

2017 技術レポート

— 2017 Technical Report —



和光技研株式会社



目次

■ 巻頭言	01
常務取締役 技術本部本部長 坂井 敦行	
■ 技術レポート	
水防法改正に伴う洪水浸水想定区域図の検討事例について	02
技術第 1 部 河川砂防環境グループ 麻生 直斗 水落 彰宏	
治水・環境・コストを考慮した河畔林維持管理計画(案)と今後の課題	06
技術第 1 部 河川砂防環境グループ 林 香名 鈴木 祐子	
門柱コンクリートの動的解析事例	10
技術第 1 部 水工グループ 佐々木健悟 北村 明	
北海道の漁港施設における機能保全計画の実施事例と今後の展望	12
技術第 1 部 河川海岸グループ 藤平 雅之 下山 康弘	
洗掘を受けた橋梁の健全度評価と補強計画の策定	16
技術第 2 部 道路構造地質グループ 表 康則	
高齢化する横断歩道橋の補修計画の策定	18
技術第 2 部 道路構造地質グループ 長谷川直久	
■ 編集後記	20

常務取締役 技術本部本部長

坂井 敦行

技術士
(総合技術監理部門、建設部門)
APEC エンジニア
MBA (経営管理修士)



皆様には、平素より、弊社に対するご指導ご厚意を賜り、心より感謝申し上げます。

弊社は、北海道に根ざした総合建設コンサルタントとして、この半世紀以上、地域住民の安全で安心な暮らしを守るべく、常に新しい技術を取り込みながら建設に関わる技術の向上に努めて参りました。

私たちが暮らす北海道では、昨年、台風が3度上陸するという観測史上初めてとなる特異な現象が起こり、河川の氾濫や洪水、大規模な土砂崩れ等による広範囲で甚大な自然被害が発生してしまいました。微力ながら昨年は弊社も災害復旧のための事業に携わり、被災地の早急な回復に努めさせて頂きましたが、1年経過した現在でも復旧工事中である被災現場が数多く残っており、地域住民の方々には不便な生活を強いられています。ここに、心よりお見舞い申し上げます。

これからも私たちは、「安全で安心な」地域社会を創造すべく、北海道の豊かな自然環境に配慮した技術提案を継続していきたいと考えております。

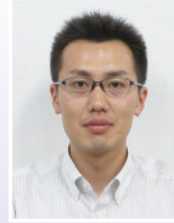
この「技術レポート」は、年に1度社内において開催している技術発表会の内容を取りまとめたものであり、皆様に広くご報告したく平成25年度(2013年)から冊子にして配布させて頂いております。今年度は、環境および公共施設に関する維持管理、また解析手法におけるコスト削減に関する内容等を中心に、整理させて頂いております。

お手すきの際に、ご一読頂ければ幸いです。

これからも、末永くお客様に信頼される総合建設コンサルタントとして、技術力の向上に邁進していく所存です。関係各位におかれましては、今後ともご指導ご支援のほど何卒よろしくお願い申し上げます。

水防法改正に伴う 洪水浸水想定区域図の検討事例 について

REPORT 技術第1部 河川砂防環境グループ
麻生 直斗 (河川点検士)
水落 彰宏 (RCCM：河川、砂防及び海岸・海洋)



麻生 直斗



水落 彰宏

概要

多発する洪水被害への対応を図るため、平成27年に「水防法等の一部を改正する法律」が施行され、洪水浸水想定区域制度が従来の「洪水防御に関する計画の基本となる降雨」から「想定し得る最大規模の降雨」に対応するように拡充された。北海道においては、平成28年8月に発生した豪雨災害を受けて洪水浸水想定区域図作成が急務となっている。本稿では、当社で検討を行った河川での検討事例について報告する。

キーワード ● 水防法 ● 想定最大規模降雨 ● 洪水浸水想定区域図

1. はじめに

近年、全国各地で洪水等の水災害が頻発・激甚化している。平成27年9月の関東・東北豪雨では、住民の逃げ遅れや家屋の浸水により甚大な被害が発生した。

北海道においても例外ではなく、平成26年9月の豪雨では道内初となる大雨特別警報が発表された。また、平成28年8月には3つの台風が上陸し、堤防の決壊やそれに伴う氾濫被害が発生しており、平成に入ってから最大の被害となった(写真-1)。

このような頻発する浸水被害に対応するため、平成27年に水防法が改正され(以下、「改正水防法」として記載)、洪水浸水想定区域の検討対象が「計画の基本となる降雨」から「想定し得る最大規模降雨(1000年に1回程度生じる大雨)」に変更となった。

本稿では、平成28年度に当社で検討を行ったW川での検討事例について報告する。



写真-1 空知川幾寅地区の氾濫状況
(国土交通省北海道開発局札幌開発建設部HP引用)

2. 洪水浸水想定区域図を作成する河川

2-1. 洪水予報河川と水位周知河川

洪水浸水想定区域図を作成する河川は、洪水予報河川と水位周知河川に指定された河川である。

(1) 洪水予報河川

洪水予報河川とは、洪水により国民経済上重大な損害を生ずるものとして指定された河川のうち、流域面積が大きく洪水予報が可能な河川である。報道機関を通じて「氾濫注意情報」や「はん濫警報情報」を周知して住民に避難を呼びかけるものである。

(2) 水位周知河川

水位周知河川とは、洪水により国民経済上重大な損害を生ずるものとして指定された河川のうち、流域面積が小さく洪水予報を行う時間的余裕がない河川である。報道機関を通じて、「特別警戒水位」や「避難判断水位」を周知して住民に避難を呼びかけるものである。

今回、事例として取り上げるW川は水位周知河川に該当する。

2-2. 北海道管理河川の洪水浸水想定区域図

北海道管理河川では、1河川が洪水予報河川、130河川が水位周知河川に指定されている(平成27年3月時点)。平成28年8月の洪水氾濫被害を受けて、道管理の洪水予報河川および水位周知河川では、改正水防法に即した洪水浸水想定区域図の見直し作業を推し進めている状況である。

3. W川における洪水浸水想定区域図の検討事例

改正水防法に即した洪水浸水想定区域図として、当社が作成に携わったW川における検討事例について報告する。

3-1. 対象河川の概要

W川は、道央地域を流下する一級河川である。

昭和40年代に全体計画が策定されており、確率規模50年(下流端地点で $Q=190\text{m}^3/\text{s}$)で改修工事が行われている。流域諸元を表-1に示す。

平成20年度に当該河川の改修規模である50年確率規模の降雨を対象とした浸水想定区域図を作成しており、平成21年に公表している。

表-1 W川流域諸元表

流域面積	A=25.9km ²
流路延長	L=14.2km
計画流量(確率規模)	Q=190m ³ /s (N=50年)
流出解析手法	合理式
洪水到達時間	T=1.51hr
降雨資料	大雨資料第5編
流出率	0.63

3-2. 水防法改正に準拠したマニュアル

洪水浸水想定区域図の検討は、改正水防法に準拠した「洪水浸水想定区域図作成マニュアル(第4版)」(以下、「マニュアル」として記載)をもとに行った。

3-3. 洪水浸水想定区域図の検討フロー

洪水浸水想定区域図作成の検討フローを図-1に示す。本稿では、従来の浸水想定区域図から検討内容が大きく変更となった赤字の検討項目について紹介する。

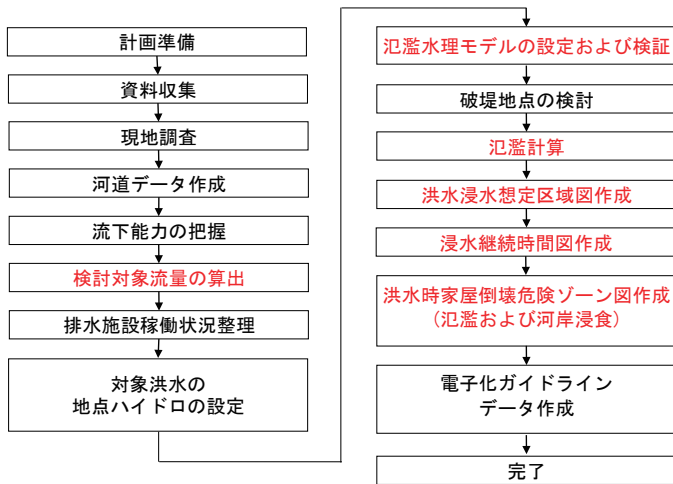


図-1 洪水浸水想定区域図の検討フロー

3-4. 検討対象流量の算出

従来の浸水想定区域図では「洪水防御に関する計画の基本となる降雨」が対象であった。今回、新たに検討を行う洪水浸水想定区域図では、「低頻度・中頻度・中高頻度・高頻度」の4つの頻度を対象とすることになった。

各頻度における降雨の確率規模の目安は表-2に示すとおりとなっており、中頻度～高頻度のいずれかに計画降雨(基本高水の設定の前提となる降雨)規模を含むものとされている。

W川は、表-2の赤枠で囲った確率規模を採用した。

表-2 頻度別降雨規模一覧表

検討ケース	マニュアル 確率規模目安	W川検討対象規模
1. 低頻度	1000年に1回程度 (想定最大規模)	マニュアルから設定
2. 中頻度	100年に1回程度 (1/200～1/80)	N=1/100 (流入先(直轄)計画規模)
3. 中高頻度	50年に1回程度 (1/80～1/30)	N=1/50 (W川計画規模)
4. 高頻度	10年に1回程度 (1/30～1/5)	N=1/10

(1) 低頻度以外の検討対象流量の設定

低頻度以外の検討対象流量は、当該河川の全体計画策定時等に用いた降雨資料や流出解析手法を用いて設定した。

表-1に示す「北海道の大雨資料 第5編」の確率雨量強度式を用いて、合理式法により検討対象流量を算出した。なお、合理式法は洪水のピーク流量を推定する簡便な流出解析手法であるため、合成合理式を用いてハイドログラフ(流量波形)を作成した(図-2)。

その結果、ピーク雨量61.0mm/1.51hr(雨量強度40.4mm/hr)、ピーク流量190m³となった。

なお、図-2の上段はハイトグラフ(降雨波形)、下段はハイドログラフ(流量波形)を表している。

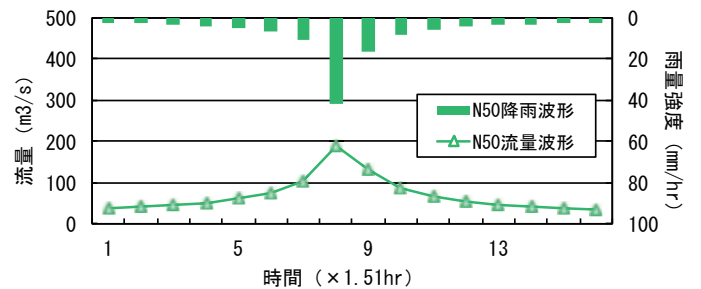


図-2 ハイドログラフの作成例(中高頻度)

(2) 低頻度の検討対象流量の設定

低頻度(想定最大規模)の降雨量は、「浸水想定(洪水、内水)の作成等のための想定最大外力の設定手法」(以下、「想定最大外力設定マニュアル」として記載)を用いて算出した。

想定最大外力設定マニュアルでは日本を15の地域に分割し、降雨継続時間と流域面積の関係から想定最大規模降雨量を算出する(図-3)。なお、降雨継続時間とは「洪水のピーク流量に支配的な継続時間」のことを表している。

W川の場合、流出解析手法として合理式法を採用していることから、「洪水のピーク流量に支配的な継続時間」は「洪水到達時間」であると考え、W川が位置する北海道北部の包絡線を用いて、洪水到達時間1.51hrと流域面積25.9km²の関係から想定最大規模降雨量を142.9mm/1.51hrと設定した(図-3)。

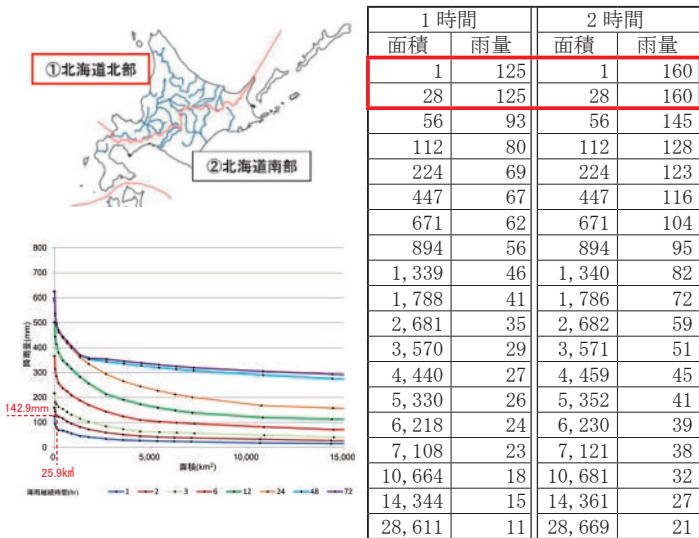


図-3 想定最大規模降雨量の算出例

図-4はW川における低頻度のハイドログラフである。図中の緑色はW川の改修規模(N=1/50)のハイト・ハイドログラフ、赤色は想定最大規模のハイト・ハイドログラフを表している。

想定最大規模のハイトグラフは、50年確率規模のハイトグラフ(図中上段の緑色)を基本として、50年確率規模のピーク降雨量61.0mm/1.51hr(雨量強度40.4mm/hr)を想定最大規模降雨量142.9mm/1.51hr(94.6mm/hr)に一致するよう、引き伸ばして設定した(図中上段の赤色)。

その後、他の頻度と同様に合理式(合成合理式)を用いてハイドログラフを作成した。

その結果、ピーク流量は429m³/sとなり、50年確率規模のピーク流量190m³/sの約2倍となった。

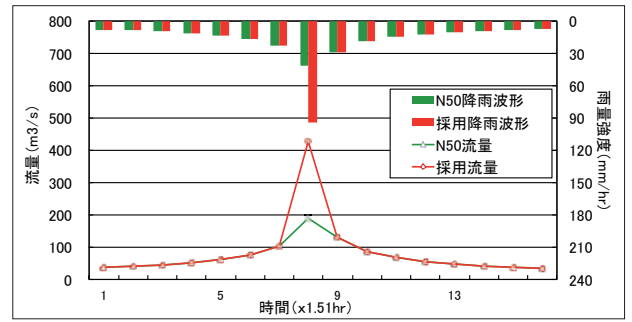


図-4 低頻度のハイドログラフ

3-5. 氾濫水理モデルの設定

氾濫計算を行うために、氾濫水が広がりそうな範囲を25m×25mメッシュに分割して、氾濫水理モデルの基盤を作成する。

25mメッシュの中には計算に必要な「標高」「空隙率」「粗度係数」等のパラメータを入力する。

また、メッシュ幅に対して盛土幅が小さく地盤高で十分表現できない連続盛土、樋門や排水機場などの排水施設についても評価しモデルに反映する(図-5)。

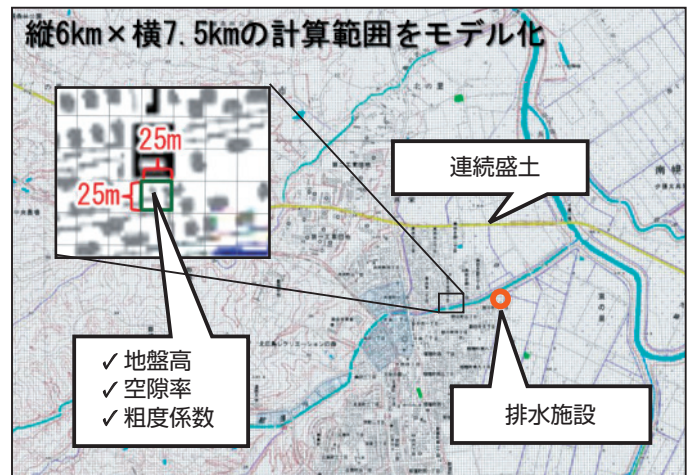


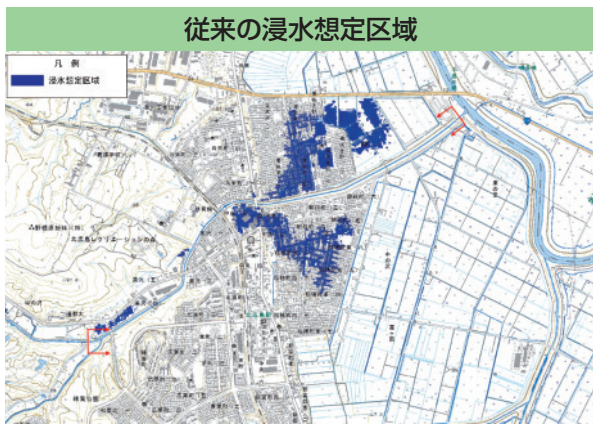
図-5 氾濫水理モデルの設定イメージ

3-6. 氾濫計算

河道内は一次元不定流計算、氾濫原は二次元不定流計算を用いて、各頻度に対する氾濫計算を行った。

図-6は従来の浸水想定区域と想定最大規模の浸水想定区域を比較したものである。

想定最大規模の浸水想定区域(A=4.2km²)と従来の浸水想定区域(A=0.4km²)を比較すると約10倍に広がる結果となった。



↓
浸水範囲が約10倍に拡大

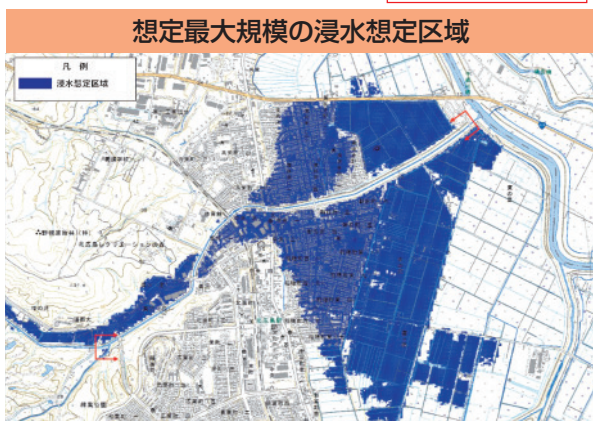


図-6 50年確率規模と想定最大規模の比較

3-7. 公表用図面

(1) 洪水浸水想定区域図作成

低頻度・中頻度・中高頻度・高頻度のうち、公表が必要な洪水浸水想定区域図は、想定最大規模と計画降雨規模の2ケースである。

図-7はW川における想定最大規模の洪水浸水想定区域図である。この洪水浸水想定区域図に「説明文」と呼ばれる洪水浸水想定区域図に明示する記載事項を加筆して、申請・公表する。

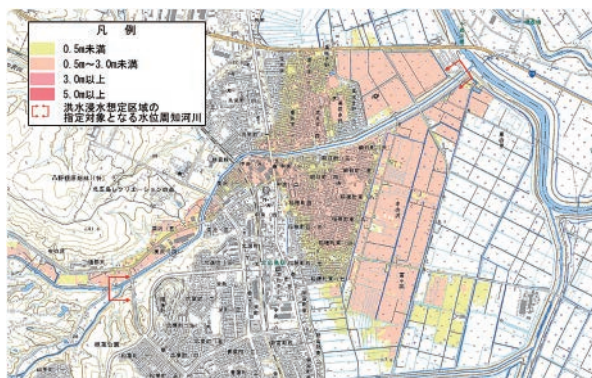


図-7 想定最大規模降雨の洪水浸水想定区域図作成例

(2) 洪水時家屋倒壊危険ゾーン図作成

洪水時家屋倒壊危険ゾーン図は、洪水時に家屋が流失・倒壊等

のおそれがある範囲を示すものであり、洪水時に垂直避難の判断等に有効な情報となる。当該ゾーンは、「氾濫流」によるものと「河岸侵食」によるものの2種類について設定する。

W川では、氾濫流による家屋倒壊危険ゾーンに該当する範囲はなく、河岸侵食による家屋倒壊危険ゾーンのみとなった(図-8)。

(3) 浸水継続時間図作成

浸水継続時間図は、洪水時に避難が困難となる一定の浸水深を上回る時間の目安を示すものである。浸水継続時間が長い地域では、仮に洪水時に垂直避難により身体・生命を守れたとしても、その後の長期間の浸水により生活や企業活動の再開等に支障の恐れがある。そのため、浸水継続時間図は立ち退き避難(水平避難)の要否の判断や企業BCPの策定等に有用な情報となる。

W川の場合、4週間以上浸水する範囲が広い結果となった(図-9)。実際は、地中への浸透、地表の蒸発があり、下水道施設もあることから、浸水継続時間は短くなるものと思われる。



図-8 洪水時家屋倒壊危険ゾーン図

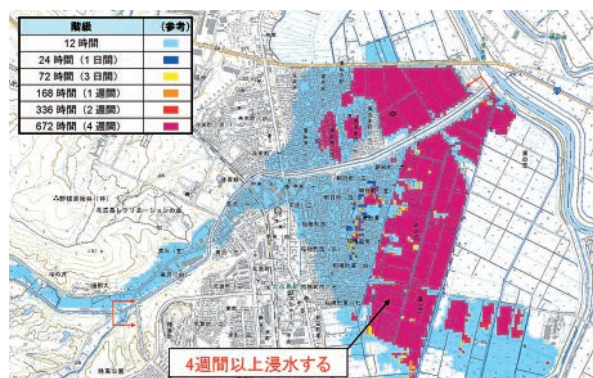


図-9 浸水継続時間図

4. おわりに

本稿では、北海道の管理河川を例に洪水浸水想定区域図の作成事例について紹介した。

今後、市町村においては、改正された洪水浸水想定区域図を基に、地域防災計画やハザードマップ等の改正が必要になる。浸水範囲の拡大に伴い、避難場所の変更・改築、管理水位の見直しが必要になると予測される。

治水・環境・コストを考慮した 河畔林維持管理計画(案)と 今後の課題

REPORT 技術第1部 河川砂防環境グループ
林 香名 (技術士補：建設部門、樹木医補)
鈴木祐子 (RCCM：建設環境)



林 香名



鈴木 祐子

概要

2016年の氾濫被害を契機に、北海道では河畔林伐採など維持管理事業を強化している。札幌市内の河川においても、改修後の河道内に樹木が繁茂し、治水安全性確保に支障となっている区間がある。一方で、一度定着した樹木は市街地の中の貴重な緑地として生物の生息環境となり、住民からは保全要望もある。本レポートは、A川およびB川の調査結果を基に、治水・環境・コストを考慮した河畔林維持管理計画(案)と今後の課題を紹介する。

キーワード ● 河畔林 ● 維持管理 ● 河積確保 ● 生物多様性 ● コスト縮減

1. はじめに

2016年の台風では、河畔林が流木化して流下阻害となり、氾濫被害の要因の一つとなった。札幌建設管理部事業課管内の管理河川でも、改修後の河道内に樹木が繁茂し、治水安全性の確保に支障となっている区間が見られる。一方で一度定着した樹木は、市街地の中の貴重な緑地として生物の生息環境となり、住民からは保全の要望が寄せられている。このような背景のもと、自然環境に配慮しながら計画的かつ効果的に河畔林を維持管理することを目的として、A川では「生物多様性の回復を考慮した存置方法」、B川では「萌芽抑制効果のある伐採方法」に着目した調査・検討を行った。

2. 検討方法

2-1. 河畔林維持管理計画(案)の概要と課題

札幌市内の中小河川では、河道断面に余裕がないため河畔林を全伐しなければならぬ場合が多いが、上記の理由から、部分的な存置を可能とする維持管理計画(案)を検討した。北海道では、伐開工実施の目安(図-1)が設定されているため¹⁾、維持管理計画(案)はこれを超えないことと、河積確保など治水上問題がないことを検討条件とした。また構造物への影響回避、在来植生回復の観点から、構造物周辺10m以内、本来自然河川にはない外来種については、それぞれ全伐することを目標とすること等も検討条件とした。

この結果、市内の河川でも部分的に河畔林を存置できることが明らかになったが、存置する河畔林はヤナギが優占し多様性が低いこと、伐採したヤナギが萌芽により短期間で復元し頻繁に維持管理が必要になることなどが問題となった。そこで、河

畔林の生物多様性の回復を考慮した存置方法と、萌芽抑制効果のある伐採方法を検討することとした。

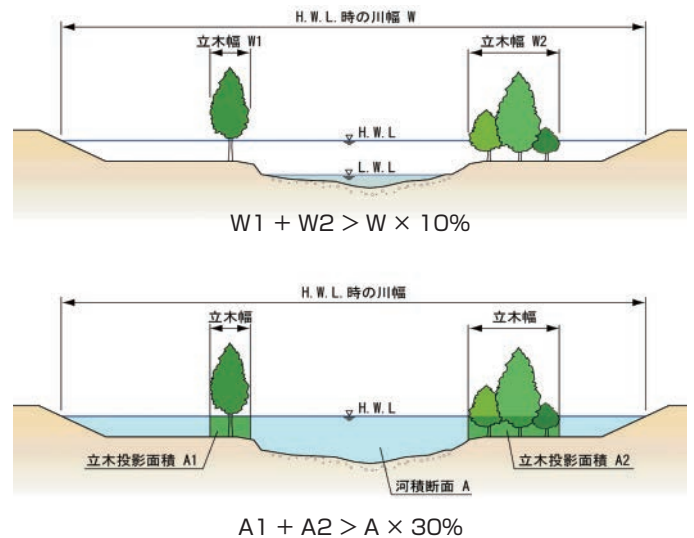


図-1 伐開工を実施する目安¹⁾(イメージ)

2-2. 河畔林の生物多様性の回復を考慮した存置方法の 検討とモニタリング方法

(1) 存置方法

A川の河畔林の大部分はヤナギであるが、ヤナギ高木の周囲には、ハルニレ、ヤチダモ、エゾイタヤなど、ヤナギ以外の在来種の稚樹が48種生えていた。これらを存置・生育させることで、現在のヤナギ優占の河畔林から、より多様性のある河畔林に移行できる可能性があると考えた。そこで、学識経験者との協議のもと、暫定的な方法として、高木1本を中心に半径2m内をセットで存置することとし、モニタリングにより経過を観察することとした(図-2)。

「半径2m」とは?(樹林更新の方法)

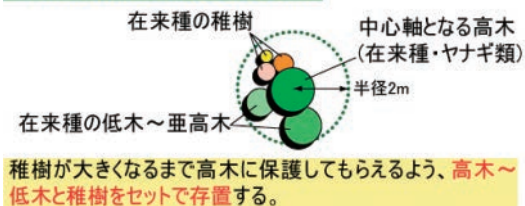


図-2 半径2mの考え方

(2) モニタリング方法

半径2m内に存置した稚樹の生育状況を把握するために、モニタリング調査を実施した。調査はA河川において、半径2mの円形コドラートを32個設置し、秋に1回3~5年間実施した。調査は、存置木の周囲半径2m内の在来種稚樹の樹種、樹高、種数、主な林床植生、草丈を記録し、稚樹の生育状況を考察した。

2-3. 萌芽抑制効果のある伐採方法の検討と

モニタリング方法

(1) 伐採方法

河畔林の主要構成種であるヤナギは、伐採後の萌芽能力が高く(写真-1)、河積阻害を引き起こしやすいことが問題となっている。そこで、ヤナギ伐採後の萌芽を抑制し伐採効果を持続させる、効率的な方法を確立することを目的として、ヤナギ伐採調査を実施した。当面の目標は、「河畔林維持管理頻度を現状の半分程度に減らすこと」とした。



写真-1 ヤナギの萌芽状況(伐採のみ)
4本萌芽していた株を伐採、その3年後の状況。全体で39本萌芽し、樹高5m、最大胸高直径5cm、立木幅5.5mに成長した。

調査内容は、以下に示すAからFの6種類の内容と、従来の方法である「伐採のみ」を対照区として加え、計7種類とした(表-1)。

- A) 伐根・B) 覆土: 萌芽の元となる伐り株そのものを処理する。
- C) 焼却・D) 表皮剥皮: 萌芽の元となる休眠芽のある表皮を処理する(写真-2、写真-3)。
- E) 環状剥皮: 表皮を剥ぎ、木を枯らす。
- F) 二度伐り: 伐採を繰り返すことで萌芽に対応する。
- Z) 伐採のみ: 従来通りの方法。対照区として設定。



写真-2 焼却直後の状況
伐り株の表面を丁寧に焼いた。

写真-3 表皮剥皮直後の状況
萌芽し複雑な形態をしていた伐り株を丁寧に剥皮した。

表-1 調査内容

<p>A 伐根</p> <p>イメーシ写真</p>	<p>B 覆土²⁾</p> <p>20cm程度 伐採→覆土</p>
<p>C 焼却</p> <p>伐採→焼却</p>	<p>D 表皮剥皮²⁾</p> <p>伐採→表皮剥皮</p>
<p>E 環状剥皮+伐採²⁾</p> <p>100cm 50cm 環状剥皮→(枯死)→伐採</p>	
<p>F 二度伐り</p> <p>再伐採 伐採→萌芽→再伐採</p>	<p>Z 伐採のみ(対照区)²⁾</p> <p>伐採(対照区)</p>

2) 田屋祐樹・増本みどり・赤松史一・矢島良紀・佐貫方城・中西哲・三輪準二: 河内内樹林における萌芽再生抑制方法の検討、河川技術論文集、第18巻、pp.59-64、2012. のpp.60図-1を参考に作成

(2) モニタリング方法

萌芽状況を把握するために、モニタリング調査を実施した。調査はB河川において、秋に1回約3年間実施し、調査内容別に、樹高(H)・萌芽数・胸高直径(D)・横断方向の立木幅を記録した。これらの調査結果をQ(Quality)とC(Cost)の面から相対評価した。

3. 調査結果

3-1. 在来種稚樹の生育状況

存置木の周囲半径2m内を調査した結果、稚樹は毎年複数の個体が出現・消失を繰り返し、同一個体が継続的に生育するのは難しいことが示唆された(図-3)。ただし間伐後は、当初稚樹が確認されなかった対照区においても稚樹が確認され、全体としては存置木の周囲に稚樹が生育していることが確認された。

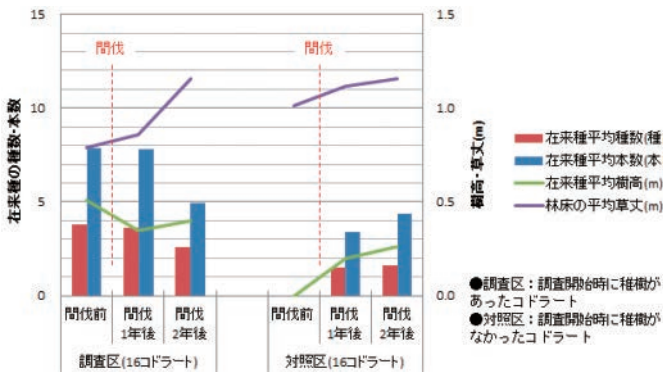


図-3 在来種稚樹の生育状況の推移（抜粋）

また林床植生によっても稚樹の出現状況が異なり、トクサやスゲ類の優占区間では稚樹が多いが（写真-4）、オオアワダチソウやクマイザサなど草丈の高い草本類の密生区間ではほとんど見られなかった（写真-5）。

写真-4 稚樹が多く出現した地点

林床はトクサが優占する。ヤチダモ、ヤマグワ、エゾイタヤなど来種の稚樹が10本生えていた。



写真-5 稚樹が出現しなかった地点

林床にオオアワダチソウが密生し、来種稚樹が生える余地がない。

稚樹が消失する原因としては、a) 増水による流出、b) 林床植生の被圧（日射不足、倒伏など）、c) 草刈り作業時の刈取りなどが考えられる。特にA川は、毎年のように高水敷が浸水し、流出する稚樹が多いと考えられた。A川で現在見られる河畔林はそのような影響を耐えて生育してきた貴重な樹木といえる。

このように、稚樹は、当初期待したようには生育しなかったが、間伐後には、調査開始時に稚樹を確認できなかった区間でも確認された。これは流出や被圧による消失はあるものの、稚樹が生育可能であることを示している。稚樹が全て高木になるわけではないが、様々なかく乱に耐えた株がいずれ高木となり、ヤナギ以外の来種が優占する河畔林へと移行することが期待できる。このことから今後も稚樹の存置を継続し、生物多様性の回復を図っていくことが望ましい。

3-2. 萌芽抑制効果とコスト比較

(1)Q:Quality(萌芽抑制効果)

萌芽抑制効果は、以下の手順で算出した。

- ア) 調査内容別に、萌芽率、平均材積(D²H)、平均立木幅を算出・比較した。萌芽率は、「萌芽率=萌芽した株数÷処理した株数×100(%)」で算出した。
- イ) 数値の少ない順に7から1までポイントを付与。
- ウ) 調査内容別にポイントを合計し、ポイントが大きいほど萌芽抑制効果が高いとみなした。

最も萌芽抑制効果が高いのは「伐根」、次いで「焼却」、最も低いのは「伐採のみ」(従来の方法)であった(図-4)。ただし、覆土は覆土厚が薄かった所や、焼却や表皮剥皮は表皮が残った所から激しく萌芽した(写真-6)。また環状剥皮は、剥皮箇所の上部は枯れるが下部から萌芽が発生し、二度伐りは、二度伐り後の株から萌芽が発生した。

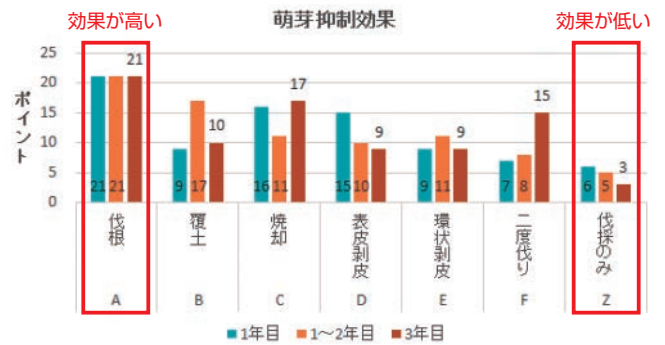


図-4 萌芽抑制効果の比較



写真-6 萌芽した伐り株（焼却）

きれいに焼却した所は枯死したが、焼却しきれなかった表皮から萌芽した。3年目には樹高3.4m、胸高直径3.3cmまで生育した。

(2)C:Cost(初期費用、維持管理費)

コストは、1回の施工にかかる初期費用と、効果の持続年数を考慮した維持管理費を合わせたトータルコストを算出した。

①効果持続年数の予測

立木幅の総幅がHWL時の川幅の10%以上になると伐開工を実施できる(図-1)。このことから、B川のH.W.L時の川幅の10%≒5mを目安とし、1株の立木幅が5mになるまでの期間を、伐採後の経過年数と立木幅の関係式より求め、効果持続年数とみなした(図-5)。また効果持続年数の逆数を維持管理頻度

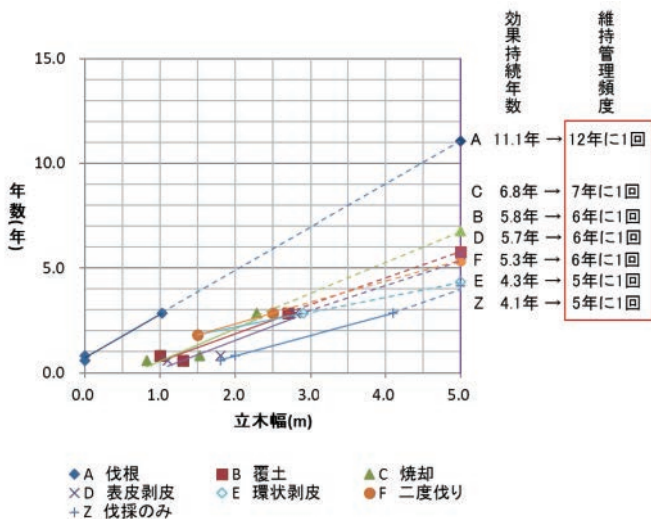


図-5 効果持続年数と維持管理頻度の予測

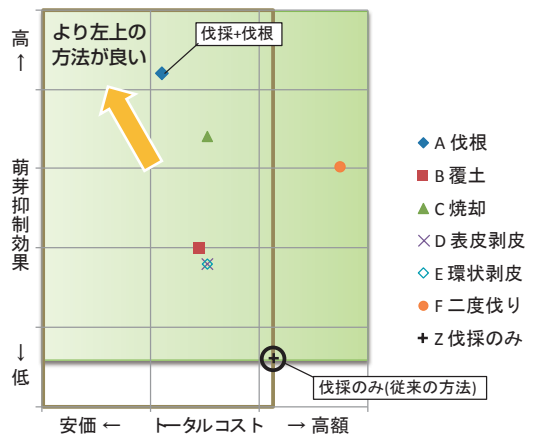


図-6 調査結果の比較

表-2 トータルコストの予想

調査内容	初期費用(万円)	維持管理頻度(回/年)	伐採後、10年間維持管理すると仮定										トータルコスト(万円)	備考		
			1年後	2年後	3年後	4年後	5年後	6年後	7年後	8年後	9年後	10年後				
A 伐根	555	12年に1回												1回	555	
B 覆土	361	6年に1回												2回	722	
C 焼却	380	7年に1回												2回	760	
D 表皮剥皮	380	6年に1回												2回	760	
E 環状剥皮	380	5年に1回												2回	760	2年で1回とみなす
F 二度伐り	689	6年に1回												2回	1,378	2年で1回とみなす
Z 伐採のみ	355	5年に1回												3回	1,065	従来の方法

とした(図-5)。なお「伐根」は萌芽データがないため調査後に生育してきた実生データを使用した。

②トータルコストの予測

北海道では、河川ごとに概ね10年を1サイクルとした維持管理の実施計画を作成するとしている³⁾。そこで、調査区間を10年間維持管理する場合のトータルコストを、調査内容別に算出し比較した(表-2)。その結果、最も安価となったのは「伐根」であった。これは「伐根」の初期費用は高額であるが、維持管理頻度が低いためであり、逆に「伐採のみ」は、初期費用は安価であるが維持管理頻度が高いためトータルコストが最も高額となった。

維持管理方法は、萌芽抑制効果が高くトータルコストが安価なほど、評価が高いと考えられる。そこでトータルコストをX軸に、萌芽抑制効果をY軸にしたグラフを作成し、各調査結果をプロットした(図-6)。その結果、現段階で最も効果的な方法は「伐根」と推測された。また「伐根」は効果持続年数が「伐採のみ」の2倍以上の長さであり、当面の目標「河畔林維持管理頻度を現状の半分程度に減らす」も満足すると推測された。

4. 河畔林維持管理計画(案)

以上のことから、河畔林維持管理計画(案)は以下のような目標にまとめられる。

- ① 河畔林の総幅は、H.W.L時の川幅の10%未満
- ② 構造物の上下流10mは全伐
- ③ ヤナギ以外の在来種を優先して存置
- ④ 在来種を中心に、半径2m内をセットで存置
- ⑤ 外来種は特別な事情がない限り伐採
- ⑥ 伐採後に伐根

5. 今後の課題

年度ごとの限られた予算内でできるだけ多くの区間を維持管理しようとする場合、「伐根」の初期費用の高さがネックになることが推測される。また「伐根」は、護岸施工箇所、構造物周辺、堤防法面などでは適用が難しいほか、重機の進入路確保など制約もある。そのため「伐根」と同程度の評価となるような新規伐採手法を検討する必要がある。また、ヤナギ伐採調査は伐採後2~3年間のデータを使用して効果持続年数を予測したが、その精度を高めるために、調査を継続しデータを蓄積する必要がある。

本調査を進めるにあたり、北海道札幌建設管理部事業課の担当者の方々には多大なご協力をいただきました。この場を借りて厚くお礼申し上げます。

参考文献

- 1) 河川事業実務要領、p.3-1-2、2006。
- 2) 田屋祐樹・増本みどり・赤松史一・矢島良紀・佐貫方城・中西哲・三輪準二：河道内樹林における萌芽再生抑制方法の検討、河川技術論文集、第18巻、pp.59-64、2012。
- 3) 北海道建設部維持管理防災課ホームページより：「河道内樹木伐採などの河川維持管理のあり方」の概要、最終更新日2017年3月31日

門柱コンクリートの動的解析事例

REPORT 技術第1部 水工グループ
佐々木健悟 技術士補 (技術士補:建設部門)
北村 明 技術士 (総合技術監理部門/建設部門)



佐々木健悟



北村 明

概要

レベル2地震動に対する樋門門柱の照査には静的照査法である「地震時保有水平耐力法」を用いることが一般的である。本稿では、動的照査法を試験的に導入し、得られる情報・結果を確認するとともに、静的照査と動的照査でどの程度の違いが表れるかを把握・検証するものである。

キーワード ● 動的解析 ● 樋門 ● 門柱 ● FEM ● L2 地震動 ● 時刻歴応答解析法

1. はじめに

わが国は過去幾度となく大地震による多大な被害を被ってきた。中でも土木技術分野に大きな影響を及ぼしたのが1995年1月の兵庫県南部地震(阪神淡路大震災)である。これを契機に大規模地震時における土木構造物の安全性に対する社会的要請が高まり、土木学会からは土木構造物の耐震基準に関する3次にわたる提言(1995年,1996年,2000年)が示され、構造物の耐震性能は(現在から将来にわたって当該地点で考えられる最大級の強さを持つ地震動として定義される)レベル2地震動対応へと引き上げられた。

現在わが国における樋門門柱の耐震設計は、『河川構造物の耐震性能照査指針』(以下、「指針」という。)に基づき、所定の性能を満足する範囲で塑性域の損傷を許容する「地震時保有水平耐力法」(以下、保耐法という。)により行われている。狭義には、構造物全体を1自由度系に置き換え、プッシュオーバー解析とエネルギー一定則を組み合わせ静的に非線形応答を算定する手法を地震時保有水平耐力法と呼んでいる。

本稿は、標準的形状の樋門門柱において、動的解析による耐震照査を試みたものである。

2. 耐震設計法の分類

(1) 静的解析と動的解析

比較的単純な(塑性化の部位が明確な)構造物である門柱は、一般に静的照査法により耐震性能の照査が可能である。ただし塑性化する部位が不明確だったり、地震時の挙動が複雑(2つの系が連成するような場合)だったりする構造物では動的解析が必要となる。

現在の樋門設計では静的解析が標準である。動的解析で耐震

照査を行うことを基準化している構造物としては、橋梁とコンクリートダムがある。

(2) 骨組みモデルとFEMモデル

樋門を含む構造解析には、対象を梁、柱などの線部材(軸線)の集合体として扱う骨組みモデルが一般的である。一方、対象を三角や四角の有限要素にメッシュ分割して扱うFEMモデルも、長く用いられているが、現在の樋門設計では骨組みモデルが標準である。

表-1 耐震構造解析法の種類

耐震構造解析法	分類	モデル	一般適用例
震度法(修正震度法)	静的	骨組み	L1全般
地震時保有水平耐力法	静的	骨組み	門柱、堰柱
応答スペクトル法	動的	FEM	橋梁L2
時刻歴応答解析法	動的	FEM	橋梁、ダムL2

本事例は今後の耐震設計に関する可能性の一端を提案すべく、実験的に樋門門柱の動的FEM解析を行ったものである。

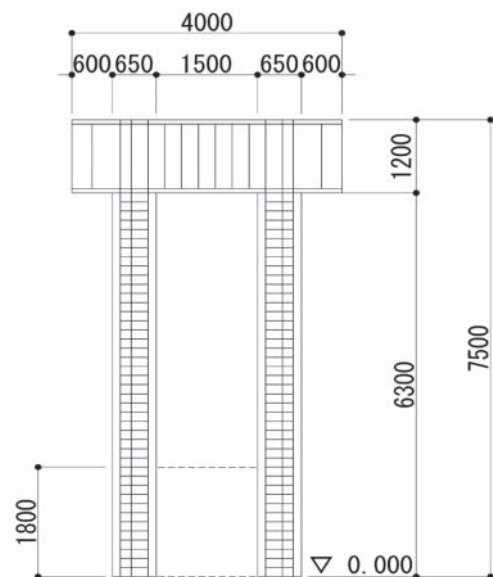


図-1 FEMモデル化した樋門門柱 [標準設計 TYPE-B]

3. 調耐動的解析の条件

(1) 解析モデル

動的解析結果と静的解析結果の比較を行うため、動的解析モデルは標準設計として静的解析結果が公表されている、「北海道開発局標準設計 TYPE-B 門柱部」と全く同じ寸法形状(図-1 参照)とした。

(2) 解析プログラム

動的解析には「DIANA ver10.1」(JIPテクノロジス)を使用した。

(3) 地震動の定義

入力地震動は「指針」に示す、標準加速度応答スペクトル S1(L2-1)、S2(L2-2)のモデルとなった2波形の時刻歴波形を使用した。以下に2波形を示す。

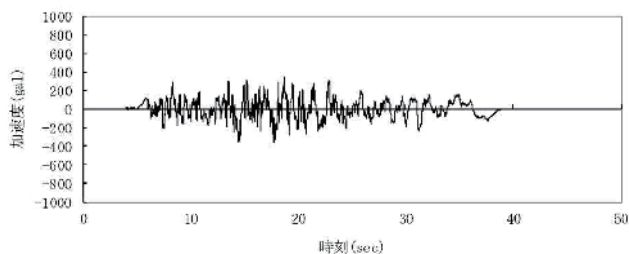


図-2 板島橋 (L2-1) 最大加速度 362.617gal

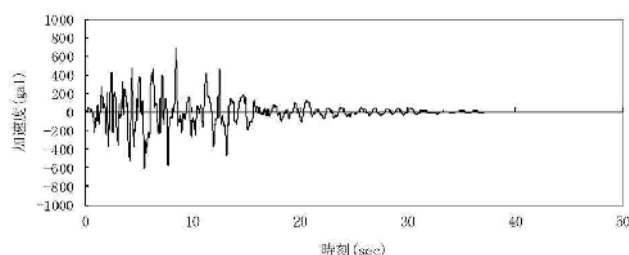


図-3 JR 西日本鷹取駅 (L2-2) 最大加速度 686.831gal

4. 解析結果

(1) 耐震照査結果の比較

主要な照査結果の比較と、最大せん断力と残留変位の比較値を表-2に示す。

表-2 照査結果の比較

耐震照査結果	時刻歴応答解析法 【動的解析】		地震時保有水平耐力法 【静的解析】	
	L2-1	L2-2	L2-1	L2-2
[横方向]				
コンクリート	圧壊しない	圧壊しない	圧壊しない	圧壊しない
鉄筋	破断しない	破断しない	破断しない	破断しない
ゲート	開閉可能	開閉可能	開閉可能	開閉可能
最大せん断力 (kN)	625.10	1015.00	1023.18	1025.25
残留変位 (mm)	0.1	7.3	0.0	41.0

同一寸法形状、同一材料条件において、静的解析(開発局標準設計)で安全と判定される項目(コンクリート圧壊、鉄筋破断)については、動的解析でも安全との結果が得られた。またゲートの開閉についても、静的解析・動的解析ともに残留変位が許容値

を下回っており、開閉可能の結果が得られた。

ここで、最大せん断力に着目すると、静的解析では地震動タイプの違いは、ほとんど応答値に影響を与えていないことがわかる。一方、動的解析では地震動タイプL2-2の最大せん断力が、L2-1のせん断力を大きく上回る結果となった。

また、静的解析と動的解析の残留変位量を比較すると、静的解析の方がより変位量が大きくなる傾向が得られた。特に地震タイプL2-2において大きな差が出ており、解析手法の違いが顕著に表れる結果となった。

(2) 動的解析結果の利点

動的解析特有の結果として、部材のひずみ位置と変位量を可視化出来る点がある。図-4にコンクリート圧縮ひずみ位置と、変位後の門柱メッシュ図を示す。

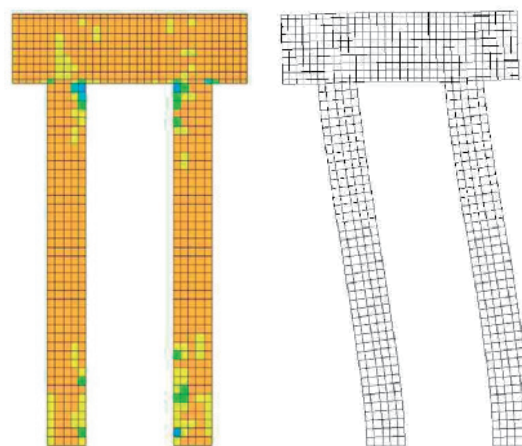


図-4 左: コンクリート圧縮最大ひずみ図 (L2-2)
右: 最大変位発生時の変形図 (L2-2, 4.53 秒時)

部材のひずみ(損傷)位置と変形時刻が特定出来ることで、応力(加速度)の伝搬経路や損傷順序による免震効果の把握等に役立つと考えている。

5. おわりに

本稿では、樋門門柱の耐震照査について、試験的に動的解析(時刻歴応答解析法)を行い、一般的な方法である静的解析(地震時保有水平耐力法)結果との相違点を検討した。その結果、耐震設計法の違いにより、算定値が大きく異なる可能性が示唆された。

今回は標準的な形状と条件で試験的な検討を行ったものであるが、今後より詳細な検証を行うことで、動的解析を利用した効率的で経済的な耐震設計法を提案して行きたいと考えている。

本成果は国立研究開発法人土木研究所寒地土木研究所「凍害劣化した樋門コンクリートの耐久性に関する動的解析業務」(2017年3月)より、発注者了承のうえ掲載したものである。ここに感謝の意を表します。

北海道の漁港施設における機能保全計画の実施事例と今後の展望

REPORT 技術第1部 河川海岸グループ
藤平 雅之 (技術士：建設部門)
下山 康弘



藤平 雅之



下山 康弘

概要

北海道における漁港施設は、その多くが老朽化を迎えている。それらを適切に管理するためには、老朽化度合いを把握し、老朽化が深刻なものとなる前に維持補修を行う必要がある。そのため、北海道では水産基盤施設のストックマネジメントを導入し、10年にわたり機能保全計画の策定業務を行ってきた。本レポートでは、ストックマネジメントおよび機能保全計画の概要、当社での計画立案事例の紹介、今後の展望について述べる。

キーワード ● ライフサイクルコスト (LCC) ● スtockマネジメント

1. はじめに

北海道は西側を日本海、北東側をオホーツク海、南東側を太平洋に囲まれており、暖流と寒流が交錯する豊かな漁場に恵まれている。日本の水産物漁獲量の約1/4を誇る北海道は、我が国最大の水産食料供給基地として重要な役割を担っている。その基幹となる水産業を支える漁港は244港(H28.4.1現在)あり、長崎県に次ぐ全国第2位の漁港数である。これらの漁港施設を引き続き維持していくことは、我が国の水産食料自給率の確保や地域産業の発展、国際競争力強化の観点から必要不可欠であるが、その多くは老朽化が進行しており、今後20年以内にほぼ全ての漁港が築造後50年を経過し、更新時期を迎えることとなる¹⁾。

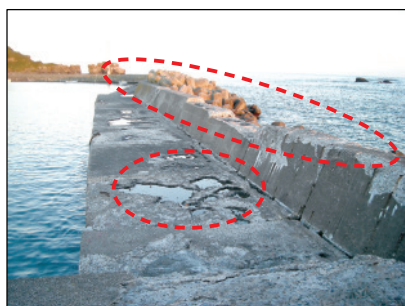


写真-1 胸壁の損傷 (防波堤)

一方、人口減少や高齢化による税収の減少、社会保障費の増大など近年の社会経済環境の変化により公共事業費の削減が求められる。今後とも漁港などの水産基盤施設が適切な機能を継続的に発揮するためには、計画的かつ効率的な維持管理・更新等により施設の長寿命化や更新コストの削減を図ることが重要な課題である。

このような状況の中、水産庁では、平成20年度に「水産基盤ストックマネジメント事業(現在は水産物供給基盤機能保全事業

(以下、『機能保全事業』と表記))」を創設した。ストックマネジメントを取り入れ、施設の機能保全を計画的に行うことで、施設の長寿命化、更新コストの削減、平準化を図ってきた。この「機能保全事業」は、平成29年度までに「機能保全計画」を策定するものに限り、その費用を補助対象としており、北海道においても「機能保全計画」の策定が進められている。

2. スtockマネジメントについて

2-1. スtockマネジメントとは (事後保全から予防保全へ)

これまでの維持管理は、施設の損傷が深刻化してから大規模な修繕や施設の更新を行ってきた。このため、多額の維持管理・更新費用を必要とし、突発的な危険性(重大な事故の発生など)を負うリスクもあった(図-1ケース1:事後保全)。

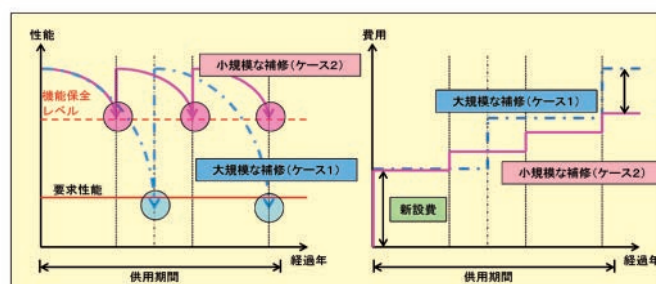


図-1 スtockマネジメントの概要

今後は、老朽化する施設の増大、財政状況や組織人員の逼迫が予想されるため、施設の健全度や重要度を考慮した上で点検・調査を実施し、適切な維持修繕・改築を計画的に行う必要がある。これにより施設の損傷が小規模のうちに補修を行い、重大な事故を未然に防ぐとともに、修繕費用の削減を図ることが可能となる(図-1ケース2:予防保全)。この取り組みをストックマネジメントと称する。

2-2. スtockマネジメントの目標と効果

Stockマネジメントを実施する上での目標と効果は表-1のとおりである。

表-1 Stockマネジメントの目標と効果

目 標	①施設の安全性の確保 ②サービスレベルの確保 ③ライフサイクルコスト(以下LCC)の最小化
効 果	①施設の安全性を確保し、良好な施設状態の維持が可能となる。 ②良好な施設状態を維持しながら、長期的なLCCの低減が図れ、適正かつ合理的な維持修繕・改築を実施することが可能となる。 ③施設管理が合理的に行われていることを、維持修繕・改築計画等を用いて、国民、住民、ユーザー等に分かりやすく説明することが可能となる。

なお、ライフサイクルコスト(LCC)とは、施設の企画設計段階、建設段階、管理運用段階及び廃棄処分段階における施設の供用期間に生じる総費用のことである。

LCC = イニシャルコスト(主に建設費)

+ ランニングコスト(維持管理費など)

3. 機能保全計画とは

3-1. 機能保全事業の内容と機能保全計画の位置づけ

「機能保全計画」について述べるにあたり、初めに「機能保全事業」について記載する。「機能保全事業」の内容は、①施設の機能診断、②機能保全計画の策定、③保全工事の実施で、漁港ごとに事業を実施する。事業の対象施設は表-2、採択要件は表-3に示すとおりである。

表-2 機能保全事業の対象施設

漁港施設	漁場施設
・ 外郭施設 ・ 係留施設 ・ 水域施設 ・ 輸送施設(道路、橋) ・ 漁港施設用地(用地護岸、人工地盤) ・ 漁港浄化施設	・ 増殖場(消波施設、中間育成施設に限る) ・ 養殖場(消波施設、区画施設に限る)

表-3 機能保全事業の採択要件

●第1種漁港または第2種漁港であり、 ○1港あたりの港勢が次のいずれかを満たすもの ・利用登録漁船50隻以上 ・陸揚げ金額1億円以上 ○水産基盤の機能保全を行う事が特に必要と認められるもの	管 理 者 北海道 事業実施者 北海道
●第3種漁港または第4種漁港であること	管 理 者 北海道 事業実施者 北海道開発局

機能保全事業の流れについては図-2に示す。事業申請地区の検討・設定後、「機能保全計画」を立案、策定する。この計画を基に、実施設計を行い、保全工事を実施する。

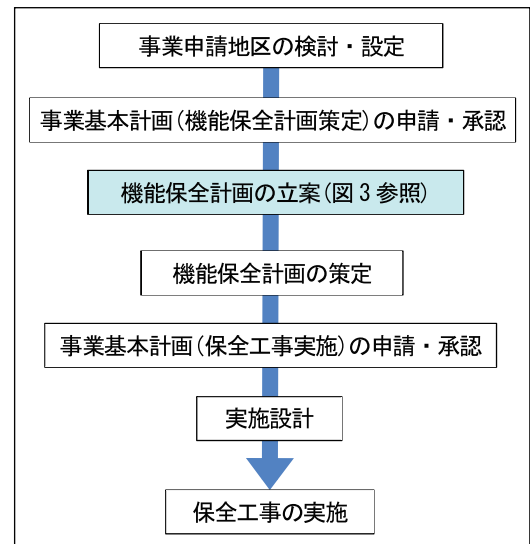


図-2 機能保全事業の流れ

3-2. 機能保全計画の概要

機能保全計画立案の流れは図-3に示すとおりである。

①漁港等の概要整理では漁港港勢、自然・社会・環境条件、付加機能などの基本情報の整理と水産基盤事業の長期計画などの動向を把握する。②機能保全方針の検討では対象施設の機能保全の目的や管理方針を基に機能保全レベルを設定する。③施設の現況把握では施設の整備状況の把握、管理状況及び課題の整理を行う。④機能診断では各施設・各部材のスパンごとの調査による老朽化度を評価し、その結果と施設重要度から健全度評価を行う。⑤機能保全対策の検討では施設の供用期間、老朽化予測、施設優先度などを勘案し、複数の対策工法(シナリオ)についてLCC・コスト縮減効果を算定し、対策工法・対策時期を決定する。以上の検討結果を機能保全計画書に取りまとめる(⑥)。

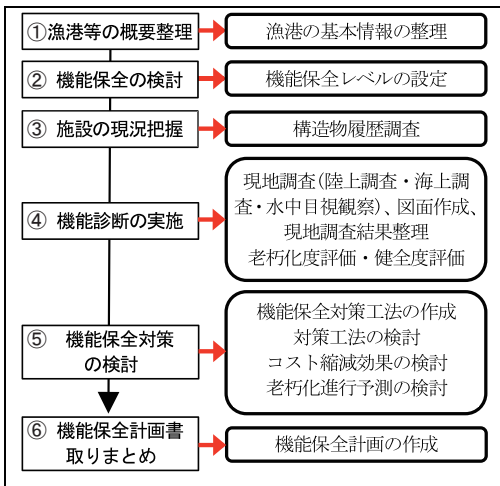


図-3 機能保全計画立案の流れ

4. 当社での実績事例

ここでは当社で立案したK漁港の防波堤における機能保全計画を例として紹介する。当施設は延長130.0m、コンクリート単塊式の防波堤で、築造後40年以上が経過している。

初めに現地調査として陸上調査、海上調査及び水中目視観察を行い(写真-2)、防波堤の老朽化度および健全度を評価した(写真-3)。その結果、胸壁工、本体工では主要部の老朽化が著しいためA判定、上部工が同B判定となり、機能保全対策が必要となった。健全度評価について表-4に示す。

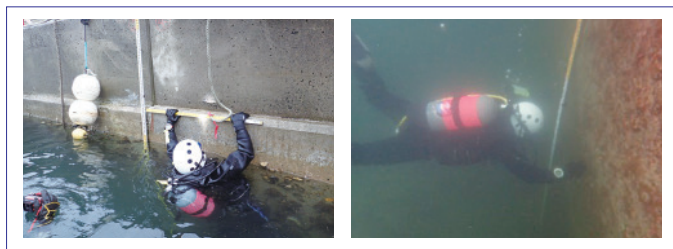


写真-2 調査状況(左:海上調査 右:水中目視観察)

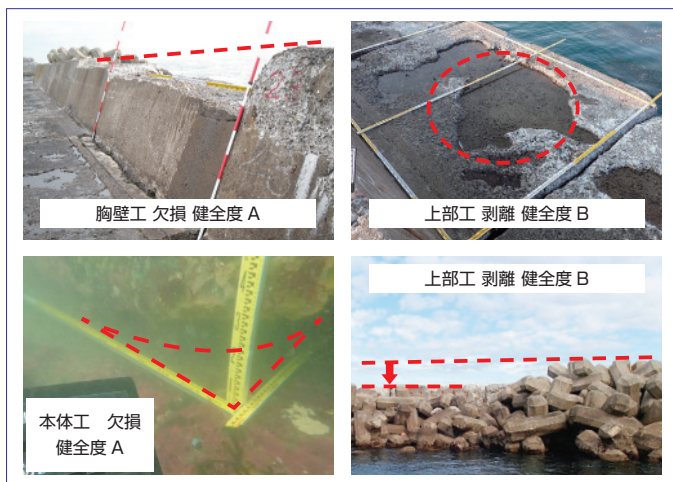


写真-3 防波堤先端部の損傷状況と健全度評価

表-4 健全度評価

健全度	A 判定	B 判定	C 判定	D 判定
老朽化	主要部に著しい老朽化有り	主要部に老朽化有り	軽微な老朽化有り	老朽化無し
性能	要求性能を下回る	要求性能を下回る恐れ有り	要求性能を保持	要求性能を十分に保持

次に、施設の耐用年数である50年を基本として対策工法の検討を行った。検討結果と対策工法(シナリオ)の概要を表-5、図-4に示す。シナリオ1は腹付け(部分改修)と嵩上げ(改良)を同時に実施、シナリオ2は全更新(嵩上げ(改良)も同時に実施)、シナリオ3は腹付け(部分改修)を実施後、嵩上げ(改良)を別事業にて実施するものとした。

表-5 検討結果

シナリオ	1	2	3
概要	腹付け(部分改修)と嵩上げ(改良)を同時に実施	全更新(嵩上げ(改良)も同時に実施)	腹付け(部分改修)を実施後、嵩上げ(改良)を別事業で実施
胸壁工	打直し+嵩上げ	全更新(嵩上げ含む)	打直し→嵩上げ(別事業)
上部工	腹付け	全更新	腹付け→腹付け(別事業)
本体工	腹付け	全更新	腹付け→腹付け(別事業)
消波工	嵩上げ	全更新(嵩上げ含む)	嵩上げ(別事業)
LCC	500百万円	950百万円	600百万円

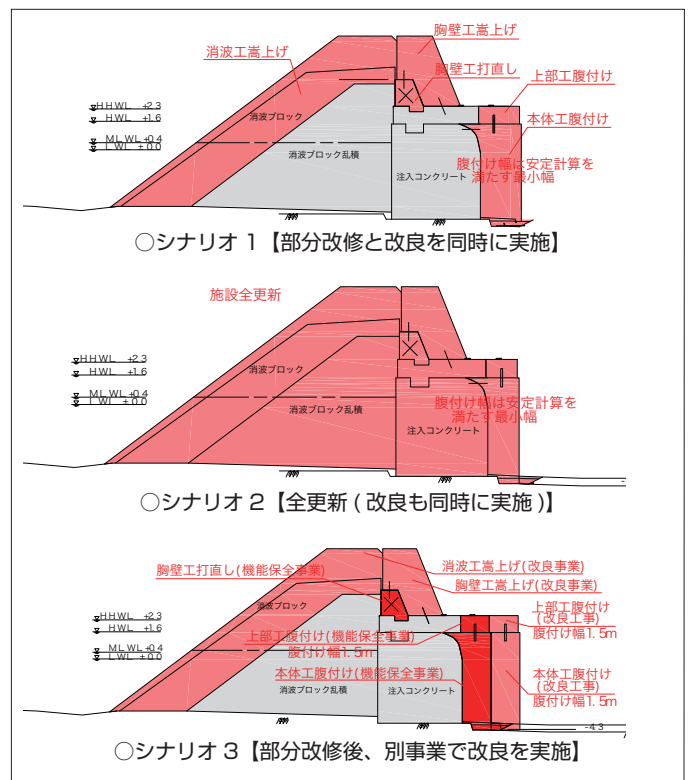


図-4 比較した3シナリオ

図-5にはシナリオごとのLCCとコスト縮減効果の検討結果を示す。検討の結果、シナリオ1が最も経済性に優れ、シナリオ2を採用した場合と比較してコスト縮減効果は450百万円となった。

以上よりK漁港の防波堤の機能保全計画は本土工・上部工の腹付けと胸壁工・消波工の嵩上げを同時に行うシナリオ1を採用した。

なお、当該事例では、機能保全としての腹付け補修とともに、胸壁工・消波工の嵩上げ改良を行ったものである。このように機能保全に併せて、耐波性能の向上を図る事例もある。

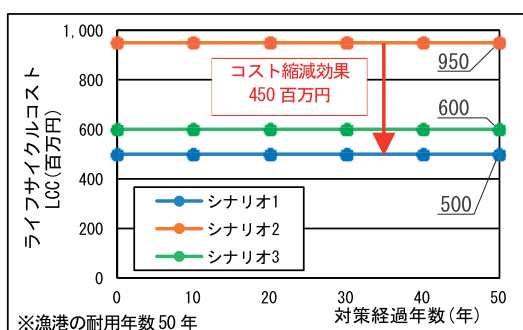


図-5 シナリオごとのLCCとコスト縮減効果

5. 機能保全計画策定後について

5-1. 機維持管理、保全工事と機能保全計画の更新

今後は策定された機能保全計画に基づき、維持管理や保全工事を速やかに実施するために、調査や実施設計を行う必要がある(表-6参照)。

また、機能保全工事の実施後には機能保全計画の更新を行うこととなり、この他にも施設の老朽化進行度や利用形態の変更等により、必要に応じて機能保全計画を見直す。機能保全計画の更新にあたっては、PDCAサイクル(P:機能保全計画の策定・更新、D:点検等の実施、C:保全内容の見直し、A:機能保全対策の実施)を継続的に繰り返すことにより、機能診断の精度向上と実態に即した機能保全の実施が可能となる。

表-6 機能保全計画策定後に必要となる作業の一例

保全工事に向けて	・ 測量調査 ・ 実施設計 ・ 地質調査
維持管理	・ 定期的な測量調査 ・ 施設の変状調査(観察) ・ 施設の老朽化や水域の堆砂の予測
機能保全計画の更新	・ 機能保全工事の実施による更新 ・ (必要に応じて)施設の老朽化進行度や利用形態の変更等による機能保全計画の見直し

5-2. 機能保全計画の現状と今後について

ストックマネジメントの導入により、各漁港施設において機能保全計画が策定され、計画的な維持管理が行われている。今後は資金や人材が減少し、維持管理費の増大する中で、限られた資源の有効活用により効率的な機能保全を実施することが望まれている。

現在は、漁港ごとに策定された機能保全計画を取りまとめ、漁港の規模や重要度、水産業や地域経済への影響度などから、機能保全工事の実施についての優先順位付けを行うことが進められている。今後はこの優先順位に基づき、効率的に機能保全を行う必要がある。

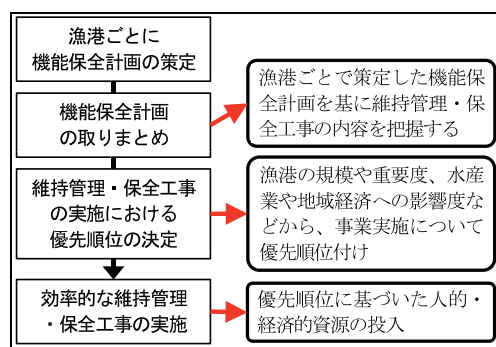


図-6 効率的な維持管理・保全工事の実施に向けて

6. おわりに(漁港施設の今後についての考察)

近年、北海道では高齢化の進展とともに漁業者が減り続け、ここ10年間で約20%減少した²⁾。そのため、漁船数が減少し、利用の少なくなった漁港施設が増加した。今後は、漁港施設を効率的に活用するために、漁港間における機能分担・集約化(陸揚機能・集荷・輸送機能等)を進める必要がある。集約化にあたっては生産性や利便性、維持管理の容易さ、地域性などを考慮する。

また、集約化により空きスペースとなった施設においては、漁村活性化や生産性の向上を目指して、収益性の高い増養殖等を行うことも検討する必要がある。

参考文献

本レポートは以下の文献を参考とした。

- 1) 北海道:北海道インフラ長寿命化計画(行動計画),平成27年6月策定
 - 2) 総務省統計局:平成27年国勢調査,平成17年国勢調査
- ・ 水産庁漁港漁場整備部:水産基盤施設ストックマネジメントのためのガイドライン,平成27年5月改訂
 - ・ 水産庁漁港漁場整備部:水産基盤施設機能保全計画策定の手引き,平成27年5月改訂
 - ・ (公社)全国漁港漁場協会:漁港・漁場の施設の設計参考図書(2015年版),平成28年3月

洗掘を受けた橋梁の健全度評価と補強計画の策定



表 康則

REPORT 技術第2部 道路構造地質グループ
表康則 (RCCM: 鋼構造及びコンクリート)
(RCCM: 土質及び基礎)

概要

渡島管内の橋梁（橋長 $L=141.70$ m）において、流水による河床の洗掘で橋脚ケーソン基礎の露出が確認されており、長寿命化を図るための洗掘対策を実施する必要があった。本稿は、橋脚の健全度を評価し対策工法の選定を行うとともに、定量評価により対策実施時期を決定した事例紹介である。

キーワード ● 洗掘防止対策 ● 予防保全 ● 健全度評価 ● ケーソン基礎

1. はじめに

近年、集中豪雨による増水などで河川内の橋脚周辺が洗掘され、橋脚の傾斜や沈下による被害が発生している。その対策として根固めブロックの設置や鋼管矢板などによる基礎補強工法が行われているが、その必要性や施工のタイミングなどの妥当性が明確となっていない事例が見られる。

本稿では、対策工の必要性と緊急性を把握するためにケーソン基礎の健全度評価を行うとともに、洗掘対策を行う最適な施工時期を定量的に把握し、予防保全として、経済性、施工性に優れる根固めブロックによる対策工の実施に至った事例について報告する。写真-1は竣工前、写真-2は竣工後の状況を示す。

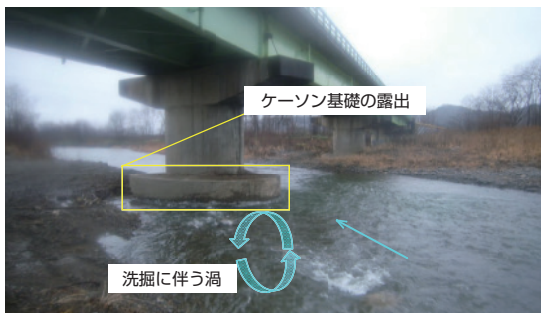


写真-1 竣工前橋脚状況 上流から橋脚を望む



写真-2 竣工後橋脚状況 下流から橋脚を望む

2. 洗掘防止対策に至る経緯と背景

本橋梁は、昭和43年に架橋された4径間単純非合成鉄桁で、橋長は141.70m、有効幅員7.0m、下部構造形式は桁両端に逆T式橋台、河道に壁式橋脚3基を有する。基礎工は砂礫を支持層とするオープンケーソン基礎形式で、ケーソン長は橋台部で5m、橋脚部で7mである。ケーソン基礎の露出は、全ての橋脚部で確認されており、特にみお筋に位置するP1橋脚の局部洗掘が著しい状況であった（写真-3より露出高は2.9m、ケーソン基礎全高に対する露出高の比率：41%）。

洗掘でケーソン基礎が露出したり、周辺の地盤が乱れて緩んだ場合、鉛直支持力と水平支持力が低下することで、橋脚の傾斜や沈下、倒壊を起こす恐れがある。その場合は、図-1に記す様な桁端の接触が発生することとなるが、写真-4に記す通り、現時点では本橋に変状は発生していないものと判断した。

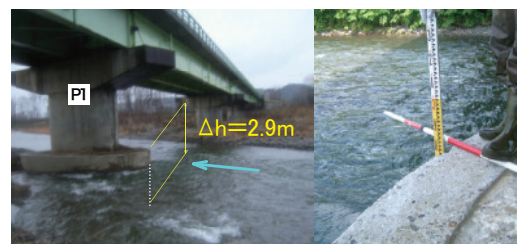


写真-3 P1橋脚のケーソン基礎露出状況(2.9m)

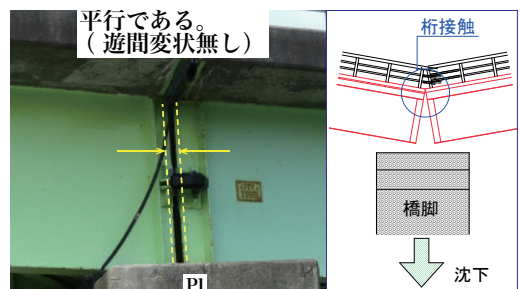


写真-4 遊間状況

図-1 変状時の遊間

3. 課題と対策方法

主な洗掘防止対策としては、表-1に示す通り橋脚周辺に①根固めブロックを設置（予防保全型）、②壁を構築した基礎補強（事後保全型）、の2点である。①は河床面に根固めブロックを設置するのみでケーソン基礎の安定度を向上させることはできないことから、基礎の健全性が前提となる。②はケーソン基礎の健全度が低下した後の対処療法的な対策で桁下空間内での大規模な施工となるため、①の8.75倍程度の工事費が見込まれ、さらに基礎補強による河積阻害の増加で流下能力の低下が懸念される。

このような条件の中で、いかに基礎の健全性を評価して緊急性を把握するかが、本計画の課題であった。

表-1 予防保全型と事後保全型対策の経済比較表

対策工	橋梁補強方法	概要・特徴
予防保全型	<p>根固めブロック 公称重量$\mu=2t$</p>	<p><概要></p> <ul style="list-style-type: none"> 基礎の健全性を有した状態で、甚大な洗掘が発生する前の対策工法である。 <p><長所></p> <ul style="list-style-type: none"> 橋脚本体の補強が無く、経済性に優れた施工工程が少ない。 二次製品ブロックを搬入後に連結するため、施工が容易である。
	<p><概算工事費(直工)> 対策工: ¥4,000千円 (1.00)</p>	<p><短所></p> <ul style="list-style-type: none"> 基礎の健全性が要求される。
事後保全型	<p>鋼管矢板基礎による補強例</p>	<p><概要></p> <ul style="list-style-type: none"> 甚大な洗掘を受けた後に、橋脚補強を含めた対策工法である。 <p><長所></p> <ul style="list-style-type: none"> 橋脚基礎の水平耐力を構造的に向上することが出来る。 鋼管矢板基礎が仮締切を兼用できる。
	<p><概算工事費(直工)> 対策工: ¥35,000千円 (8.75)</p>	<p><短所></p> <ul style="list-style-type: none"> 桁下空間での橋脚本体の補強を含めた対策工で、大規模工事となる。

4. 健全度評価結果と対策時期

課題について、健全性評価で必要となる上下部構造の形状や上部死荷重反力は竣工図より把握できたが、地盤定数が不明確であったことから、地質調査を提案・実施して把握した。上記の結果をもとに安定計算を実施し、ケーソン基礎全長7mに対して露出高が3.4mとなると健全性が損なわれることが明確になった(図-2)。現在の露出高は2.9mで橋脚の健全性を有しているものの、1出水で洗掘の増大が発生する可能性が高く、緊急性が高い状況である。そのことから、経過観測等の維持管理手法を選択する余地はなく、洗掘防止対策を早急に行うべきであると判断し、①根固めブロックによる洗掘防止対策工を採用した。

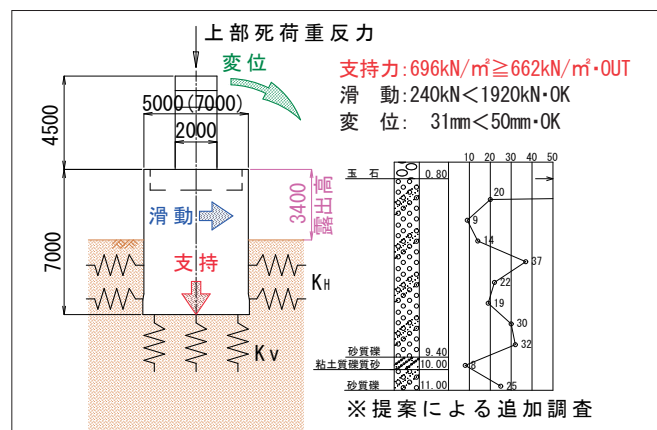


図-2 ケーソン基礎の健全度評価結果(露出高3.4m)

5. 結果と考察

根固めブロックの設置工事は、流量が少ない非出水期に大型土のうによる仮締切で行い、橋脚にさらなる洗掘の進行や新たな変状が発生する前に無事に完了した。これは、ケーソン基礎の健全度評価に必要な地質調査を提案・実施して、早期に洗掘対策の必要性や緊急性を明確にしたうえで工事を実施したことが大きな要因である。その結果、ケーソン基礎のみならず、橋梁全体の健全性が保たれた状態で、予防保全型で経済的な工法を選定することができた。

6. まとめ

流水の乱れや渦により橋脚が洗掘を受けた場合、洗掘対策工として根固めブロックを設置しただけでは洗掘防止対策にすぎず、橋脚基礎の安定度を向上させることはできない。そのため、路面や遊間状況を目視確認して変状を把握するほか、適切な対策を取るために設計図書の収集や現地調査による形状、地盤、洗掘状況を把握し、洗掘による健全度の評価結果を指標にした対策工の早期決定が必要となる。

ここでは、橋脚の健全性を把握して有効な洗掘対策工法や施工時期の選定事例を報告したが、本稿が今後の橋梁の維持管理に役立つことを願っている。

最後に、本稿を作成するにあたり、弊社技術レポートの主旨にご理解いただき、多大なるご指導をいただきました函館建設管理部に深く御礼申し上げます。

参考文献

- (1) (社団法人)日本道路協会:道路橋示方書・同解説 平成24年3月
- (2) (社団法人)全日本建設技術協会:災害手帳 平成28年

高齢化する横断歩道橋の補修計画の策定

REPORT 技術第2部 道路構造地質グループ
長谷川 直久 (技術士：建設部門)



長谷川直久

概要

札幌市が管理する横断歩道橋は42橋あり、今後急速に高齢化が進行していく状況である。これまでは壊れた箇所を直すという対症的な維持修繕が行われて来たが、今後は限られた予算の中で既設横断歩道橋の健全性を保ち、延命化を図るために計画的な補修計画が必要となる。

本稿では、損傷の程度、維持管理費負担や利用状況等を勘案して、既設歩道橋の撤去も視野に入れつつ、予防保全の観点から補修計画を策定した事例について紹介する。

キーワード ● 横断歩道橋 ● 補修計画 ● 高齢化 ● ライフサイクルコスト ● 近接目視点検

1. はじめに

札幌市が管理する横断歩道橋は、中央区を中心に全ての区に点在し、合計42橋あり、用途や規模など立地条件により多種多様である(写真-1~2)。

また、横断歩道橋の健全性も、良好なものから早期に措置を講ずべきものまで、異なる状況である。

本稿では、補修計画に至る背景から具体的に計画立案を行う内容について述べ、計画策定によって得られる効果を検証する。



写真-1



写真-2

2. 補修計画を策定する背景

横断歩道橋補修計画を策定する背景には、大きく4つの要因が関係する。

2-1. 横断歩道橋の高齢化

建設後50年を経過し高齢といわれるものは、5年後には約6割(62%)、10年後には約7割(74%)に達し、急速に高齢化が進行していく状況である(図-1)。

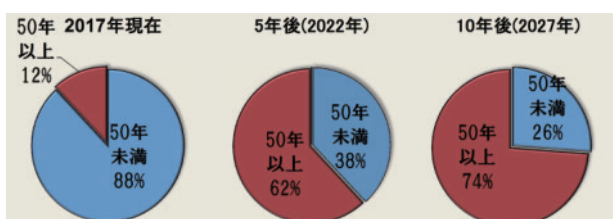


図-1 横断歩道橋の高齢化状況(札幌市)

2-2. 道路法の改正

国では、平成26年7月に道路法施行規則を改正して、5年に1回の点検を義務化とし、この結果に基づいて確実に補修工事を実施していくことが求められている。

2-3. 環境の変化

横断歩道橋を取り巻く状況は、利用者数の減少(少子高齢化等)や歩行空間の狭隘化(除排雪の支障等)など、変化が見られることから、平成24年度に「札幌市横断歩道橋のあり方検討委員会」を設立し、存続・改築・撤去という方向性を示している。これに基づき協議会を開催し、3橋が今後撤去される予定である。

※これにより補修計画は39橋を対象とする。

2-4. 横断歩道橋の損傷

管理する横断歩道橋の健全性を確認するために、国土交通省が作成した横断歩道橋定期点検要領[平成26年6月]に基づき、近接目視による点検を実施した。

点検結果については、左図のグラフ(図-2)に示すとおりである。健全性Ⅱ(予防保全段階)の橋梁が約8割を占め、健全性Ⅲ(早期措置段階)の橋梁が約2割であった。

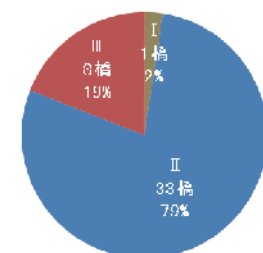


図-2 橋梁単位の健全性

表-1 健全性の判定区分

区分	定義
Ⅳ 緊急措置段階	構造物の機能に支障が生じている、又は生じる可能性が著しく高く、緊急に措置を講ずべき状態
Ⅲ 早期措置段階	構造物の機能に支障が生じる可能性があり、早期に措置を講ずべき状態
Ⅱ 予防保全段階	構造物の機能に支障が生じていないが、予防保全の観点から措置を講じることが望ましい状態
Ⅰ 健全	構造物の機能に支障が生じていない状態

3. 補修計画の方針

3-1. 管理橋のグルーピング

全ての横断歩道橋に、予防保全的な維持管理を行うことは、補修費用の増加に繋がり現実的ではない。このため、横断歩道橋の重要度に応じ、維持管理レベルを設定して補修費用の低減を図るものとした。

最も重要なグループを①とし、以下グループ④まで、横断歩道橋の重要度に応じて4段階のグループに分けた。本計画では、グループごとにそれに応じた目標供用年数と維持管理レベルを設定し、最適な管理を行っていくことを目指した。

表-2 グループに応じた目標供用年数と維持管理レベル

グループ	適用条件	橋数	目標供用年数	維持管理レベル
①	上屋がある横断歩道橋	5橋	100年以上	予防保全
②	20,000台以上の交通量を有する道路上の横断歩道橋	5橋		
	市電上の横断歩道橋	4橋		
③	上記以外の横断歩道橋	20橋	60年以上	事後保全
④	利用者が少ないなど撤去の可能性がある横断歩道橋	5橋		

3-2. 補修工法の設定

目標供用年数と維持管理レベルに応じた、標準工法を以下のとおり設定した。予防保全では、「重防食塗装」や「FRPシート」など、耐久性向上が図れる補修工法を積極的に採用している。

表-3 補修工法の標準工法

部材	予防保全	事後保全	
路面	路面	ゴムチップ舗装+RH+床版防水	ひび割れ注入
	高欄	重防食塗装(1種ケレン)	部分塗装(3種ケレン)
	排水装置	取替え	部分塗装(3種ケレン)
上部工	主桁	重防食塗装(1種ケレン)	部分塗装(3種ケレン)
	横桁, 横構	重防食塗装(1種ケレン)	部分塗装(3種ケレン)
	床版	重防食塗装(1種ケレン)	部分塗装(3種ケレン)
昇降部	主桁	FRPシート	部分塗装(3種ケレン)
	蹴上げ部	FRPシート	部分塗装(3種ケレン)
	鋼製橋脚	FRPシート	部分塗装(3種ケレン)
	コンクリート	断面修復/ひび割れ注入	断面修復/ひび割れ注入

4. 補修対象横断歩道橋の優先順位

点検結果としては、健全性Ⅳのものではなく、また、補修工事を行わない健全性Ⅰの横断歩道橋が2橋あった。グループ別の点検結

表-4 グループ別点検結果

	高 ← 重要度 → 低	予防保全				事後保全			
		グループ①				グループ②	グループ③	グループ④	
		グループ①	グループ②	グループ③	グループ④	グループ①	グループ②	グループ③	グループ④
高	Ⅳ	—	—	—	—	—	—	—	—
↑ 健全性 ↓	Ⅲ	1橋	1橋	4橋	0橋	—	—	—	—
	Ⅱ	3橋	8橋	16橋	4橋	—	—	—	—
	Ⅰ	1橋	—	—	1橋	—	—	—	—

果を表-4に示す。

表-5 重要度と健全性に応じた優先順位

これにより37橋を対象として、優先順位付けしたものが表-5となる。平成31年度(2019年度)~平成40年度(2028年度)の10年間に補修を実施する優先順位リストを策定した。

	高 ↑ 健全性 ↓	優先順位マトリックス			
		予防保全			事後保全
		グループ①	グループ②	グループ③	グループ④
Ⅳ	[1]	[2]	[3]	[4]	
Ⅲ	[5]	[6]	[7]	[8]	
Ⅱ	[9]	[10]	[11]	[12]	
Ⅰ	—	—	—	—	

5. 補修計画効果の検証

予防保全などの計画的な維持管理を基本とした補修計画の実施により、対症療法的な維持管理と比較して、50年間で約21億7千万円のコスト削減効果があることが判った(図-3)。

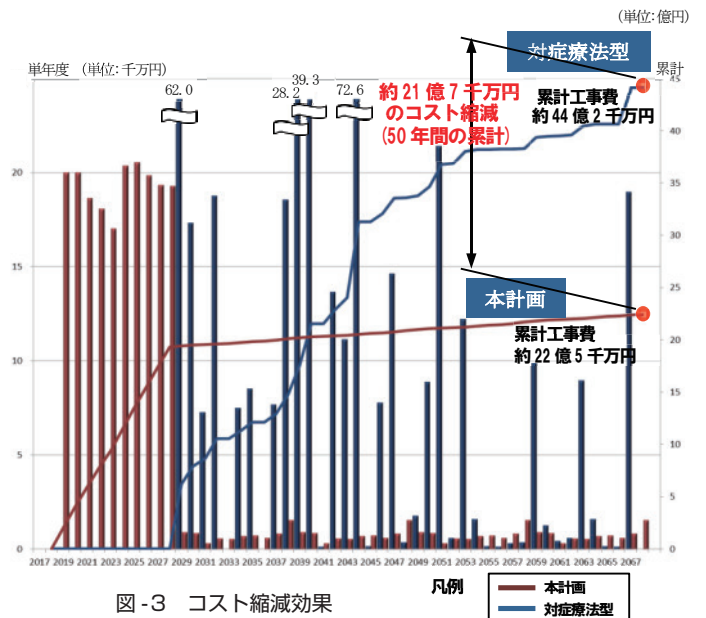


図-3 コスト削減効果

6. おわりに

軽微な損傷段階に補修を行うことは、ライフサイクルコストの低減を図り、補修にかかる費用を最小限に抑えることだけでなく、安全な状態で歩行者に利用してもらえる状況が長く続くことになり、サービス水準の向上に繋がり、その効果は非常に高いと言える。

しかし、横断歩道橋を取り巻く環境は、建設当初から変化し続け、先が読めないところもあり、補修計画を見直すことも十分に考えられる。その際においても利用者の視点に立って最適な補修計画を立案することが肝要であると考えます。

最後に、本稿を作成するにあたり、弊社技術レポートの主旨にご理解いただき、多大なるご指導をいただきました札幌市建設局土木部道路維持課に深く御礼申し上げます。



昨年8月の連続台風に伴う被害からおよそ1年となる7月下旬に、技術士会の仲間数人で現地を訪れました。

まず向かったのは、視察時点で通行止めとなっている国道274号（日勝峠）の日高側です。日高町から日勝峠までの沙流川沿い約40kmの区間で、落橋や道路洗掘、護岸流出など、顕著な被災が66カ所に上ったそうです。

工事区間に入ると、橋梁や護岸、道路、法面など様々な工事がいたるところで進められており、災害復旧工事というよりも新しい道路を設けているかのように感じました。案内の方のお話では、被災当初の調査は困難を極め、橋や道路が使えなくなったためゴムボートで川を渡り、自転車で移動しながら行ったそうです。車が通行しなくなったためか、現場ではヒグマなどの野生動物が出没するようになり、キャンプが出来ず毎回日帰りで調査を行ったとのこと。また、雨は沙流川上流部で局所的に降ったため、あまり降らなかった日高町市街地では上流部の被害は想像できなかったそうです。

日高町と清水町にはインフォメーションセンターが設けられ、被災状況や復旧工事の進捗状況など写真やパネルで紹介されています。興味のある方には立ち寄りをおすすめいたします。

次に向かったのは、十勝川の支川であるパンケ新得川、ペケレベツ川、戸蔦別川などです。こちらでも落橋など土木施設の被害がありましたが、人命や人家、農地等の被害が甚大で、被災された方の心情を思うと胸が痛みました。あらためて、被害にあわれた方には心よりお見舞い申し上げます。

現地で工事の方にお話を伺ったところ、人員と資材の確保に非常に苦労されたそうです。ところどころに残る仮復旧のブロックには様々なものが混じっており、当時の苦労が伺えました。

今回の視察では、被災個所のすべてを確認できたわけではありませんが、あらためて被害の甚大さを認識しました。同時に、私たち技術者の仕事がこのような被害を少しでも減らすべく、責任の重さを再認識いたしました。

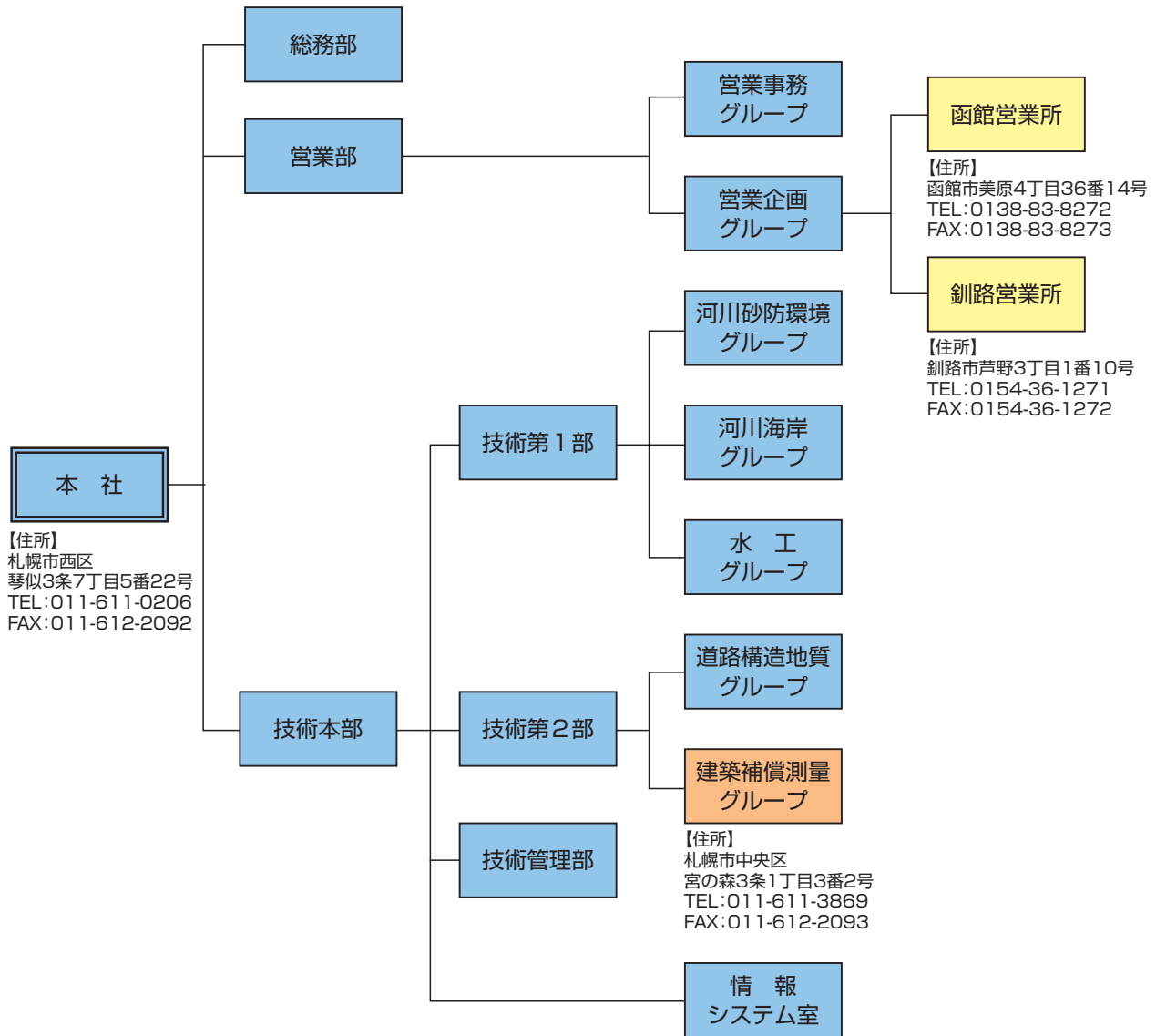
最後に、取りまとめにあたり発注関係者の皆様のご了解をいただいたうえで、一部業務成果を活用させていただきました。ここに感謝の意を表します。

（文責 中原 修）

編集担当

取締役技術第2部部長 中原 修

執行役員技術第1部部長 柏倉 秀二



登 録 資 格

- 建設コンサルタント業 建 26 第 386 号
- 測量業 第 (14) -1057 号
- 地質調査業 質 25 第 550 号
- 補償コンサルタント 補 26 第 1580 号
- 一級建築士事務所 (石) 3653 号
- 土壤汚染対策法指定番号 環 2003-1-1007

有 資 格 者 数

- | | |
|-------------------------|--------------------|
| ○博士 (工学) ————— 1 名 | ○一級建築士 ————— 1 名 |
| ○技術士 (総合技術監理部門) — 10 名 | ○一級土木施工管理技士 — 26 名 |
| ○技術士 (建設部門) ————— 17 名 | ○測量士 ————— 25 名 |
| ○技術士 (応用理学部門) ————— 1 名 | ○地質調査技士 ————— 5 名 |
| ○技術士 (上下水道部門) ————— 1 名 | ○土壤汚染調査技術管理者 — 1 名 |
| ○RCCM ————— 20 名 | ○コンクリート診断士 — 4 名 |

2017 技術レポート



和光技研株式会社

【概要】

商号 和光技研株式会社
創立 昭和39年7月18日
資本金 4,000万円

【事業所】

本社 〒063-8507 札幌市西区琴似3条7丁目5番22号
TEL: 011-611-0206 (代) FAX: 011-612-2092

宮の森分室 〒064-0953 札幌市中央区宮の森3条1丁目3番2号
TEL: 011-611-7676 (代) FAX: 011-611-7707

函館営業所 〒041-0806 函館市美原4丁目36番14号
TEL: 0138-83-8272 FAX: 0138-83-8273

釧路営業所 〒085-0061 釧路市芦野3丁目1番10号
TEL: 0154-36-1271 FAX: 0154-36-1272

ホームページ <http://www.wako-giken.co.jp>