

2015 技術レポート



和光技研株式会社

目次

■ 巻頭言	01
代表取締役社長 細川 康司	
■ 技術レポート	
■ 既設橋梁嵩上げについて—ジャッキアップ工法の採用—	02
技術部 道路・構造課 表 康則	
■ 土砂災害防止法及び水防法の改正点とそれに伴う留意点などについて	04
技術部 河川砂防課 宮本 大	
河川砂防課 佐々木健悟	
■ ボーリング調査と孔内カメラを利用した舗装厚調査	08
技術部 防災地質課 宿田 浩司	
■ 砂防工事によるオジロワシの生息環境への影響評価	10
技術部 環境計画課 夏井 皓盛	
環境計画課 本間 英敏	
■ コラム “構成式”をながめると、土木設計理論が身近になります	14
技術部 水工課 北村 明	
■ 特集 土木分野における3Dプリンタの活用	18
情報システム室 香川 誠	
■ 編集後記	20

巻 頭 言

代表取締役社長

細川 康司

技術士（建設部門
総合技術監理部門）

MBA（経営管理修士）



平素より、弊社をご支援ご協力いただき、ありがとうございます。

弊社は北海道に根ざして半世紀を迎えた今日も、移り変わるその時代のニーズを的確にとらえ、美しくそして安全で快適な地域づくりに貢献する総合建設コンサルタントでありたいと日々邁進しているところでございます。

近年、天災による被害が頻発しております。昨年は御嶽山噴火、今年には鬼怒川の破堤を引き起こした爆弾低気圧による関東・東北における水害など、人命や生活への被害が後を絶ちません。

私たちが暮らす北海道もまた、石狩川や十勝川をはじめとする大規模河川、有珠山や十勝岳などの活火山が多数あり、これらが豊かな自然環境を形づくる一方、今後起こりうる甚大な自然災害が危惧されているところです。

弊社は、これまでの自然災害に対する防災・減災の実績はもとより、普段は物流の輸送経路であり、かつ災害時には避難経路となる道路や橋梁等の老朽化、河川改修後に河畔林が繁茂したり河床低下が進むなど、維持管理が必要とされるさまざまなインフラストラクチャーについて、北海道の豊かな「自然」に配慮しながら、「地域住民とその暮らし」を守る技術提案に取り組んで参ります。

さて、弊社は平成8年から専門分野に偏らない技術の習得を目的とした社内技術研究発表会を開催してきましたが、この取り組みも今年で20回目を迎えました。

今年もその一部を「2015技術レポート」としてまとめましたので、ご一読いただければ幸いです。

これからも、末永くお客様に信頼される建設コンサルタントとして、技術力向上を目指して努力し続けていく所存です。関係各位におかれましては、今後ともご指導ご支援賜りますようお願い申し上げます。

既設橋梁嵩上げについて —ジャッキアップ工法の採用—

REPORT

技術部 道路・構造課



表 康則

(RCCM:鋼構造及びコンクリート)

概要

本業務は、留萌管内の橋梁(橋長L=44.9m)において、河川改修に伴う河川堤防や計画高水位の見直しにより、既設橋梁の桁下余裕高不足を解消することを目的として橋梁設計を行ったものである。従来は河川改修に伴い、河川管理施設等構造令を満足しない橋梁のほとんどは架換えとされてきた。本報告は、橋の桁下余裕高を満足し、施工に要する工費を最小限とするため、既設橋梁を活かした桁のジャッキアップ工法を提案・実施した事例紹介である。

キーワード ジャッキアップ、橋座嵩上げ、桁下余裕高不足、既設橋の活用、支点位置

1.はじめに

現在、我が国の社会資本整備への投資額は、経済事情により変動する時々の財政事情の制約を受けている。また、今後の厳しい社会経済情勢を念頭におき、限られた投資額の中で、効率的でかつ経済的な対応が要求されている。

こうした背景から、河川改修事業による河川堤防や計画高水位見直しに伴い、桁下余裕高不足となった本橋梁について、工事費削減のため、架換えではなく既設橋梁を活用した工法を提案した。本報告では、全国的にもあまり例のない上部構造を1mジャッキアップして橋座面の嵩上げにより対応し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 竣工前橋梁状況 上流から橋梁を望む



写真-2 竣工後橋梁状況 下流から橋梁を望む

2.上部構造のジャッキアップに至る経緯と背景

本橋梁は、昭和47年に架橋された2径間単純ポステンション方式PCT桁で、橋長は44.9m、有効幅員5.5m、下部構造は桁両端に逆T式橋台、河道中央に壁式橋脚1基を有する。基礎工は良質な岩盤を支持層とする直接基礎形式である。

河川改修事業で計画されている高水位に対して、必要とする桁下余裕高が44cm不足している状況であった。

表-1に示す通り、本橋梁が架換えとなる場合、架換え費に加え、橋梁の取壊し費、施工期間中での仮橋費が計上されるため、既設橋梁を活用した場合の約2.6倍の工事費が見込まれる結果となった。よって、経済性に優れた既設橋梁を活用したジャッキアップによる橋座面を嵩上げする方法を採用することとなった。

表-1 架換えと既設活用した場合での経済比較表

	架 換 え	既 設 橋 梁 の 活 用	
上部構造形状図			
※地覆幅は、現行基準に準じる。			
工事費	<ul style="list-style-type: none"> 上部工 56,759千円 (225千円/㎡) 下部工 27,920千円 仮橋工 35,975千円 既設撤去工 25,425千円 	合 計	<ul style="list-style-type: none"> ジャッキアップ工 56,550千円
経費含む	146,079千円 (258%)	合 計	56,550千円 (100%)

※架換え案の場合は、通行止めとなる期間が長いことから仮橋を設置。

3.課題と対策方法

上部構造のジャッキアップ高さの実績は5mm程度であり、支取替に関する事例がほとんどである。本橋に必要なジャッキアップ高さは1mであり、使用可能なジャッキの最大ストロークは20cm程度であるため、一度に1mあげることは出来ない。また、通常ジャッキは橋座面に設置するが、本橋はコンクリート桁のため上部構造の重量が大きく、ジャッキ施設の規模が大きくなるため、橋座面へは設置不可能であった。

このような条件の中で本業務の課題としては、①上部構造のジャッキアップをいかに安全確実に実施するか、②規模が大きくなるジャッキ施設の設置空間をどこに確保するか、の2点があげられた。

対策として、①については盛り替え工法を採用した。盛り替え工法とは「ジャッキアップ」⇒「仮受架台にサンドル材追加」⇒「ジャッキを縮めてジャッキの下にサンドル材を追加」⇒「ジャッキアップ」を繰り返すことをいう(図-1左下の図)。盛り替えを安全確実にを行うために、本橋ではジャッキ専用の架台とジャッキ盛り替え時の仮受架台を別々に設けた。また、上部構造に作用するねじれの発生を抑えるために、複数台のジャッキのストローク可動速度を変位同調装置(ジャッキ間の変位を最小限に抑えてジャッキアップを行う事のできる装置)で一元管理した。②については、ジャッキ施設を前趾底板部に設置することで、ジャッキに作用する反力を下部構造に負担させることとした。その際、反力の支点位置が橋座面から前趾底板部に変更となり下部構造の変状が懸念されたため、安定計算を実施して安全性を確認した。

図-1は、前述①②の対応方法を示したものである。

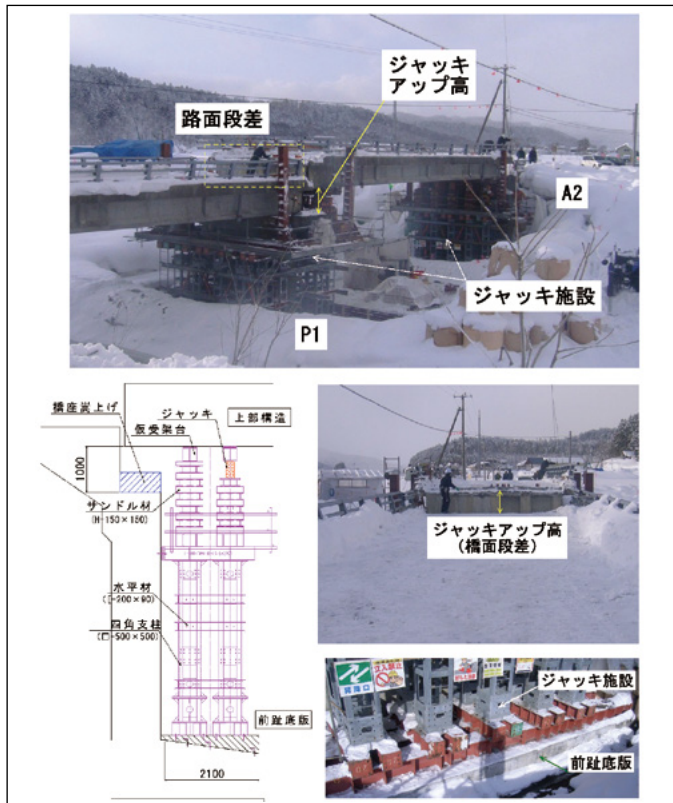


図-1 ジャッキ施設及びジャッキアップ状況

4.結果と考察

施工は水位が低い非出水期で、1径間ごとにジャッキアップを行った後、橋座面の高上げを行った。ジャッキアップ及び橋座面へのコンクリート養生期間を含めて3ヶ月間、ひび割れの発生について目視により観測を行ったが、上部構造、及び下部構造の変状も見られず、無事に工事を完了した。

①について、変位同調装置の採用でジャッキのストローク可動速度を統一して、上部構造を水平にジャッキアップすることで、上部構造に作用するねじれの発生を最小限に抑え、ひび割れ等の破損のリスクを大幅に低減できた。②について、ジャッキ施設の前趾底板部への設置に下部構造の有害な変状は生じなかった。これは、地耐力の大きい良質な岩盤を支持層とする直接基礎形式であったことが大きな要因であった。

5.まとめ

本橋のようにジャッキアップにより既設橋梁を活用する場合の適用条件として、①河川改修計画において、堤間の変更がなく、既設上部構造長に変更が生じないこと、②既設上部構造が健全であること、③下部構造が良質な地盤に支持された基礎形式であること、④ジャッキ施設設置時は河積阻害が発生するため、流量が少ない冬期施工が可能であることが挙げられる。

各ケースによって詳細な検討が必要であるが、上記の条件を満たせば、既設橋梁を活用できる可能性がある。本工法は従来工法に比べて、工期短縮、工事費縮減に資するとともに、建設廃材が少なくなることから環境負荷の低減についても効果が見込まれる。

今日まで、橋梁の更新をベースとする設計業務の場合でも、既設橋梁を活かした対策工法の提案をすることを心掛けてきた。今後も自らの技術力の維持、向上に努め、工事費の縮減や環境への配慮に貢献していきたいと考えている。

本報告を作成するにあたり、発注者である北海道留萌建設管理部から、多大なるご指導を賜りました。ここに感謝の意を表します。

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)日本道路協会:道路土工 仮設構造物工指針 平成11年3月

土砂災害防止法及び水防法の改正点とそれに伴う留意点などについて



宮本 大



佐々木 健悟

REPORT

技術部 河川砂防課

概要

近年、記録的な豪雨等により土砂災害や河川の氾濫による被害が増大している。これを受けて「土砂災害防止法」及び「水防法」の一部が改正されるとともに、これらの法律に基づき実施される「土砂災害防止対策」や「浸水想定区域図作成」等のソフト対策業務において、地域防災計画における警戒避難体制等の強化や新たな検討項目等が追加となった。本稿では、これらの法律の概要および法改正の経緯・内容、それに伴う留意点などについて記述する。

キーワード 土砂災害防止法、水防法、ハザードマップ

1. はじめに

近年、記録的な豪雨が多く発生しており、土石流や急傾斜地の崩壊、河川の氾濫などといった自然災害が頻発している。これらの災害に対し、ハード対策といわれる構造物による対策ではなく、地域住民に対する危険の周知や警戒避難体制の整備といったソフト対策を推進する法律である「土砂災害警戒区域等における土砂災害防止対策の推進に関する法律」(以下「土砂災害防止法」という)が平成27年1月に、「水防法」が平成27年7月にそれぞれ改正された。本稿では、これらの法律の概要や改正の経緯・内容についてまとめるとともに、法改正による土砂災害防止対策の推進や浸水想定区域図の作成にあたっての留意点等について述べる。

2. 土砂災害防止法の改正について

2-1 土砂災害防止法改正の概要

平成11年6月豪雨により広島市で発生した土砂災害を契機に成立した土砂災害防止法は、土石流や急傾斜地の崩壊、地すべりといった土砂災害から国民の生命及び身体を守るため、行政の「知らせる努力(土砂災害の実態や危険区域の公表等)」と住民の「知る努力(危険性の認知・避難方法の認識)」が相乗的に働くことを期待し、これらの努力を促すことで、土砂災害被害の低減を目的としたソフト対策を総合化した法律である。

同法律は、平成26年8月豪雨により同じ広島市で発生した土砂災害により、その一部が改正された。その改正内容を以下に示す。

- (1)土砂災害の危険性のある区域の明示
 - ・基礎調査結果の公表
 - ・基礎調査が適切に行われていない場合の是正要求
- (2)円滑な避難勧告等の発令に資する情報の提供
 - ・土砂災害警戒情報の市町村及び一般への周知
 - ・避難勧告等の円滑な解除
- (3)避難体制の充実・強化
 - ・地域防災計画への避難場所、避難経路等の明示
- (4)国による援助
 - ・国土交通大臣による助言、情報提供等の援助に係る努力義務

基礎調査の実施から区域の指定・公示および住民への周知に至るまでの流れを図-1に示す。赤枠は法改正によって追加・強化された事項である。

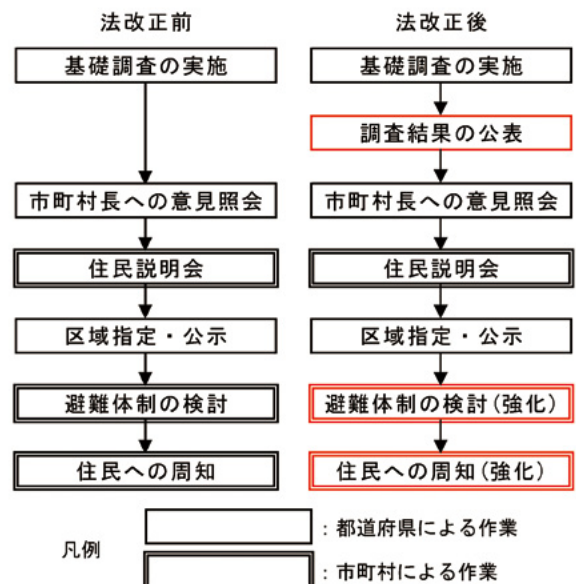


図-1 基礎調査の実施から住民への周知に至るまでの流れ

都道府県は、土砂災害のおそれのある土地に対して、地形や土地利用状況等を確認するための基礎調査を実施し、土砂災害警戒区域※¹⁾(イエローゾーン)及び土砂災害特別警戒区域※²⁾(レッドゾーン)の設定を行う。

基礎調査結果については、調査終了後、直ちに公表され、関係市町村に通知される。それをもとに市町村は、住民に対して土砂災害警戒区域等について説明を行い、区域等の指定に向けて住民と合意形成を図る。

住民との合意後、都道府県は区域等の指定・公示を行い、その区域等を含む基礎調査結果を市町村に提供する。市町村は、提供された基礎調査結果をもとに、警戒避難体制の整備を行うとともに、土砂災害ハザードマップ等の作成を行い、広く住民等へ周知を図る。

※1)土砂災害警戒区域(イエローゾーン)とは、土砂災害が発生した場合に、住民等の生命または身体に危害が生ずるおそれがあると認められる土地の区域である。

※2)土砂災害特別警戒区域(レッドゾーン)とは、土砂災害警戒区域のうち、土砂災害が発生した時に、建築物に損害が生じ、住民等の生命、または身体に著しい危害の生ずるおそれがあると認められる土地の区域である。

2-2 法改正に伴う主な変更点について

2-2-1 基礎調査の実施目標の設定

基礎調査は、土砂災害防止対策の推進を図るにあたって不可欠な調査であることから、都道府県はおおむね5年程度で基礎調査を完了させることを実施目標として設定した。

北海道では5年後の平成31年度の調査完了を予定しているが、道内約12,000箇所の基礎調査対象箇所の内、調査が完了した箇所は平成26年度末段階で約2,600箇所となっており、約9,000箇所が未調査となっている状況である。このため、北海道は基礎調査の迅速化を目的に、現地調査の省力化や帳票類の簡略化などの検討を行い、今年度の4月に「基礎調査マニュアル(案)」(北海道建設部土木局 河川砂防課)の改訂版を発行し、実施目標の達成に努めている。

2-2-2 基礎調査結果の公表

これまでの、基礎調査が完了していても土砂災害警戒区域等の指定・公示には至っていない地域も多く、その結果、周辺住民などに土砂災害の危険性が十分に伝わっていなかった。このような反省から、都道府県は、周辺住民などに土砂災害の危険性を早期に周知するため、基礎調査終了後、土砂災害警戒区域等の指定・公示前に、その区域等に相当する範囲を示した図面を、ホームページや出先機関等での閲覧、掲示板の活用など様々な手法を用いて公表することとなった。

2-2-3 避難体制の検討及び住民への周知

近年頻発する土砂災害の事例をみると、現行の警戒避難体制が十分に機能していない面が見受けられる。このような背景から、この度の法改正により、(1)から(3)について充実・強化が図られることになった。

(1)避難場所や避難経路等

災害時において特に重要となる避難場所や避難経路等が、土砂災害警戒区域内に存在する事例が見られることから、その見直しを行い、土砂災害に対して安全な避難場所・避難路等を確保する。

(2)避難訓練の実施

土砂災害に係る避難訓練については、毎年一回以上実施することが基本となった。避難訓練の内容については、ハザードマップ等を活用しながら、土砂災害警戒区域等から離れる方向に避難する等、実践的な避難訓練となるよう工夫し、広く住民の参加が得られるよう努める。

(3)防災上の配慮を要する者が利用する施設

土砂災害警戒区域内の社会福祉施設、学校、医療施設等について、防災上の配慮を要する者が利用する施設の名称及び所在地、土砂災害に関連する情報の伝達等に関する事項を市町村が作成する地域防災計画書に定めることになった。

土砂災害ハザードマップについては、市町村が作成し、周辺住民に配布・周知されているところであるが、認知度は未だ低いというのが現状である。このような状況から、ハザードマップを防災訓練や学校等での防災教育の場において、継続的に活用し、実践的な防災訓練、防災教育を行うことで、的確な避難行動をとるための知識の普及等に努めていくことが重要である。

3. 水防法の改正について

水防法は、昭和22年9月に発生したカスリン台風による水災害を契機として、洪水や高潮に際して、水災を警戒・防御し、それによる被害を軽減することを目的に昭和24年6月に制定された法律である。

近年、大雨や短時間降雨の発生頻度が増加し、大雨による降雨量が増大するなどの極端な雨の降り方となっている。平成24年7月3日、ならびに7月11～14日に九州北部を2度にわたり豪雨が襲った。特に7月11～14日の豪雨は、国内で初めて「これまでに経験したことのないような大雨」と表現され、熊本県の白川や福岡県の矢部川等で甚大な河川災害をもたらした。近年では、このような避難が遅れると甚大な被害に繋がりがねない豪雨が多発している。

加えて、三大都市圏をはじめ海拔ゼロメートル地帯等の低平地に地下街等が発展しており、平成11年の福岡豪雨、平成25年の京都豪雨等では、地下街や地下鉄、ビルの地階等が浸水し、人々の生活に多大な影響が生じた。

以上のように、近年、多発する想定を超える浸水被害等への対応を図るため、ハード・ソフト両面からの対策を推進することを目的として、平成27年7月に水防法の改正が行われた。

ここでは洪水を対象としたソフト対策(特に、浸水想定区域図)を中心に説明を行う。水防法の主な改正点は以下に示す通りである。

3-1 特別警戒水位の設定⁶⁾

特別警戒水位とは、水防団、消防機関の出動等の目安となる警戒水位を超える水位であり、災害の発生を特に警戒すべき水位である。平成26年4月に特別警戒水位(洪水)の見直しが行われるとともに、避難勧告発令の目安が避難判断水位から特別警戒水位に変更となった。これは、災害対策基本法に伴う「屋内に留まる避難行動を前提」とした場合、避難に要する時間の短縮が予測される等のためである。また、各種水位の名称等も合わせて変更となった(図-2参照)。

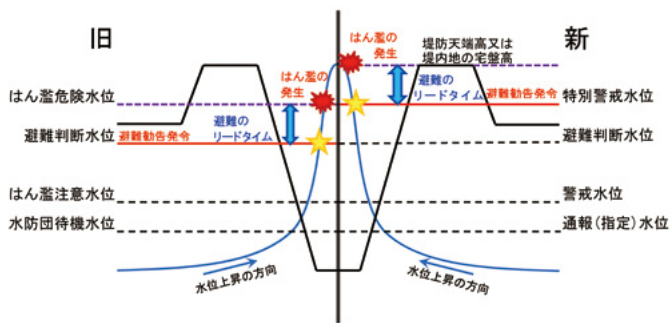


図-2 特別警戒水位の変更概念図

3-2 浸水想定区域図を作成する上での変更点

3-2-1 浸水想定区域図作成の流れ

水防法改正に伴い、新しい浸水想定区域図作成マニュアル(以下、「新マニュアル」とする)が、平成27年7月に公開された。

水防法改正前は、「河川整備において基本となる降雨」を対象として浸水想定区域を設定していたが、近年の記録的豪雨による浸水被害を受け、「想定し得る最大規模降雨」に対応した浸水想定区域を設定することとなった。

新マニュアルに基づいた浸水想定区域図作成の流れを図-3に示す。赤字が新マニュアル公開後、新たに検討が必要となった項目である。

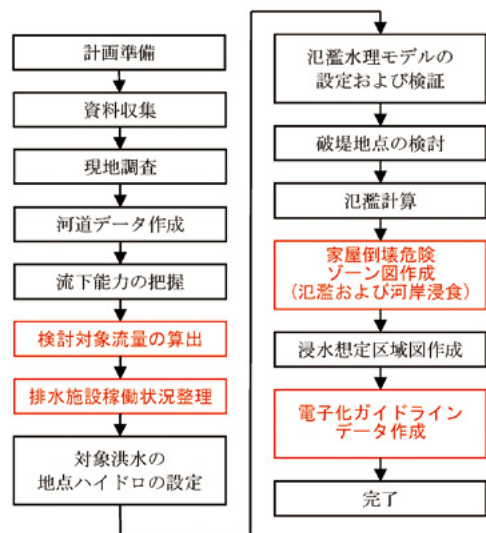


図-3 検討フロー図⁷⁾

3-2-2 新たに検討が必要になった項目⁷⁾

(1) 検討対象流量の算出

従来の浸水想定区域図は「河川整備において基本となる降雨」として「高頻度」～「中頻度」のうち1ケースの降雨を対象としていたが、新マニュアルでは「高頻度」～「中頻度」に加えて「低頻度: 想定最大規模」の4ケースの降雨を対象にすることとなった(表-1)。

表-1に示す各ケースの中でも「想定最大規模」という考え方は従前には無かったことから、ここでは想定最大規模降雨に関する検討対象流量の算出方法について述べる。

想定最大規模降雨は、日本を15の地域に分割し、各地域において観測された最大の降雨量により設定する。

北海道における地域区分は表-2のとおりである。

表-1 頻度別降雨規模一覧表⁷⁾

外力	項目	年超過確率の目安
低頻度: 想定最大規模		~1/1000
中頻度		1/200~1/80
中高頻度		1/80~1/30
高頻度		1/30~1/5

表-2 想定最大規模降雨に関する地域区分(北海道)⁸⁾

No	地域区分の名称	適用地域
①	北海道北部	北海道のうち、尻別川の河口点から、尻別川水系に属する河川の流域、石狩川水系に属する河川の流域、常呂川水系に属する河川の流域、網走川水系に属する河川の流域、斜里郡小清水町、同郡清里町及び同郡斜里町の南側を経て、知床岬に至る線以北の地域並びに尻別川の河口点から北西に引いた線及び知床岬から北東に引いた線以北の島しょ部
②	北海道南部	北海道(①に掲げる地域を除く。)

想定最大規模降雨量は、国土交通省の「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マニュアル」を基に、図-4に示したような「地域ごとの最大降雨量の包絡線図」を用いて、流域面積と降雨継続時間から算出する。図-4の横軸は流域面積、縦軸は降雨量となっており、降雨継続時間毎に流域面積と降雨量の関係が設定されている。図-4は「北海道北部」における最大降雨量の包絡線図であるが、例えば流域面積200km²、降雨継続時間24hrの河川の場合、想定最大規模降雨量は469mmとなる。

想定最大規模降雨量に対応した検討対象流量を算出するためには、流出解析を行う必要があるが、その解析方法まではマニュアルに示されていない。このため、計画高水流量を決定している流出解析方法等(合理式の場合は合成合理式)を用いて、検討対象流量を設定することが必要になる。

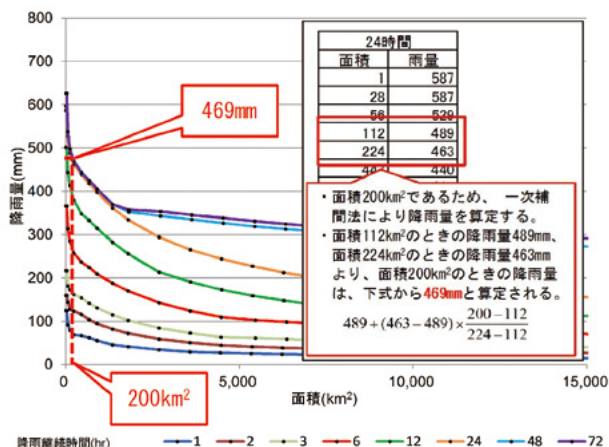


図-4 想定最大規模降雨量の具体的な算定例⁸⁾

(2)排水施設稼働状況整理

新マニュアルでは、屋外への避難の要否の判断や企業BCP(Business Continuity Plan)の作成に資する情報などを提供することを目的として、浸水継続時間と排水継続時間を設定することとなった。これら2つの継続時間は、排水施設の稼働状況に大きく影響されるため、浸水解析では、浸水時における排水施設の稼働条件を適切に設定する必要がある。

浸水時における排水施設稼働状況は、排水樋門などの呑口・吐口の高さやポンプ等の冠水する高さを確認することで評価される。

(3)家屋倒壊危険ゾーン図作成

洪水時に家屋倒壊の恐れがあり、屋外への避難が遅れると命の危険がある区域として、新たに「家屋倒壊危険ゾーン図」を作成することとなった。当該ゾーンは、「氾濫時の流体力による家屋倒壊の危険性」と「河岸浸食による家屋倒壊の危険性」について設定する。

(4)浸水想定区域の設定

図-5は従来の浸水想定区域から法改正に伴う浸水エリアの変更を表した図である。対象とする降雨が「想定し得る最大規模降雨」となった場合、この例では従前の浸水想定区域図よりも浸水範囲は約2倍となり、浸水深5m以上の範囲は約50倍になっている。

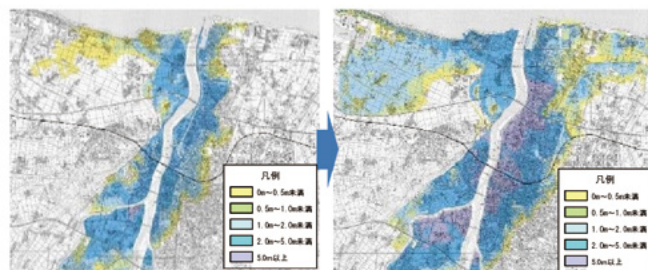


図-5 浸水想定区域図変更イメージ⁹⁾

5.おわりに

法改正により「土砂災害防止対策」および「浸水想定区域図」等のソフト対策業務において、地域防災計画における警戒避難体制等の強化や新たな検討項目等が追加となった。

私たちは、地域防災計画書の立案やわかりやすい、使いやすいハザードマップの作成等の分野で、これからも最新知見の収集や新技術の開発等に努め、行政機関の要望に応じていきたい。

参考文献

- 国土交通省:「土砂災害警戒区域等における土砂災害防止対策の推進に関する法律の一部を改正する法律案」について
(http://www.mlit.go.jp/report/press/mizukokudo03_hh_000827.html)
- 国土交通省:土砂災害対策基本指針
(http://www.mlit.go.jp/river/sabo/dosha_hourei_pdf/kihon_shishin27-1.pdf)
- 北海道建設部土木局河川砂防課:土砂災害防止法とは
(<http://www.pref.hokkaido.lg.jp/kn/kss/ssg/dosyaisaigaibousiho.htm>)
- 北海道建設部土木局河川砂防課:「土砂災害防止法基礎調査マニュアル(案)～土石流編～第5版」,平成27年4月
- 国土交通省:「水防法等の一部を改正する法律案について」
(http://www.mlit.go.jp/report/press/mizukokudo03_hh_000868.html)
- 国土交通省:「中小河川の特別警戒水位の設定要領」
(http://www.mlit.go.jp/river/shishin_guideline/index.html)
- 国土交通省:「洪水浸水想定区域図作成マニュアル(第4版)」
(<http://www.mlit.go.jp/common/001097665.pdf>)
- 国土交通省:「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方法」
(http://www.mlit.go.jp/river/shishin_guideline/index.html)
- 国土交通省:「改正の概要」
(<http://www.mlit.go.jp/river/suibou/suibouhou.html>)

ボーリング調査と 孔内カメラを利用した 舗装厚調査

REPORT

技術部 防災地質課



宿田 浩司

(技術士:建設/応用理学/総合技術監理部門)

概要

本業務は、札幌市内の幹線道路(L=1.9km)において、舗装構成の妥当性や補修の必要性・区間を把握することを目的に舗装厚調査を行ったものである。舗装構成の確認は一般に開削調査で行うが、本調査では開削復旧に伴う段差による振動騒音や積雪冬期の交通渋滞・事故などの社会的影響に配慮する必要があった。本報告は、調査品質を落とさずに社会的影響を最小限にするため、ボーリング調査と孔内カメラを利用した調査手法を提案・実施した事例紹介である。

キーワード 舗装厚調査、ボーリング調査、孔内カメラ

1.はじめに

調査区間は、札幌市の道路ネットワークの一部を構成する幹線道路の一部であり、近年は中心市街地を回避する外環道路化が進んだこと、付近に雪堆積場が開設されたこと、市街地化に伴いバスの運行本数が増加したこと等から交通量の増加が顕著である。

本路線は、供用開始から20年以上経過していることから舗装の老朽化が進み、適宜オーバーレイ等で補修している。しかし、クラックの発生・再発による維持管理費の増大、補修跡での振動・騒音の発生や走行性の悪化による沿道環境への影響が問題とされており、構造的対策を含めた抜本的な改築の必要性や対策区間や優先順位の検討が求められていた。

本業務の課題は、①通常行われる舗装開削調査では復旧後に新たな舗装段差が発生すること、②交通量が多く調査時期が積雪冬期(2月)で車道脇への堆雪によって車線が減少していることから渋滞や事故発生リスクが高いことへの対応であった。

2.調査条件と方法

(1)調査条件

一般に舗装厚調査は、舗装(表層+基層+路盤)と路床(凍上抑制層+構築路床+現状路床)の層厚と材料を舗装開削調査で目視確認することで行う。しかし、本業務では、前述の2つの課題に対応するため、通常の開削調査を行わず、交通渋滞や事故のリスクを極力低減できる手法の立案と実施が求められていた。

(2)調査方法

調査は、復旧後に舗装段差を発生させないことや渋滞・事故に配慮し、削孔径100mmでコアによる土層の確認ができ、作業時の占有面積が小さくなるボーリング調査による方法を選定した。

さらに、マシンは、設置・撤去・移設の機動性・迅速性、コア採取精度や設備規模の縮小の観点から土壌汚染状況調査等で利用する無水式土壌調査機(EP-26、東亜利根ボーリング)を選定した(写真-1)。

ただし、ボーリングによる方法ではコア採取による試料の縮みや伸びの発生が懸念されるため、孔内カメラによる地山の観察を実施することでより精度を高めた層厚の確認を行うこととした(表-1,図-1)。



写真-1 ボーリングマシン
(二重管工法)

表-1 孔内カメラ主要諸元

製品名	: SNAKE 11(ケンコー社製)
イメージセンサー	: 1/9 型(MOSセンサー)
有効画素数	: 30万画素(640×480、20~30fps)
レンズ	: f=2.73mm、F2.8
撮影距離	: 20mm~80mm
レンズケーブル長	: 1m、5m
照明	: GENIOS(150ルーメン)

3.調査結果

(1)調査状況

調査箇所数は19地点で、路上作業は延べ4日間で完了した。一時、吹雪による視界不良が発生したが、機動性を生かして速やかに道路上から資機材を撤去でき、渋滞や事故無く作業を終えることができた。

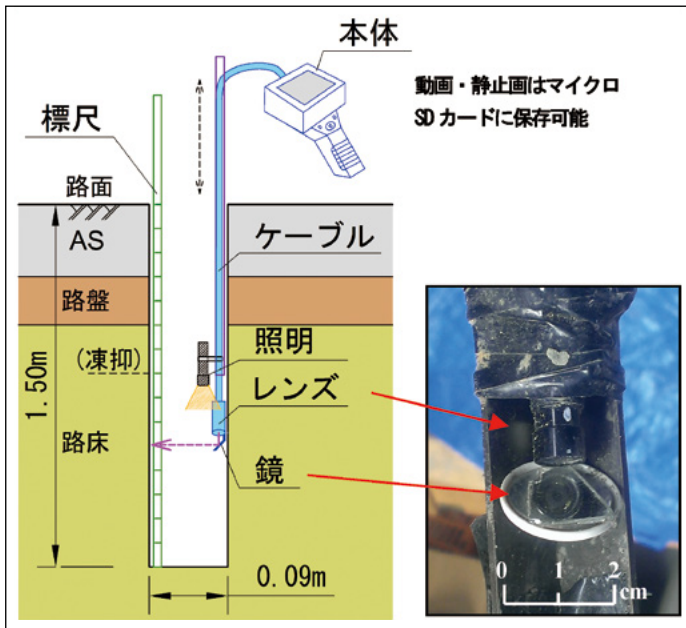


図-1 孔内カメラ観察状況模式図

(2)コア採取と孔内カメラの連携

ボーリングで採取したコアは下図のような構成であり、掘進長(1.5m)よりも採取コアが長いものがあった(図-2a)。また、孔内カメラ撮影で地山状況を確認し、孔壁での土層境界を確認することで層厚補正を行った(図-2b)。

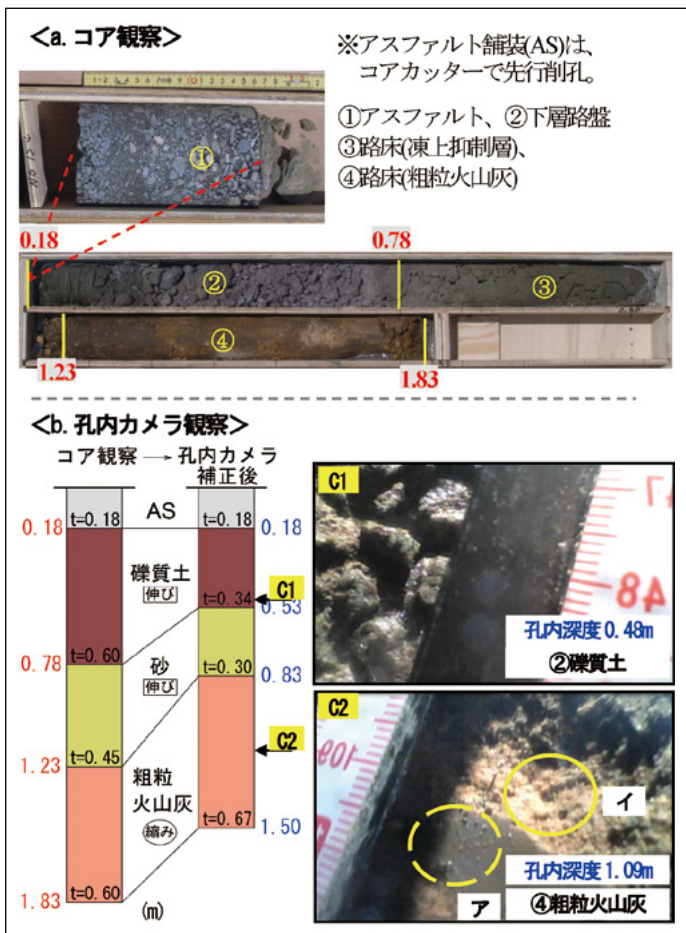


図-2 採取コアと孔内カメラとの対比(地点12)

このように、ボーリングと孔内カメラによる手法を併用することで、土質判定と層厚確認を開削調査(目視確認)に近い精度で把握することができた。

4. 考察と評価

(1)ボーリングマシンによるコア採取

コア採取は、小型でクローラが装備されているマシンを採用したことから設置・撤去や移動作業が迅速に行え、最大で8箇所/日(45分/箇所)のペースで実施でき、渋滞や事故のリスクを大幅に低減できた。また、舗装復旧もφ100mmのため有害な段差は生じていない。

コアの品質は、二重管工法により確保されたが、パイプレーション機構を使用する場面では、振動等によってほぐれ、コアが伸びて採取された。一方、緩い火山灰質土コアの一部は、わずかに縮んでいるものもみられた。これは、掘削の振動によって締まったり、先行採取した礫質土がコアチューブ内で抵抗となり、緩い火山灰質土の体積が減少した可能性がある。これについては、締りの良い礫質土が抜けた時点でコアチューブの交換を行う事で一定の改善がみられた。

これらの状況から、コア採取だけでは舗装構造(厚さ)を判定することはできないと判断される。

(2)孔内カメラによる地山の観察

ボーリングの孔壁は、掘削後も地山の状態を保持していることから、孔内カメラ撮影は精度向上に貢献した。ただし、掘進によってコアビットが発熱し、孔壁に焼けたようなマッドケーキ状の薄膜が形成されることがある(図-2b C2ア)。よって、観察前に孔壁を削り落とし、新鮮面を露出させることが重要であることがわかった(図-2b C2イ)。

5. まとめ

市街地で開削による舗装厚調査を行う事は、交通渋滞の誘発や事故発生リスクの上昇等の道路利用者への影響が大きく、特に積雪冬期には顕著である。

今回実施したボーリング調査と孔内カメラを利用した手法は、開削調査に比べて観察面が小さく、試料採取量も少ないため、層厚確認の精度という面で劣る部分もみられるが、作業スペースや復旧を含めたスピード面で開削調査(実績から1.5時間程度/箇所)よりも有利であり、沿道環境への負荷やリスクを低減できる。また、層厚の確認精度も担保できることがわかった。

今後は、ボーリング作業に時間を要した路盤掘削時のコアビットの選定や孔内カメラの作業性の改善を図り、さらなる効率化と品質向上に努めたい。

本報告を作成するにあたり、発注者である札幌市豊平区土木部から、多大なるご指導を賜りました。ここに感謝の意を表します。

砂防工事による オジロワシの生息環境への 影響評価



夏井 皓盛



本間 英敏
(技術士:建設部門 建設環境)

REPORT

技術部 環境計画課

概要

北海道北部にある溪流では、土砂災害防止のために砂防えん堤が整備されることとなった。整備に先立って行われた環境調査では、工事実施地点の周辺で天然記念物であるオジロワシの生息が確認された。工事は、オジロワシの生息に影響を与えないように進める必要があるため、工事にあわせてモニタリング調査を実施することとなった。

本稿では、モニタリング調査の結果から得られた知見をもとに、本調査地および対象個体の特性を整理し、今後の調査のあり方について提案した。

キーワード オジロワシ、保護区域、人間活動、採餌環境、影響評価

1. はじめに

オジロワシは我が国の天然記念物であり、国内希少野生動植物の指定種でもある。また、環境省や北海道のレッドデータブックでも、その貴重性が示されている(絶滅危惧Ⅱ類:環境省 2014年、絶滅危惧種:北海道 2001年)。ロシアの極東部などで生息するものが越冬のために日本に渡来するが、そのうちの一部は日本に留まり繁殖する。なお、日本国内で繁殖が確認されている地域は北海道のみである。

北海道北部にある溪流では、土砂災害防止のために砂防えん堤が整備されることとなった。整備に先立って行われた環境調査では、工事実施地点の周辺でオジロワシが生息していることが確認された。工事は、オジロワシの生息環境に影響を与えないように実施する必要があるため、工事にあわせてモニタリング調査を行った。本稿では、これまでのモニタリング調査の結果を基に、今後、調査や工事による影響評価を実施する際の留意点についてまとめた。



写真-1 オジロワシ

2. モニタリング調査

(1) 調査地概要

調査地は北海道北部の地域である(図-1)。調査地の南側には川が流れており、その北側には川の直線化に伴ってできた沼(河跡湖)がある。沼の東側には2本の溪流が流れており、砂防えん堤①と②および工事用道路がそれぞれ整備されることとなった。オジロワシの営巣木は沼近隣の樹林帯にある。

オジロワシの行動状況を観察できるように、川の右岸側の堤防上に調査地点を2箇所設置し、モニタリング調査を実施した。調査は主にこの2箇所で行うが、オジロワシの出現状況に応じて適宜移動することとした。



図-1 調査地概略図

(2)調査方法

調査時間は1日8時間程度(日の出後4時間と日の入り前4時間)とし、1回の調査につき2日間連続で実施した。調査方法は定点法とし、双眼鏡や望遠鏡を用いてオジロワシの行動を観察した。

また、オジロワシへの影響を考慮し、車内からの観察を基本とした。なお、車の窓にはブラインドを設け、観察者が見えないようにした(写真-2)。



写真-2 調査状況

(3)調査結果

平成15年度にオジロワシの生息が確認されてから、平成26年度まで8回調査が実施されており、そのうち繁殖が確認されたのは6回である(表-1)。北海道のオジロワシの個体群が安定する目安として、1年で1つがい当たり0.7羽の幼鳥が巣立つ必要があるといわれている3)。本調査地における幼鳥の巣立ち数を算出したところ、1つがい当たり1.13羽であった*。このことから、対象としたオジロワシの繁殖状況は良好であると考えられる。

$$\text{※巣立ち数} = \frac{\text{調査実施年に巣立った幼鳥数の合計}}{\text{調査実施年数}}$$

幼鳥が確認された6回のうち、4回は砂防えん堤の整備期間中(平成20～平成22年度と平成26年度)であった(写真-3)。また、調査実施中は工事に対する成鳥の警戒行動は見られなかった。これらのことから、砂防工事によるオジロワシの繁殖への影響は、軽微あるいはほとんどなかったと考えられる。



写真-3 オジロワシの幼鳥

表-1 調査実施状況とその結果

年度	現地調査実施状況	オジロワシの確認状況		備考
		成鳥	幼鳥	
H15	×	○	不羽	資料調査
H16	○	○ (2個体)	○ (1個体)	
H17	○	○ (2個体)	○ (2個体)	
H18	×			
H19	△	—	—	
H20	○	○ (2個体)	○ (2個体)	砂防えん堤①および工事用道路の整備
H21	○	○ (2個体)	○ (1個体)	砂防えん堤①の整備
H22	○	○ (2個体)	○ (2個体)	砂防えん堤①の整備
H23	×	—	—	
H24	○	○ (2個体)	×	
H25	○	○ (2個体)	×	上平月道路の整備
H26	○	○ (2個体)	○ (1個体)	砂防えん堤②の整備

備考) ■は繁殖確認年度を示す。

3. 対象個体の特徴

「森林における野生生物の保護管理」4)では、オジロワシの営巣木からの半径距離に応じた保護区域が示されている(表-2)。ここで、本調査地における保護区域を示してみると、砂防えん堤①と②および工事用道路の工実施地点が巣から1,000mの範囲内に位置していることがわかる。また、砂防えん堤の工事以外にも、治山工事や斜面林の皆伐が巣から500mの範囲内で実施されており、巣から約1,000mの場所で築堤工事や橋梁の修繕工事が実施されている(図-2)。

表-2 オジロワシの保護区域

繁殖地点周辺における保護区域の大きさ (巣からの半径距離)		
立入規制区域	環境保護区域	環境管理区域
500～1,000m	1,000m	2,000m

- ◆立入規制区域:特に繁殖期など、その種の過敏な時期に立ち入りを規制する区域。
- ◆環境保護区域:原則として環境変化を避ける区域。
- ◆環境管理区域:環境変化を一定レベル以内に規制する区域。

一般的に、オジロワシは、営巣木周辺での伐採や農作業などにより巣を放棄してしまうことがあるといわれている。特に、繁殖初期に人間が巣に接近すると、巣を放棄しやすくなるといわれている⁴⁾。ところが、本調査で対象としたオジロワシは、営巣木の周辺が改変されているにも関わらず同じ場所に営巣し続けている。本調査地におけるオジロワシは、一般的にいわれているものとは異なる特徴を持っていると考えられる。以下に、その理由を考察する。

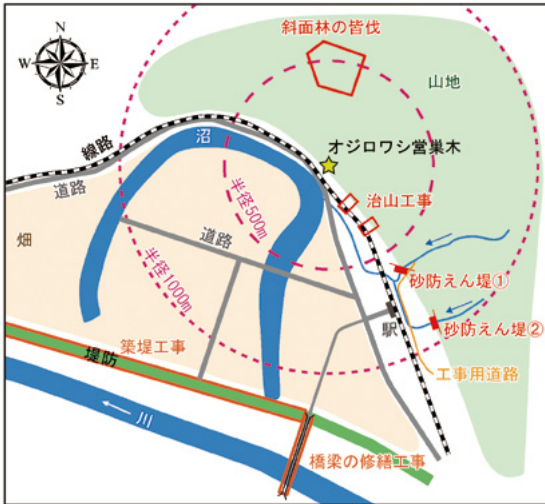


図-2 営巣木周辺の改変状況

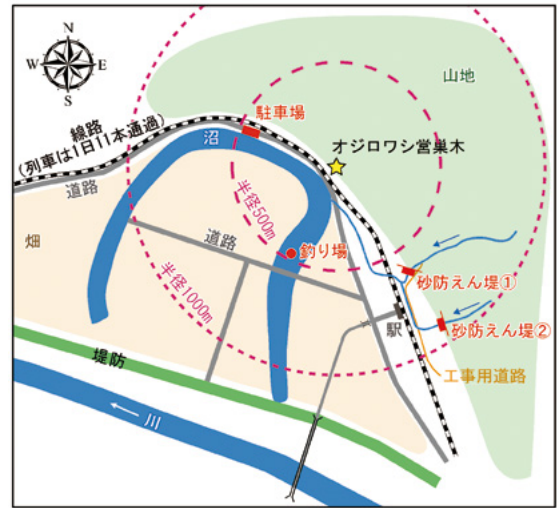


図-3 巣と人間活動の位置関係

4. 営巣木周辺の環境

(1) 人間活動

同じ巣を利用し続けている理由の一つとして、人間活動への慣れが考えられる。沼には冬季以外は釣り人がよく訪れる。また、沼や川周辺の畑地では朝7時頃から日の入りまで農作業が行われている(写真-4)。

さらに、沼の北側には休憩場所として利用できる駐車場があり、巣から最短で約70mの位置に道路と線路が整備されているため、巣のそばを車や列車が頻繁に通過する状況にある(図-3)。



写真-4 釣りや農作業の様子

このように、巣の周辺では様々な人間活動が行われているが、それは、あくまでも自らの趣味や生活のための活動であるため、オジロワシの巣に接近したり、観察したりすることを目的としたものではない。このことから、対象としたオジロワシは、人や車などが自身に害がないものとして判断している可能性があると考えられる。

(2) 採餌環境

オジロワシが営巣を続けるもう一つの理由として、採餌環境の良さが考えられる。沼には餌となるフナやコイ、ウグイなどが生息しており、川では秋季になるとサケが遡上するため、それを目当てにオジロワシは沼や川でハンティングを行っている(写真-5)。



写真-5 サケ(左)とハンティングの様子(右)

まず、天候や季節などの違いによる沼と川の変化に着目した。川は融雪や大雨による出水で濁ることがあり、沼は夏季になると水草が繁茂し、水面が見えにくくなることもある(写真-6)。

沼の水草が繁茂する前の6月頃は、オジロワシが沼周辺でハンティングする姿が多く確認された。また、沼の水草が繁茂する7月～8月頃は、沼だけではなく川でもハンティングする姿が確認された。サケが産卵遡上する10月頃は、沼の周辺にはほとんどいなく、川周辺での行動が多く確認された。

これらのことから、本調査地はオジロワシが季節などの条件により餌場として使い分けすることが可能な、多様な餌場環境を有していると考えられる。



写真-6 出水時の川と水草が繁茂した沼

次に、巣から採餌場所までの距離に着目した。沼までは最短で約100m、川までは最短で約1,300mである(図-4)。巣から採餌場所までの最適な距離については明確にされていないが、距離が遠くなることで2つのデメリットが挙げられる。1つ目は、餌の運搬中に他の鳥類に襲われ、餌を落としたり奪われたりする確率が高くなるということである⁵⁾。2つ目は、餌の運搬距離が延びることによる体力の消耗である³⁾。

本調査地では、オジロワシが餌を運んでいる間に、カラスやトビに襲われることがあったが、餌を無事に巣に持ち帰る行動が確認されている。これは、たとえオジロワシが他の鳥に襲われたとしても、餌を奪われずに逃げ切ることが可能な距離であるためと考えられる。また、オジロワシが止まることが可能な河畔林が川沿いや沼の周辺に繁茂しているため、巣から川まで1,000m以上離れていても、大幅な体力の消耗は抑えられていると考えられる。

これらのことより、本調査地は多様な餌場を有し、かつ、採餌場所と営巣地をつなぐ河畔林が繁茂することによって、オジロワシにとって非常に良好な採餌環境になっていると考えられる。



図-4 巣から採餌場所までの距離

5. 調査時および影響評価時の留意点

本調査地におけるオジロワシが営巣し続けている理由として、人の姿や車などに慣れている可能性があることと、状況に応じて使い分けできる採餌環境が巣の近隣に存在していることが挙げられる。これらのことから、モニタリング調査時には、オジロワシの行動状況だけでなく、営巣地周辺の環境にも着目することが重要であると考えられる。

以上より、今後、オジロワシを調査する際や、工事による影響評価を行う際の留意点を以下のように整理した。今後はこれら留意点を踏まえて、モニタリング調査および影響評価を実施することが望ましい。

<調査時および影響評価時の留意点>

【営巣地周辺の人間活動の把握】

- ・人や車などの滞在(作業)時間や通過頻度を確認する。
- ・巣から人間活動地点までの距離や、人間活動がオジロワシに直接影響を与えているものなのかどうかを確認する。

【採餌環境の特性を把握】

- ・巣と採餌環境の位置関係を把握する。
- ・天候や季節の違いによる採餌環境の変化に着目する。

6. おわりに

本稿では、オジロワシの調査および工事による影響の有無を評価する際の留意点を整理した。工事によるオジロワシへの影響の有無を評価する際には、指針や文献などで示されている内容だけでなく、対象とする個体や生息環境の特性を踏まえて総合的に判断することが望ましい。ただし、今回のように、営巣木周辺で様々な人間活動や改変があっても、同じ場所に営巣し続けているという事例は多くはないと思われる。これとは逆に、保護区域外に人間がただけで警戒行動を示した事例がある。オジロワシの繁殖地周辺における調査では、十分な注意が必要であることを理解しておくことが重要である。

参考文献

- 1) 環境省:『環境省レッドデータブック2014 -日本の絶滅のおそれのある野生生物-』, (2014)
- 2) 北海道:『北海道の希少野生生物-北海道レッドデータブック 2001』, (2001)
- 3) 斜里町立知床博物館:『しれとこライブラリー① 知床の鳥類』,北海道新聞社, (1999)
- 4) 藤森隆郎・由井正敏・石井信夫:『森林における野生生物の保護管理 - 生物多様性の保全に向けて-』, (株)日本林業調査会, (1999)
- 5) 森岡照明・叶内拓哉・川田隆・山形則男:『図鑑 日本のワシタカ類』, 文一総合出版, (1995)



“構成式”をながめると、 土木設計理論が身近になります。



技術部 次長 北村 明
(技術士:建設部門)

FEMの精度向上にかかわる動き

2014技術レポートの拙文(「小学生にもわかる!? FEMのはなし」)では、地盤系FEMの本質を「地盤全体を小さく細切れ(要素分割)にすると、各要素の性質(構成式)はバネと考えられる」「小さなバネがたくさん集まると、巨大なバネになる」などと、書きました。そのイメージが下の図-1です。FEMの概念としてウソは無いのはなしなのですが、専門的に「地盤沈下」を扱っている皆さんは、FEMの結果(計算値)と現場の沈下量(実測値)が「傾向は捉えているけれど、誤差は結構ある」と感じたことがあるかもしれません。

平成25年4月に「泥炭性軟弱地盤における柔構造樋門設計マニュアル」¹⁾が北海道開発局によってまとめられました。このまえがきで、「樋門の設計実務にカムクレイ系弾塑性構成式に基づくFEM解析を適用することで、泥炭性軟弱地盤における沈下・変位の分布や長期に渡る沈下量、そして地盤対策工の効果をかなり高い精度で推定可能となると期待できる」とうたわれています。

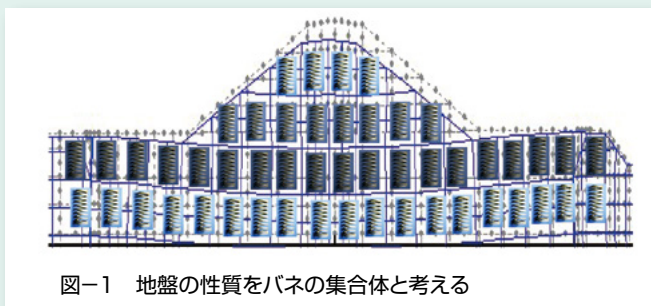


図-1 地盤の性質をバネの集合体と考える

…どういことでしょうか?

- 1) 従来の地盤のとらえ方(構成式)=バネである。
- 2) しかし場合によっては精度面の課題がある。
- 3) 構成式を変えるとFEMの精度向上に期待できる。
…地盤はバネではなかったのでしょうか?

今回は、「構成式」の本質にせまりたいと思います。

バネもそう単純なものではない

バネって何でしょう?伸びたら縮んでまた伸びてを繰り返す、でもだんだんへたって伸びきったり縮んだままになったりします。前者の状態を弾性変形、後者を塑性変形と言っています。これらの変形状態を図解すると、図-2のような絵になります。この“へた”現象をきちんと把握することがFEMの精度のキモのようです。

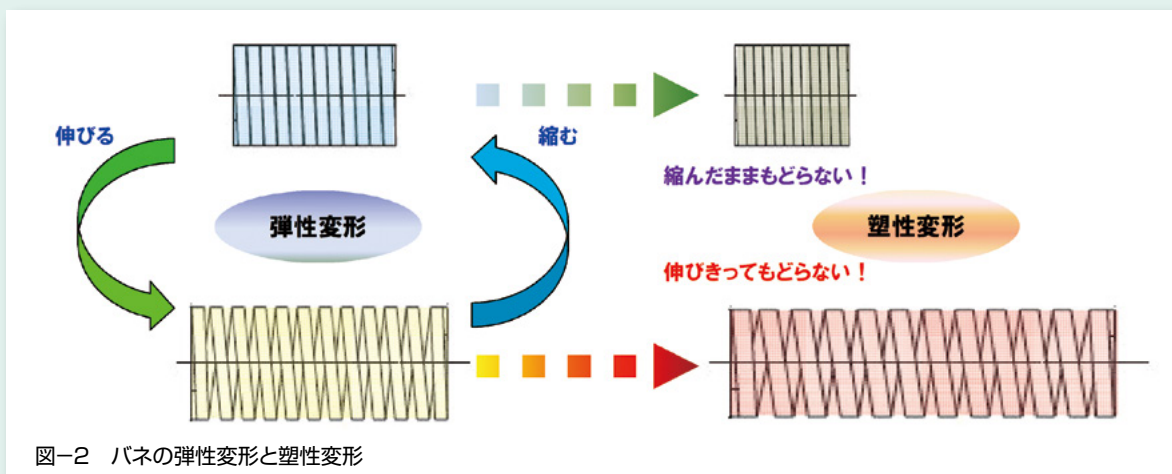


図-2 バネの弾性変形と塑性変形

二つの変形状態を合わせて弾塑性変形と言い、バネの構成式を正しく表現すると「弾塑性構成式」となります。

■構成式の基本

『構成式とは、物体を構成する物質の力学的特性の数理的表現であり、固体や流体を連続体に理想化した場合における力と変形との関係（応力とひずみとの関係）を表すものである。』²⁾とWikipediaには書いてありますが、要するに、構成式=「応力-ひずみ曲線」と覚えておけば概ね大丈夫です。

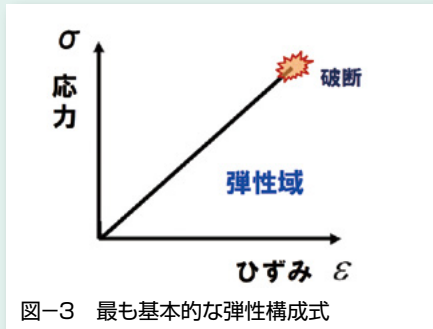


図-3 最も基本的な弾性構成式

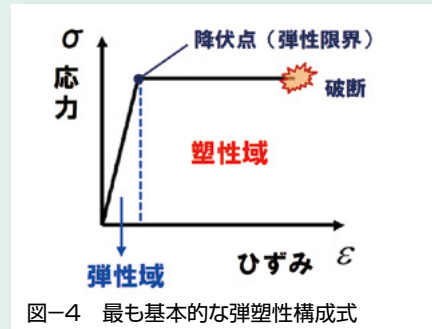


図-4 最も基本的な弾塑性構成式

図-3のような直線の構成式を弾性構成式と言います。絶対にへたらないバネがあるとすれば弾性構成式になりますが、実際にはどんな材料にも弾性の限界があります。図-4のように弾性限界に達した材料は応力が一定のまま変形（ひずみ）だけが大きくなっていきます。これが塑性変形であり、弾性域から塑性域への変化点を「降伏点」と言います。降伏点を越えると、応力を開放しても変形は元に戻らなくなります。

さて、構成式の基本はたったこれだけです。しかし、これを記憶しておいて頂ければ、いろいろな（難しそうな）土木設計理論を、視覚的かつ簡潔にお話しできるのです。以下で実行してみましょう。

■<構成式で見る設計理論①> ヤング率

鉄筋径やコンクリート部材厚の構造計算、杭や矢板の曲げ応力照査、土木設計で何か計算しようとするとき必ず式の中に現われる「ヤング率」。最近の設計ソフトウェアではプログラムに内蔵されているので、存在感が薄れていますが、設計者としては正体を掴んでおきたいものです。では構成式からヤング率を見てみましょう。構成式の基本を習得された皆さんであれば、下の図表を見て頂ければ一目瞭然かと思えます。

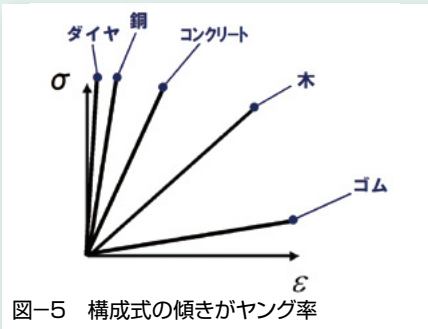


図-5 構成式の傾きがヤング率

表-1 いろいろなヤング率(単位無し)

σ - ε の傾き = ヤング率

ダイヤモンド	1000
鋼	200
鉄鋼	150
コンクリート	40
松木	9
ゴム	0.1

正確には「構成式の“弾性域の”傾き=ヤング率」ですが、上の図表をながめて直感的に受ける印象（ダイヤモンドは硬いとか、ゴムは変形しやすいなあとか）が、ヤング率の正体そのものです。

■<構成式で見る設計理論②> カムクレイ系弾塑性構成式

ここで冒頭に書いたテーマに戻ります。「カムクレイ系弾塑性構成式」とは何でしょう？式や文章での理解は大変ですが、下にいろいろな物質の構成式を並べてみますので、まずは順番にながめてみて下さい。

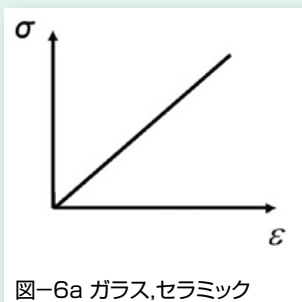


図-6a ガラス,セラミック

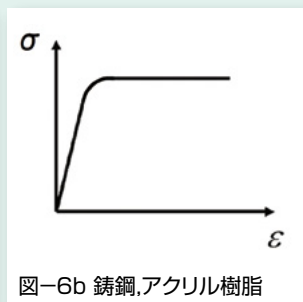


図-6b 鋳鋼,アクリル樹脂

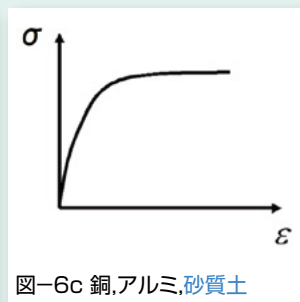


図-6c 銅,アルミ,砂質土

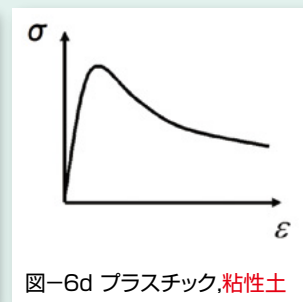


図-6d プラスチック,粘性土

実際には物質毎に細かい傾きの変化やカーブの大きさもスケールも違うのですが、大雑把な“傾向”として、図-6のように分類してみました。構成式の基本を覚えた皆さんであれば、応力-ひずみ曲線の形を見ただけで物質に限界まで応力が加わった時の変形の特徴を、直感的に理解できたと思います。

- a: ガラスは変形しないいきなり破断する。
- b: 鋳鋼はぎりぎりまで変形に耐えるけれど、限界を迎えると硬いまま破断する。
- c: アルミは早い段階から少しずつ変形の準備をしており、変形後も柔らかくなるがすぐには破断しない。
- d: プラスチックはすぐに変形するが、柔らかくなった後でさらに伸びを見せて粘り強く破断に耐える。

といった特徴を、構成式(応力-ひずみ曲線)の形からもイメージして頂けたと思います。

さて、図-6cに「砂質土」、図-6dに「粘性土」と書きました。物質単体の力学的性質を示す構成式は「土層」の特徴を区別する場合にも大変有効なのです。カムクレイ系弾塑性構成式とは、図-6dのような“傾向”に分類される粘性土層の弾塑性構成式とそのパラメータ群を示す言葉であり、これを地盤のFEM(沈下)解析に組み込んで精度向上を目指した手法が「泥炭性軟弱地盤における柔構造樋門設計マニュアル」となります。

■ <構成式で見る設計理論③> 液状化

応用編です。砂質地盤の液状化現象を構成式で示すと図-7となります。何が見えるでしょうか？

- ① 砂質地盤だから基本の構成式(O-A-D)は図-6cと同じ。
- ② 液状化前のヤング率(O-A漸近線)は大きいですが、液状化後のヤング率(B-C)は小さい。
- ③ すなわち、硬かった地盤が軟らかくなっている=液状化による剛性低下
- ④ 柔らかくなった地盤がC点からまた硬くなっている!(C-Dでヤング率が回復)

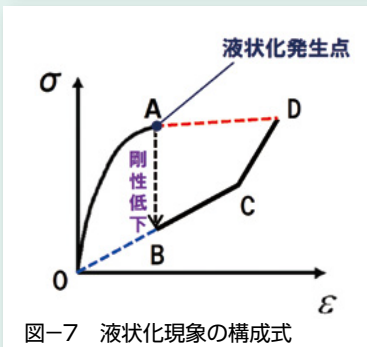


図-7 液状化現象の構成式

図-7のような構成式は、液状化による地盤変形解析を行なうソフトウェア(残留変形解析:ALID³)とで採用されているものです。これも難しい理論説明がありますが、要するに上の①~④の現象を解析するものです。

ここまで読んで頂いた皆さんには一目瞭然の話でした!(低下した剛性がどうして回復するのか?その理由は、また別の機会にお話し出来ればと思います。)

■ <構成式で見る設計理論④> 地震時保有水平耐力法

総集編です。このテーマを1ページで解説してみたいと思います。すでに皆さんは「ヤング率」「カムクレイ系弾塑性構成式」「液状化」などの理論をクリアしていますから、たぶん大丈夫でしょう!

地震の影響を受けやすい構造物では、地震にも耐えられるような設計(耐震設計)を行ないます。この耐震設計の方法として昔から用いられているのが「震度法」であり、近年広く用いられている方法が「保有水平耐力法」です。これらの特徴を下に書いてみます。

震度法 地震の力(設計震度)をかけた時に、構造物のどの部分も壊れないように設計する。基本的には弾性理論である。

保有水平耐力法 構造物に「ねばり=じん性」を与え、エネルギー吸収性能を高めることにより変形を限定された範囲にとどめ、構造物全体の崩壊を防止する。基本的には弾塑性理論である。

何となくイメージは伝わりましたね。さて、これらの理論を構成式から解説してみましょう。

図-8aが耐震設計を行なう前の構造物だとします。ヤング率1の架空の材料で作られています。この構造物は応力(地震力*1)1でひずみが1となり、この時点で降伏=破断するものとします。さて、この構造物をもっと大きな地震力に耐えられるようにするには、どのような耐震設計を行えば良いでしょう？

①「震度法」の考え方にに基づく設計思想

ひずみ1で破断してしまうのは変わらないとしても、もっと剛性(ヤング率)の大きい材料(ダイヤモンド!)を使えば、地震力2まで耐えられるようになる!(図-8b)

②「保有水平耐力法」の考え方にに基づく設計思想

降伏してから破断するまで「ねばり強い=じん性の高い」材料に変更する。地震力1で構造物は降伏点を迎え、変形が始まる。ただし、降伏しているため以降の地震力は全て受け流される。すなわち、地震力1以上の応力を考える必要がなくなり(!)、ひずみ2の破断に至るまで構造物は機能を保持できることとなる(図-8c)。

わずかな変形も許されない構造物、小規模で高価な材料の使用が現実的な構造物では、「震度法」による耐震設計が必要ですが、大規模地震(いわゆるレベル2地震)に対応すべき土木構造物においては、限定的な変形を許容できる構造物であれば、「保有水平耐力法」による耐震設計は合理性が高いと言えるのです。

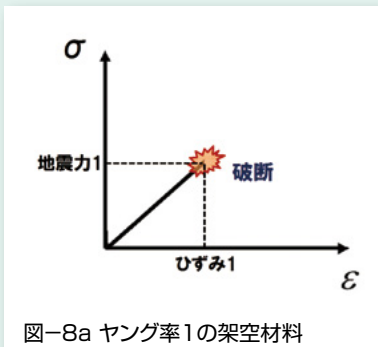


図-8a ヤング率1の架空材料

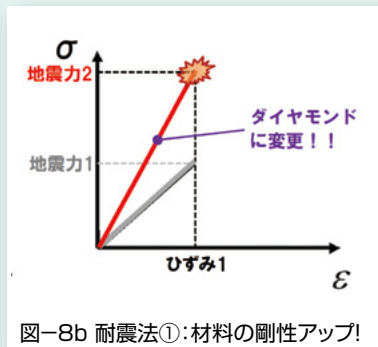


図-8b 耐震法①:材料の剛性アップ!

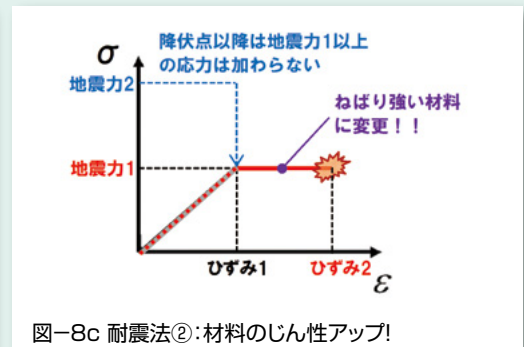


図-8c 耐震法②:材料のじん性アップ!

■おわりに

いろいろと端折った部分も(かなり)多くありますが、カムクレイ系弾塑性構成式を取り入れたFEM解析や耐震設計法の最近の動向を踏まえ、これらの理論の“根っこ”につつまして、「構成式だけ」に着目することで、なんとか4ページで“かんたん”にお話し出来たかと思えます。

今後も「むずかしい理論の根っこにある本質は大体がかんたんな事なのでは?」と言う<持論>に違わぬように、勉強を続けて参りたいと思っております。

参考文献

- 1) 泥炭性地盤における柔構造樋門設計マニュアル [北海道開発局 建設部 河川工事課]
- 2) 材料の構成式 [Wikipedia]
- 3) ALID手法による堤防の解析と河川構造物の耐震設計支援システムRIVERUS [富士通エフ・アイ・ピー]

※1地震の力をたとえた仮の単位。実際には設計水平震度や等価水平震度といった定義



香川 誠
(技術士:建設部門)

概要

近年、大規模事業を中心として、情報化施工やCIM(Construction Information Modeling)¹⁾対応のために三次元データが作成される現場が増えつつあります。本稿では、作成した三次元データをより活かす手法として、土木分野における3Dプリンタの活用について例示します。

1. はじめに

当社は三次元設計時代の到来を見据えて、平成23年度に土木設計用3DCADを導入、平成24年度に3Dプリンタを導入しています。



図1 当社の保有する3Dプリンタ

土木分野における3Dプリンタの利用は「比較的複雑な構造物のイメージを受発注者間で共有できるように視覚化する」というのがポピュラーな使い方ですが、発展的な利用事例を幾つか御紹介します。

2. 3Dプリンタの活用事例

(1) UAVによる空撮画像の3Dプリンタ出力

当社ではSfM(Structure from Motion)²⁾手法により、スナップ写真から三次元モデルを半自動作成できます。この技術とUAV(無人航空機)による撮影を併用すると、最短2日ほどで撮影から三次元モデルの作成、3Dプリンタ出力までを行う事ができます。

災害発生時など、迅速に現地状況を把握したい場合に活用できるのではないのでしょうか(航測図化ほどの精度はありません)。

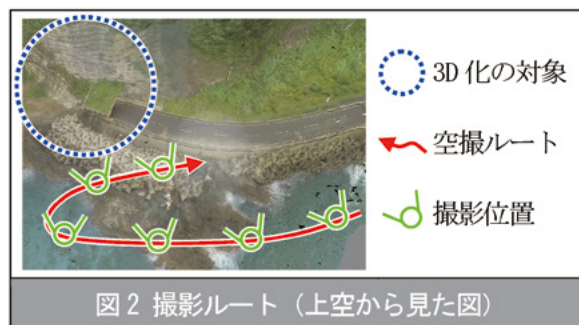
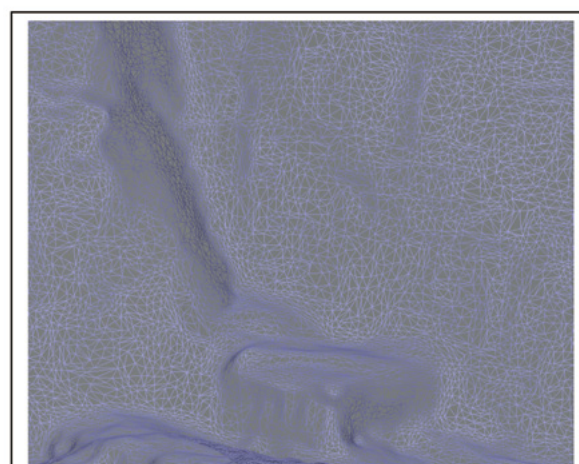


図2 撮影ルート(上空から見た図)



メッシュのみで表現した3D鳥瞰図



上記データにテクスチャを貼りつけた図

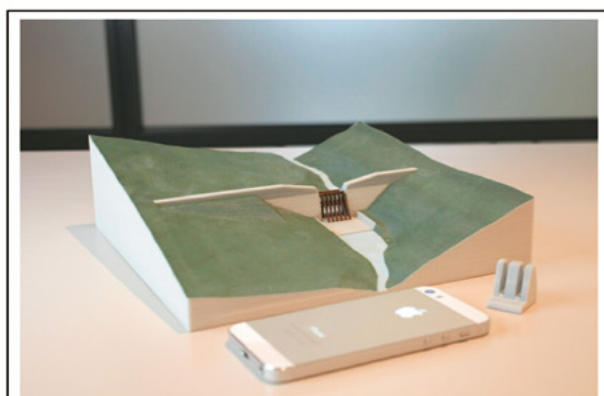
図3 スナップ写真から作成した3Dデータ

(2) 地中の見えない部分を可視化

事業を進めるにあたり、一般の方へ説明会等で構造物の形状をお伝えする機会がありますが、地中に隠れる部分がある土木構造物等では、二次元図面で正しい形状を認識していただくのは困難な場合があります。

以下の写真は、地表面形状といくつかのパーツに分割した砂防堰堤を3Dプリンタでそれぞれ出力し、組み換え可能な模型を製作した例です。

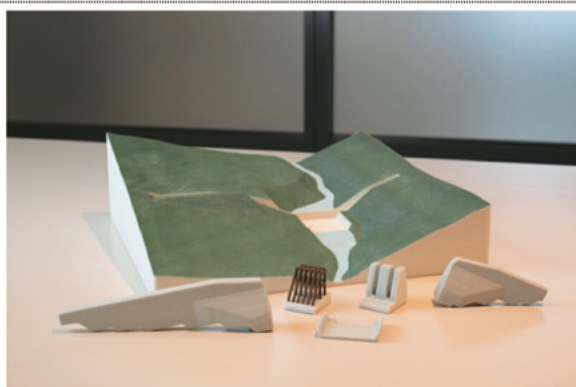
図面やパースでは理解しにくい構造も、参加者にパズルのように組み立ててもらおう事で、形状をより正確に伝えることができます。



大きさは22×22×7 cm (1/500 スケール)



スリット部分は組み替え可能です



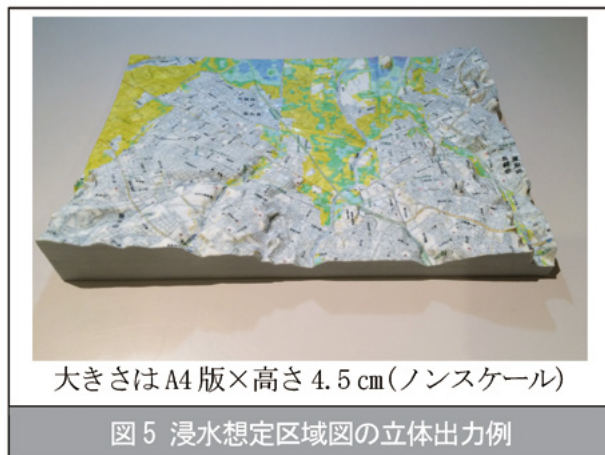
パズルのように各部に分かれます

図4 組み替え式砂防堰堤の製作例

(3) 標高差を体感できるハザードマップ

基盤地図情報³⁾の高精度な標高データ等から製作した地形データの表面に、各種防災情報(河川や津波による浸水想定区域・土砂災害警戒区域・避難所等)を貼りつけることが可能です。

触れることができるハザードマップとして防災情報を立体的に可視化することで、より最適な避難ルートの選定など、地域防災計画の充実を図ることができるのではないのでしょうか。



大きさはA4版×高さ4.5 cm(ノンスケール)

図5 浸水想定区域図の立体出力例

3. さいごに

上記以外の活用事例や3Dプリンタの機構説明など、まだまだ皆さまへお伝えしたい事柄がありますが、限られたスペースのため割愛させて頂きました。

より詳しく知りたい方や実際に3Dプリンタが実際に動くところを見てみたい方がいらっしゃいましたら、当社営業担当まで気軽にお声掛け下さい。

本稿を契機として、土木分野における3Dプリンタの活用機会が増えることを願います。

参考文献

- 1) CIM技術検討会
http://www.cals.jacic.or.jp/CIM/index_CIM.htm
- 2) SfM を用いた三次元モデルの生成と災害調査への活用可能性に関する研究(防災科学技術研究所研究報告 第81号 2014年2月)
http://dil-opac.bosai.go.jp/publication/nied_report/PDF/81/81-4uchiyama.pdf
- 3) 国土交通省 基盤地図情報サイト
<http://www.gsi.go.jp/kiban/>

編集後記

「大雨特別警報」「観測史上最大」「避難勧告・指示」「直ちに命を守る行動を」「噴火警戒レベル」等、気象や防災に係る言葉をこの一年何度も耳にしました。「天災は忘れたころにやって来る」という言葉がありますが、最近は次々とやってくるのでなかなか忘れることができません。あらためて日本の自然災害の多さを実感した1年でした。

海外の調査機関によると、日本は「犯罪率」でみると「世界一安全な国」になるようですが、「自然災害リスクの高い都市ランキング」では、世界1位に東京・横浜が入り、10位までに日本の3都市が入っています。

日本の研究機関によると、日本の国土面積は世界の0.3%程度しかないにもかかわらず、全世界で起こったマグニチュード6以上の地震の約2割が日本で起こり、全世界の活火山の7%が日本にあるそうです。また、全世界の災害で受けた被害金額の12%程度が日本の被害金額となっているそうです。このように、日本は外国に比べて地震や津波、洪水、土砂災害、火山噴火などの自然災害が発生しやすい国土であるため、ハード対策・ソフト対策のさらなる推進が求められています。

このレポートの編集中に全世界を驚かせた海外自動車メーカーによる不正問題、国内では工事データが改ざんされマンションが傾くという事件が発生しました。こちらは災害のように自然現象に起因するものではなく、人為的な原因によるもののようです。詳細は今後の調査を待たなければなりません。品質や工期などに対する過度な要求が組織や個人の倫理問題に発展したのではないかと報道も見られます。

当社では、ハード・ソフト対策の両面で防災・減災の一翼を担わせていただいておりますが、これからも技術力の向上に努め、地域の安全・安心に貢献したいと考えております。同時に、技術者としての倫理観の向上にも努め、皆さまからの信頼を積み重ねていきたいと考えておりますので、今後ともご指導ご支援いただきたくお願い申し上げます。

最後に、取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。

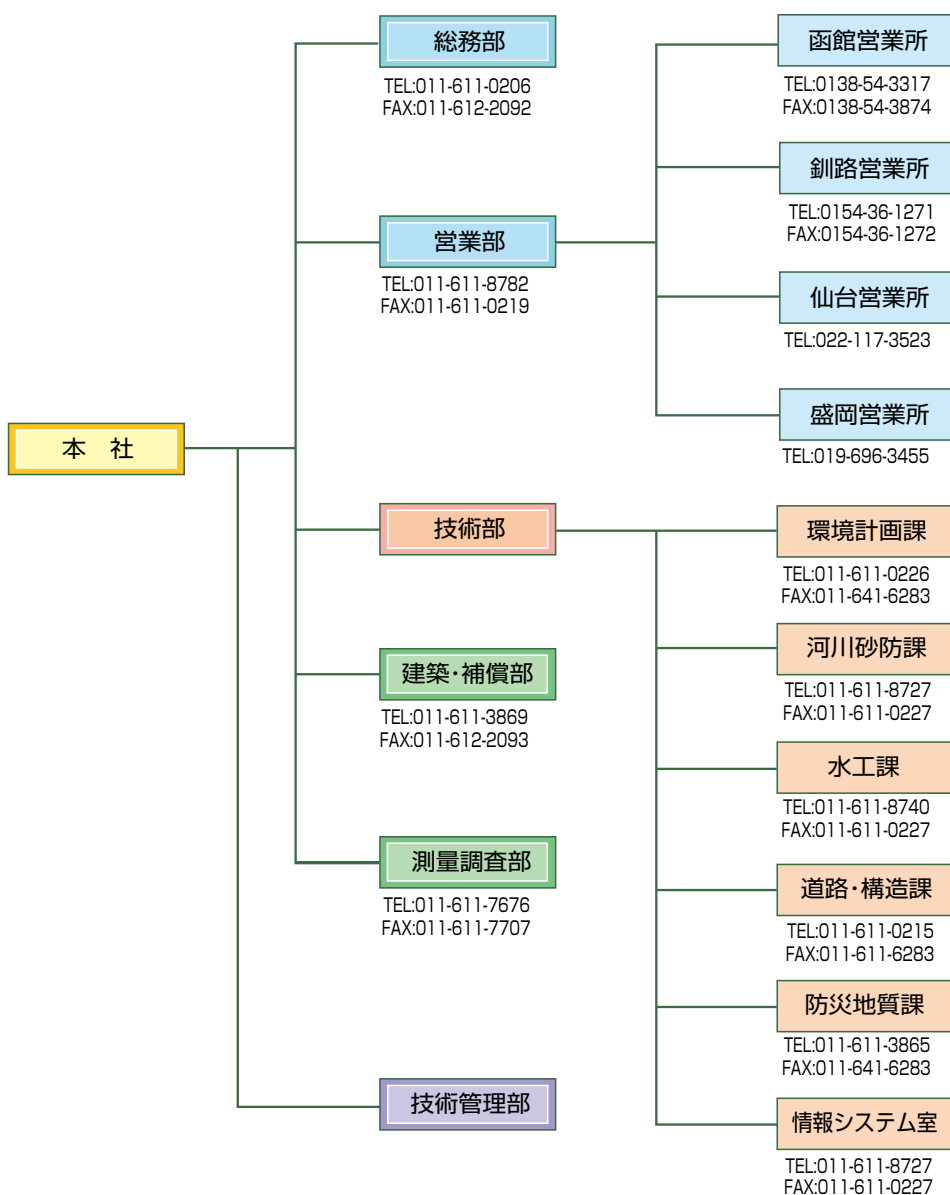
(文責 中原 修)

編集担当

取締役技術部長 中原 修

技術管理部長 大谷 高志

組織図



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2003-1-790

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) ——— 8名 | ○一級建築士 ————— 1名 |
| ○技術士(建設部門) ————— 15名 | ○補償業務管理士 ————— 12名 |
| ○技術士(応用理学部門) ————— 1名 | ○測量士 ————— 26名 |
| ○技術士(上下水道部門) ————— 1名 | ○地質調査技士 ————— 5名 |
| ○RCCM ————— 22名 | ○土壤汚染調査技術管理者 ——— 1名 |
| ○一級土木施工管理技士 ————— 27名 | ○2級知的財産管理技能士(管理業務) — 1名 |

2015 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 〒041-0851 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

仙台営業所 〒981-3204 宮城県仙台市泉区寺岡2丁目3番12号
TEL : 022-777-3523

盛岡営業所 〒020-0402 岩手県盛岡市黒川9地割22番11号
TEL : 019-696-3455

ホームページ <http://www.wako-giken.co.jp>