sのポンプが6台設置されており、機場計画総排水量330m³/sの排水能力を有している。また、近年集中豪雨等の異常気象から6台同時に稼働する頻度が高くなっている。機械設備は、有事に確実に可動することにより機能を果たすものであり、本機場においては、社会的重要度と設備の規模から常に安全確実に操作ができる機能を保ち続けるための維持管理が必要である。

本機場は、設備設置後40年が経過し、通常の定期点検では確認が困難である設備の劣化が見られはじめた。特に6号ポンプで確認された主ポンプのインペラハブからの漏油は、ハブ内の潤滑不良やハブ内への海水浸入によるポンプの運転不能が想定されたため分解整備を実施した(写真-1)。

一方、設備の劣化が発生すると、装置・機器の整備や更新の必要性が高まるため、点検結果等の必要な情報を基に健全度を評価し、整備・更新の方策と実施すべき時期を決定していくこととされている。ここで、健全度とは、設備の稼働及び経年に伴い発生する材料の物理的劣化や、装置・機器等の性能低下・故障率の増加などの健全性を示す指標であり、健全度評価は、

健全度を用いて保全の優先順位を評価するものである¹⁾。つまり、通常の保全サイクルでは把握できない材料の物理的な劣化の状況及び劣化原因等を特定し、今後の運用に関する適用性を評価する必要があることが示されている。

6号ポンプは、主に電動機、減速機、主ポンプに区分され、動力軸からもう一方の軸に動力を伝達するため軸同士を結合する際、それぞれの回転軸が運転状態で同一線上に位置するように位置が調整されている可動翼機構を備えた機械設備である。そのため、回転体の重心と回転中心のズレ(偏芯)がある状態で回転した時に、遠心力で振動・騒音を発生させ、経年的に軸受部の磨耗、劣化が促進されるメカニズムである。

そこで、6号ポンプ設備の健全度評価を行うために異常の発生箇所・原因の特定や劣化の程度を把握する精密診断と分解整備を実施し、機器の状態の評価を行い、定期点検時の健全度評価に必要な項目を整理した。



写真-1 ポンプインペラハブ漏油状況²⁾

2. 精密診断と分解整備について

(1) 精密診断について

回転体は回転機が軸受の上に固定されてある一定方向に回転する。この時、回転体が表面欠損などの不均衡な状態にあると外側に向く力 F_o （遠心力）が働き、この遠心力の力を打ち消す様に軸受けには反対の力 $-F_o$ （向心力）が働くこととなり、回転にアンバランスが生じ振動・騒音を発生させる要因となる（図-1）。このアンバランスが、長時間運転で軸受部に負荷をかけることとなるため、軸受部の温度上昇を招き、その温度上昇により熱膨張して軸受け部の油膜が薄くなり、潤滑不良をおこすため、磨耗、劣化が促進されることとなる。

以上より、ポンプ設備の状態を知る診断方法として振動・騒音の発生が、機器の磨耗、劣化に影響することとなる「振動」「温度」「潤滑油」の状態監視項目により計測する。各実施項目は下記の通りである。

a) 振動計測・解析による機器の異常診断²⁾

振動解析による診断は、主軸のアンバランス、動力伝達系統のミスアライメント等の回転体の異常により現れる機械への影響を検知する。

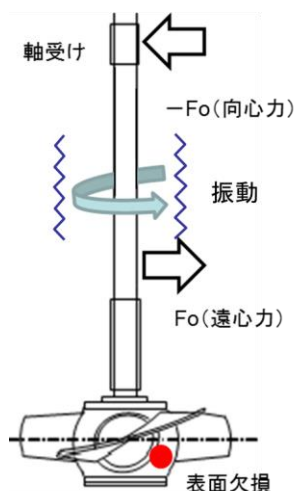


図-1 回転体のアンバランスと振動発生メカニズム



写真-2 振動測定実施状況

振動データにより機器状態を診断するため、完成時の計測値、要領等に定められる管理基準値と比較する簡易診断（絶対値判定、相互判定、相対判定）と、測定振動値の周波数から機器の異常特定を行う精密診断（振動解析）を行う（写真-2）。

b) 温度計測による機器の異常診断²⁾

温度計測による診断は、軸受の過負荷、歯車等の異常により現れる潤滑油の温度上昇を検知する（写真-3）。

c) 潤滑油分析による機器の異常診断²⁾

潤滑油分析は、油の劣化状態だけでなく、トライボロジー（摩擦、摩耗、潤滑を扱う工学）による内部部品異常摩耗把握による診断を併せて実施し評価する。SOAP法においては、金属成分から異常摩耗の発生部位の把握、フェログラフィ法においては、摩耗粉の形状と量から摩耗の強さ把握を目的として実施する（表-1）。

(2) 分解整備について

腐食が進行したインペラハブの取替を実施するとともに、各機器の内部部品の計測・試験を実施した。



写真-3 電動機付き温度計及び減速機温度計盤

表-1 トライボロジーによる潤滑油分析の特徴と診断適正

方法	特徴	状態把握 (◎: 適、○: 可)	
		摩耗の発生部位	摩耗の強さ
SOAP法	潤滑油中の微量元素成分を「分光分析」で把握し発生源と原因を診断する。	◎	○
フェログラフィ法	潤滑油中の粒子濃度や粒子形状の分析により、通常摩耗、損傷の発生等を検知する。 ・定量フェログラフでは、粒子の濃度と粒子の大きさ別の割合から異常を検知 ・分析フェログラフでは、摩耗粒子が配列したフェログラムを光学顕微鏡で観察して粒子形状、大きさ、表面状態、色、量から摩耗状態を分析	○	◎

3. 診断結果²⁾

精密診断結果と分解整備結果を整理する。

(1) 振動計測・解析

電動機と減速機の継手に芯ずれが最大値で水平方向に106/100mm、鉛直方向に19/100mmが確認された

(写真-4)。

主ポンプと電動機の継手に芯ずれの異常は確認されなかった。

(2) 温度計測

減速機軸受、減速機潤滑油、電動機各部温度計測結果については、各測定点の値を号機ごとに相互比較した結果、異常上昇は確認されなかった。

(3) 潤滑油分析

シールグリースに水分が多く、また、オイルシールに硬化が確認された(表-2、表-3、写真-5)。

さらに、インペラハブ可動翼機構潤滑油から羽根軸受の銅合金の摩耗の影響とされる銅成分が検出され、使用油に含まれる大きな粒子(5 μ m以上)と小さな粒子(2 μ m以下)の各濃度を調べることによって機械の診断を行う分析法である定量フェログラフにおいて摩耗異常と判定されるレベルの摩耗粒子濃度が確認された。

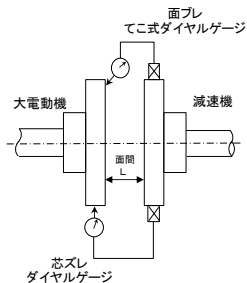


写真-4 芯ズレ計測方法と芯ズレ計測状況

表-2 シールグリース性状分析結果

項目	水分 mass ppm
水分が多いシールグリース	112000(11.2%)
水分が少ないシールグリース	25800(2.58%)

表-3 オイルシール硬度測定結果

項目	新品	今回測定点(円周等間隔4点)			
		1	2	3	4
オイルシール 硬度	80	87	88	86	87

減速機潤滑油はオイル性状試験によれば減速機の潤滑油の劣化は進んでいないが、定量フェログラフにおいて摩耗異常と判定されるレベルの摩耗粒子濃度が見られた。なお、分解検査の結果異常・損傷はなかった(表-4)。

(4) 分解検査

全厚50mmインペラハブに最大深さ13mmの腐食が確認された(写真-6)。

ケーシングベース部及びケーシングカバーベース部のレベルは±0で誤差はなく、コンクリート構造物に傾きは確認されなかった。

減速機架台(ベース)の1箇所1mmの沈下、最大0.65mm/mの水平度傾きがあり、ポンプ室床の僅かな変位が確認された。

主ポンプ主軸受(スラスト軸受)のすべり面に爪が引っかかる傷が確認された。

主ポンプ水中軸受部のゴム軸受、スリーブの摺動しない箇所に錆、汚れあり、ゴムの硬化が確認された。

主ポンプ主軸の接水部に腐食は確認されるが、異常曲がり確認されなかった。

減速機潤滑油冷却器内部には目立った腐食はないが、熱交換用伝熱管付属部品にやや腐食があった。



写真-5 オイルシール硬度測定状況

表-4 定量フェログラフによる摩耗粒子測定

区分		大きな粒子 濃度 5 μ m以上 A/ml	小さな粒子 濃度 2 μ m以下 A/ml
		定量フェログラフ	底部
	中間部	0.7	0.7



写真-6 ポンプインペラハブ腐食状況

4. 考察

精密診断において、振動計測により電動機と減速機の継手に芯ずれが確認されたが、温度計測による異常上昇は確認されなかった。これは、従来から使用されていた継手が発生した振動を許容する範囲内であり、温度の異常上昇が発生しなかったことから芯ずれに起因するトラブルが軽減できていたと考える。また、インペラハブ内部の機器が摩耗していることが潤滑油性状分析により確認された。潤滑油は、摺動面の摩擦摩耗の低減、発熱部の冷却や機械内部で発生した摩耗粉などの不純物を運ぶ役割を担っていることから、潤滑油の劣化の原因となる要素を示していると考えられる。

つまり、芯ずれ、インペラハブ内部の機器の摩耗は、ポンプ設備の現在の機器や材料の物理的な劣化を分解整備を伴わない精密診断で数値化することで定量的に把握できると言える。ただし、計測箇所により応答性が違うといったデータの信頼性に関わることもあるので計測する目的により計測方法・計測箇所などに改善が必要であることもわかった。

また、排水機場吸水路内への海水混入が確認されていることから、インペラハブは、表面の塗装被覆に経年的に生じた微細な隙間から水が浸入し、電位的に腐食し易い炭素鋼(SC450)製であるため表面に腐食が生じたものと考えられる。インペラハブの設計肉厚は50mmであることから、20%以上の減肉箇所が点在している状態である。ゆえに、汽水の影響により腐食し、表面欠損したインペラハブは、回転体としての機能が不足し、減速機とポンプの芯ずれを誘発すると考えられた。しかしながら、振動計測では、主ポンプと減速機の継手に芯ずれなどの異常は確認されなかった。インペラハブについては、異常値を検知していないが、状態は腐食が激しく表面欠損していることから、修繕を実施するまでの時間はあるが、振動計測を続ける監視が必要であると言える。

つまり、定期点検結果に分解整備を伴わない精密診断の数値化による定量的な把握をあわせることで将来への影響が予測できることから状態監視保全方式による管理ができることがわかった。

一方、定期点検時に6号ポンプで確認された主ポンプのインペラハブからの漏油は、オイルシールの分解目視の結果、異常摩耗・傷は確認できなかったが、分解整備時の計測から、新品硬度80に対し86~88の数値を示していたことおよび、オイルシールに塗布されたグリースに水分が多い結果を得ていたことから、経年による材質の硬化でオイルシールが全体的に小さくなったために水分が侵入する隙間が存在したことお

よびインペラ稼働時における偏心量(羽根の運転中に回転している軸が振れる量を指す)が大きくオイルシールの先端が回転軸に追従できなくなり、本来の機能である密封能力が失われた結果と考える。

つまり、オイルシールの寿命は、ゴム材質の劣化によると言えるが、今回の漏油の事象からわかるようにゴム材質の劣化は、経年や設備の稼働による耐久性の低下、潤滑油の性状変化やインペラ回転による偏心量といった様々な使用条件が複合して発生するため、定量的な把握ができないことおよび定期点検では分解整備を伴えないことから、精密診断により劣化の進行を予測することは困難であることがわかった。

以上より、定期点検時には機器を分解しなくても評価できる対象については、精密診断項目を実施することとなるが、分解しなければ劣化を確認できない材料については、『機械要素(部品)材料の劣化と劣化によって発生する現象(メカニズム)』に基づいた分解整備の実施時期の決定が必要であると言える。

5. 結言

本機場のポンプ設備について精密診断と分解整備を実施した。通常の定期点検時に機器を分解しなければ劣化を確認できない材料については、『機械要素(部品)材料の劣化と劣化によって発生する現象(メカニズム)』に基づいた分解整備の実施時期の決定が必要であると言える。

6. 今後の課題

定期点検時に実施可能な簡易な精密診断内容の整理および、機械要素(部品)材料の劣化にともなう交換時期(修繕・取替年数)を決定する必要がある。

参考文献

- 1) 「河川ポンプ設備点検・整備・更新マニュアル(案)」(H27.3 国土交通省) 「河川ポンプ設備点検・整備標準要領(案)」(H28.3 国土交通省)
- 2) 「毛馬排水機場ポンプ設備健全度調査他業務」(H30.3 国土交通省近畿地方整備局淀川河川事務所)

※本論文の内容は、従前の所属である淀川河川事務所施設管理課における業務に基づくものである。

工事現場をバックアップする安全管理について

宮本 裕

株式会社大林組 大阪本店安全部 (〒530-8520 大阪府大阪市北区中之島 3-6-32)

近年の建設業における労働災害は、作業員の不安全行動、ヒューマンエラー等の人の行動面、心理面に起因するものの比率が増していると考えられる。各々の建設工事現場は、人員、情報などが限られており、具体的な労働災害防止方策を打ち出して、それを推し進めることは容易ではない。そこで、常設部門による指導、管理、教育面でのバックアップが必要である。本報告は、近畿地方の現場を管轄する大阪本店の安全部門が、安全管理方針と具体的施策を示し、不安全行動、ヒューマンエラー防止対策と、危険に対する感受性を高める体感教育などを実施することにより、現場労働災害防止につなげる取り組みについて示したものである。

キーワード 労働災害防止、ヒューマンエラー、安全体感教育、優良技能者認定制度

1. はじめに

近年、2020年の東京五輪関連工事をはじめとして、建設需要が高まっている。前回の東京五輪は1964年に開催されたが、同年の建設業の死亡災害者数は約2,400人であった。その数は50年以上を経た2016年に初めて300人を下回り294人となった。それは、労働安全衛生法の制定をはじめとする法令の整備に加えて、足場設備等の改善及び機械の安全装置等の技術革新の成果という物質面の要因が大きいと考えられる。

しかし、それらによる労働災害防止には限界があると思われる。死傷災害件数は近年下げ止まり、死亡者数は2017年には増加に転じた。その原因は、作業員の不安全行動、ヒューマンエラー等の「人の行動面、心理面に起因する災害」の比率が増していると思われるが、それらは、現場の担い手不足により、高齢者や知識・経験不足の未熟練者という災害に遭う可能性が高い人たちに頼らざるを得ない事態となっていることが背景にあると思われる。

その背景に対して、各々の建設工事現場において、様々な施工方法、手順、設備、機械等の工夫により労働災害防止対策が実施されている。しかし、建設業は単品生産と言

われ、現場ごとに環境も作業員の質も変わってくるものであり、様々な要因のヒューマンエラーによる災害防止については、現場組織だけで具体的な災害防止策を推し進めることは容易ではない。そこで、常設の管理部門による指導、管理、教育面でのバックアップが必要と考えられる。

そのため、常設部門が、現場の特性を踏まえた個別の現場巡視点検、安全指導教育を行うことで不安全行動、ヒューマンエラーを防止する取り組みを実施することが重要である。加えて、他社や他店の災害事例、災害発生の傾向を踏まえた包括的な安全衛生対策方針や取り組むべき具体的施策を明確に打ち出し、現場所長、安全管理職員、協力会社事業主、職長、作業員への周知及び教育、さらに具体的なヒューマンエラー防止運動、活動の推進に取り組んでいる。加えて、危険に対する感受性を高めることを目的とした体感教育を実施すること、優秀な現場技能職長を認定し、インセンティブを与えて若手の範となるべく自覚を促す制度を導入することなどの方策を展開している。それらの取組みを通して、災害防止のため、現場単独の安全管理だけではカバーしきれない部分をバックアップしている。その概要について報告する。

2. 不安全行動、ヒューマンエラー防止対策

(1) 安全衛生方針、対策要項の周知

【安全衛生対策要項ポスター】

災害の傾向、地域特性などを踏まえて、年度ごとに安全衛生方針としてスローガンを掲げ、何を安全管理目標として定め、その目標実現に向けてどういった運動を展開していくかを明確にすることが現場安全管理を実施するうえで重要と考えられる。それらを安全衛生対策要項としてまとめ、A1ポスター版にして「安全の見える化」を図り、会議打合せ室や朝礼看板等に掲げて、安全目標、やるべきこと、守るべきこと等をいつでも現場職員、作業員が確認できるようにしている。安全衛生対策要項ポスター一例を図-1に示す。

(2) 不安全行動に対する注意

【一声掛け運動】

うっかりミスや不安全行動を見かけたら、現場の中で誰でも気軽に注意しあえるように、現場職員、作業員全員にヘルメットの front と後ろに大きく **ひらがな** で名前を記入する。名前がわかることによって、「おい！危ないぞ！」ではなくて、「〇〇さん。危ないよ！」と相手を思いやる声掛けを行うことができ、注意されて「うるさいな」ではなく、「ありがとう」と思える現場の空気を醸成していくことができる。

また、叱咤の時に声掛けが出来るように、まずは普段の挨拶から「おはよう」、「ご苦労さん」、「ご安全に」と一声掛けを現場所長や協力会社職長がリーダーシップを発揮して、率先垂範するように働きかけている。現場職員、作業員が積極的に声掛けを実施出来るような現場の雰囲気づくり、意識付けを実施している。この運動の定着により、些細な危険の芽も摘み取ることができると考えられる。一声掛け運動概要を図-2に示す。



図-1 安全衛生対策要項 (ポスター)



図-2 一声かけ運動

(3) ヒューマンエラー防止

【一人ATKY活動】

ヒューマンエラー防止対策として一人ATKY活動を推進している。ATKY (アタックケイワイ) とは、従来の作業に潜む危険を想定し、その低減策を考えることによる従来の危険予知活動 (KY活動) に加えて、設備、工具や作業場所の危険な状態を安全点検確認 (ATK:アタック) する活動を合体させて、作業前に各作業グループ単位で実施する危険予知安全活動である。それに対して、一人ATKY (ひとりアタックケイワイ) 活動とは、作業場所において作業している最中に、作業場所周辺状況や設備、工器具などが問題ないか一人一人が指差呼称を行って安全を確認する活動のことである。

作業を始める前に、「立入禁止措置ヨシ!」、玉掛け作業時に「張りヨシ! 退避ヨシ! 地切りヨシ!」、重機運転前に「周囲ヨシ!」離席前に「安全ロックヨシ!」という具合に一つ一つの行動に一人ATKYが実行できる。「なんだ、そんなことか。昔から指差し確認をやらせている。」

と言われるようなことであるが、日常作業行動の中で確実かつ継続的に実施できていないのが実状であった。それを改めて「一人ATKY活動」と位置付け、クローズアップし、指差確認を徹底させることが目的である。活動と位置付けてから、着実に現場での実施が定着しつつあると感じられる。

一つ一つの対象物、動作を指差呼称しながら作業することにより、あわてて怪我をする、周囲を確認せずに災害にあうというヒューマンエラーを防止することができる。指差呼称の効果は、何もしない場合と比較し、6倍の災害防止効果があるといわれていることは周知のとおりである。一人ATKY実施を促す看板例を図-3に、一人ATKY活動実施状況を図-4に示す。



図-3 一人ATKY看板例



型枠大工 丸のこATKY 手元ヨシ!



土工 通路ATKY 足元ヨシ!



弋工 足場ATKY 安全帯ヨシ!



玉掛者 ATKY 玉掛けヨシ!

図-4 一人ATKY活動実施状況

3. 安全(危機)意識の芽生え、高揚

【安全体感教育】

工事現場従事者に対する安全教育方法としては、座学集合教育、現場安全パトロール指導、OJT等がある。しかし、座学やパトロール指導だけでは受講者は受け身になりがちで、知識や技能の習熟が徹底できない。また、現場従事者の年齢、階層構成が偏っており、人数も不足しがちな昨今の現場状況では、ベテランや先輩が日常業務の中で部下、後輩に目をかけて教えることは困難である。

そのため、ヒヤリハットから学ぶ経験も少なく、危険に対する感受性に乏しい若年職員や未熟練作業員に安全意識を芽生えさせ、現場安全レベルの底上げを図るための教育の導入が求められるところである。

近年、安全意識向上のため疑似体験(バーチャルリアリティ:VR)を用いた教育も盛んにおこなわれるように

なってきたが、視覚的な体験だけではなく、聴覚・触覚も合わせて、自分の体で身を持って痛みや恐怖を感じて、実際に災害にあったかのような類似状況を体験することで、危機状況を強く認識し、その意識を持続させる効果を持たせて、危険予知能力・安全意識をより高める安全体感教育の導入を決定した。

自社の大阪機械工場内に体感教育施設として、高所作業、玉掛作業、電気設備作業、機械回転体作業、車両系建設機械作業等の疑似体験施設を新設し、実際に安全帯ぶら下がり、親綱設置高さ有効性体感、玉掛ワイヤー挟まれ、低圧電気危険体感、回転体巻き込まれ、バックホウ旋回激突などを体感して、痛み、怖さ、安全設備の重要性などを体感することができるようにしている。

また、仮設足場・型枠支保工・ローリングタワー等の仮設設備のモックアップ(実物模型)による間違い探し教育も実施している。そこでは、手摺の高さ、幅木、布板の隙間、水平つなぎなど様々な安全上不適切な箇所、法令に違反した箇所が隠されており、実物を見て、登ってその不適

切な個所を見つけ出すことにより自らの安全知識レベルを確認し、安全管理能力の向上を図るようにしている。

一昨年(2016年)に施設を開設、供用開始し、若手、中堅社員や協力会社社員を対象に体感教育を実施し、現在延べ1,000人近くが受講した。受講者のアンケートによると、「映像や写真では伝わらない迫力があつた。」「安全帯を正しく装着、使用することの重要性を認識し

た。」「バックホウの旋回時の破壊力、危険性を再認識した。」といった感想が多く寄せられている。「現場に帰って自分の身を守ること、作業員に声をかけて危険を知らせることに強い意識を持って実行します。」というように危険に対する感受性の向上と、安全、教育、指導に対する意識の芽生えに繋がっている。安全体感教育状況を図-5に示す。



胴ベルト型安全帯のぶら下がり体験



ハーネス型安全帯のぶら下がり体感



玉掛けワイヤーロープ挟まれ体感



バックホウ旋回による激突体感



ローリング足場設備教育(間違い探し)



足場設備教育(間違い探し)

図-5 安全体感教育状況



図-6 スーパー職長・スーパーオペレーター認定式

4. インセンティブ制度

【スーパー職長、スーパーオペレーター制度】

建設業が抱える大きな問題の一つに、担い手不足が挙げられる。建設業を支えてきた現場技能者が高齢化していることに加え、一般に3Kと言われる仕事を嫌がり、その技術を継承する若手技能者が集まらない状況が続いている。そのため、現場の施工技術だけではなく、その経験から培われた危険に対する意識、安全を守る技術も途絶えかねない状況になっている。そこで、建設業で働く人たちに目標を与え、魅力を見出す一助になるようにと、スーパー職長制度を設けた。

スーパー職長制度とは、建設業の魅力を高め、若年建設技能者の入職・定着率を向上させる施策の一環として、当社が2011年に発足させた制度である。認定基準を満たした優秀な職長を対象に、若年建設技能者にとって将来の目標となる理想的な職長として認定するとともに、一定の収入の上積みを行っている。スーパー職長は後輩が背中を追いかけるような憧れの存在であり、現場の要として活躍されている方である。スーパー職長制度は、年々認定者を増やし、現在までに延べ約2,000名を認定している。創設から7年目を迎え、今後もスーパー職長の対象を拡大し、上積み額を増額することとした。さらに、若手職長を対象にスーパー職長ジュニア制度も設けた。

また、昨年新たに大林組認定優良クレーンオペレーター（通称：スーパーオペレーター）制度を創設し、特に優秀なオペレーターの認定を開始した。

認定を受けた技能者は、その名に恥じぬように現場作業の技能だけでなく、率先して安全行動を実施するとともに、管理能力を発揮して若手作業員に対する教育、現場全体の安全レベル向上に寄与している。スーパー職長・スーパーオペレーター認定式状況を図-6に示す。

5. おわりに

品質管理には合格基準があり、それをクリアできれば合格、さらに上位品質を確保できれば加点されるという制度がある。しかし、安全管理には、守るべき安全法令、規定があるが、ここまでやれば合格という基準はない。建設事業に関わるすべての人々を大切に、社会の基盤を支える建設産業の持続的発展を通じて社会に貢献する必要がある。

働き方改革が叫ばれる中、若い人たちが安全な建設現場で安心して働けるような状況に少しでも近づけるべく、今後も建設現場をバックアップする常設部門として様々な対策を検討し、実行していく所存である。

「ご安全に！」