



2016 技術レポート



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	
中小河川を対象とした護岸前面の洗掘深の評価手法とその傾向	02
技術第1部 河川海岸課 後藤 謙二 藤平 雅之 河川砂防課 水落 彰宏	
河床低下対策工事の効果検証と今後の予測	06
技術第2部 環境計画課 夏井 皓盛 本間 英敏	
密集市街地における軟弱地盤上の河川護岸設計事例	10
技術第1部 水工課 太田 真吾 北村 明	
林道工事で発生した地すべりの調査・対策検討事例	12
－河川シフトを伴う押え盛土工法－	
技術第2部 防災地質課 小岩 晃 宿田 浩司	
北海道新幹線を活かす新たな観光スポットの創出	16
－眺望を生み出しビュースポットを設置した設計事例－	
技術第1部 道路構造課 八木澤 博文 表 康則	
■ 編集後記	18

● 巻 頭 言 ●

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、昭和39年(1964年)の設立以来、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建設に関わる技術の研鑽に努めて参りました。

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。ご一読頂ければ幸いです。

あの想像を絶する被害をもたらせた東日本大震災から5年が経ちましたが、残念ながら未だ十分な復興が成し遂げられてはおりません。また最近では、今年4月に九州の熊本において震度7という巨大地震が発生し、多くの死傷者また社会基盤施設へ甚大な被害を引き起こしました。さらに私たちの暮らす北海道では、1シーズンに台風が3度上陸するという観測史上初めての特異な現象が起り、河川の氾濫や洪水、大規模な土砂崩れ等による広範囲な自然被害が発生してしまいました。

近年、日本中で天災が頻発しており、一昨年の御嶽山噴火や去年の爆弾低気圧による鬼怒川破堤等、自然の猛威は止まることを知りません。自然災害の防災・減災を目的とした社会基盤整備の充実は最重要課題であり、私たちも建設コンサルタントの一員としてこの北海道の豊かな自然環境に配慮した「安全で安心な暮らし」を実現できる技術提案を継続していきたいと考えております。

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ので、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。

中小河川を対象とした 護岸前面の洗掘深の評価手法と その傾向

REPORT 技術第1部 河川海岸課 後藤 謙二 (技術士補:建設部門)
藤平 雅之 (RCCM:河川、砂防及び海岸・海洋)
河川砂防課 水落 彰宏 (RCCM:河川、砂防及び海岸・海洋)



後藤 謙二



藤平 雅之



水落 彰宏

概要

護岸前面の洗掘深の評価手法には、「護岸の力学設計法¹⁾」や「美しい山河を守る災害復旧基本方針²⁾」等がある。

本稿では、これらの評価手法に加えて、「一般財団法人 北海道河川財団」が開発した無償の河川シミュレーションソフトiRIC (International River Interface Cooperative)を用いた数値計算を取り入れ、中小河川における洗掘深の評価手法について各種の検討およびその傾向の把握を行った。

キーワード 護岸の力学設計法、美しい山河を守る災害復旧基本方針、iRIC

1. 背景と目的

北海道の河川事業設計要領³⁾では、中小河川の護岸設計を行うにあたり、護岸の力学設計法により護岸前面の洗掘深を算出するものとしている。護岸の安定性の検討を行う上で洗掘深の推定は非常に重要である。洗掘深の評価を誤った場合、護岸基礎周辺の河床の局所洗掘により、護岸基礎部に空洞が発生し、護岸裏の土砂の流出にともない護岸が被災する原因のひとつになる。

護岸の力学設計法における洗掘深の評価方法には、以下の4つがある。

- 経年的な河床変動データからの評価
- 既往研究成果からの評価
- 数値計算による評価
- 移動床水理模型実験による評価

上記のうち、「経年的な河床変動データからの評価」については経年の河床変動データが不足していること、「数値計算による評価」および「移動床水理模型実験による評価」については、高度な技術力が必要なことやそれによるコスト増等が制約となって、実務では使用できないことが多い。このため、多くの護岸設計においては、「既往研究成果からの評価」を用いて洗掘深の評価を行っているのが実情である。しかしながら、この方法を用いた場合、河川の規模によっては洗掘深が非常に大きな値となり、現地状況との比較から過大と思われる事例が確認されている。

このような場合、上記の方法とは別に、中小河川の災害復旧事業等で実績のある「美しい山河を守る災害復旧基本方針」を用いて洗掘深の評価を行っている事例が見られる。その適用にあたっては、明確な基準はなく、設計者の判断に委ねられている。

一方、最近では各機関においてiRICによる河床変動計算が行われており、河川の洗掘・堆積等を把握する目的で幅広く利用されている。この手法は、「護岸の力学設計法」の中では「数値解析によ

る評価」に分類されるが、これまでの評価手法による洗掘深とどのような傾向にあるのか検討されている事例は少ない。

このような背景から、本稿では、「護岸の力学設計法」および「美しい山河を守る災害復旧基本方針」を用いて洗掘深の評価を行い、採用する洗掘深の評価手法を合理的・客観的に判断し、その妥当性を探るために、それぞれの手法においてどのような傾向が見られるのかを把握することを目的とした。

2. 検討方法

以下の①～③の検討を試みることにした。

なお、表中の評価流量については、「3. 評価流量の設定」を参照して頂きたい。

ケース①:既往研究成果(手法〔1〕)において、洗掘深が過大と想定される事例を確認できるか検討する。

ケース②:iRIC(手法〔2〕)と既往研究成果(手法〔1〕)による洗掘深の評価を行い、両者の間にどのような傾向がみられるか検討する。

ケース③:iRIC(手法〔3〕)と美しい山河を守る災害復旧基本方針(手法〔4〕)による洗掘深の評価を行い、両者の間にどのような傾向がみられるか検討する。

※手法〔1〕～手法〔4〕の名称設定については、後述の「4. 評価手法の名称」を参照。

表-1 検討ケースと検討対象流量

ケース	検討内容	評価流量
①	手法〔1〕による洗掘深の傾向把握	平均年最大流量
②	手法〔2〕と手法〔1〕による洗掘深の比較	平均年最大流量
③	手法〔3〕と手法〔4〕による洗掘深の比較	計画高水流量

3. 評価流量の設定

洗掘深を評価するための流量として、護岸の力学設計法の既往研究成果からの評価では「平均年最大流量」を対象としているのに対し、美しい山河を守る災害復旧基本方針では「計画高水流量」を対象としている。

そのため、iRICによる数値計算を行うにあたって、ケース①および②の検討を行う場合は「平均年最大流量」、ケース③の検討を行う場合は「計画高水流量」を用いた(表-1)。

4. 評価手法の名称

ケース①～③を行うにあたり、評価手法の名称を以下のように設定した。

手法(1):護岸の力学設計法の既往研究成果からの評価

手法(2):iRIC(平均年最大流量による評価)

手法(3):iRIC(計画高水流量による評価)

手法(4):美しい山河を守る災害復旧基本方針

5. iRICについて

iRIC(International River Interface Cooperative)は、「一般財団法人 北海道河川財団」が開発した無償の計算ソフトであり、これまでUSGS(アメリカ地質研究所)で開発してきたMD_SWMSと(財)北海道河川防災研究センター(現、一般財団法人 北海道河川財団)で開発してきたRIC-Naysの機能を統合した河川の流れ・河床変動解析ソフトウェアである。

iRICでは、『計算データの読み込み → 計算モデルの作成 → 計算 → 計算結果の可視化』までをこのソフト一つで行うことが可能である。

河床変動計算、津波計算等が可能であり、大学や研究機関、コンサルタント等において、幅広く利用が進められている。iRICでは表-2に示したような計算が可能である。

なお、本稿では「Nays2DH」を用いている。

表-2 iRICに組み込まれている計算モデルの一例

ソルバー	可能な計算の内容
Nays2DH	河川の流れ、河床変動、河岸浸食の計算が可能
Nays2D Flood	氾濫流解析が可能
NaysCUBE	河川流、河床変動の三次元計算が可能
CERI1D	河川の1次元不定流計算のためのソルバーで、河川の流れ、河氷の変動、津波の遡上計算が可能
Mflow-02	非構造格子による非定常平面2次元流れと河床変動計算が可能
SRM	貯留関数モデルを用いた流出計算が可能
ELIMO	津波計算が可能

6. 実河川への適用事例

本稿では、流量や川幅、砂州発生の有無等の様々な河川形態を有する中小河川において検討を行うため、表-3に示すような河川条件(流域面積、砂州の発生状況等)の異なる3河川の比較検討を行う。

表-3 対象河川一覧

事例	河川名	流域面積A 流量Q	砂州発生 の有無	河床勾配	セグメント 区分	川幅	断面 (単or複)
事例①	N川	A=48.0km ² Q=210m ³ /s	発生しない	I=1/160~ 1/125	セグメント1	約30m	複断面
事例②	F川	A=154.7km ² Q=700m ³ /s	発生する	I=1/350~ 1/135	セグメント1	約100m	複断面
事例③	M川	A=4.3km ² Q=60m ³ /s	発生する	I=1/500~ 1/125	セグメント1	約15m	単断面

6-1. N川への適用事例

(1) iRICの計算諸元とモデル図

N川におけるiRICの計算諸元を表-4に示す。流量は、平均年最大流量16.5m³/sを一定流量で、計画高水流量210m³/sを三角形のハイドログラフでそれぞれ24時間通水した。

表-4 N川におけるiRICの計算諸元

項目	諸元
メッシュサイズ(m)	10×5
流量(m ³ /s)	平均年最大流量16.5 計画高水流量210
粗度係数	0.035(低水路)、0.050(高水敷)
河床材料(mm)	50

(2) 洗掘深の評価手法の違いによる比較結果

手法(1)～(4)による洗掘深の評価結果を図-1に示す。なお、N川は砂州が発生しない河川のため、直線河道の区間については、本検討の対象外としている。

4つの手法で湾曲部の洗掘深の比較を行った結果、N川においては手法(4)による洗掘深が他の手法と比較して最大で2倍程度大きくなる結果となった。

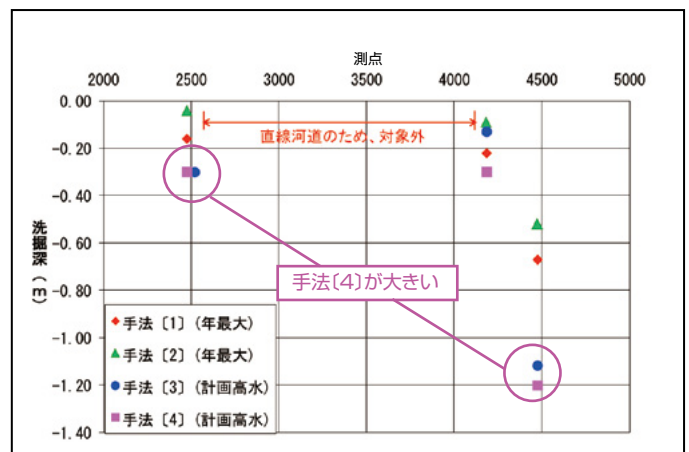


図-1 N川の洗掘深の計算結果

6-2. F川への適用事例

(1) iRICの計算諸元とモデル

F川におけるiRICの計算諸元を表-5に示す。流量は、平均年最大流量203m³/sを一定流量で、計画高水流量700m³/sを三角形のハイドログラフでそれぞれ24時間通水した。

表-5 F川におけるiRICの計算諸元

項目	諸元
メッシュサイズ(m)	10×25
流量(m ³ /s)	平均年最大流量203 計画高水流量700
粗度係数	0.035(低水路)、0.050(高水敷)
河床材料(mm)	70

(2) 洗掘深の評価手法の違いによる比較結果

先の4つの手法による洗掘深の評価結果を図-2に示す。この図から、F川においては手法〔1〕による洗掘深が3m以上と最も大きくなり、その他の3つの手法による洗掘深は概ね1m以下となることが確認された。

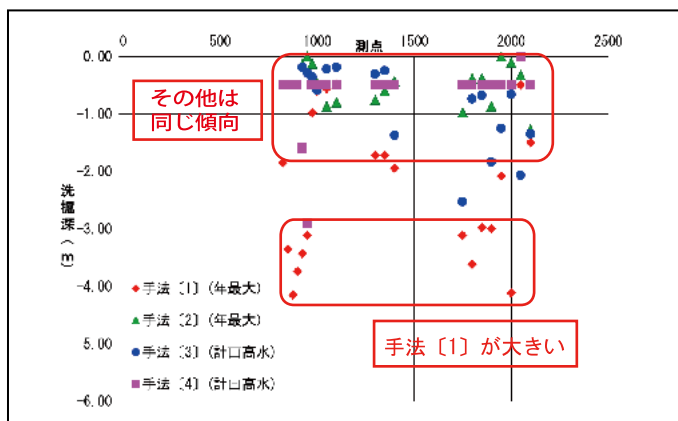


図-2 F川の洗掘深の評価結果

6-3. M川への適用事例

(1) iRICの計算諸元とモデル

M川におけるiRICの計算諸元を表-6に示す。流量は、平均年最大流量3.5m³/sを一定流量で、計画高水流量60m³/sを三角形のハイドログラフでそれぞれ24時間通水した。

表-6 M川におけるiRICの計算諸元

項目	諸元
メッシュサイズ(m)	1×2
流量(m ³ /s)	平均年最大流量3.5 計画高水流量60
粗度係数	0.030(河床部)、0.024(法面部)
河床材料(mm)	20

(2) 洗掘深の評価手法の違いによる比較結果

先の4つの手法による洗掘深の評価結果を図-3に示す。この図から、M川においてはF川と同様に、手法〔1〕による洗掘深が他の手法と比較して2～3倍程度大きくなる結果となった。

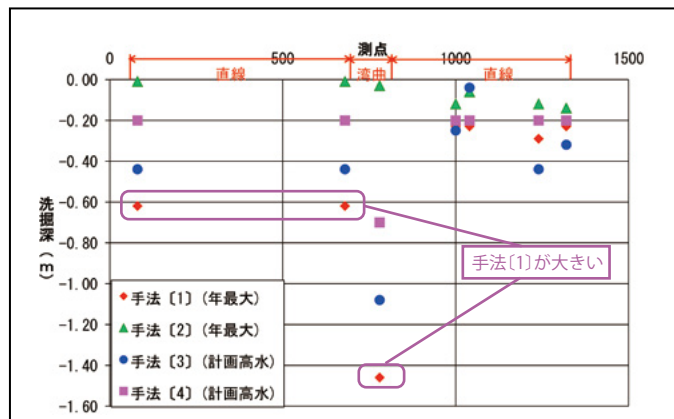


図-3 M川の洗掘深の評価結果

7.3 河川における洗掘深の比較結果

今回対象とした3つの中小河川についての比較検討結果を以下に示す。

7-1. ケース①に対する検討結果(洗掘深の比較)

3河川における洗掘深の評価結果(図-1、図-2、図-3)から、図-2のF川および図-3のM川においては、手法〔1〕により評価した洗掘深が他の手法と比較して大きくなる傾向となった。

一方、図-1のN川は他の事例と異なり、手法〔4〕により評価した洗掘深が他の手法と比較して大きくなった。ここで、3河川の河川条件を比較してみると、N川は砂州が発生しない河川であるのに対して、F川とM川は砂州が発生する河川という条件の違いがあることがわかった。このことから、砂州の発生の有無が、洗掘深の評価手法に影響を与えていると考えられる。

7-2. 洗掘深の相関関係

(1) ケース②に対する検討結果

各河川における手法〔1〕および〔2〕で評価した洗掘深の相関関係を図-4に示す。

グラフ中央の赤斜線に近いほど、両手法の洗掘深が同程度となることを表している。

手法〔1〕と〔2〕により計算した洗掘深の関係を確認するため、相関分析を行った。相関係数は-1～+1までの値をとり、-1に近づくほど強い負の相関関係、+1に近づくほど強い正の相関関係がある。-1または+1のときにはデータの点はすべて1つの直線上にあり、逆に0に近づくほど相関関係が弱くなり、無相関となる。

図-4では手法〔1〕および〔2〕による洗掘深は、相関係数が0.05となり、ほとんど相関がない結果となった。

また、手法〔2〕による洗掘深は手法〔1〕による洗掘深よりも小さくなる傾向が確認された。

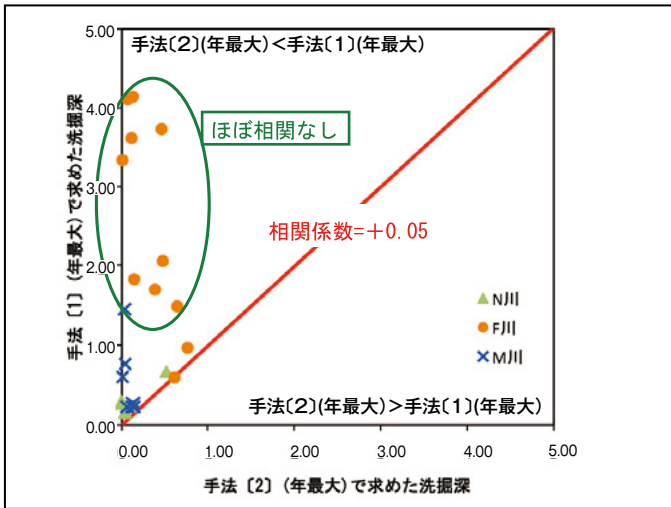


図-4 3河川の洗掘深の相関図
(手法(2)(年最大)と手法(1)(年最大))

(2)ケース③に対する検討結果

手法(3)および(4)で評価した洗掘深の相関関係を図-5に示す。

図-5では手法(3)および(4)による洗掘深は、相関係数が0.74となり、相関があるという結果となった。

なお、手法(4)による洗掘深が一定となっている箇所(F川とM川)があるが、これは川幅水深比が10未満になっていることに起因している。直線河道において、川幅水深比が10未満で、現況最大洗掘深が不明な場合は洗掘深が一定となる。そのため、相関係数は高いものの、今後の検討にあたっては、さらなるデータの蓄積が必要である。

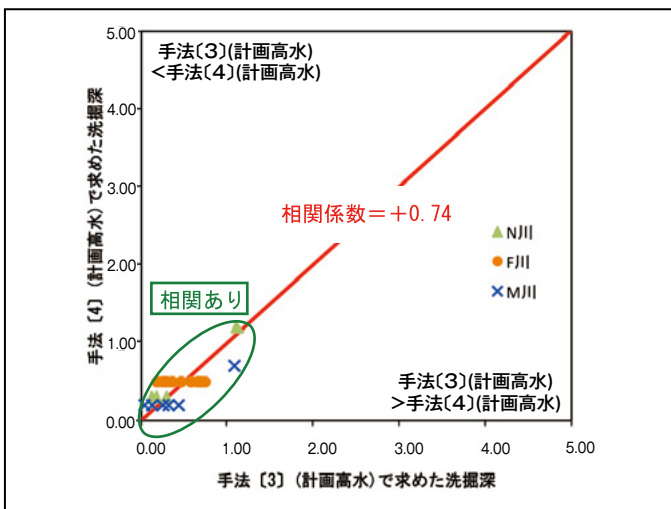


図-5 3河川の洗掘深の相関図
(手法(3)(計画高水)と手法(4)(計画高水))

8.まとめ

本検討の結果、砂州が発生する中小河川においては、手法(3)と手法(4)により評価した洗掘深は同じ傾向(相関関係がある)になることが確認された。

河川の条件によっては、その傾向も変わる可能性があることから、今後も引き続き同様の検討を行い、データの蓄積に努める。

今後は、現地の河道状況を踏まえた上で、「護岸の力学設計法」、「美しい山河を守る災害復旧基本方針」、「iRIC」を用いて、護岸前面の妥当な洗掘深の評価手法を検証していきたい。

参考文献

- 1) (財)国土技術研究センター 改訂 護岸の力学設計法
(財)国土技術研究センター編,平成19年11月.
- 2) 国土交通省 美しい山河を守る災害復旧基本方針,
平成26年3月.
- 3) 北海道建設部土木局河川砂防課 河川事業設計要領,
平成27年4月.

河床低下対策工事の効果検証と今後の予測

REPORT 技術第2部 環境計画課 夏井 皓盛(技術士補:建設部門)
本間 英敏(技術士:建設部門 建設環境)



夏井 皓盛



本間 英敏

概要

河床低下が進行している道北のS川では、対策として3基の床止工群の設置が計画され、そのうち1基目の整備が完了している。この床止工群は、上流域から供給される砂礫を捕捉し、河床を安定させることで、護岸や橋梁などの構造物を保護することを目的としている。

本稿では、1基目の床止工設置後の効果検証と、2基目、3基目設置後の河床状況の予測を行い、S川における床止工群の有効性について評価した。

キーワード 河床低下、床止工群、効果検証、iRIC、予測

1. はじめに

河床低下が進行している北海道北部のS川では、対策として3基の床止工群の設置が計画され、そのうち1基目の整備が完了している。この床止工群は、上流域から供給される砂礫を捕捉し、河床を安定させることで、護岸や橋梁などの構造物を保護することを目的としている。

本稿では、1基目の床止工設置後の効果検証と、2基目、3基目設置後の河床状況の予測を行い、S川における床止工群の有効性について評価した。具体的には、GISによる測量データの解析と、iRICによるシミュレーションを行い評価した。

2. 対象河川の概要

S川では、過年度に実施された河床変動調査の結果より、土砂収支のバランスが崩れたことでSP700～SP2700までの区間で河床低下が進行していることが明らかとなっている(図-1)。この区間では、最大で約2.5mの低下が確認されているほか、露岩している箇所が多く見られる(写真-1)。

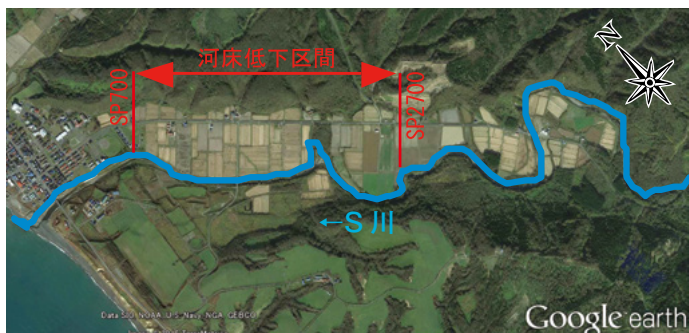


図-1 S川の河床低下区間※
※「Google earth Pro」の衛星写真を使用



写真-1 河床低下区間の露岩状況

3. S川における河床低下対策

河床低下区間内には橋梁が設置されており、河床低下が進行したことで、橋脚の根入れ不足が生じた(写真-2)。そのため、この橋梁を守ることが最優先とされた。

河床低下区間より上流側では、各所で砂礫の堆積や砂州の形成が見られることから、十分な砂礫の供給源があると考えられる(写真-3)。そこで、上流域から供給される砂礫を捕捉し、河床を安定させ、橋梁を保護することを目的に、3基の床止工群の設置が計画された(図-2)。3基のうち、最下流の1基目の整備が完了している(図-3)。



写真-2 橋梁と橋脚の根入れ不足の様子



写真-3 河床低下区間より上流の様子

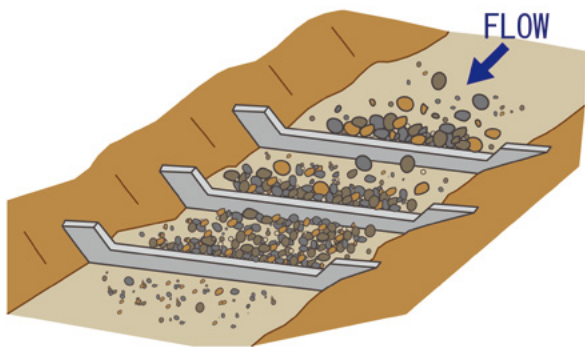


図-2 3基の床止工群(イメージ図)

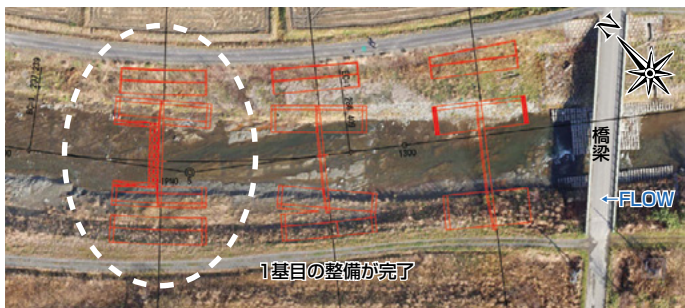


図-3 床止工群の設置位置(赤い実線部分)

4. 床止工群の有効性の評価

1基目の床止工を設置したことによる効果の検証と、2基目、3基目を設置した後の河床状況の予測を行い、床止工群の有効性について評価した。

4-1. 1基目の床止工設置後の効果検証

4-1-1. 検証方法

1基目の床止工設置前後に実施した、細部測量と横断測量のデータを用いて効果を検証した。細部測量で得られたデータは、すべて点データであるため、GISを用いて空間補正を行い、点データを平面データへ変換後、床止工設置後のデータから設置前のデータを差し引き、河床高の変化量を可視化した。横断測量データについては、床止工設置前後の横断図を重ねて比較した。また、細部測量の結果を基に、河床における砂礫と岩盤の面積をGISにより算出し、床止工設置前後で比較した。

4-1-2. 検証結果

床止工設置前からの河床高の変化量を図-4に、床止工設置前後の横断図の比較を図-5に、河床における砂礫と岩盤の割合を図-6に示す。

図-4と図-5より、1基目の床止工設置前と比較すると、床止工や橋梁の上流側で河床高が上昇しており、最大で約1m(図-4の赤色部分)の上昇量が確認された。また、図-6より、床止工設置前は、河床のうち74%の範囲で露岩していたが、設置後は砂礫の堆積により27%まで減少していた。このことから、1基目の床止工を設置したことにより、砂礫の堆積が促進されていると考えられる。

一方で、床止工の直下流側では、設置前よりも河床高が低下している箇所が確認された(図-4)。

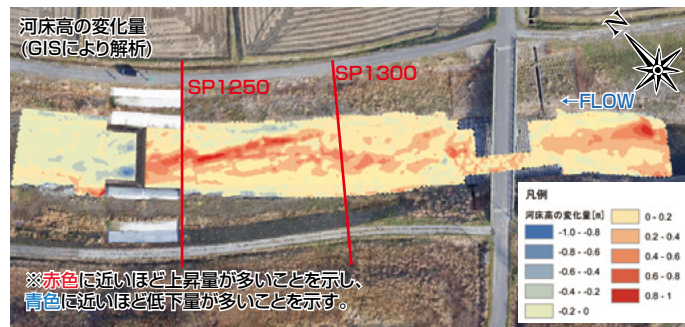


図-4 床止工設置前からの河床高の変化量

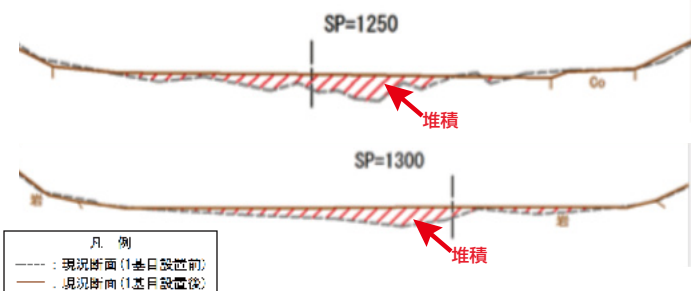


図-5 床止工設置前後の横断図の比較

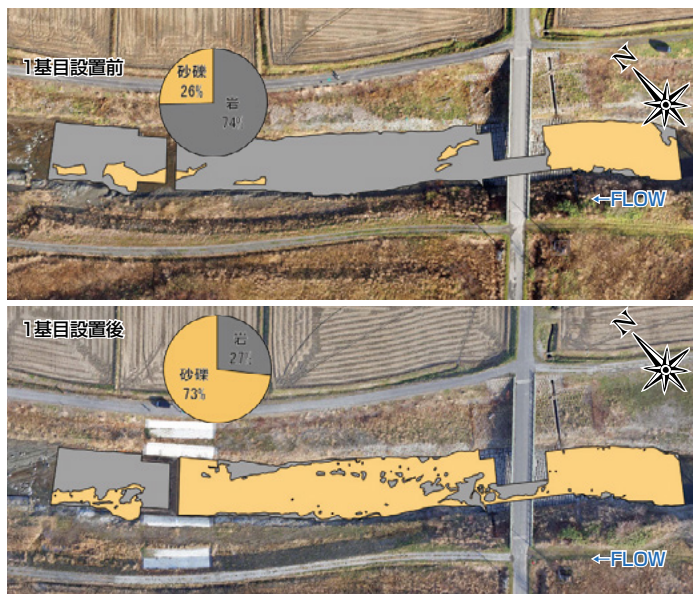


図-6 床止工設置前後の河床における砂礫と岩盤の割合

4-2. 2基目、3基目の床止工設置後の予測

2基目と3基目の床止工設置後の河床状況について、「河川の流れ・河床変動解析ソフトウェアiRIC(International River Interface Cooperative)Nays2DH]を使用して予測することとした。

なお、予測を実施する前に、iRICにより現況河道を再現できるかどうか(以下、「再現性」として記載)1基目の床止工設置前後の測量データを用いて検証することとした。

■iRICとは
USGS(アメリカ地質調査所)で開発してきたMD_SWMSと(財)北海道河川防災研究センターで開発してきたRIC-Naysの機能を統合した河川の流れ・河床変動解析ソフトウェアのことである。

4-2-1. シミュレーション(iRIC)の精度確認

(1) 計算条件

再現性を検証する際の計算条件は、表-1の通りとした。また、河床は移動床とし、床止工やコンクリートブロック、高水敷は形状が変化しないものとし、固定床とした(図-7)。

表-1 iRICの計算条件(床止工1基)

初期河床	床止工設置前の地形(測量)データ
計算メッシュ	1m(横断方向)×2m(縦断方向)程度
計算流量	平均融雪期最大流量(10ヶ年) 25.39m ³ /sを24hr通水後に、平均年最大流量(10ヶ年) 52.82m ³ /sを1hr通水
粗度係数	低水路 0.028(河道計画より) 高水敷 0.042(河道計画より)
河床材料	32.9mm(現地調査結果より)



図-7 移動床と固定床の設定(床止工1基)

(2) 計算結果

計算した結果、現地(図-4)と同様に、床止工と橋梁の上流側で堆積傾向を、1基目の床止工の直下流側で洗掘傾向を示した(図-8)。また、横断データを実測値と比較したところ、河床高が概ね近い値となった(図-9)。以上より、iRICによる河床状況の再現性は良好であると考えられる。

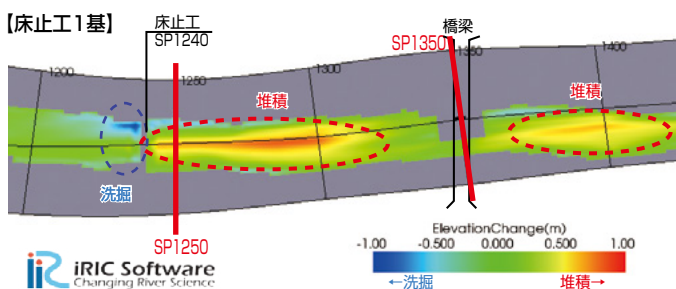
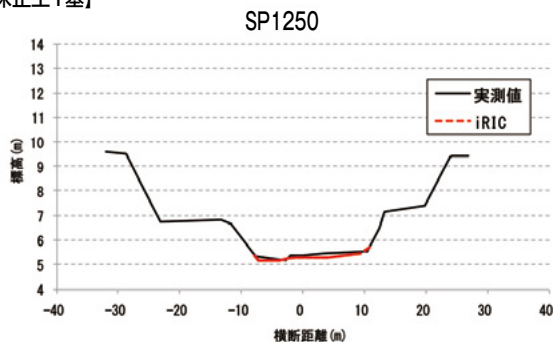


図-8 床止工1基の計算結果(平面データ)

【床止工1基】



【床止工1基】

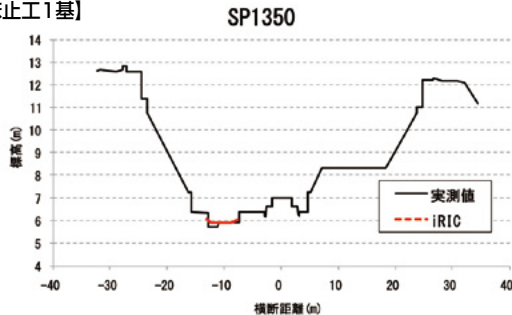


図-9 計算結果と実測値の比較(横断データ)
※計算値は移動床の部分のみ表示した。

4-2-2. 今後の河床状況の予測

(1) 計算条件

計算条件は、初期河床を1基目の床止工設置後の地形(測量)データとし、計算メッシュ、計算流量、粗度係数、河床材料粒径は表-1と同様とした。また、移動床と固定床の設定は図-10のように設定した。

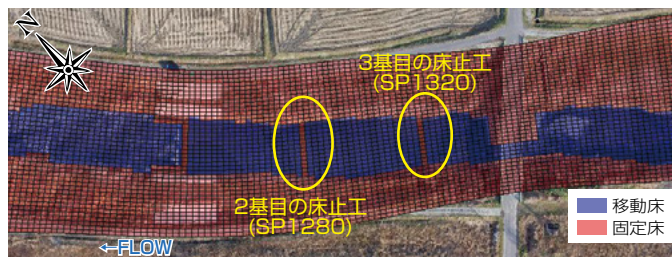


図-10 移動床と固定床の設定(床止工2基と3基)

(2) 計算結果

床止工が2基(1基目と2基目のみ)の場合と3基(1基目~3基目すべて)の場合それぞれで計算を行った。計算した結果、床止工が2基と3基どちらの場合も、床止工より上流側で堆積傾向を示した。また、2基よりも3基の場合の方が、橋梁付近の堆積量が多くなる傾向を示したが、床止工群計画時の目標である計画河床高には達しなかった(図-11、図-12)。

一方で、2基と3基どちらの場合も、1基目の直下流側が洗掘する傾向を示した(図-11)。

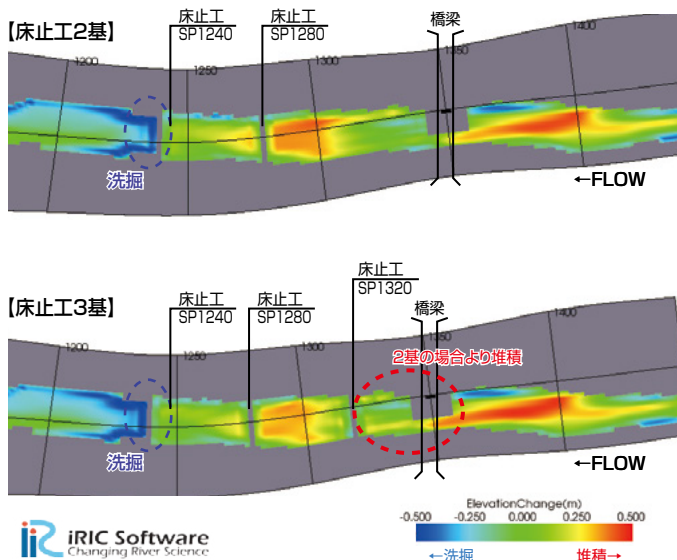


図-11 2基と3基の計算結果(平面データ)

5-2. 今後の課題

5-2-1. 床止工直下の洗掘への対策

現況の河床状況(図-4)とiRICによる予測結果(図-11)から、今後は、1基目の床止工直下の洗掘が進行する可能性がある。現時点では、表-2に示す対策案が挙げられる。ただし、各対策案における数値や構造形式、設置範囲などは仮の設定である。対策を実施する場合は、改めて詳細な検討を行う必要がある。

表-2 床止工直下の洗掘への対策案^{1),2)}

対策案	概要	イメージ図
護床工	既設のかごマットの下流側に護床工として新規にかごマットを設置する。設置後に最深河床高まで沈下した場合でも、護床工としての機能を維持できるように、基数は2基とする。	
落差工	現況の最深河床高を踏まえて落差工形式とする。流水の減勢により、洗掘を抑制する。	
水石組み	床止工の下流側に石組み水制工を数基設置する。土砂の捕捉により、洗掘を抑制する。	
根固め工 袋型工	洗掘が著しい箇所のみ、玉石やコンクリート塊を詰めた袋材などを投入する。	

5-2-2. 計算条件を変えた場合の河床状況の把握

本稿で実施したシミュレーション結果(図-11、図-12)は、表-1に示す流量が通水した場合のものである。そのため、今後は、計算流量の値や通水時間などを変え、様々なパターンのシミュレーションを実施し、橋梁付近の河床高が計画河床高に達するのかどうかを把握することが課題である。

5-2-3. シミュレーションの精度向上

2基目の床止工整備後の測定データと、iRICによるシミュレーション結果を比較し、再現性の精度を更に向上させる必要がある。

参考文献

- 1) (財)国土技術研究センター：『床止工の構造設計手引き』、株式会社 山海堂、(1998)
- 2) イヴァン・ニキティン：『水制の理論と計算-近自然工法の発想を助けるために-』、株式会社 信山社サイテック、(1995)

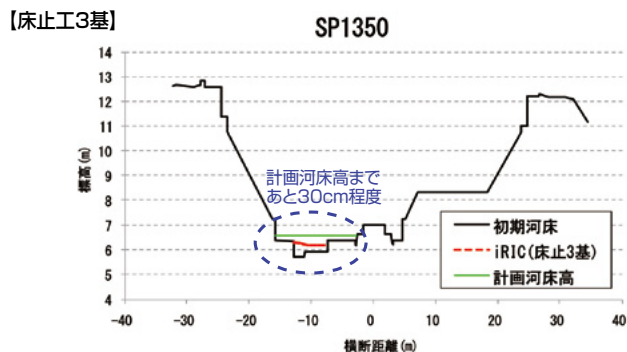
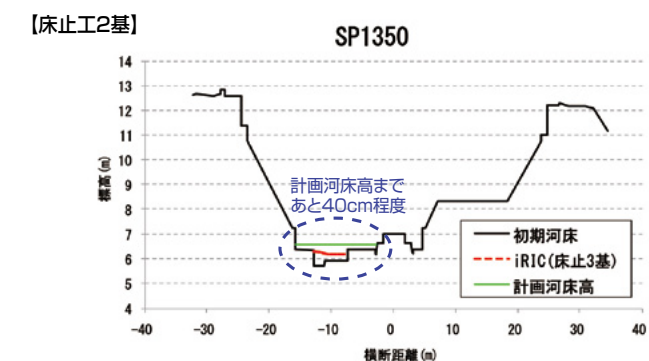


図-12 2基と3基の計算結果(橋梁付近の横断データ)
*計算値は移動床の部分のみ表示した。

5. まとめ

5-1. 床止工群の有効性

1基目の床止工設置後の効果検証と、2基目、3基目設置後の河床状況の予測結果より、床止工群を設置することで砂礫の堆積が促進され、橋梁付近の河床高が上昇することが期待できる。

密集市街地における 軟弱地盤上の 河川護岸設計事例

REPORT 技術第1部 水工課 太田 真吾 RCCM(河川、砂防及び海岸・海洋)
北村 明 技術士(総合技術監理部門, 建設部門)



太田 真吾



北村 明

概要

軟弱地盤かつ狭隘な河道といった施工条件下での都市河川において、河道掘削に伴う地下水位低下により、周辺の地盤沈下とこれに伴う近接家屋への影響が懸念された。

近接家屋の損壊や変状を回避するため、①地下水位の低下抑制、②周辺地盤の変状抑制、③施工ヤードの確保といった3つの制約条件を満足する護岸の施工方法を選定する必要があった。

本稿では、今回選定したNETIS技術に至る迄の検討手順と内容及び問題点等について紹介する。

キーワード 軟弱地盤、都市河川、NETIS、地下水位低下、円弧すべり、地盤支持力

1. はじめに

北海道各地の低平地には、有機物からなる泥炭が表層部に堆積し、その下に軟弱粘性土が続く泥炭性軟弱地盤が存在している。北海道開拓以来、泥炭性軟弱地盤は建設工事における障害となってきたが、河川改修が進むにつれて都市化が進展し、密集市街地を流れる河川が各地に形成されている。

軟弱地盤内を流れる都市河川において、洪水対策や施設老朽化に伴う河川改修を実施する場合、施工時や施工後の周辺地盤の変状等が伴う場合が多く、対策工の複合化・複雑化により事業費が高み、改修事業が進捗しないケースが見られる。

本稿は、軟弱地盤の狭隘な都市河川において、河川改修事業を実施する際の既往技術の課題を整理したうえで、代替工法となる新技術の合理性、経済性等を考慮し、軟弱地盤での適用可能性を示した。

2. 検討手順及び内容

(1) 現地条件による技術的課題

検討区間は道南地区の市街地を流れる小河川で、河道に近接した家屋の移設が生じないよう、河道掘削及び護岸設置が必要であった。

河道横断形状は、河川整備計画において「積みブロック護岸」による5分勾配で設定されており、図-1に示す問題点(イ、ロ、ハ、ニ)から、以下が技術的課題となった。

- ①河床切下げに伴う地下水位低下による地盤沈下抑制(イ)
- ②周辺地盤の変状に伴う家屋損壊・補償の防止(ロ、ハ)
- ③狭隘区間での河道掘削に伴う施工ヤード確保(ニ)

過去10ヶ年の既往設計において決定された5分勾配断面において①～③の技術的課題の解決を図った方法が図-2に示す当初工法である。

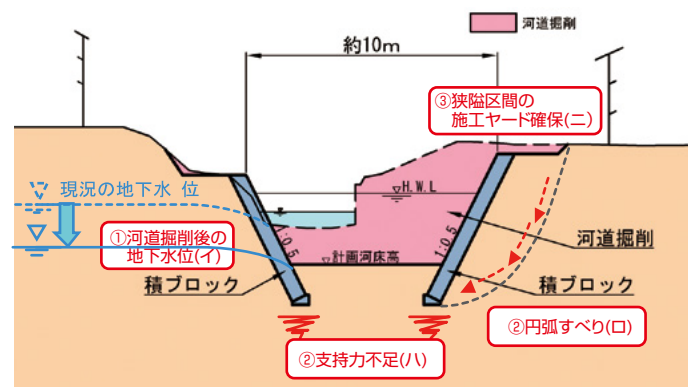


図-1 改修断面における技術的課題

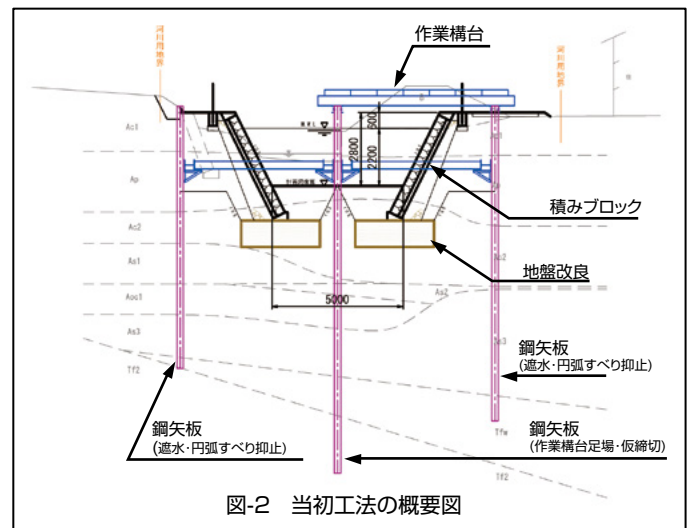


図-2 当初工法の概要図

①地下水位の低下抑制として積みブロック護岸背面に遮水鋼矢板を設け、②周辺地盤の円弧すべり抑止として鋼矢板、積みブロック護岸の支持力対策として地盤改良、③施工ヤードとして遮水・円弧すべり抑止鋼矢板を利用した作業構台を計画した。

(2) 当初工法における実用上の問題点と新技術の活用

当初工法による計画では、制約条件の多さから事業費が高み、毎年の工事進捗が低下することから治水効果が発現されるまで長期間を要する点が問題となった。

河川改修事業による効果を早期に発現させるため、①～③の技術的課題を低コストで解決できる対策工法として新技術活用システム(NETIS)に登録されているコンビジャイロ工法に着目し、当初工法と比較し、適用可能性を検討した。

3. 新技術(NETIS)を活用した工法の概要

新技術(NETIS)の活用にあたり、当初工法が鋼矢板を主体とした遮水・円弧すべり抑止及び作業ヤード確保の対策であることから、本設護岸と併用可能な「矢板護岸に着眼した新技術」をキーワードとして当初工法より低コストな新技術護岸工法を抽出した。

従来技術の矢板護岸の場合、地盤条件からφ1000～1500mmの鋼管矢板連続壁が必要となり、当初工法よりも著しく高価となる。そのため遮水をハット形鋼矢板10Hの連続壁、土圧を1.80m間隔で配置する鋼管杭φ600～800mmで複合的に負担することで、地下水位低下と円弧すべりの対策を図り、総工費の軽減が可能な「コンビジャイロ工法」を選定した(表-1、図-3、図-4、図-5)。

表-1 工法比較(適用性検討)

工法	積みブロック(当初工法)	矢板護岸(コンビジャイロ工法)
①地下水低下対策(イ)	積みブロック背面の鋼矢板	鋼矢板単独
②地盤変状対策(変状対策)(ロ、ハ)	鋼矢板+地盤改良	地盤改良
③施工ヤード確保(ニ)	全区間で作業構台が必要	自走式圧入機のため省スペース化可能
家屋補償	補償なし	補償なし
経済性100m当り	2.6億円	1.9億円
評価	○	◎適用可

※上表は工法の適否を示す。

本工法は、打設した矢板上に自走式圧入機を用いて施工することから、矢板壁構築時のクレーン設置スペースが不要となり、作業ヤード確保に対する課題に対しても新たなアプローチが可能となった。

また、検討区間は壁体の自立高が5m程度と高く鋼管杭の頭部変位量が大いことから、壁体前面の軟弱地盤を高圧噴射工法による地盤改良を行い、地中梁を設ける。地盤改良工法は、鋼矢板天端に走行レールを設けて走行可能なSJMM-Dy(高圧噴射)工法を選定した。

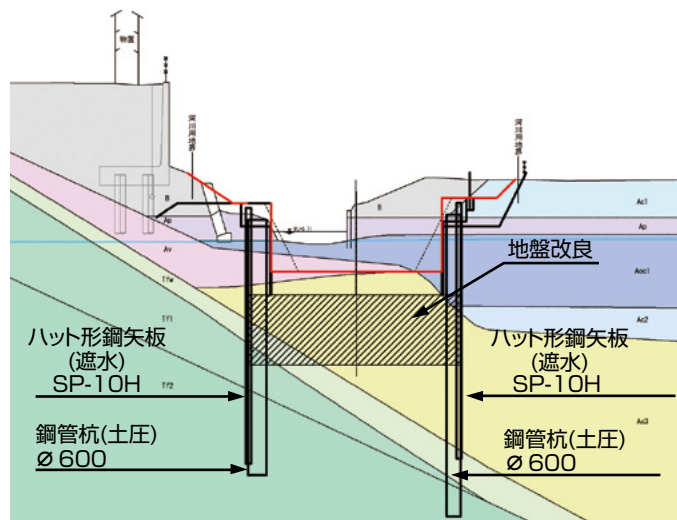


図-3 新技術(NETIS)を適用した工法の概要図

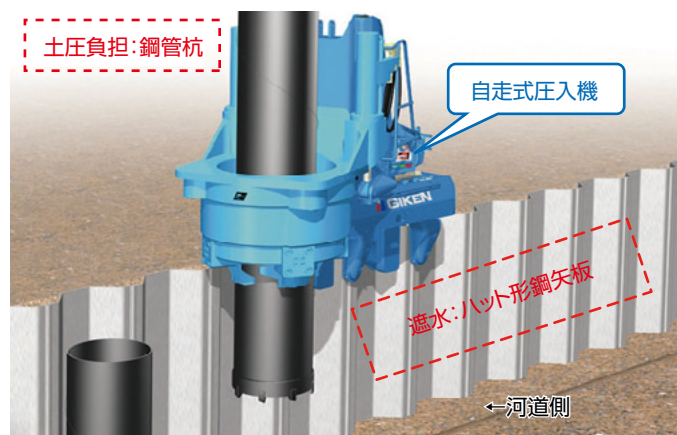


図-4 コンビジャイロ工法の概念図 (株)技研製作所 提供



図-5 ハット形鋼矢板と鋼管杭の配置上面図 (株)技研製作所 提供

4. おわりに

本稿で選定したコンビジャイロ工法は、軟弱地盤や狭隘条件等が類似した河川や道路、港湾施設等にも適用が可能だが、全国の施工実績数はまだ少ない状況である。今後、本検討箇所で行う際に、周辺地盤や壁体の変位状況等を観測し、現地条件による設計・施工上の課題等の整理、データの蓄積に努めたい。

本レポート作成にあたり、株式会社 技研製作所に各種資料を提供いただいた。ここに感謝の意を表す。

参考資料 1) 新技術情報提供システム(NETIS)
(<http://www.netis.mlit.go.jp/NetisRev/NewIndex.asp>)

林道工事で発生した地すべりの調査・対策検討事例

— 河川シフトを伴う押え盛土工法 —

REPORT 技術第2部 防災地質課 小岩 晃 RCCM(地質)
宿田 浩司 技術士(総合技術監理部門、
建設部門、応用理学部門)



小岩 晃



宿田 浩司

概要

本稿は、林道改修工事で確認された切土のり面の変状が地すべりと特定され、資料調査・現地踏査・ボーリング調査・地すべり観測を経てその規模や機構を明らかにし、対策工の設計を行った事例報告である。

業務では、地すべり対策工として押え盛土を計画したが、業務地が狭小な谷底という地形条件のため、対策工の施工には河川線形シフトと対岸斜面の一部を切土する必要が生じた。資料調査では、対岸斜面を含む業務地周辺に多くの地すべり地形が確認され、切土によって新たに斜面が不安定化することが懸念された。

本稿では、このような事例のもと、地すべり調査の流れと対策工選定に至る技術的判断について報告する。

キーワード 林道切土、地すべり調査・観測、押え盛土、横ボーリング、対岸斜面切土、

1. はじめに

業務地は、道央の芦別市内にあり、平成25年6月に林道工事が着工され同年11月に竣工した。

当該地の地形は、最も低位にやや切り立った河岸を持つ幅数mの狭小な自然河川が流れており、河川の両岸は河床からの比高が約70mの比較的緩い斜面からなる。林道は、河川沿いに河床から比高3m程度の位置に斜面の末端を切り盛りして整備されている。

工事記録等から、林道施工中の平成25年9月に切土のり面の小崩壊が報告され、11月には道路のクラック、のり面の崩壊や膨らみ、湧水が確認された。その後、12月初旬にかけて馬蹄形に発達した斜面上のクラックに設置した地表変位計測装置(抜き板)で最大5cm程度の変位を確認した。これによって、一連の斜面の変状は「地すべり」であると推察された。

資料調査によると、当該地すべり地周辺の地質は、古第三紀の石狩層群(最上階)に属する芦別層からなり、砂岩泥岩の互層を主体として炭層を挟んでいる。両岸斜面は、河川を中心軸とした向斜構造であることから流れ盤であり、周辺には地すべり地形が散在している。

以降に、地すべり調査結果と狭小な沢地内での対策工選定に至る詳細を示す。

2. 地すべり調査・機構解析

(1) 現地踏査

現地踏査は、机上での地すべり地形判読結果の確認や現地での地すべりの範囲・形状、運動方向・機構などの把握を目的に実施した。

踏査の結果、斜面には今回活動したと思われる新しい亀裂や段差を含むブロックと、さらにこのブロックを包括して斜面上方に広

がる大きなブロックを確認した。前者は「新規地すべりブロック(Ld-1)」、後者は「旧地すべりブロック(Ld-2)」と区分し、現地状況からLd-1はLd-2の一部が再活動したものと推察した(図-1参照)。

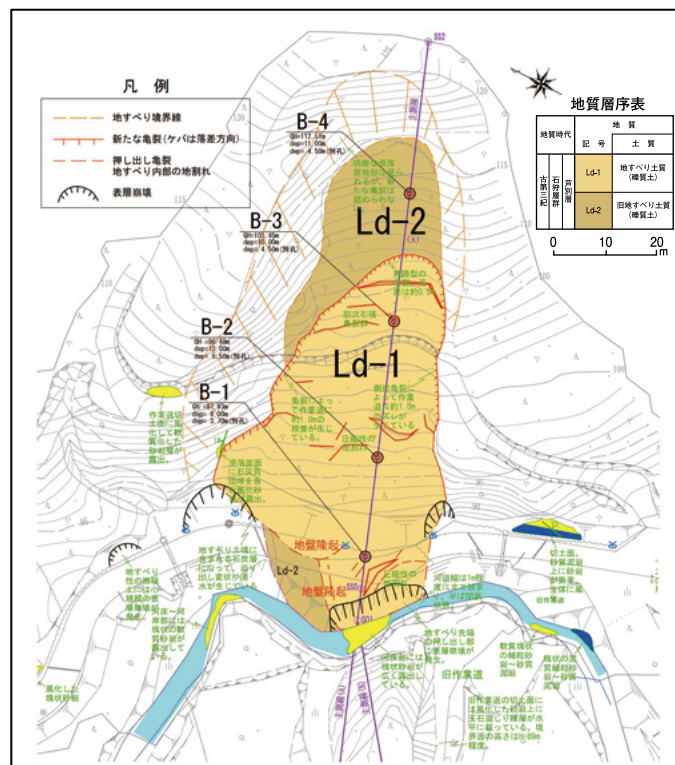


図-1 地すべり平面図

(2) ボーリング調査

ボーリング調査の目的は、斜面表層から深部までの地質状況をコア採取によって直接観察することや、すべり面の特定、さらに地すべり観測機器の設置である。調査は、活動の兆候が見られた

Ld-1で3孔(B-1~B-3)、兆候が見られないLd-2で1孔(B-4)とした。

各孔の表層3.5~6.5mは、褐色を呈し、標準貫入試験のN値が1~17(平均6.5~8.0)で土砂や強風化泥岩や強風化砂岩からなる。一方、深部は、暗灰色を呈し、N値が50以上、弱~未風化で片状~短棒状、下部は短棒~棒状コアが主体となる。

コア観察やN値等の情報から、すべり面は強度差(N値の差)をもった強風化帯の下面であると推定した(写真-1参照)。

すべり面(推定)



写真-1 ボーリングコア(B-2)によるすべり面の推定

(3)地すべり観測

パイプ歪計と地下水位計等による観測を約3ヶ月実施した。結果、平成26年9月16~19日の降雨(6.5~21.0mm/h, 累積60mm)でB-1~B-3孔に88~219 μ sの累積変動(潜在変動)が確認され、変動した歪計深度はボーリング調査で推定したすべり面深度と一致した。なお、Ld-2のB-4孔では、特異な変動が無かったため旧地すべりブロックと断定した(表-1、図-2参照)。

表-1 歪変動種別一覧表(地すべり対策便覧より)

変動種別	日変動絶対値(μ)	累積変動絶対値(μ /月)	変動形態		すべり面存在の可能性	総合判定
			累積傾向	変動形態		
確定変動	10^2 以上	5×10^3 以上	顕著	累積変動	あり	確定すべり面
準確定変動	10^2 以上	10^3 以上	やや顕著	累積変動	〃	準確定すべり面
潜在変動	10^2 以下	10^2 以上	ややあり	累断攪回 積続乱帰	〃	潜在すべり面
異常変動	10^2 以上	10^3 以上	なし	断攪回 続乱帰	なし	地すべり以外の要因

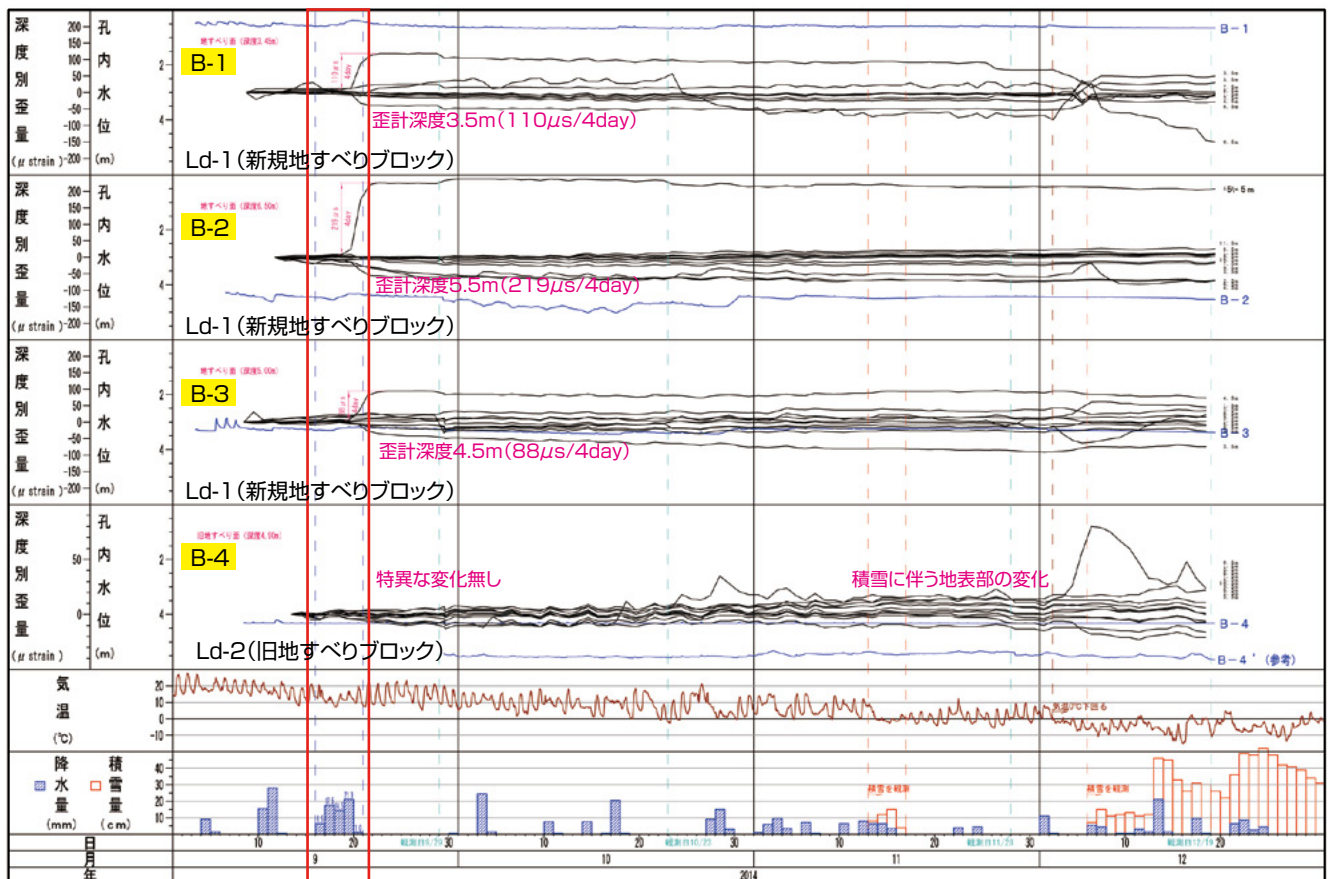


図-2 地すべり観測結果

(4)地すべり機構解析(発生のメカニズム)

調査の結果、今回の地すべり活動は、次のような機構で発生したと判断される。

素因: 当該地は、芦別層(砂岩泥岩の互層(挟炭層))が流れ盤を形成し、過去に活動した旧地すべりブロックである。

誘因: 斜面末端で行われた「林道の切土工事」や切土直後の「降雨(地下水位上昇)」によって旧地すべり移動土塊の抵抗力が減少した。

3. 地すべり対策と新たな問題点

地すべり対策は、地すべりの誘因となる豪雨・長雨・融雪等による地下水の供給を低減する工法として効果的な「地下水排除工(横ボーリング孔)」と、経済性・即効性・発生土利用の観点から「押え盛土」を採用した。しかし、計画安全率($F_{sp} \geq 1.10$)を満足する押え盛土の形状によって次のような問題が生じた。

押え盛土を行うには、河川を対岸方向にシフトする必要があり、これによって対岸斜面の一部に切土が生じる。業務地周辺は地すべりが多く分布し、対岸斜面の背後にも地すべり地形が確認され、地すべりが切土範囲まで達している場合は、新たに斜面の不安定化を招く可能性があった(図-3、図-4参照)。

このため、対岸でのボーリング調査や地すべり観測も視野に入れ、地形判読やより詳細な踏査を実施した。

その結果、切土が発生する半島状にせり出した斜面上には、狭小ながら平坦面がみられた。また、斜面側面の崖には砂岩とこれを覆う拳大~人頭大の玉石を含む礫層が確認された。

このことから、当該斜面は、河岸段丘で構成される安定的な地山であることが明らかになり、切土を行っても背後斜面は不安化し

ないことが確認された(写真-2参照)。以上、そのような判断のもと、押え盛土形状により定まる河川護岸及び林道付け替えの詳細設計を行った。



写真-2 対岸斜面の露頭状況(写真奥が地すべり地)

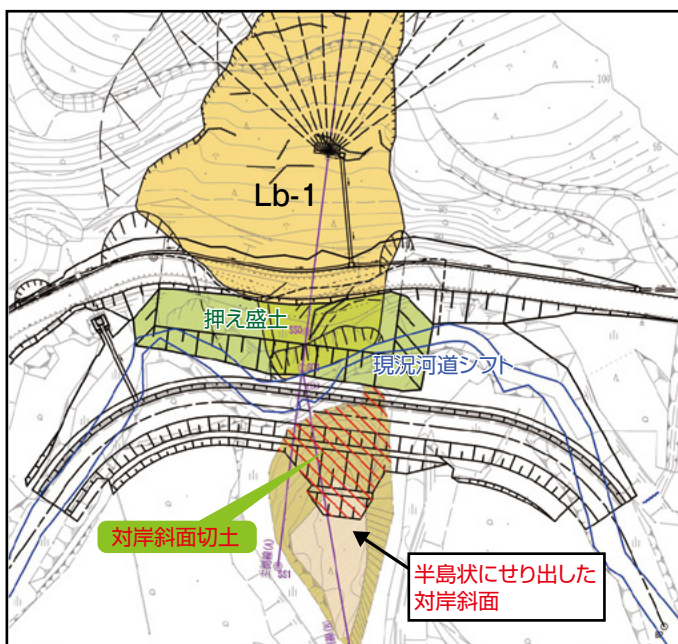


図-3 押え盛土に伴う対岸斜面の切土

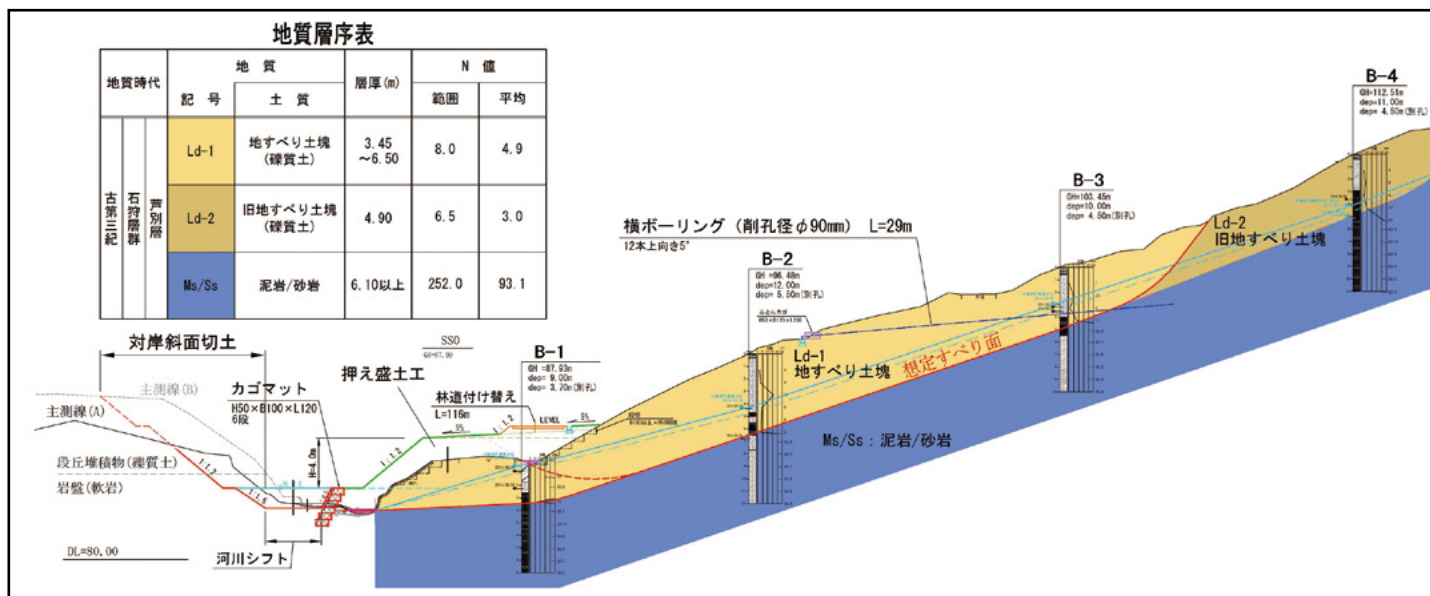


図-4 地すべり断面と対策工



4. おわりに

当該地すべり対策工事は、平成27年度に着工し単年で完了した。当社では、竣工して初の融雪期を迎えた地すべり対策施設の機能・防止効果などを確認するため、平成28年度5月末に現地視察を行った。本稿でもその一部を紹介し施設が健全であることを報告する(表-2参照)。

一般に押え盛土は、確実で経済性に優れ、維持管理容易性も高いことから積極的に採用される工法である。一方、現実的には地形や用地的制約から採用に至らないケースも多数あり、本業務地のように末端が河川である場合は、治水安全性の確保や河川管理者との協議、河川改修の委託設計業務の工程も加わりより一層難しいケースと言える。

しかし、本業務では河川管理者が林道管理者と同じ行政機関(町)であったことや対策工設計の早期に当社河川技術者を参画させたことから、迅速に河川改修計画を立案でき、最適案である押え盛土が採用できた。

今後も、複合的な判断が求められるケースでは、当社の総合的な技術力で顧客要求に応えていきたい。

番号/施設等	施設等の写真/確認結果
① 護岸上(かごマット) 押え盛土工	 <ul style="list-style-type: none"> ■押え盛土のり面・天端、付け替え林道に変状無し。 ■旧河道の線形・狭小部の解消、かごマットの設置により、地すべり末端部の洗掘防止が図られている。
② 対岸斜面の切土	 <ul style="list-style-type: none"> ■押え盛土及び河道シフトによる対岸斜面切土。 ■切土面や背後地盤に、はらみ・陥没など、地すべり性の変状無し。

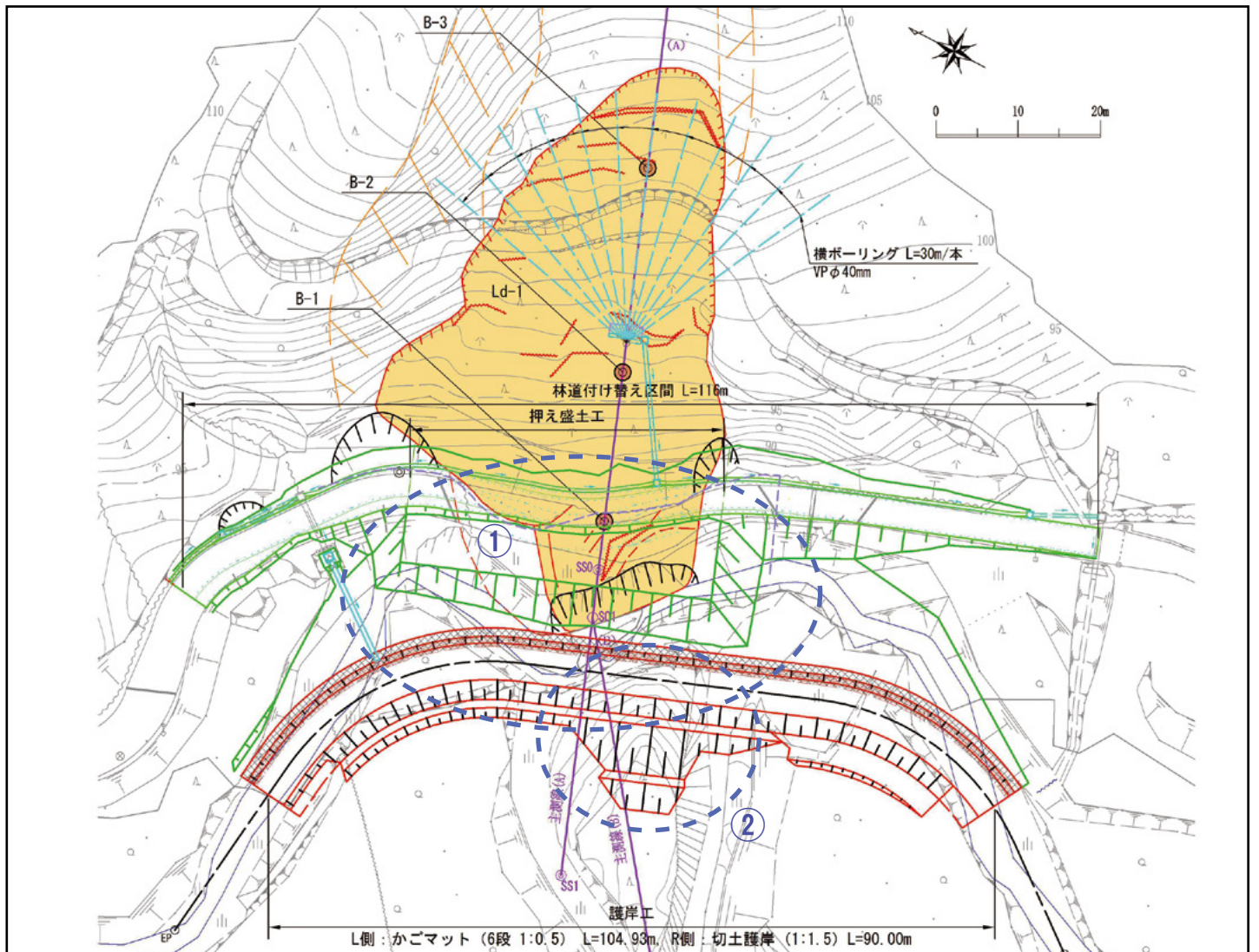


図-5 地すべり対策平面図

北海道新幹線を活かす新たな観光スポットの創出

—眺望を生み出しビュースポットを設置した設計事例—

REPORT 技術第1部 道路構造課 八木澤 博文(RCCM都市計画及び地方計画)
表 康則 (RCCM鋼構造及びコンクリート)



八木澤 博文



表 康則

概要

本業務は、北海道新幹線開業の機会を活かして観光客の誘致を図るため、木古内町において新幹線と在来線の双方を展望できる観光スポットを設けることを目的に、展望施設の設計を行ったものである。

本稿は、展望施設の眺望の確保とその眺望の感じ方に各人の主観が介在してまちまちになることから、受発注者双方が眺望を確認しながら、合意形成を図ることができる高所作業車を使用した調査手法を提案・実施した事例の紹介である。

キーワード 展望台、鉄道、観光、合意形成、北海道新幹線、高所作業車

1.はじめに(背景)

木古内町は北海道新幹線開業の機会を活かして、観光客の誘致を図るための課題のひとつとして「既存の観光資源の集客が乏しい」ことを挙げている。

2.計画概要と条件

今回、示す事例は前述の課題を改善するため、国内でも珍しい新幹線と在来線の分岐が見られる場所に展望施設を設け、新たな観光スポットを創出したものである。

(1)計画地

計画地はJR木古内駅から新青森方向へ約2kmの地点のJR海峡線のトンネル上にあり、鉄道写真愛好家の間では著名な撮影場所になっている。

(2)計画条件

①設置位置

新幹線などを正面から展望できるようにJR海峡線のトンネル上の軌道中心線に設置する。

②展望方向

a)主方向:木古内方向

在来線との共用走行区間から新幹線と在来線に分岐が見られる国内でも珍しい場所であることから主方向とする(写真-1)。

b)副方向:新青森方向

在来線との共用走行区間で、タイミングが合えば在来線と新幹線のすれ違う姿も見られる。

③工事予算

工事予算内で建設できる展望施設を設計すること。

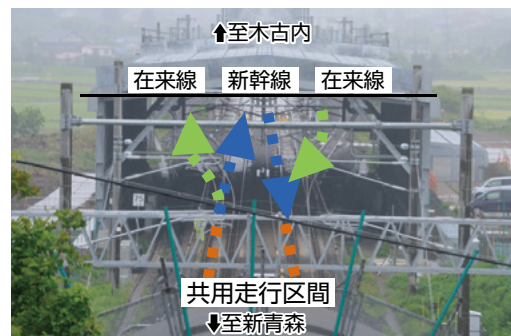


写真-1 主方向(木古内方向)の展望状況

3.問題点と解決方法

(1)問題点

計画地に立つと平坦な土地で、写真-2に示すとおり両方向とも当初予定していた展望施設(床高さ1.5m程度)では低く、新幹線などを望むことが困難な状況であった。



写真-2 木古内及び新青森方向の展望状況

(2)解決方法

①解決の方向性

この問題点を解決するには両方向の展望が確保できる「視点場(位置と高さ)」を設定する必要がある。その際、注意しなければならないことは、展望施設の高さは、高くするほど建設コストが増加していくことになるので、適当な高さの見極めが重要となる。

②調査手法の決定

この設計において最も懸念されることは、眺望の感じ方に各人の主観が介在して差異が生じることである。この懸念事項を解決するには、ドローンや長い棒状の先端に固定したカメラから撮影する等間接的に確認する方法ではなく、現地で受発注者が立会を行い、肉眼で直接確認して合意形成を図ることが重要と考え、これを解決できる高所作業車を使用して調査することにした。

4.現地調査とその結果

(1)調査方法

調査位置は展望施設が駐車場などを含めて配置可能で、かつ展望の主方向寄りにある測点SP12640、SP12650、SP12655の3箇所とした(図-1)。調査床高さは2、3、4mで目視と写真を撮影しながら主・副方向の展望を受発注者で確認した。



写真-3 確認作業状況

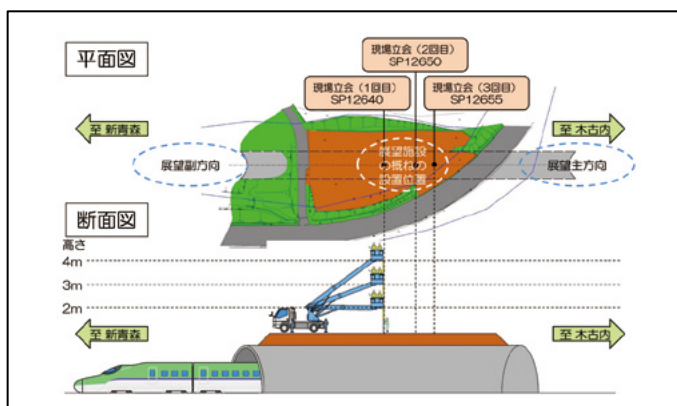


図-1 調査方法

2)調査結果

①主方向:木古内方向(展望目的:共用走行区間から新幹線と在来線の分岐)

- ・設置位置はできるだけ木古内寄りにした方がより良く見える。
- ・床高さは高いほど良く、4m以上が望ましい。



写真-4 測点SP12655からの展望状況

②副方向:新青森方向(展望目的:共用走行区間)

- ・設置位置はどの測点でもそれ程差異はない。
- ・床高さは高い方が良いが、4m未満でも良く見える。



写真-5 測点SP12640とSP12655からの展望状況

3)合意結果(視点場の決定)

主方向と副方向の展望を調査した結果、展望施設の設置位置及び床高さは以下のとおりとした。

- ・設置位置はできるだけ木古内寄りに設置する。
- ・展望施設の床高さは4m以上とする。

5.計画結果

(1)展望施設の配置位置と床高さ

前述の調査結果、駐車場などの計画及び工事予算から実際の展望施設の配置はSP12653(図-2)、床高さは4mとした。

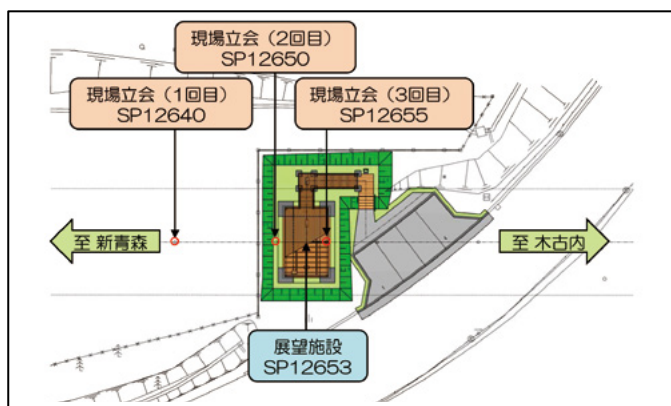


図-2 展望施設の配置位置

2)展望施設の詳細

展望施設は工事予算内で完成し、その配色は北海道新幹線をイメージして本体を白色、屋根は緑色、柵を紫色とした(写真-5)。

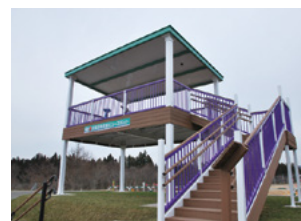


写真-6 完成した展望施設

6.おわりに

完成後の展望は、この調査で写真等ではなく肉眼で確認したことから、予想通りのものであった。

この調査で、展望について事前に受発注者で合意形成を図ったことで、業務を円滑に進めることができ、合意形成の重要性を再認識した。

最後に、本報告を作成するにあたり、発注者である木古内町建設水道課から、多大なるご協力をいただいた。ここに深謝の意を表す。

● 編集後記 ●

リオデジャネイロオリンピックで、日本選手が過去最高数となる41個のメダルを獲得して盛り上がっているさなか、北海道では観測史上初めて3つの台風が上陸(台風7号、台風11号、台風9号)し、道内各地で河川が氾濫し甚大な被害をもたらしました。

また、これも観測史上初めて台風10号が東北地方太平洋側に上陸し、北海道もその影響で空知地方や十勝地方で記録的な大雨となり、河川が決壊・破堤し、国道や道道、鉄道等のライフラインの寸断や住宅、工場や農地の浸水被害が発生しました。

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。

この台風や豪雨の影響により各地で河川や道路、橋梁の災害復旧事業が行われている最中で、弊社においても微力ながら、初動調査、測量調査・災害復旧設計とお手伝いさせていただいております。

河川の災害現場を踏査して、流木や土砂による河道埋塞、河床低下による護岸崩壊、急流河川での河岸決壊などが見られましたが、今後、これらの被害が発生しないように限られた予算の中でどのように維持管理を行っていけば良いのか、あらためて考えさせられたところです。

2020年には東京オリンピック・パラリンピックがあり、現在は競技場の場所や建築物のデザイン等で物議をかもしているようですが、一方で海外からの観光客数を4000万人へ引き上げることも検討されているようです。

東京オリンピックの開催期間は、7月24日から8月9日、東京パラリンピックの開催期間は、8月25日から9月6日で、まさに台風上陸の時期となります。また、地震もいつどこで起きるかわかりません。

こうした自然災害の多い日本で、日本語が通じない海外からの観光客の避難体制をどのように行っていけば良いのか対策を行っていることと思いますが、もしかすると、スマートフォンの避難アプリなるものが開発され、位置情報から避難誘導を外国語で行っているのかもしれない。

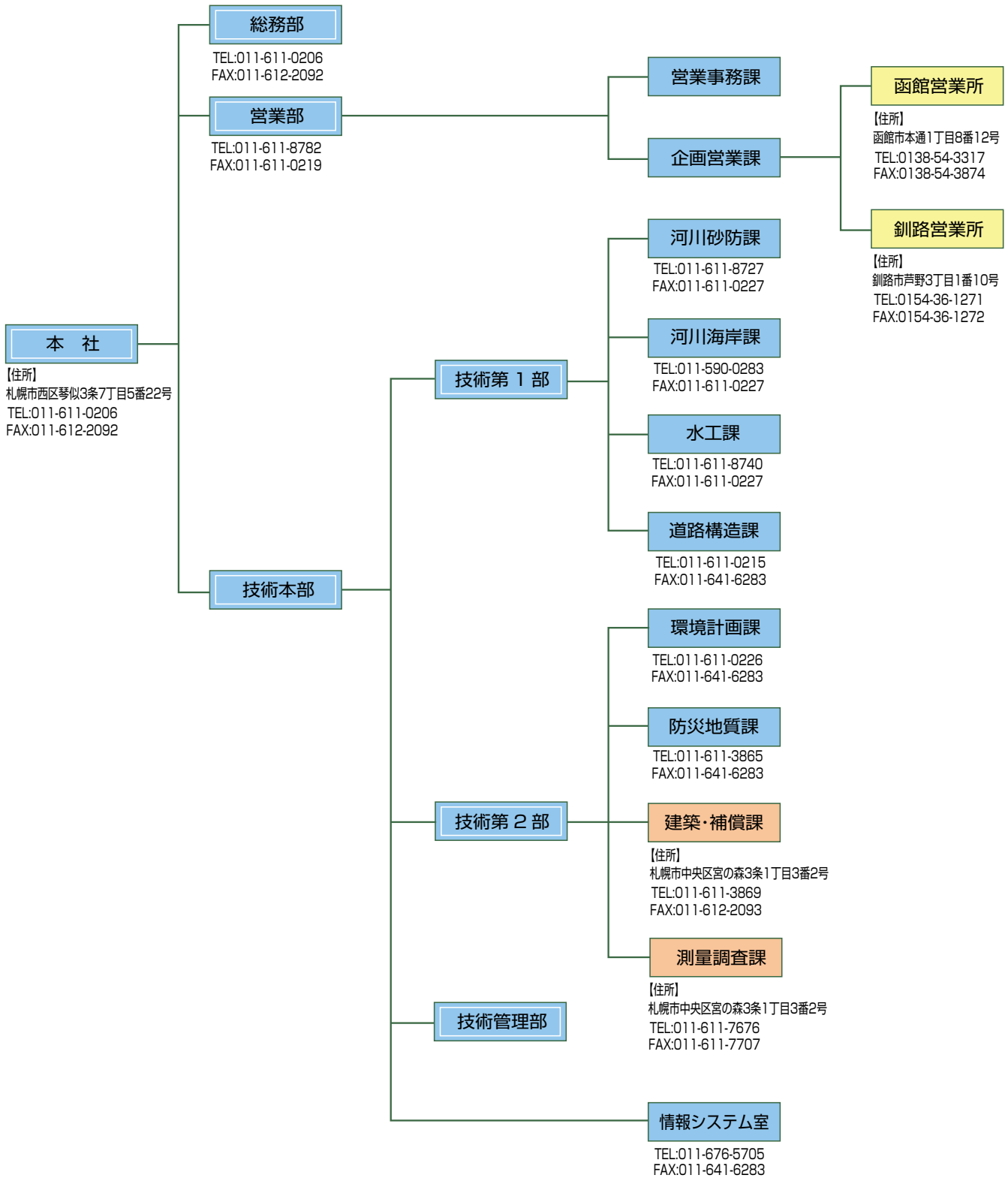
最後に、とりまとめにあたりまして、発注関係者の皆様のご了解をいただいたうえで、一部業務成果を活用させていただきました。ここに感謝の意を表します。

(文責 柏倉 秀二)

編集担当

取締役技術第2部部长 中原 修

執行役員技術第1部部长 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 | ○コンクリート診断士 ————— 4名 |
| ○技術士(総合技術監理部門) ————— 10名 | ○一級建築士 ————— 1名 |
| ○技術士(建設部門) ————— 16名 | ○一級土木施工管理技士 ————— 26名 |
| ○技術士(応用理学部門) ————— 1名 | ○測量士 ————— 25名 |
| ○技術士(上下水道部門) ————— 1名 | ○地質調査技士 ————— 5名 |
| ○APECエンジニア ————— 3名 | ○土壤汚染調査技術管理者 ————— 1名 |
| ○RCCM ————— 19名 | |

2016 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 FAX: 011-611-7707

函館営業所 〒041-0851 函館市本通1丁目8番12号
TEL: 0138-54-3317 FAX: 0138-54-3874

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>