

地質調査

'11 第1号
(通巻127号)

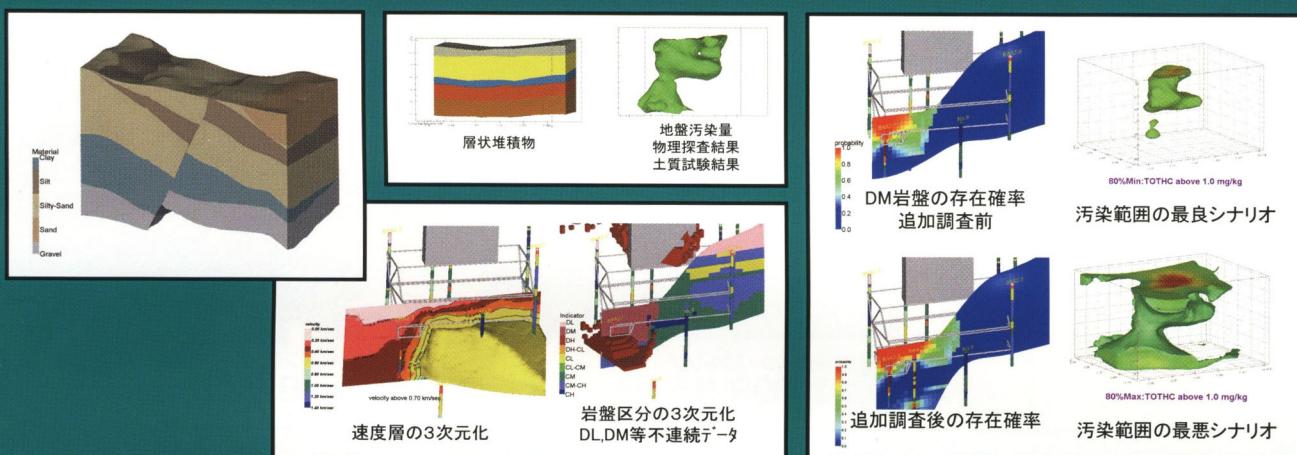
編集／社団法人全国地質調査業協会連合会

卷頭言 社会基盤整備におけるICTの取組みと今後に期待するもの

熊本大学大学院教授 地盤工学会 ICT委員会委員長 大谷 順

総 論 地質調査業におけるICTの取組みと展望について

(独)産業技術総合研究所 地質情報センター 根本達也



小特集「ICTを活用した地質調査業」

軟弱地盤上での近接掘削工事における自動計測事例 橋本和佳

冬期道路気象情報システムによる道路積雪情報のweb公開

松村真一郎・獄元幸雄・桝原耕太郎

斜面モニタリング装置を活用した斜面防災

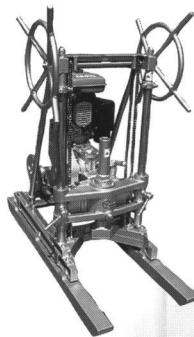
—迅速に設置できる小型孔内傾斜計の開発— 内村太郎・王 林・Qiao Jian-Ping

ICTを活用した磐田市総合防災情報システム 寺田史郎・伊藤好司・西藤文孝

ICTを活用した地盤情報に関わる新ビジネスへの展開 中田文雄

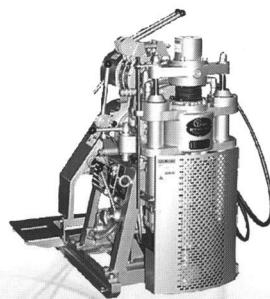
教養読本 地盤の3次元可視化技術 林 義隆

YHP-1

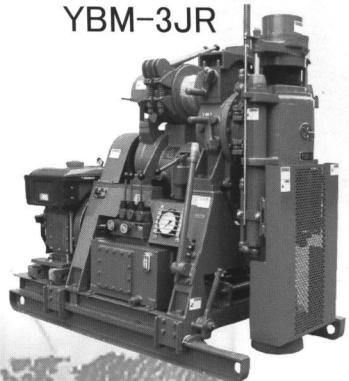


(ニッケル鉱調査 フィリピン)

YBM-05DA-2



YBM-3JR



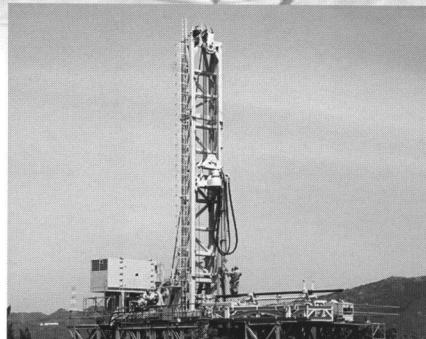
資源探査、環境調査、土木建設の基礎調査 世界で活躍するYBMのボーリングマシンとツールス

大口径ボーリングマシンから、超軽量ボーリングマシンまで、
幅広いニーズを満たす製品を取り揃えております。

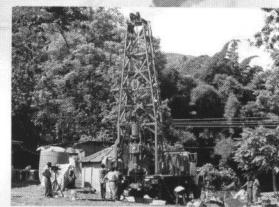
(ニッケル鉱山調査 ニューカレドニア)



ワイヤーライン工法用削孔機
TYW-50



地熱開発用コンパクトリグ
HC-2000R



(鉱物資源調査
マラウイ)

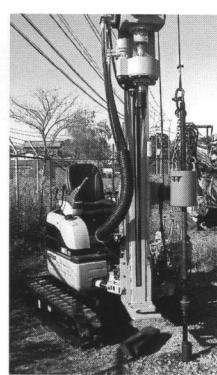


トラックマウントドリリングリグ
YSD-500BV

ワイヤーライン
工法調査機

YWL-200

スピンドル回転数
2速切換の為、
低速回転での口元
ケーシング掘削も
可能。



標準貫入試験作業風景

バイブロドリル
ECO-1VⅡ

土壤・地下水汚染調査など
バイブロ機能を活
かして回転せずに
土中に貫入可能。



ポータブル
表層土壤調査機
ハンディECO
表層土壤汚染調査など

yBM 株式会社 ワイビーエム

本社／〒847-0031 佐賀県唐津市原1534 TEL (0955) 77-1121

<http://www.ybm.jp/>

東京支社 〒103-0001 東京都中央区日本橋小伝馬町16-5新日本橋長岡ビル4F TEL (03) 5643-7593
東京支店 〒342-0005 埼玉県吉川市川藤3062 TEL (048) 982-7558
大阪支店 〒578-0964 大阪府東大阪市新庄西5-4 TEL (06) 4309-2921

名古屋営業所 〒468-0043 愛知県名古屋市天白区菅田1丁目1208 TEL (052) 804-4841
広島営業所 〒732-0802 広島県広島市南区大州1丁目1-25第一ふじビル1F TEL (082) 285-3824
ハノイ駐在員事務所 Room No. 23.5 Vimeco Bldg, Block E9, Pham Hung Trung Hoa, Cau Giay, Hanoi, Vietnam TEL (+84) 4-3782-0132

卷頭言	社会基盤整備におけるICTの取組みと今後に期待するもの 熊本大学大学院教授 地盤工学会 ICT委員会委員長 大谷 順	1
総 論	地質調査業におけるICTの取組みと展望について (独)産業技術総合研究所 地質情報センター	
		根本 達也 2
小特集	ICTを活用した地質調査業	
	軟弱地盤上での近接掘削工事における自動計測事例 橋本 和佳	4
	冬期道路気象情報システムによる道路積雪情報のweb公開 松村 真一郎・獄元 幸雄・舛原 耕太郎	8
	斜面モニタリング装置を活用した斜面防災 —迅速に設置できる小型孔内傾斜計の開発— 内村 太郎・ワン リン・チャオ ジャンピン	12
	ICTを活用した磐田市総合防災情報システム 寺田 史朗・伊藤 好司・西藤 文孝	16
	ICTを活用した地盤情報に関わる新ビジネスへの展開 中田 文雄	20
教養読本	地盤の3次元可視化技術 林 義隆	25
やさしい知識	地質情報管理士 得丸 昌則	28
私の経験した現場	広域農道トンネルの設計から施工時までの地質調査 末吉 哲也	30
基礎技術講座	室内土質試験第3回 地盤材料における安定化について 折笠 章	34
新刊紹介	改訂新版 貯水池周辺の地すべり調査と対策	40
車窓から見る地形・地質	王子が岳 岡山県玉野市～倉敷市 国道430号 藤原 身江子	41
各地の博物館めぐり	沖縄県宮古市「宮古島市地下ダム資料館」 一水への想い 未来に伝えたい… 與那原 信夫	43
大地の恵み	関東地方の石材 佐藤 尚弘	45
(独)土木研究所と企業との共同研究⑥	地すべり地における地下水排除ボーリング工の排水性能調査について 阿部 大志・武士 俊也	48
会 告	地質情報管理士資格検定試験81名が合格 平成22年度「地質調査技士」登録更新講習会 2,263名が更新完了	53
	平成23年度 地質調査技士資格検定試験 実施概要	56
	地質リスク学会主催 「第2回地質リスクマネジメント事例研究発表会」事例研究発表募集	56
	最新：地すべり技術講習会 開催のご案内	57

小特集テーマ 「地球温暖化と斜面・水災害」

地球温暖化と気候変動

斜面崩壊

地すべり

土石流

近年の水災害の傾向と適応策

河川

海岸

海水

教養読本 何故アメリカ政府は京都議定書を批准しないのか

やさしい知識 過去200万年間の地球システムの変動の研究を通して分かること

各地の博物館巡り

大地の恵み

車窓から見る地形・地質

私の経験した現場

社会基盤整備における ICT の取組みと今後に期待するもの

熊本大学大学院教授 地盤工学会 ICT 委員会委員長 大谷 順

【Key Word】

ICT, ワイヤレス, リアルタイム, ユビキタス, 省エネルギー

今日、電波を使って品物や人物を自動に識別するバーコードやFRIDなどの電気通信技術のようないわゆるICTの発展によって、多様な情報を広範囲・高頻度かつ容易に取得・活用できる、いわゆるユビキタス社会が形成されつつある。ICTとはInformation and Communication Technologyの略であり、情報技術のみならず、種々の情報を伝達する技術を含めた総称と言えよう。社会基盤、とくに建設分野における適用としては、1) 調査や動態観測、2) 設計や新工法の検証、および3) 施工管理や維持管理などが挙げられるが、目的は、品質向上、コスト縮減、安全確保、環境保全等多岐に渡っている。本小特集においてもいくつかの適用事例が紹介されているが、私は現在、公益社団法人地盤工学会において「情報通信技術の適用による地盤工学の高度化に関する研究委員会」を委員長として実施しており、特に地盤工学を対象としたICTの現状把握と今後の取組むべき方向性の提示を目的として活動を進めている。多くの方が認識されていると思うが、すでにその適用範囲は無制限に拡大傾向であると言えよう。

典型的な例として、まず地盤調査の分野を挙げると、これまでのサンプリングによる調査に加え、GISやGPSなどのいわゆるセンシング技術を用いる方法や、もっとICタグや小型コンピュータ、またはインターネット接続端末等の情報通信技術を導入する事例も増えており、これらにより得られた高機能大容量化したデータを、時間をかけずに解析すると共に、広く共有することを可能としている。また別の事例として、施工管理分野での観測施工における観測技術や、ロボットを導入した自動化施工、および建設CALSと呼ばれる設計情報の電子化およびその共有化に関する技術もこの範疇であろう。これらICTの適用で特によく聞かれることばに、“ワイヤレス”, “リアルタイ

ム”, “ユビキタス”, また“省エネルギー”等がある。計測を行うセンサについては、ICタグ、光ファイバ、LED、無線(Zigbee他)、および導電性塗料など千差万別である。これらは危険な場所での計測を可能にすることや、設計・施工管理や防災・減災を目的とした瞬時の対応を可能とするものである。

ICTの適用は今後益々増える傾向にあることを予想することはそれほど難しくない。それを後押しするものは、今日のICTの目覚しい発展であることは言うまでもないが、社会基盤整備に目を向けると、1) コスト縮減や2) 信頼性を重視する競争的環境であると言えよう。加えてすでに建設されて長い年月を経た構造物の保守・補修もこれらを推進するドライビングフォースと言える。現在では各種センサ技術に加え、新たに生活に密着した人間の五感に訴える、たとえば“におい”や“色”などを用いる計測技術も開発されつつある。ICTを有効に活用するアイデアは、技術者の質の向上に繋がるということも認識いただきたい。「どこでどのようなデータを取るために計測を行うか?」というような意識は技術者の資質向上としてもたいへん有効であると言える。しかし一方では、これら大量のデータが共有される環境となるために、そのデータの管理、すなわちセキュリティ問題については注意が必要であろう。

最後になったが、新たな技術を導入することで、より有効な社会基盤整備が実現できた際には開発者に対してのインセンティブは不可欠である。評価をしっかりとすることで業界を育成する意識を多くの方に持っていただきたい。今後建設産業がわが国の輸出産業として進化していくためにも、わが国特有の“技術の知”に関する情報発信を世界に向けて行っていくことはたいへん重要である。是非積極的なICTの活用を進めていただきたい。

地質調査業における ICT の取組みと展望について

【Key Word】

ボーリング柱状図、地質・地盤情報、Web-GIS、品質確保、資格制度

ね もと たつ や*
根 本 達 也*

1. はじめに

近年、計算機器や通信ネットワークを利用した情報通信技術（ICT）が急速に発達し、地質調査業を取り巻く分野においても ICT の活用が進んでいる。Web 上ではボーリング柱状図等の地質情報が一般に公開され、それらを利用した研究や事業も見られるようになってきた。

本稿では、Web で公開されている地質・地盤情報の整備状況とそれに関わる全地連の取組みについて紹介することで総論としたい。

2. 地質・地盤情報の整備状況

ボーリング柱状図、地質図、ハザードマップ、地盤モデル等の様々な地質・地盤情報が整備され、Web 上で利用できるようになってきた。また、そのような地質・地盤情報を共有するためのシステムや解析するためのソフトウェアが開発され、一般に利用できる環境が整ってきた。ここでは、その一例として、国土地理院によるボーリング柱状図の整備状況と研究機関によるシステム開発について紹介する。

（1）国土交通省による整備状況

2007 年に取りまとめられた「地盤情報の高度な利活用に向けて提言～集積と提供のあり方～」¹⁾が契機となり、2008 年に国土地盤情報検索サイト「KuniJiban」(<http://www.kunijiban.pwri.go.jp/>) が開設された。KuniJiban は国土交通省、土木研究所、港湾空港技術研究所により共同で運営されており、2011 年 2 月 1 日現在で約 75,500 件のボーリング柱状図と土質試験結果一覧表が公開されている。利用規約として、非独占的に閲覧、複製、

頒布、貸与および販売することを許諾していることが特徴的である。

また、KuniJiban の公開は、地方自治体によるボーリング柱状図の整備・公開を大きく促進した。公開状況については、特定非営利活動法人地質情報整備・活用機構（以下、GUPI）および全地連が共同運営している「地質情報ポータルサイト」(<http://www.web-gis.jp/>) でまとめられているので参照されたい。

（2）研究機関による整備状況

防災科学技術研究所、産業技術総合研究所、土木研究所、東京工業大学、東京大学地震研究所、地盤工学会の共同参画による科学技術振興調整費重要課題解決型研究「統合化地下構造データベースの構築」が 2006 年から 5 カ年計画で進められている。この研究プロジェクトでは、地震防災に資することを主たる目的として、表層から深部に至る地下構造の地球物理学的情報と地質学的情報を統合的に収集・管理するとともに、利用者が広くデータを利活用できる統合化地下構造データベースの構築を実施している。地質・地盤情報が各府県、自治体、関係機関等に散在している現状をふまえて、分散管理型のシステム開発を行っている。2009 年 9 月にポータルサイト「ジオ・ステーション」(<http://www.geo-stn.bosai.go.jp/jps/>) を開設し、参画機関が整備している地質・地盤情報や地方自治体のボーリング柱状図を公開している。

また、2010 年 8 月には、ボーリング柱状図を表示・作成・利用するための 6 つのソフトウェアからなる「ボーリングデータ処理システム」を開発した (<http://www.geo-stn.bosai.go.jp/software/boring/index.html>, <http://gsj3dm.muse.aist.go.jp/software/boring/index.html>)。今後、ソ

* 独立行政法人 産業技術総合研究所 地質調査情報センター 地質・衛星情報統合室

ースコードも公開される予定である。

3. 全地連の取組み

地質・地盤情報が広く開示されることを想定して、全地連はこれまでに様々な取組みを進めてきた。以下にその一部を紹介する。

(1) Web-GIS システムの開発と普及

地質調査報告書をデータベース化し、有効利用することを目的として、2005年にGUPIと日本情報地質学会と共に「Web-GIS版電子納品統合管理システム（Web-titan）」(<http://www.gupi.jp/web-gis/>)を開発した。さらに、Web-GISコンソーシアムを設立し、Web-titanの機能向上と普及に努めてきた。

また、Web-titanはフリーオープンソースソフトウェアをベースに開発されており、安価にカスタマイズできることから、以下に示す地質・地盤情報の公開サイトでも、メインシステムとして利用されている。

① 岡山県地盤情報 (<http://www.jiban-okayama.jp/>)

岡山地質情報活用協議会が、岡山県内の地質情報を収集・データベース化し、公開しているサイトである。2011年2月1日現在、1919件のボーリング柱状図が公開されている。

② 高知市地盤災害情報ポータルサイト (<http://www.geonews.jp/kochi/>)

総務省のユビキタス特区「地質データを活用したリアルタイム地盤災害予測サービスの実証」プロジェクトの一環として構築・公開されているポータルサイトである。Web-titanは、ボーリング位置図、災害予測図等の重ね合わせ表示のために利用されている。

(2) 地質情報を利用した新規事業への展開

2007年に研究報告書「地盤情報の活用と新ビジネス一地盤情報の資源化への道のりー」²⁾を取りまとめ、新規事業創出に向けての道筋を示した。また、翌年には、報告書「地質リスク分析のためのデータ収集様式の研究」³⁾をまとめ、2010年にWeb上のバーチャル学会として「地質リスク学会」(<http://www.georisk.jp/>)を設立した。Webサイトでは報告書やシンポジウムの講演集を閲覧できる。

(3) 地質情報の品質確保に向けた活動

地質調査で納品された電子成果品には、多くの

エラーがあることが指摘されている。全地連は、小冊子「地質データのエラーについて」⁴⁾を作成し、その解決を促している。

また、全地連ホームページでは、「ボーリング位置座標取り/確認ツール」および「電子納品CD-Rの内容確認ツール」を公開している。これらのツールは、電子納品運用ガイドライン(案)【地質・土木調査編】で使用が勧められている。

(4) 地質情報管理士資格制度

一般に公開されている地質情報を入手し、評価したり利活用するためには、情報そのものを正しく理解し、処理するための知識や技術力が不可欠である。全地連は、地質情報を取扱うことにおいて今後の中心となりうる技術者に付与する資格制度として、2006年に「地質情報管理士」資格制度をスタートさせた。

4. おわりに

ここ数年で、地質・地盤情報のWeb配信が一般的になり、収集した情報を利活用する環境も整ってきた。このような状況に対応すべく、全地連は、Web-GISの開発・普及や新規ビジネス創出に向けた活動を行っている。

今後も情報公開の波は確実に広がり、地質調査に関わる分野でもICTの利活用は一段と進むと予想できる。地質情報を正しく社会に提供するために、地質情報を正しく収集・評価・分析できる技術者（例えば、地質情報管理士）が中心となって活躍することを期待する。

最後になったが、本小特集では、ICTを活用した業務や研究の事例が紹介されている。是非ご一読いただきたい。

参考文献

- 1) 国土交通省：地盤情報の高度な利活用に向けて提言～集積と提供のあり方～, http://www.mlit.go.jp/kisha/kisha07/13/130302_.html
- 2) 全地連情報化委員会：地盤情報の活用と新ビジネス一地盤情報の資源化への道のりー, <http://www.zenchiren.or.jp/geoinfo/katuyou.html>
- 3) 渡邊法美：地質リスク分析のためのデータ収集様式の研究, <http://www.zenchiren.or.jp/risk/pdf/risk4.pdf>
- 4) 全地連情報化委員会：地質データのエラーについて, http://www.zenchiren.or.jp/taiou/data_error.html

軟弱地盤上での近接掘削工事における自動計測事例

はし もと かず よし
橋 本 和 佳*

【Key Word】

近接施工, インターネット, リアルタイム, 自動計測, 鉄道盛土, 自動追尾型トータルステーション

1. はじめに

近年の情報通信技術（ICT）の発達は目覚しいものがあり、土木計測の分野においても、新しいセンサーおよび計測システムを導入するとともにインターネットを活用したデータ転送技術を活用した事例が増えている。特に、近接施工においては、供用中の既設構造物への影響について、既設構造物ならびに周辺地盤の挙動を面的かつリアルタイムに把握することが重要であるため、情報化通信技術の活用は非常に有効である。本報では、このような情報化通信技術を実際の現場に適用した事例として、軟弱地盤上の鉄道盛土に近接した大規模掘削工事における計測事例¹⁾について紹介する。

2. 計測概要

ここで紹介する事例は、ポンプ場（下水道施設）建設に伴う軟弱地盤上での大規模掘削工事（縦33m×横48m×深さ22m）における計測事例であ

る。本現場では、施工箇所と鉄道盛土との離隔が22mと近接していることから工事による鉄道盛土への影響が事前に懸念された（図1参照）。そこで、自動追尾型トータルステーションによる変位杭の観測を基本とする自動計測機器を設置し、施工中の鉄道盛土および周辺地盤の挙動をリアルタイムで計測管理を実施した。なお、列車走行に対する対策としては、別途軌道計測も実施され安全性の確保が図られた。

当該地は古くは湖の入り江であり、図1の地質断面図に示すように、未分解の腐植土層（Ap層）が層厚約10m程度堆積している超軟弱地盤である。Ap層の下位には沖積粘土層（Ac層）および洪積層（Dc, Dg層）が堆積し、更にその下位には起伏の激しい基盤岩が分布している。また、地下水位は地表面付近（GL-0.3～0.5m）である。また、本工事施工以前にも周辺で工事が実施されていたことから、鉄道盛土の変形抑止対策を目的に盛土内の地下水位低下を防ぐ既設の防護工が鉄

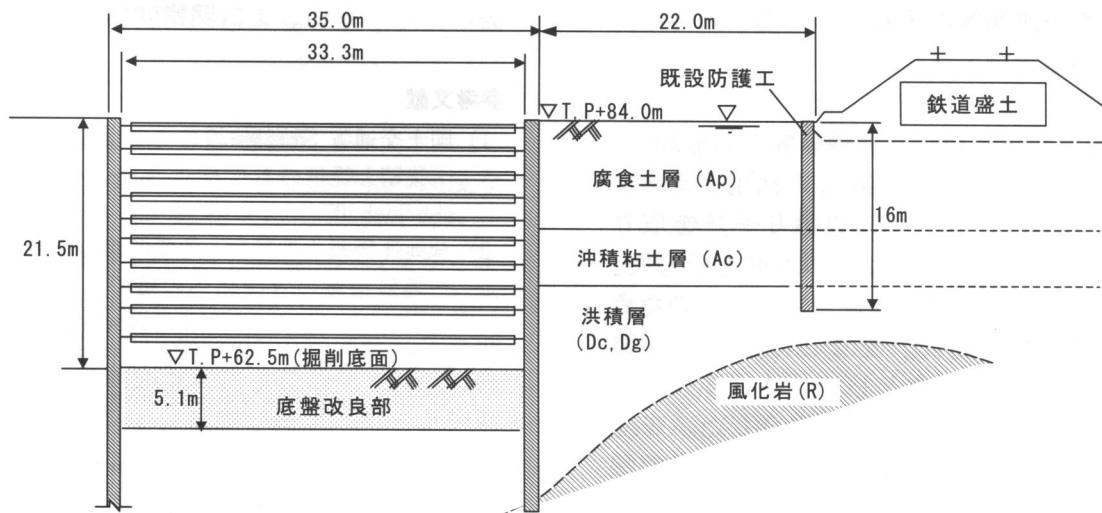


図1 ポンプ場付近の断面図

* 中央開発株式会社 地盤技術事業部

道盛土両のり尻に実施されていた。

表1に掘削終了までの概略工程を示す。最終掘削(GL-21.5 m)が終了し支保工の解体および地下部分の躯体工が実施されている。土留め壁は鉄道盛土への影響が少なく、遮水性の高い地盤改良による壁式の連続地中壁を採用されていた。また、掘削中の盤ぶくれ対策としてディープウェル工法によって掘削底盤(洪積層を地盤改良)直下の被圧地下水(Dg層中)を低下させていた。

表1 実施工程

工種	期間
土留め壁施工	H13. 12～H14. 4
底盤改良	H14. 5～H14. 8
掘削工	H14. 11～H15. 6
躯体工	H15. 7～

3. 計測手法

計測管理は、**表2**に示す自動観測機器を**図2**に示すように設置し、計測測線Iを基本として鉄道盛土および周辺地盤の挙動をリアルタイムに監視した。

表2 計測管理機器一覧表

計測機器名	計測内容	計測点数	その他
トランシット	盛土表面・地表面の水平・鉛直変位	12	自動
沈下計	地盤の鉛直変位	2	自動
傾斜計	地盤の水平変位	2	自動
水位計	地下水位	11	自動・一部手動
モニタカメラ	現場状況	1	自動

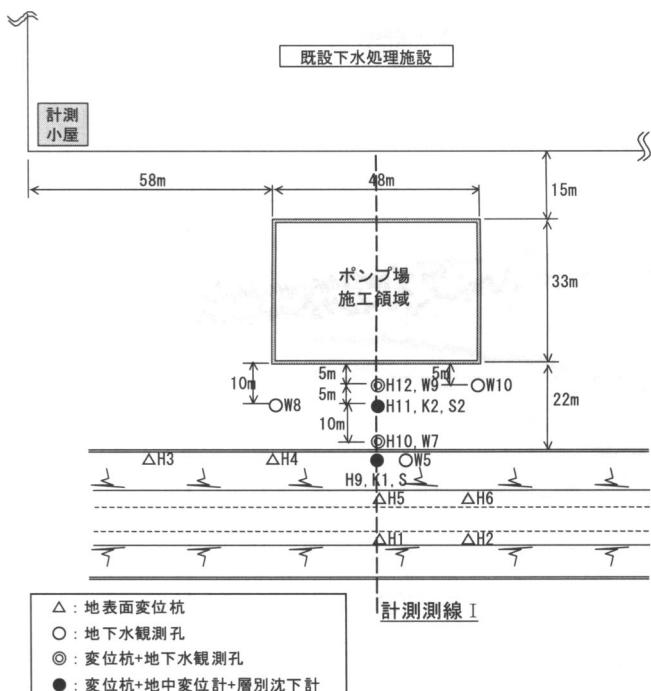


図2 計測機器の配置平面図

計測システムの概要を**図3**に示す。各計測機器における計測データは計測室内のデータロガー等に記録され、電話(ISDN)回線を利用して計測管理者のもとに転送される。本計測管理における鉄道への安全性評価の中心は、自動追尾型トータルステーションによる鉄道盛土の地表面変位で実施した。特に盛土のり肩の変位については、軌道の変位に密接に関係しているため計測管理の基本データとしている。したがって、自動追尾型トータルステーションによる地表面変位計測結果はインターネットを活用し、電子メールによる速報通知、ホームページによる自動モニタリングシステムによって迅速な対応ができるようにした。

4. 計測結果

ここでは、計測結果の例として掘削工事期間における計測結果について示す。

(1) 地表面変位

図4および**図5**に、計測測線上の周辺地盤(H11:土留め壁から10m離れた計測点)、および計測測線上の鉄道盛土法肩の地点(H5)での水平および鉛直変位の経時変化をそれぞれ示す。周辺地盤では、掘削に伴い水平・鉛直変位とも増加したことがわかる。掘削が終了した平成15年6月下旬において、水平変位は掘削側に20mm程度、鉛直変位は340mm程度の沈下が生じた。水平変位については掘削開始1ヶ月程度で40mm程度(掘削側)まで増加したが、その後は若干反対方向(鉄道盛土側)への挙動が認められ平成15年4月にはほぼ一定値に落ちている。また、最終掘削終了以後における鉛直変位の増加は減少する傾向が認められる。

盛土法肩の変位を見ると、掘削に伴い水平・鉛直変位とも増加している。掘削開始から最終掘削が終了した平成15年6月下旬までに生じた変位は、水平変位が概ね20mm程度(掘削側)、鉛直

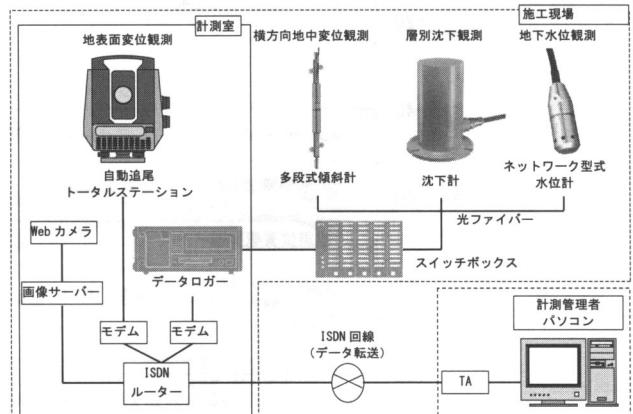


図3 計測システムの概要²⁾

変位が概ね 25 mm 程度（沈下）である。のり肩における変位は、周辺地盤（H11）での増加傾向と異なり、鉛直変位・水平変位ともに増加する傾向が認められた。また、掘削終了後も継続して計測しているが、掘削終了約 2 ヶ月後以降では変位の増加はやや減少する傾向が認められた。なお、別途実施された軌道計測結果から、列車走行の安定性には影響はないことを確認した。

(2) 地中側方変位

図 6 は、観測杭 H11 と同じ位置（掘削領域から 10 m 離れた位置 : K2）と鉄道盛土のり内（法尻付近 : K1）に設置した傾斜計の計測結果である。掘削領域から 10 m の位置（K2）では、施工に伴い掘削側への側方変位が増加しており、側方変位は最大で 90 mm 程度（深度 8 m 付近）である。また、頭部についても 40 mm 程度であり、観測杭（H11）の結果とも整合している。鉄道盛土内（K1）における側方変位は小さく最大でも掘削側へ 15 mm 程度（深度 8~10 m 付近）である。

(3) 地下水位

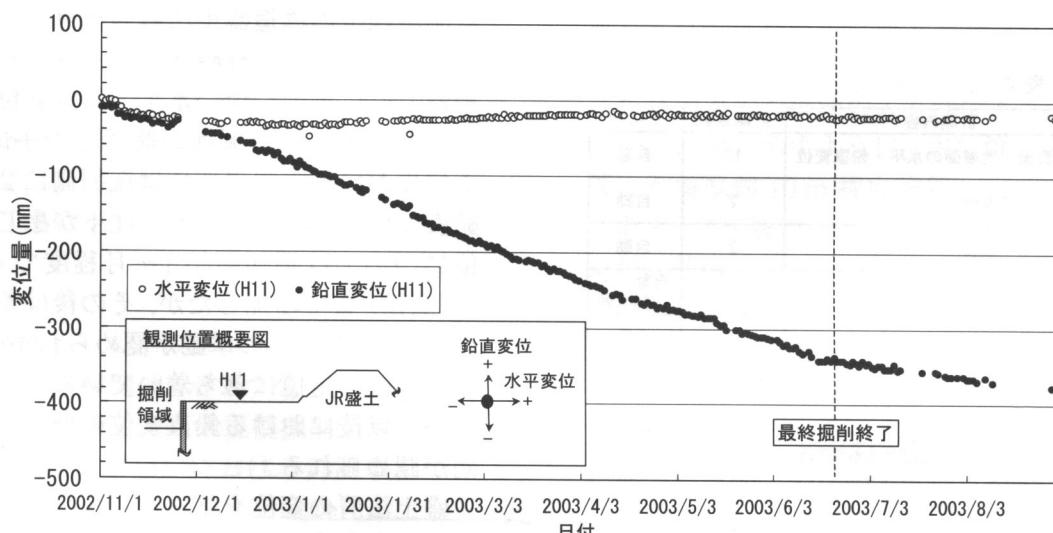


図 4 地表面変位計測結果（H11：土留め壁から 10 m 離れの位置）

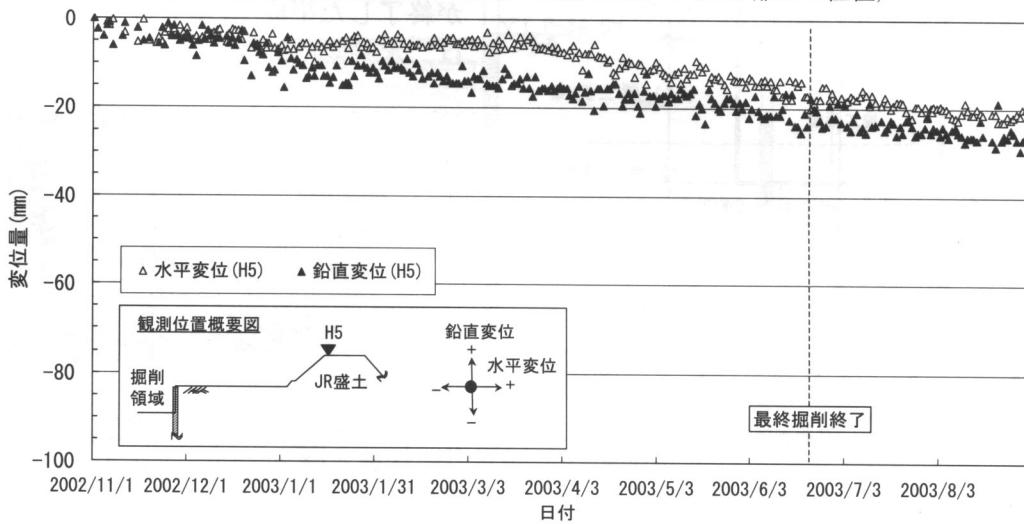


図 5 地表面変位計測結果（H5：鉄道盛土法肩の地点）

図 7 に掘削領域近傍（土留め壁から 5 m の位置 : W9）、鉄道盛土の外側法尻付近（W7）、盛土内（W4 および W5）における地下水位の経時変化を示す。W7、W9 における計測結果を見ると、掘削開始から平成 15 年 2 月上旬までの約 3 ヶ月間において地下水位の低下が生じ、平成 15 年 2 月末（6 次掘削終了）までの水位低下量は約 0.9~1.2 m であった。なお、それ以降においては地下水位はほぼ一定値に落ちている。一方、W4 や W5 の防護工の内側では、水位低下はほぼ 0 m であり、防護工により盛土内の水位低下が抑止されていることがわかる。

(4) 計測結果のまとめ

本計測管理結果から、周辺地盤において掘削工事に伴い地下水位の低下や地盤の変形が生じていることが確認された。特に地下水位低下は掘削終了時までに 1 m 程度も生じており、圧密による変形が主要因であると考えられる。鉄道盛土ののり肩においては変形抑止工を事前に施工していたため、周辺地盤に発生したような変形は計測されな

かったが、本計測線での計測点において 20 mm 程度の変形（水平・鉛直）が生じた。しかし、別途実施した軌道観測結果等から列車走行に支障をきたすことなく、安全に掘削工事を終了することができた。

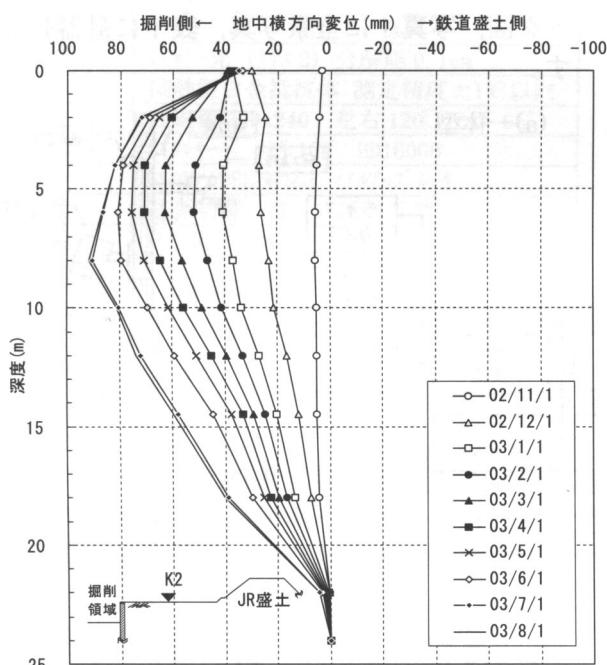
4. おわりに

本報告では、鉄道盛土に近接した大規模掘削工事現場において、自動計測ならびにインターネットによるデータ管理を活用した計測管理事例について示した。このような、手法システムを導入することにより、挙動監視と要因解明が迅速に対応でき、受注者側（計測管理者）だけでなく、発注者側との情報の共有化も図ることができたと考えられる。現在では、本工事実施当時（2002～2003年）よりもコンピュータ・インター

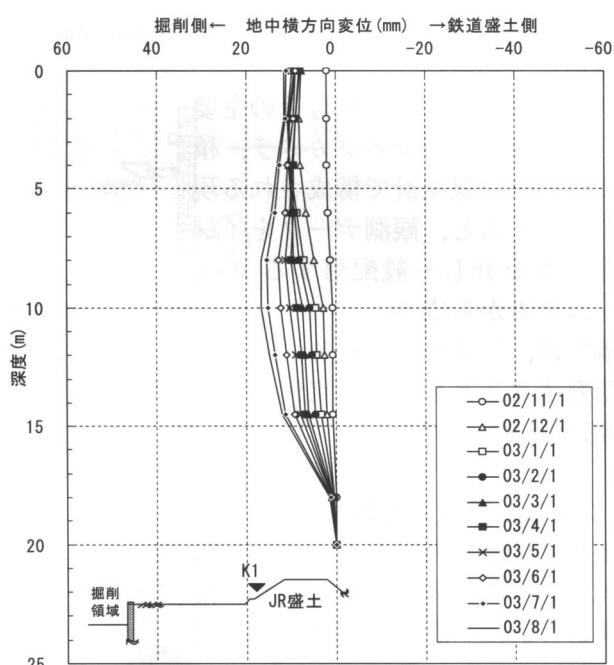
ネット技術は進歩し、MEMS を応用したコストパフォーマンスの高いセンサーやレーザー、光ファイバー技術などを応用した新しいセンシング技術も開発されている。このような ICT 技術を現場計測に適用することにより、計測管理の高度化・情報共有が図られるとともに、新たな現象の解明など地盤工学分野の発展にも期待できると考えている。

参考文献

- 橋本和佳、西原聰、西川隆夫、小島謙一、金口義胤、館山勝、井吹正隆：鉄道盛土に近接した軟弱地盤上の掘削工事における計測管理、地盤の環境・計測技術に関するシンポジウム、地盤工学会関西支部、pp. 1～4、2003.



(1) 土留め壁から 10 m 離れの位置 (K2)



(2) 鉄道盛土内 (K1)

図 6 地中変位計測結果

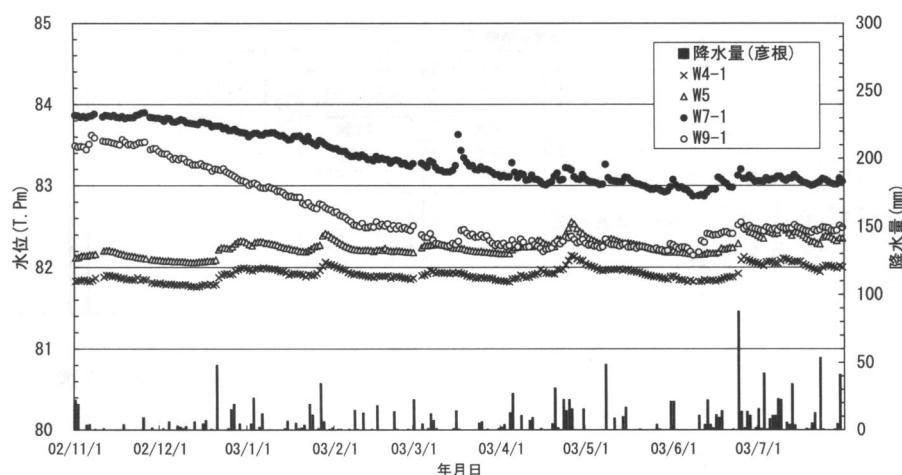


図 7 地下水位計測結果

冬期道路気象情報システムによる道路積雪情報のWeb公開

【Key Word】

まつむら しんいちろう たけもと ゆきお ますはら こうたろう
松村 真一郎*・嶽元 幸雄*・舛原 耕太郎**

道路交通、ライブカメラ、積雪深度計、Web閲覧システム

1. はじめに

岡山県では、冬期の道路交通の安全確保と円滑化を図り地域産業の振興と県民生活の安定に寄与することを目的に、冬期道路気象情報システム（以下「本システム」という。）を平成18年度から設置・運用している。

本システムは県北部の県境付近の主要路線沿線に設置したライブカメラ、積雪深度計および温度計で構成される現地観測システムと、観測データをインターネットを介し一般配信するWeb閲覧システムから成る。

本稿では、システムの概要、利用状況を紹介するとともに、応用例と今後の課題について述べる。

2. システム設置の背景

岡山県は「晴れの国おかやま」と称せられるように気候が温暖であり、積雪がある日数は、北国のそれとは比較できない。

しかし、県北地域においては、寒波による急な降雪や路面凍結が頻繁にあり、除雪車の出動や凍結防止剤の散布が冬期の道路交通を支えている。特に北接する鳥取県との道路交通の確保は重要であり、冬期の道路状況を迅速に道路利用者、あるいは道路管理者に伝え、安心して通行できる県道を確保することが求められている。そのため本システムが設置された。

3. 現地観測システムの概要

現地観測システムは積雪深、気温、およびライブカメラにより路面状況をリアルタイムに確認する（冬期限定12月～3月）。図1にシステムブロック図、写真1に全景写真、表1に計器仕様を示す。

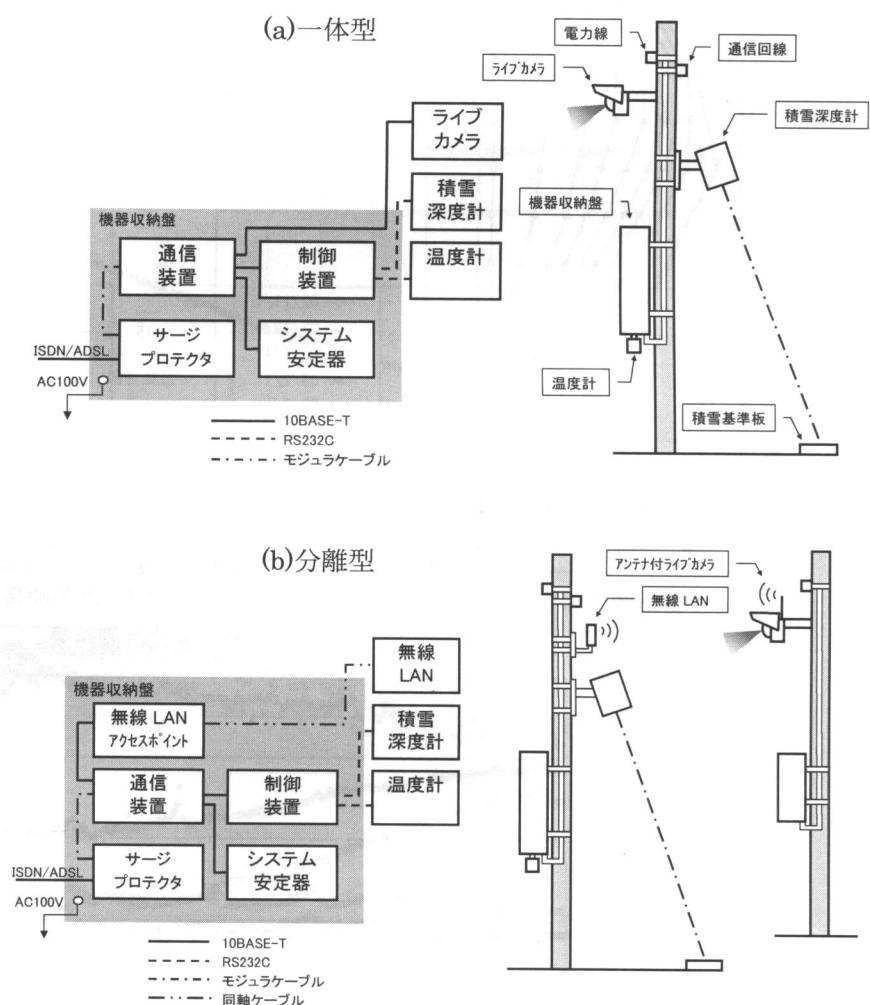


図1 システムブロック図

* 基礎地盤コンサルタンツ(株)保全・防災センター

** 基礎地盤コンサルタンツ(株)中国支社 岡山支店

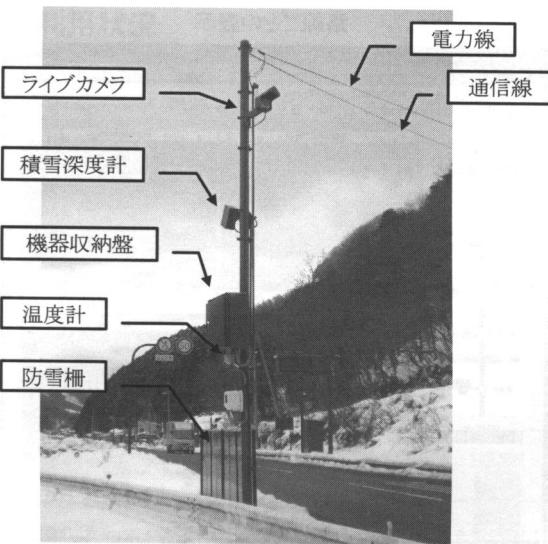


写真1 現地観測システム全景

表1 システム各部の仕様

測定機器	仕 様
積雪深度計*	レーザー光（クラス2）分解能 0.1cm
温度計*	接触型白金抵抗体 測定精度±1°C以内
ライブカメラ	画素数 320x240 左右 120° 上下 65°
制御装置	マイクロソーバ メモリ 1GB HD160GB
通信装置	ISDN/ADSL 対応ゲイタリングルータ
システム安定器	電源制御 自立式通信管理
機器収納盤	SUS 製 防水型 遮熱版 空調付
無線 LAN 装置	IEEE802.11g/b 規格 2.4GHz 帯
電気	定格電源 AC100V
通信回線	フレック ISDN・フレック ADSL・FFTH

*気象検定済

積雪深はレーザー変位計で非接触に積雪量を測定する。レーザー光の照射ポイントは道路面では除雪の影響を測定するので、車道外の自然の積雪量を測定している。

気温は電気式温度計（非接触型）で測定し、機器収納盤の下端に設置している。

ライブカメラは一般的なネットワークカメラである。撮影画素数は6万画素程度があるのでドライバーやナンバープレートの確認はできない。

制御装置は積雪深・温度・画像を一定間隔で測定し、庁内のDMZゾーンにあるデータ中継装置にデータ転送するマイクロコンピュータである。システム安定器は外部信号によりシステムのリブートが可能な電源制御機能を有し、通信障害等のシステムダウンに対し早期の復旧を可能にしている。

無線LAN装置は観測地点の近傍に通信ライン（ISDN/ADSL/FFTH）がない場合、接続地点まで全データ転送を行う。また、積雪測定と画像撮影を同一地点で確保できない場合、カメラ局から

基地局に画像データ転送を行う（図1(b)）。無線LAN装置は小電力通信のため電波法に基づく免許は要らず、通信距離を直視で最大500m確保できるため（中継を入れるとそれ以上）、峠など通信ラインがない場所での設置に有効である。なお、観測地点が携帯電話網にアクセス可能な場合は通信カードで対応可能である。

4. Web閲覧システムの概要

観測データはインターネットを経由して岡山県庁内のデータ処理装置に送られる。データ処理装置では観測データを蓄えるとともにWebページを作成し、県の公開用Webサーバにアップロードする（図2）。

測定間隔、データ処理専用装置への送信間隔、およびWebページ表示間隔を表2に示す。

Webページの一例を図3に示す。観測地点18箇所の他、国土交通省岡山国道事務所、同、鳥取

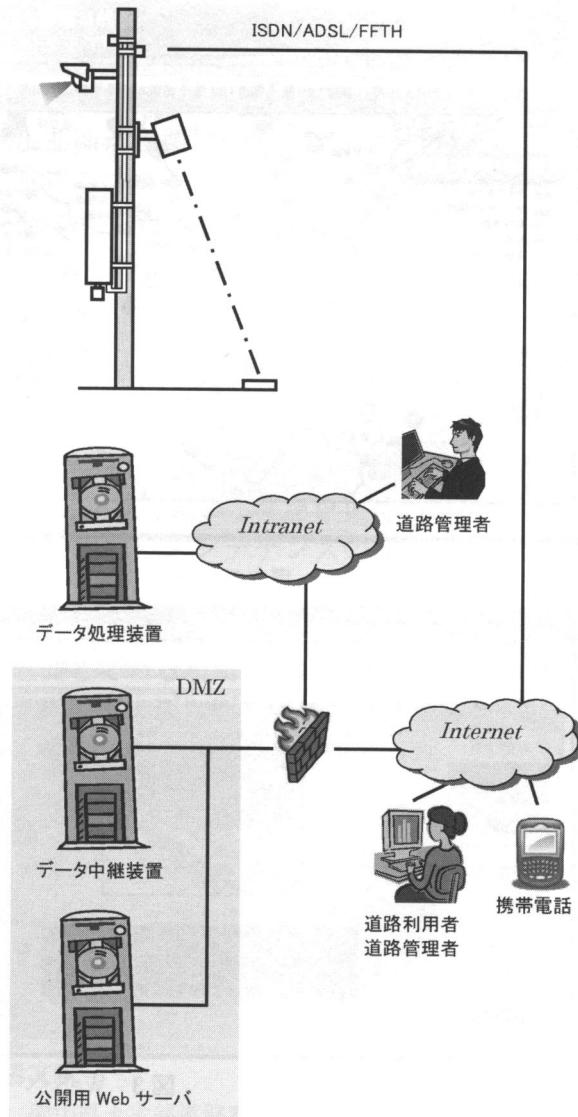


図2 データの取り込みから表示までの流れ

表2 測定～通信～表示のタイミング

測定データ	測定間隔	データ送信間隔	Webページ更新間隔
積雪深	10秒	10分	約3分
温度	10秒	10分	約3分
カメラ画像	1分	1分	約3分

注1) 送信する積雪深・温度は異常値を除く10分平均

注2) Webページは最新データを用いて作成

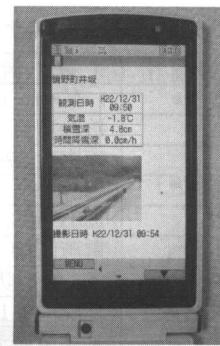
河川国道事務所、鳥取県、新見市の各関係部署の了承を得て、関連ページをリンクしている。



トップページ



携帯電話(カメラ画像)



携帯電話(積雪深・気温)



現在の状況

24時間画像一覧

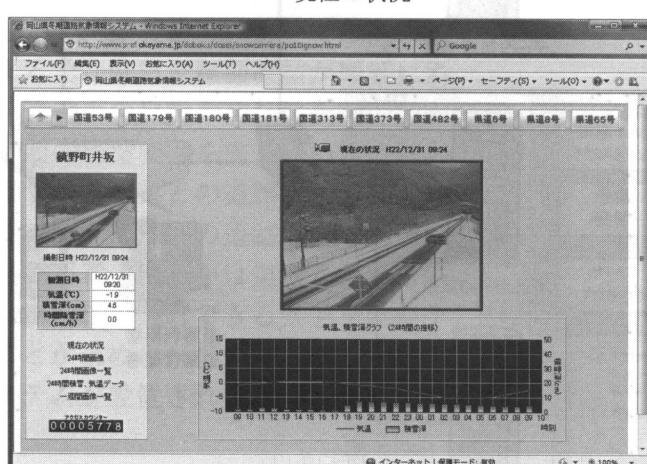


図3 Webページおよび携帯電話での表示例

5. 利用状況

平成 18 年度の運用開始から冬期限定ながら 40 万件に上るアクセスがあり（図 4），県北地域の冬期の道路交通の要となる情報を提供している。また、除雪作業の効率化や出動回数の低減に役立ち、維持管理費の節減に貢献している。

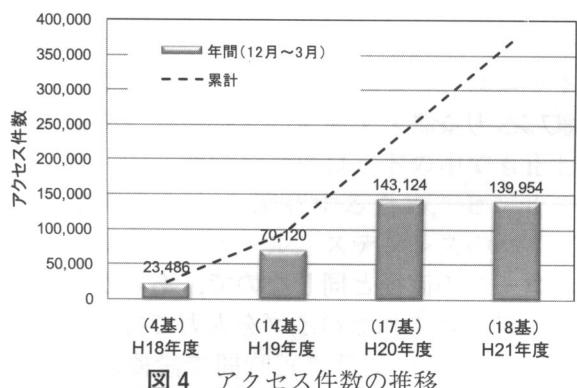


図 4 アクセス件数の推移

6. 応用例（路面温度 Web 配信システム）

積雪の少ない地域においては冬期の道路凍結が要注意である。特に橋梁部のスリップ事故が多い。道路パトロールでは危険箇所に凍結防止剤を散布するが、散布箇所が広域に点在している場合など、限られた職員で全域を巡回できない場合もある。

そこで、本システムを応用し、散布箇所の凍結状況を遠隔地でリアルタイムに確認するシステムを構築した。測定要素は気温と路面温度であり、同様の手法で Web 配信する。路面温度計は接触型温度計を改良したものを歩道部に埋設した（図 5）。

システムの導入により、道路管理者は遠隔地から携帯電話で路面温度を確認



図 5 路面温度 Web 配信システム

し、散布が必要と判断する場合は現地に直行し、そうでない場合は他の箇所を優先することができるようになり、散布作業が大幅に効率化した。

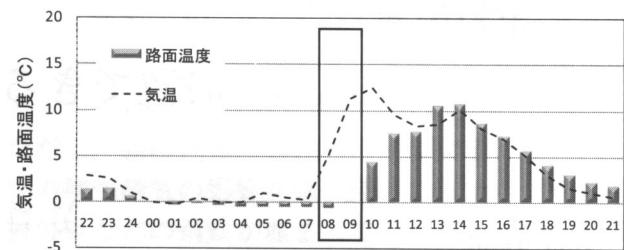


図 6 気温と路面温度の24時間推移

図 6 はある 1 日の気温と路面温度の推移である。昼間・夜間は気温と路面温度に大きな較差はないが、通勤時間帯の朝 8 時から 9 時にかけて気温上昇に路面温度が追随せず、しばらく 0°C 以下のままであることがわかる。気温が高いため路面が凍結していることに気付かないドライバーも多いと考えられるが、実際、スリップ事故がこの時間帯に多いことと符合している。

路面凍結の判定はレーザー光による非接触測定が設置・保守に優れているが、計器が高価である。運用期間が冬期に限定されることを勘案すれば、故障時の交換性は劣っても、安価なシステムでも十分に道路維持管理に貢献することができる。

7. まとめ

本システムは多くの反響を得て、現在、道路管理者だけでなく路線バス・トラック業者、県内外の観光客にも利用されている。

通信線・電力線の届かない地域でのシステム設置方法、落雷等による緊急停止時の迅速復旧など、技術的課題やメンテナンスの課題は残されている。

最近の異常気象により、道路利用環境面で新たに直面している喫緊の課題を見極め、情報通信技術を駆使し、限られた予算内で実現可能なシステムを提供することが我々に求められている。

謝 辞

本稿をまとめるにあたり、岡山県土木部道路整備課、美作県民局建設部維持補修課の方々に多くの助言を頂いた。紙面を借りて御礼を申し上げる。

参考文献

- 1) 岡山県土木部道路整備課（2009）：岡山県冬期道路気象情報システムについて、ゆき、No. 77, pp. 71-72

斜面モニタリング装置を活用した斜面防災 —迅速に設置できる小型孔内傾斜計の開発—

【Key Word】

斜面のモニタリング、孔内傾斜計、センサーネットワーク

うち むら た ろう 内村 太郎*・ワン リン**・チャオ ジャンピン***

1. はじめに

日本では、豪雨・地震による土砂災害が頻発しており、様々な土石流・土砂崩れ・斜面崩壊の変動監視システムが開発されているが、高価で設置に時間と手間がかかるものが多い。筆者は、安価で、使いやすく迅速に設置できることを重視した監視システムの開発に取り組んできた^{1),2)}。図1のように、斜面に、センサーを備えた子機を配置し、無線通信を使って親機へデータを集めて記録し、異常を検知する。目的に応じて、親機から携帯電話でデータを送信し、インターネットを介して遠隔地から現地を監視することもできる。また、現在、子機よりもさらに小型で安価な孫機を開発中で、これにより、特に重点的に監視したい箇所に多数のセンサーを配置できるようになる。

本報では、その中のセンサーの一つとして組み込まれる、小型孔内傾斜計センサーを紹介する³⁾。土砂災害の発生後、短時間で設置して斜面内部の監視を始められるため、復旧作業中の2次災害を防ぎ、作業の効率化と被災地周辺のインフラサービスの早期再開を図ることができる。

2. 小型孔内傾斜計の試作

今回開発した小型孔内傾斜計は、直径25mmのパイプの内部にセンサユニットを仕込み、パイプごと斜面地盤に打ち込んで設置できるものである(図2)。センサユニットには、小型の傾斜計が組み込まれており、これを斜面地盤内に鉛直方向に等間隔で配置することで、2次災害の前兆となる斜面内部の微少な変位挙動を検知する。パイプの直径は、簡易動的コーン貫入試験で用いいら

れるコーンの直径と同じなので、あらかじめセンサーが組み込まれたパイプを人力で打ち込むだけで、1~2名の作業員で短時間で設置が完了する(図3)。

各センサユニットは、それが独立したマイコン機器であり、上下に隣接するユニットと1本のケーブルで数珠つなぎになっている。各ユニットが、下位のユニットの計測データを、上位ユニットに順次転送することで、地表の子機にデータが回収され、429MHzの特定小電力無線(通信可能距離が最大600m)で親機へ送信する。この仕組みにより、観測孔が深くユニットが多数つながっていても、パイプ内のケーブルは1本ですむため、設置の作業がたやすくなる。また、ユニッ

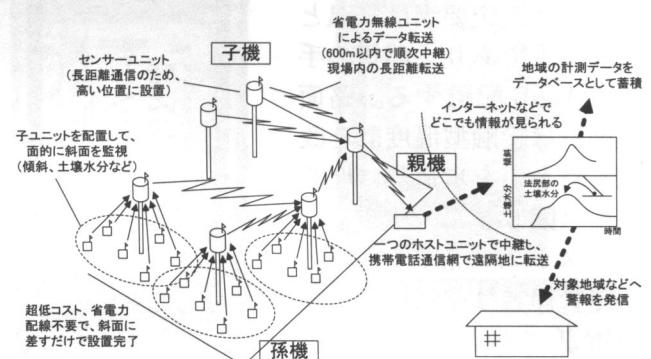


図1 斜面の無線モニタリング(左下:子機、右下:親機)

* 東京大学工学部社会基盤学科准教授

** 中央開発株式会社技術センター技術開発室課長

*** 中国科学院水利部成都山地災害与環境研究所教授

トが何段つながっているかも自動的に認識するので、現地で打ち込んだ深さに応じて、ユニットを適宜継ぎ足していくべきだ。

丸いパイプを打ち込む際に、パイプが回転することがある。内蔵された傾斜計が斜面に対してどの角度を向いているか分からなければ、正しい傾斜角が得られない。パイプの方向を正確に測定するため、センサユニットには地磁気センサーも組み込んである（図2）。これにより、ユニットの向きを検知して傾斜計のデータを補正する。地磁気センサーが、地中や金属ロッドの中でも正しく方位を測れることを確認するため、センサーをPVC、アルミ、スチール、ステンレスのパイプに

組み込んで、ローム層の平地で地下1mに埋めて、地磁気のN極方向に対して360度回転しながら、地磁気センサーの出力値と比較した（図4）。

センサーを使用する前に、センサーの個体差を測定するキャリブレーションが必要だが、その後は、地中で、PVC、アルミ、ステンレスの中であっても、誤差3度以内で正しい方角が検知できた。ただし、強磁性体の鋼鉄のパイプの中では、パイプの持つ磁気の影響を強く受ける。地中に埋設管や矢板などの鋼鉄が埋まっていたり、地盤が砂鉄を多く含んだりする場合は、正しく測れない可能性がある。今回は、貫入時に必要な強度と、防さびなどの耐久性も考えて、ステンレスのロッドを用いることにした。

図2に示すように、地磁気センサーの向きを北から反時計回りに α とすると、傾斜角センサーは、X方向に $\alpha - \pi/2$ 、Y方向に $\alpha + \pi$ となる。それぞれの方向の傾斜角センサーの出力をX、Yとし、斜面の方向を北から反時計回りに β とすると、斜面方向の傾斜角 ξ は、次式で計算できる。

$$\xi = X \sin(\alpha - \beta) - Y \cos(\alpha - \beta) \quad (1)$$

小型孔内傾斜計を、図5のような砂箱に埋めて、全体を傾斜させる試験を行った。傾斜計は、意図

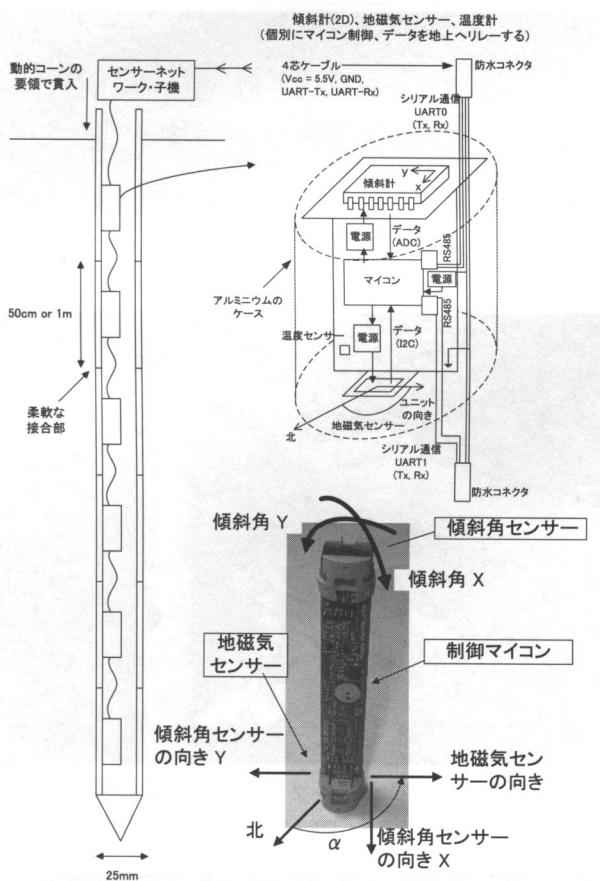


図2 小型孔内傾斜計の概念図



図3 機器の設置作業

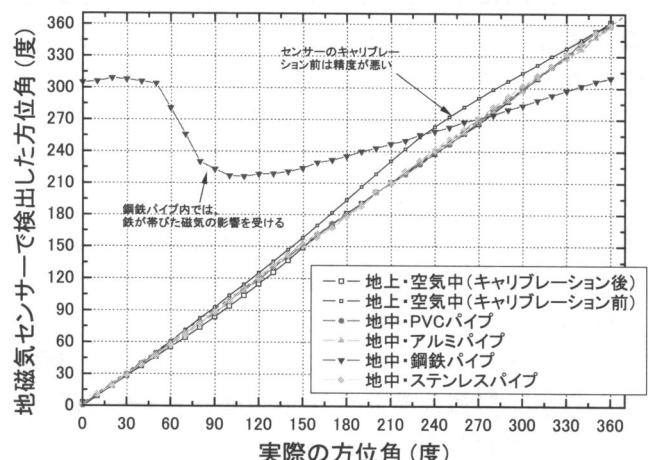


図4 地磁気センサーの地中性能試験

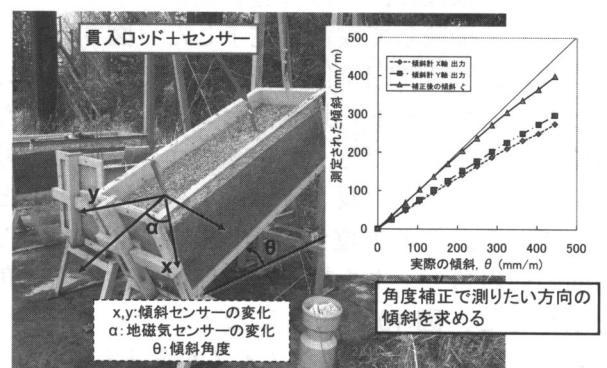


図5 センサユニットの確認結果

的に $\alpha=40$ 度ほど回転した向きに設置した。傾斜センサーのX軸、Y軸の出力は、それぞれ異なる値を示すが、上式の補正計算により、実際に近い傾斜角が得られている。傾斜角が大きいと誤差が大きくなるが、実際の斜面防災で観測される100 mm/m以下の範囲では、十分な精度が得られている。

3. 中国四川省の地すべり斜面への適用⁴⁾

今回開発した小型孔内傾斜計の試作機を、中国四川省都江堰市の塔子坪地区の地すべり斜面(図6)に設置し、観測を試みた。この斜面は、2008年に四川省で発生したブン川地震で損傷した後、大雨が降るたびに少しづつ変位するようになった。表層は深さ30m程度まで風化した安山岩で、傾斜が約30度、斜面の高さが約250mである。図6に見えるように、斜面の下には集落が広がっており、災害の危険を抱えているため、継続的な監視が求められていた。

現地管理者が地盤調査を行ったボーリング孔が放置されていたので、小型孔内傾斜計を地面に打ち込むのではなく、この穴の中に挿入して埋め戻すこととした。そのため、通常の打ち込む方法では3~5m程度の深さにしか設置できないのに対して、この現場ではボーリング孔が閉塞していた深さ12m(ロッド1m×12段)まで設置することができた。各ロッドの接続は、図7のように、高圧ホースの短片を用いて、地盤の変位に追従してこの部分が折れ曲がるようにした。12段分のロッドの重量は30kgを超えるが、高圧ホースの引張強度は、この荷重を十分支えられる。設置後、ボーリング孔とロッドの間の隙間を砂で埋めて、地盤の変位がロッドに伝わる状態にした。

各センサーユニットをつなぐケーブルは、図8のように、設置作業時に現地で順次接続し、防水テープで密封した。これらの一連の作業で、12段の小型孔内傾斜計を設置するのに、1時間半程度かかった。最後に、無線機能を備えた子機ユニットを立てて接続して設置を完了した(図9)。

計測は、30分に1回の頻度で行った。表1は、各センサーユニットの地磁気センサーで計測した方位角である。ただし、センサーユニットの番号は、上位のロッド(長さ1m)から順に1~12となっている。この方位角を元に、傾斜計のX、Y方向の傾斜角データを補正し、斜面方向の傾斜角を求めるとき、図10のようになる。データには1日周期の変動や、不規則なノイズが含まれている。不規則なノイズの大きさは、傾斜角の分解能



図6 四川省都江堰市塔子坪の地すべり斜面

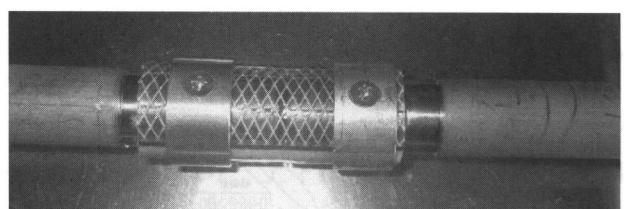


図7 ロッド同士の接続



図8 センサーユニットのケーブルの接続



図9 小型孔内傾斜計の設置状況

(0.005度程度)の2~3倍であり、センサーの性能は十分引き出せている。また、12段あるユニットのうち、1, 2, 3, 8, 10段目は、正常なデータがとれなかった。これは、機器の防水の問題と思われる。このように、いくつかの課題があるが、長期的な傾斜変位のトレンドは読み取ることができる。

傾斜角を、最下位のユニット12(深さ12m)を基準として順次積分することで、地盤内の斜面方向の水平変位を、日数の経過とともに表示すると、

表1 各センサユニットの方位角

Unit	1	2	3	4	5	6
Angle	133	121	123	303	324	324

Unit	7	8	9	10	11	12
Angle	325	347	346	341	345	352

(北から反時計回りの角度) (単位:度)

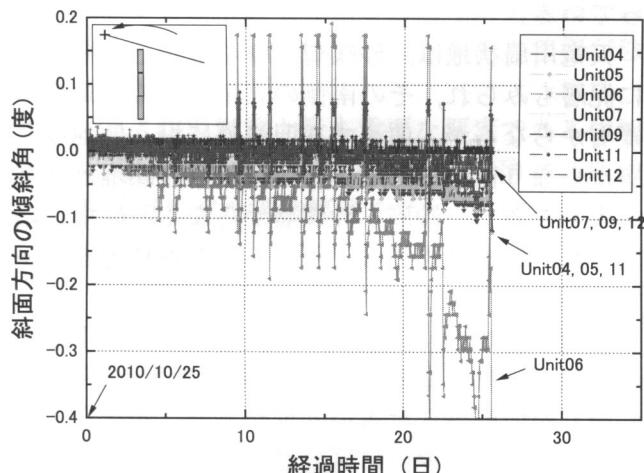


図10 斜面方向の傾斜角

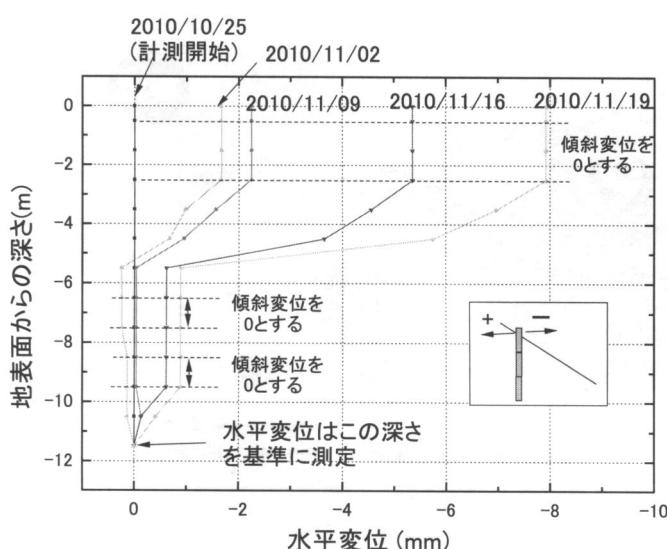


図11 斜面方向の地盤内水平変位

図11のようになる。正常なデータのとれなかつたユニットは、傾斜角を0としたので、変位を過小評価している可能性があるが、計測開始から25日で8mm程度の変位が観測されている。

4.まとめ

今回開発した小型孔内傾斜計は、簡易動的コーン貫入試験と同じ要領で打ち込むだけで迅速に設置でき、地中深くにおける地盤の挙動を監視し、異常を検出することができる。地すべり斜面での試験計測では、傾斜角データの日変動やノイズ、防水など耐久性の課題を残したが、斜面地盤の内部の長期的な変動の傾向は、観測することができた。今後、実斜面での検証を重ねて、精度や信頼性の向上を図りたい。

謝辞

本報で紹介した小型孔内傾斜計の開発には、中央開発株式会社、独立行政法人土木研究所、中国科学院の成都山地災害与環境研究所の協力を頂いた。また、文部科学省の科学研究費補助金および国土交通省の建設技術研究開発助成制度の助成を頂いた。

参考文献

- 瀬古一郎、王林、内村太郎、東畠郁生、福田穰 (2007) : 斜面崩壊を対象とした監視ネットワークの構築とその危険予測について、斜面災害における予知と対策技術の最前線に関するシンポジウム、pp. 251-256.
- 王林・瀬古一郎・福田穰・Carlos Jose・内村太郎・内田太郎・伊藤洋輔 (2009) : 斜面変動のリアルタイムモニタリングシステムの開発と実証 その1、第44回地盤工学研究発表会発表講演集、pp. 1717-1718.
- 王林・西江俊作・内村太郎・山田卓・内田太郎・秋山浩一 (2010) : 土砂災害の2次被害防止のための迅速に設置可能な監視装置の開発、平成22年度砂防学会研究発表会(長野大会)、発表番号O2-13.
- Uchimura, T., Wang, L., Qiao, J.-P., and Towhata, I. (2011) : Miniature ground inclinometer for slope monitoring. Proc. of The 14th Asian Regional Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering (掲載予定)

ICT を活用した磐田市総合防災情報システム

[Key Word]

総合防災情報システム・住民安否確認システム・防災ホームページ・いわたホッとライン・地域SNS

寺 田 史 朗*・伊 藤 好 司**・西 藤 文 孝**

はじめに

本市は、平成 17 年 4 月 1 日に、5 市町村（磐田市、福田町、竜洋町、豊田町、豊岡村）が合併を成し遂げ、新しいまちづくりをスタートさせた。

磐田市は、静岡県の西部、天竜川の東側に位置し、温暖な気候と豊かな自然に恵まれている。西と北は浜松市、東は袋井市及び周知郡森町に接し、南は太平洋（遠州灘）に接している。市役所の位置は、東経 137 度 51 分、北緯 34 度 43 分である。

(1) 面 積 164.08 km²

(2) 人 口 175,784 人

(3) 世帯数 63,285 世帯 (H22.10 末)

(4) 地 形 北部は、敷地川・一雲済川などの流域と山地で丘陵と段丘に移行し、その南は天竜川扇状地の低地、磐田原台地、太田川の三角州性低地と続き、南部では天竜川左岸低地、太田川・彷彿川の三角州低地及び海岸砂堆地からなる。台地面には浅く幅の広い谷が見られ、台地東縁・西縁は急傾斜地となっている。

(5) 地 質 北部山地は掛川層群にあたる半固

結堆積岩が丘陵を構成する。倉真層群も断層にはさまれて分布し、砂岩・頁岩からなる。層理を示さない赤褐色に風化する塊状の礫岩も分布する。

磐田原台地は、泥岩と砂礫岩の互層を示す小笠累層の上を厚い礫層が覆い、表層には黄褐色のローム質粘土層からなる。礫は天竜川系の組成をもっている。

天竜川扇状地は、砂礫層が厚く堆積し、旧流路に泥層もみられ、その南側の天竜川下流低地は砂礫層からなるが、曲流する旧河道に沿う低地は泥層からなり低湿である。河口東部は砂礫堆と砂堆が広く分布し、砂層・砂礫層からなる。砂堆に閉塞された低地は砂泥の互層であって堆積地となっている。

太田川流域は、泥層であり、有機質シルト層を含む軟弱地盤であるが、下流部では砂堆地が広く、砂層も厚い内陸には古い砂堆がある。閉塞による低地は泥層と砂泥層に区分されるが沖積層が厚く堆積する。

(6) 気 候 本市を含む静岡県西部地域の気候



* 磐田市総務部防災交通課課長

** 磐田市総務部防災交通課防災係

は温和であり、アメダス（磐田）の年平均気温は15.8℃、日照時間の月平均値は169.3時間で、雨量は年間1,703.9mmである。また、冬は大陸からの季節風（空気）が連日吹くことが多く、空気が乾燥し晴天日が続く。

磐田市総合防災情報システムの概要

総合計画の基本目標のひとつに「安全・安心なまちづくり」を掲げ、地域防災対策・体制の強化に取組んでいるが、“災害発生時に迅速な避難・救護・復旧ができるような自主防災会や災害ボランティアなどと連携した支援体制の確立”が課題となっていた。

また、合併後の地域防災対策・体制の強化を図るために、合併前の北部の台地、南部の遠州灘沿岸、天竜川・太田川流域など独自エリアで各々培われ多岐・広域に存在する防災に対するノウハウや自主防災会やボランティア等の活動やリソース、発災時の災害に関するあらゆる情報を有効かつタイムリーに市民と行政との間で防災情報を共有・有効活用する本市横断的な仕組みの整備が急務となっていた。

そこで、防災対策上最も重要な要素である体制（人・組織）の再構築を図るため、総務省の地域ICT利活用モデル構築事業を活用し、平成19年

から3カ年にわたり、行政のみならず市民が積極的に参加できる本市の横断的な防災体制や情報収集・伝達・共有のしくみを整備した。

また、既存の情報通信ネットワークや情報通信技術を活用した総合防災情報システムを整備することにより、地域に密着し、市民の自発的活動や行政の迅速で的確な防災活動を実現させ、市民と行政の協働により地域防災力を最大化するしくみを実現させるために整備を図った。

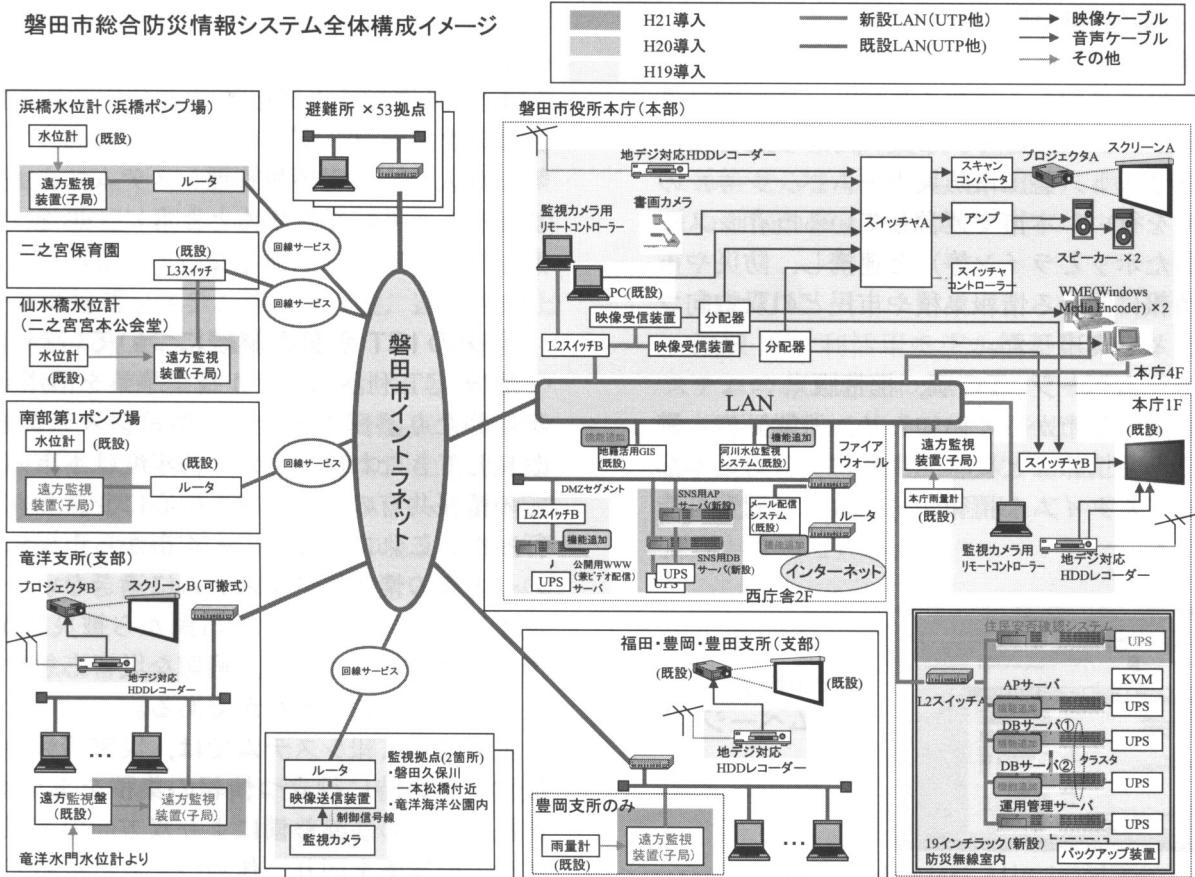
本市総合防災情報システムは、「災害情報管理システム」「災害情報広報システム」「映像情報システム」により構成されている。

(1) 災害情報管理システム

災害対策本部（本府）、災害対策支部（支所）、避難所、医療救護所、その他関連機関（消防署ほか）を結び、災害対策本部を中心とした災害情報の集約・参照と、適切な指示、要請業務を支援するシステムである。

本市の地域防災計画に基づく災害対策マニュアルにて規定している組織班単位に利用可能とする設計を行っており、本市所有端末のWebブラウザから利用できる。各支所、避難所、医療救護所などから、逐次災害速報、通信手段、災害詳細情報、避難者情報、傷病者情報等を登録、一元的に集積し、災害対策本部における的確な意思決定を

磐田市総合防災情報システム全体構成イメージ



支援する。また、本部、支部、避難所、医療救護所等から、要員、物資、車両等の要請を行い、有事の際に有効的な人的・物的資源の割り当てをする。

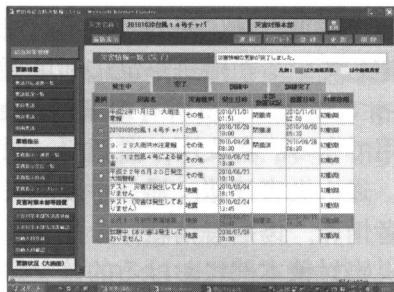
①総合防災情報システム

災害・被害情報、指示・要請の一元化を図り、ヒト（要員）・モノ（救援物資、機材）の的確な供給や情報提供を管理するシステム。

②住民安否確認システム

避難者名簿、傷病者名簿などと住民基本台帳システムとを照合し、市民の安否確認を効率的に行うシステム。

また、安否未確認者や災害時要援護者の支援を行うため、これらの情報を基に視覚化するための手段として、市既存の地理情報システム（GIS）との連携を可能とした。



(2) 災害情報広報システム

災害情報管理システムの出力情報を含めて、地域防災や災害に関する情報を集積し、市民向けに公開するシステムである。市民に対する総合防災情報提供サイト（磐田市防災ホームページ等）の基盤整備を行い、本市で運営している既存システム（いわたホッとライン等）と連携し、防災や市民生活情報に関する情報集積や市民との双方向コミュニティを実現した。

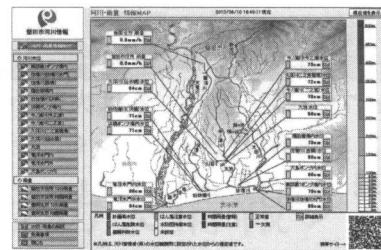
①防災ホームページ（PC版、携帯版）

防災に関する市からのお知らせ、避難勧告、避難指示、緊急情報など災害発生時に災害対策本部からのリアルタイムな情報がパソコンで閲覧可能なシステム。



磐田市防災
ホームページ

<http://www.bosai.city.iwata.shizuoka.jp>



河川水位情報

<http://www.bosai.city.iwata.shizuoka.jp/kasen/>

②防災版いわたホッとライン

登録した市民、団体に対し地震情報、気象情報や土砂災害情報などの防災情報を配信するサービス。

また、近年増加している風水害に対応するため、市内2箇所の雨量計と9箇所の河川水位情報もリアルタイムに閲覧可能となっている。

③地域SNSシステム

既存の同報無線、いわたホッとラインなどの連絡手段が行政からの一方通行なのに対し、市民や団体との間で災害情報等の相互発信、共有化が期待できる双方向の通信システム。

(3) 映像情報システム

竜洋海洋公園及び磐田久保川一本松橋の2箇所にカメラを設置し、地震による津波、集中豪雨や台風による河川増水等の状況を監視し、災害時の適切な判断をするためのシステムである。災害発生時に、遠隔地の重要拠点の状況を即時に把握することにより、災害対策本部等にて迅速な判断、指示を行うことができるようになる。

また、災害対策本部を設置する本庁会議室には、大型スクリーン、プロジェクタ、書画カメラ装置等を導入し、災害情報管理システムによって被災状況を一元的に掌握するとともに、迅速、的確な意思決定を支える基盤となっている。

今後のICT事業の継続について

地域ICT利活用モデル構築事業を活用し、3カ年にわたり磐田市総合防災情報システムを導入、改良してきたわけですが、初年度は本市の組織内での情報共有の基盤整備を中心にシステム整備を行った。これはあくまでも本市から市民に対しての一方向の情報提供システムに過ぎない。大規模災害発生時には、多くの市民から被災状況報告、情報提供されることが、適切な災害応急対策につながっていくのは明らかである。

災害情報広報システムでは、災害情報の迅速な提供と災害時に役立つ情報の集積を実現するが、市民参加型の基盤整備により双方向の情報共有システムの構築を図り、体制づくりに努めていると

ころである。

また、本事業を推進するにあたり、災害対策本部（支部）、避難所、救護所などの活動拠点、自主防災会、災害ボランティア、その他の機関などとの連携を強化し、防災力の向上を目指して「磐田市地域防災体制推進懇話会」「磐田市地域防災体制検討部会」を設置し、人・情報などの連携を図るための諸問題の洗い出し、各組織との連携強化の体制づくり等検討を行い、その中で次の3つの重要な案件が提出され、今後の方向性を示すこととなった。



<http://sns.city.iwata.shizuoka.jp>

① SNSを活用した災害情報収集の有効活用

既存の一方方向からの情報配信だけでなく、市民・団体との間での災害情報の相互発信、共有化が期待できる。

しかし、SNSは、日常的にサイトの日記、掲示板を利用して、情報を入手することができる地域向け交流・情報提供サービスであるため、災害時の被害状況報告や提供状況の一元管理に課題があったものの、別途プログラムを作成することにより解決できた。

今後は、市民・団体への普及が課題となっている。

② 総合防災情報システム等の操作性、運用性向上と運用体制の確立

総合防災システムは、3ヶ年にわたる各種訓練・研修等により提起された課題や問題点を機能改修・拡充等により操作性・運用性の向上を図ってきた。その中で、住民基本台帳システムと地理情報システムとの機能連携及び情報の見える化を図り、「一人でも多くの人命を救出できる仕組みづ

くり」「全市民の所在、安否確認を行い、迅速な救援体制を整える」ことを目的としたシステムを構築したが、個人情報との絡みもあり運用に苦慮しているところである。

またシステムを拡充させる一方で、運用体制の向上を図るため、実災害をイメージした市職員の操作研修等を継続していく必要もある。

③ 「人・組織」と「情報システム」を有機的に結びつけた情報伝達体制の確立

東海地震などの大規模な地震が発生した場合、広範囲にわたる被災地すべてに市職員を派遣することはできない。この際、地域住民から寄せられる情報が鍵になる。特に、消火・救出・救護活動や避難路、緊急輸送路の確保など災害応急対策の基礎となる被害状況の収集は、最優先すべき重要な情報といえる。

市民と避難所、災害対策本部、支部の活動拠点を結んだ情報伝達の体制づくりについて検討を重ね、被災地から避難所に避難する際に地域の被害状況や住民の安否を確認し、紙ベースで情報を伝達する仕組みを充実させるとともに、総合防災情報システム、いわたホッとライン、防災ホームページ、SNSなどの情報システムを時間の経過とともにどのように機能させていくか、防災上の位置づけ、利活用の方法について検討を重ねた。

その中で市民との協働による地域防災体制の充実を図るために市民（自主防災会等）による情報伝達の仕組みづくりをマニュアル化した「自主防災会活動マニュアル」を作成した。

引き続き市民・行政の協働による「安全・安心に暮らせるまち」の実現に向けて訓練等の検証を重ね細部の修正を図っていく。

おわりに

地域ICT利活用モデル構築事業により各種システムの導入が行われたが、それぞれのシステムを相互的にどのように連携させていくのか、また、このシステムを市民と行政が協働して、どんな情報をどのように伝達し活用していくかが、今後の課題となっている。

ICT を活用した地盤情報に関する 新ビジネスへの展開

なか だ ふみ お
中 田 文 雄*

【Key Word】

新ビジネス・ICT・クラウドコンピューティング・地盤情報・地盤災害情報

1. はじめに

国土交通省は、東北など8つの地方整備局と北海道開発局および内閣府沖縄総合事務局が実施した直轄事業の成果である、ボーリング情報をWeb公開している。

一方、地方自治体では、2003年の千葉県を皮切りとする関東地方の7都県と横浜市、岡山県や島根県などの一部地方自治体では、Web公開がすでに始まっている。

(独)土木研究所が管理・運営する「国土地盤情報検索サイト-KuniJiban-¹⁾」から公開されている国土交通省のボーリング情報には、現在公開中の地方自治体には無い大きな特徴がある。

- ① KuniJibanに掲載されているデータであることを明記するならば、閲覧、複製、頒布、貸与及び販売することが許諾されていること
- ② ボーリング交換用データ(XML)と土質試験結果一覧表データ(XML)が公開されていること

ICT(情報通信技術)の面から見た場合、国土交通省のボーリングデータは、販売目的(加工)を含む二次利用が可能であるという点と、XML(Extensible Markup Language)というコンピュータが理解できる言語(データ)として公開されているという点から、まさに「情報資源」であると位置づけられる。

これに対し、多くの地方自治体から公開されているボーリング情報は、画像データ(PDFなど)である。従って、高度利用のためにはユーザー側でデジタル(データ)化せざるを得ないが、従来のように役所の倉庫に死蔵されていた時代からみれば、情報資源的にはやはり極めて有用であると考えられる。

* 川崎地質株式会社／特定非営利活動法人 地質情報整備・活用機構

このような地質や地盤に関する情報資源を活用することによって、今後地質業にとって新しいビジネス・モデルが展開されてゆくものと考えられる。

2. 地盤情報のニーズが発生する環境と条件

地盤情報に関する新ビジネスが成立するためには、国民やその代理人、防災・減災担当者や公共事業担当者から多くのニーズが寄せられる必要がある。本章では、地盤情報に対するニーズが発生する環境と条件について考察する。

2.1 地盤情報共有と二次利用に関する法整備

繰り返しになるが、国土交通省のボーリングデータは二次利用が可能であるが、地方自治体では閲覧程度までしか認めていない。地盤情報が情報資源として有効に利活用されるためには、すべての国機関と地方自治体のボーリングデータを含む地盤情報が共有・公開され、様々な形での二次利用が可能でなければならないし、その意味で、地盤情報の整備や共有に関する法整備は是非必要であると考えている。

法整備の結果、国民一般が地盤情報に平等かつ公平に利活用できる環境が構築され、地盤情報へのニーズはかなり多く発生し、それを元にする新しいビジネスのチャンスも生まれ、かつ自然災害時のための地盤情報の整備なども進むものと考えられる。

2.2 ICT の利活用

この1年ほどの間に急激に進歩したICTに、クラウドコンピューティング(以下、クラウド)がある。その特徴を、筆者なりにまとめてみた(図1参照)。

- ・インターネットを利用する
- ・一種のレンタルサーバーである

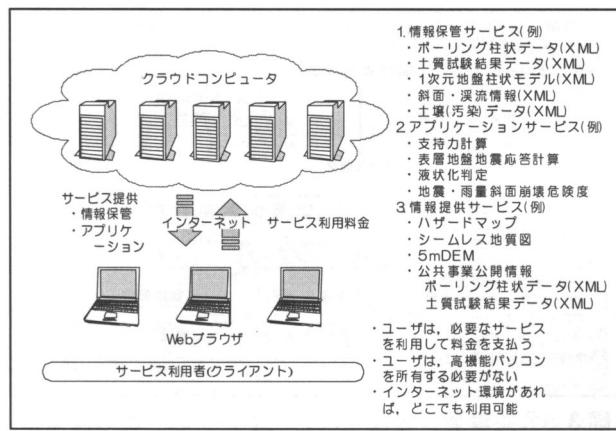


図1 クラウドコンピューティングと地盤情報(イメージ)

- ・データ保管に加え、処理ソフトウェア（アプリケーションソフト）を利用できる
- ・結果的に、大容量のデータベースとデータ処理システムが構築できる

すなわち、地盤情報をデータベース化して大量に保管することに加え、クラウド上で高度なデータ処理も可能である、というシステムが構築できる。たとえば、地震時の震度（加速度）予測や液状化の判定のようなマイクロゾーニング、雨量による土砂災害の危険度予測などが可能性として高いと思われる。

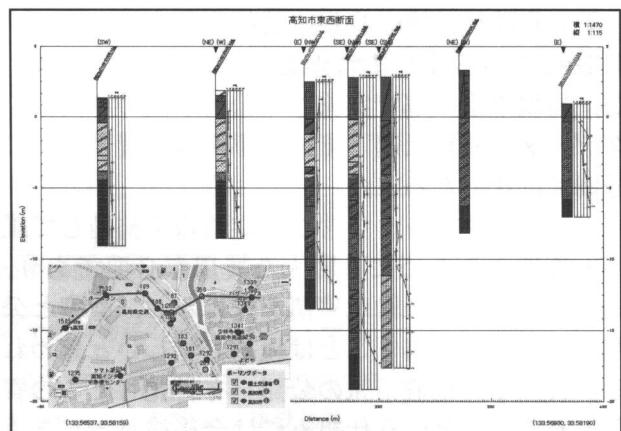
一方、クラウドではない従来型のパーソナルコンピュータ（以下、パソコン）とインターネットだけの環境でも、劇的な変化が起きつつある。ボーリングデータがXMLで公開されているサイトは、KuniJiban、ジオ・ステーション(Geo-Station)²⁾と高知「ユビキタス（防災立国）」実証事業³⁾などがあり、これらのXMLデータと図2に示すフリーツールを使用すれば、高価なツールを購入せずとも地質断面図（簡略柱状図の集合図）を、簡単に作成できるという時代が到来したからである。

2.3 地盤情報（データ）の標準化

ICTを活用して地盤情報を扱うためには、クラウドやパソコンなどで扱う地盤情報を人間とコンピュータが、共に理解できるように「標準化することが最低条件」となる。

その先駆的な実現形態が-KuniJiban-によるボーリングデータや土質試験結果データのXML公開であるが、それに留まらず全ての地盤情報を、たとえばXMLで標準化すべきであると提案したい。

筆者が係わっている総務省発注の高知「ユビキタス（防災立国）」実証事業では、高知市内中心部のマイクロゾーニングを実施するために、鉛直一次元地盤柱状モデルなどをXMLで構築し公開する計画である（詳細、後述）。



- ・ボーリングデータ：高知「ユビキタス（防災立国）」実証事業³⁾による公開データ（国交省、高知県、高知市による公共事業データ（XML））
- ・図化ソフト（フリーツール）：(独)産業技術総合研究所、ボーリングデータ柱状図解析システム⁴⁾

図2 公開情報（XML）とフリーツールによる図化例

2.4 地盤情報（データ）の品質保証

インターネットで公開されている情報で、一番の問題点は品質保証である。インターネットの特徴は「匿名性」にあるところから、特別の電子認証（印鑑）や電子公証の仕組みを取り入れていないWebサイトの情報信頼性が極めて低い場合もあり得る。

特に、XMLは電子データであるところから、容易に改変されうるという特徴がある。（故意に）間違って公開されている地盤情報を基にして、ハザードマップが作成されるようなことがあってはならないため、何らかの形で原本性を担保する仕組みを取り入れる必要があろう。

公開されている地盤情報を利用するユーザー側にメディア・リテラシー（情報を評価・識別する能力）が求められるのはもちろんである。一般的に国民にここまで的能力を期待することは無理であるため、長年地質調査に従事して経験と知識の豊富な地質情報管理士が、受験のために学習するメディア・リテラシーを生かして、地盤と国民との橋渡しをする、といった新ビジネスが生まれる可能性がある。

2.5 地盤情報の整備・管理方法と費用捻出

携帯端末などのゲームサイトは、無料ゲームでクライアントを大量に集め、有料ゲームや広告収入で無料ゲーム分までの利益を出す、というビジネスモデルで急速に発展した。地盤情報の提供サービス・ビジネスモデルにおいても、このような集客・集金システムを考案しない限り、維持費すら賄えなくなるかも知れない。

その意味で、(組)島根土質技術研究センターが開設している「しまね地盤情報配信サービス⁵⁾」が、島根県土木部で実施した公共事業のボーリングデータを有料公開している事例は、費用捻出の好例ではないだろうか。

ボーリングデータを含む地盤情報を整備して維持・管理するためには膨大な費用が必要であり、地方自治体などの財政事情を鑑みると、整備と公開費用を税金で賄うことは極めて難しいと思われる。よって、地盤情報の公開を有料化してこの費用に充てる、という仕組みには今後検討すべき重要なテーマであると考える。

有料化の仕組みが実用化された場合、整備・維持・管理面でのアウトソーシングも可能となろうし、場合によっては公共事業を受注した地質調査会社が、自社の担当分を整備して（有料で）公開することも可能となる。

もし、公共事業の地盤情報が私企業のWebサイトから公開されることに抵抗があるならば、北陸や四国のような協議会方式や、ユビキタス高知のような産学官による評価委員会方式、あるいは島根県のような地質調査業の地方協会や組合などが管理運営に当たる方式も考慮されてよいと考える。

3. 地盤情報へのニーズ

法整備なども充実し、インターネットを利用して地盤情報へのアクセスが可能となる時代が実現したと仮定して、地盤情報資源に対する一般国民などからのニーズを以下のように予想してみた。

3.1 公共事業におけるニーズ

公共の建設事業のトータルコストの縮減と施工期間の短縮を目的とした「地質リスクマネジメント⁶⁾」を実施するためには、公共事業の構想段階において詳しい地盤情報が必要となる（図3参照）。

また、地質や地盤のコンサルタントが「地盤工学ベースライン報告書⁷⁾」を作成するには、当該事業の正確な評価を行う必要があり、当該事業予定地周辺を含めた地質リスクの正しい評価が必要となる。

3.2 国民などにおけるニーズ

国民（業界関係者含む）やその代理人（コンサルタントやアドバイザー）において、次のような場面でのニーズが発生すると予想される。

- ・地盤の自然災害リスクを評価する場合：地震灾害（震度、液状化、土砂災害）、豪雨灾害（土砂災害：斜面崩壊、土石流、地すべり）

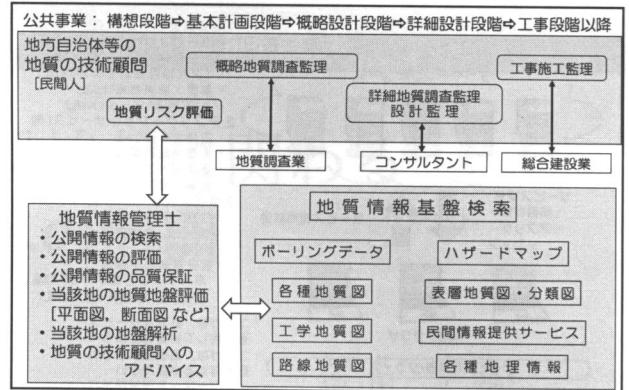


図3 公共事業の地質リスクマネジメントと地盤情報

- ・不動産の担保価値を評価したり購入する場合：基礎地盤の評価と施工費用の積算（宅地や企業用地の取得時や再開発時）、将来的には不動産の担保価値の評価（地震保険などの高度化）

4. ICTを活用した新ビジネスへの展開

4.1 サービス体系と新ビジネスモデル

(社)全国地質調査業協会連合会（以下、全地連）情報化委員会が、2010年6月に公表した委員会報告書「地盤情報を活用した新規ビジネスへの展開に向けて⁸⁾」では、地盤情報に係わる関係者と（ビジネス）サービスの関係を図4のように表現しており、本図中の各サービス・ビジネスの具体的なモデルを表1のようにまとめている⁸⁾。

また、地盤情報に関する新ビジネスに関しては、平成21年度新マーケット創出・提案型事業「地盤情報を用いた新しい情報提供モデルの検討」委員会活動報告書⁹⁾を参照されたい。

4.2 新ビジネスモデルの事例

本節では、新ビジネスの事例として高知「ユビキタス（防災立国）」実証事業³⁾の概要を紹介する。

- ① 名称：地盤データを活用したリアルタイム地盤災害予測サービスの実証（高知「ユビ

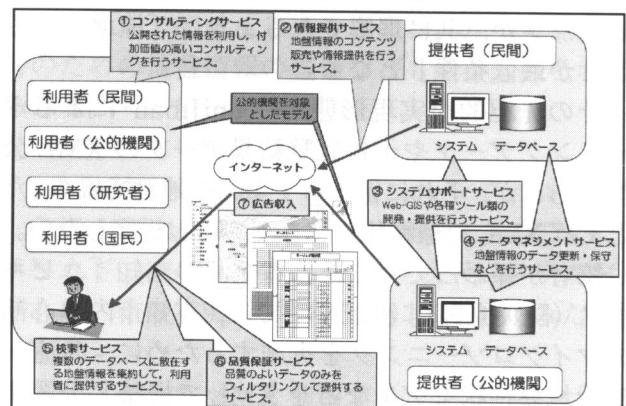


図4 地盤情報に係る関係者とサービスの関係⁸⁾

表1 地盤情報を活用した新ビジネスモデル（案）⁸⁾に筆者が加筆・修正

No.	モデル名	対象	事業分野	S体系
1	土地開発に伴う地盤・リスク情報の提供	有償：ディベロッパー、不動産業、設計コンサルタント、総合建設業、など	土地開発	①
2	宅地の安全性評価	無償：一般市民 有償：地方自治体、以下、上記に同じ	土地開発	②
3	道路管理等における地下空洞・埋設物情報の提供	有償：国、地方自治体、道路管理者、公益事業者（ガス、電気、下水道、上水道）	道路管理	①
4	防災事業における地形解析サービス	有償：国、地方自治体、道路や建造物等の管理者、地質調査業、など	防災・減災	⑤ ③
5	地盤観測データの管理・解析代行サービス	有償：国、地方自治体、道路や建造物等の管理者、地質調査業、など	防災・減災	② ④
6	任意場所の地質断面図・地質モデルの提供サービス	無償：一般市民、学習教材（学校、生涯学習） 有償：行政及び地質顧問、地質調査業、設計コンサルタント、建築士、建設業、不動産・損害保険業、など	公共事業、建設基礎、自然災害対策、土壤・地下水汚染対策	①②
7	土砂災害警戒区域・災害危険度予測情報の提供サービス	無償：上記に同じ 有償：行政（消防・防災）及び地質顧問、道路や建造物等の管理者、以下、上記に同じ	自然災害対策、公共事業	①②
8	任意場所の地震動予測情報の提供サービス	無償：上記に同じ 有償：上記に同じ	自然災害対策、公共事業	①②
9	災害時の最適移動ルート、避難経路シミュレーション	無償：一般市民 有償：地方自治体、など	防災	②⑤
10	観光地（ジオパーク等）の地質情報の配信サービス	無償：一般市民 有償：地方自治体（ジオパーク認定地域）、など	観光	②
11	地盤情報を活用した理科教育、理科教材の提供サービス	無償：小学生～高校生 有償：教科書出版業、など	教育	—

S(サービス)体系 : ①コンサルティングサービス、②情報提供サービス、③システムサポートサービス、④データマネジメントサービス、⑤検索サービス

キタス特区（防災立国）」の対象委託事業

- ② 発注：総務省
- ③ 受託：（株）相愛（代表企業）、（株）地研、（社）全地連、（NPO）地質情報整備・活用機構および（NPO）ASP・SaaS・クラウド コンソーシアム（ASPIC）による共同研究事業

④ 実証内容：

- ・旧高知市域の地震災害などの地盤災害をリアルタイムに予測するシステムの構築
- ・地盤災害情報や地盤情報などの地盤関連情報と災害発生予測手法の開発
- ・行政や市民からの求めに応じて、インターネットのWeb-GISシステムを利用して情報を提供するサービスビジネスモデルの実証。具体的には、产学研官から構成される高知地盤災害情報評価委員会を設立し、その管理下での情報公開

⑤ 無償提供情報：

- ・国土交通省、高知県および高知市が実施した公共事業ボーリングデータなど（転載許可済）
- ・高知県と高知市が公開しているハザードマップなど（転載許可済）
- ・6次地図メッシュごとの1次元地盤柱状

モデルを独自作成し、利用を許可された想定南海地震の震源モデル波形による地表の加速度、計測震度や液状化判定結果など（マイクロゾーニング）

- ・独自作成した地質断面図と3D地盤モデル（A4大のイメージ）

⑥ 有償提供情報：

- ・独自作成した地質断面図（CADデータ）と3D地盤モデル
- ・クライアントが望む場所（ピンポイント）の地質リスクや詳細な地盤モデルの診断
- ・具体的な高層住宅～木造住宅の地盤耐震診断や基礎地盤に関する診断
- ・ピンポイントの表層地盤の地震応答解析

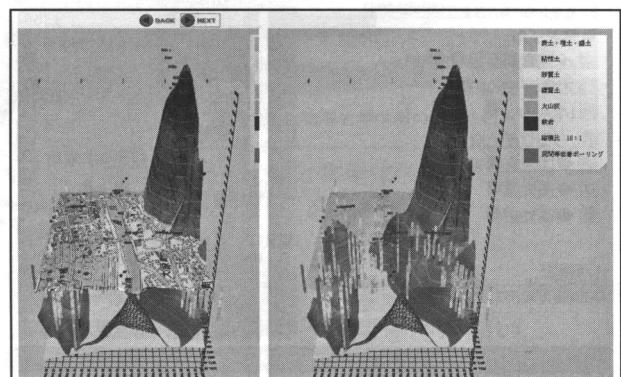


図5 高知「ユビキタス特区」で作成した地盤モデル

5. おわりに

地盤情報に関する近年のトレンドは、情報公開、すなわち国民による共有と利活用である。

特に、国土交通省のボーリングデータのように、公共事業などの成果が国土の基盤情報として誰でも自由に二次利用できる環境が整うならば、地盤に内在するリスクや自然災害に関する情報の価値は今後益々高くなつてゆくものと思われる。

しかし、インターネットで流通する情報の宿命として、真偽の定まらない情報が含まれていることは否定できない。新ビジネスに利用するしないにかかわらず、公開されている地盤情報を利活用する場合には、その情報の真偽を自己判断できるメディア・リテラシーがきわめて重要であり、そこに地質技術者や地盤技術者が、たとえば地質顧問やジオ・アドバイザーといった立場での価値が生じてくるのではないだろうか。

参考文献等

- 国土地盤情報検索サイト-KuniJiban- : (独)土木研究所 <http://www.kunijiban.pwri.go.jp/jp/>
- ジオ・ステーション(Geo-Station) [統合化地下構造データベース] : (独)防災科学技術研究所, (独)産業

技術総合研究所, (独)土木研究所, (社)地盤工学会
<http://www.kunijiban.pwri.go.jp/jp/>

- 高知「ユビキタス(防災立国)」実証事業 : 高知地盤災害情報評価委員会, 実証企業は(株)相愛ほか
<http://www.geonews.jp/kochi/index.html>
- ボーリング柱状図解析システム : (独)産業技術総合研究所 <http://gsj3dm.muse.aist.go.jp/software/boring/index.htm>
- しまね地盤情報配信サービス : (組)島根土質技術研究センター <http://www.shimane.geonavi.net/shimane/top.jsp>
- 改訂地質調査要領, (財)経済調査会, PP. 249-251., 2009
- 改訂地質調査要領, (財)経済調査会, PP. 252-253., 2009
- 地盤情報を活用した新規ビジネスへの展開に向けて・委員会活動報告書, (社)全国地質調査業協会連合会情報化委員会, P. 22, 2010年6月 <http://www.zenchiren.or.jp/geoinfo/pdf/model.pdf>
- 平成21年度 新マーケット創出・提案型事業「地盤情報を用いた新しい情報提供モデルの検討」委員会活動報告書, (社)全国地質調査業協会連合会地質情報を用いた新しい情報提供モデルの検討委員会, P. 21., 2010年3月, <http://www.zenchiren.or.jp/market/pdf/h21-4.pdf>



図6 高地「ユビキタス特区(防災立国)」実証事業で開設しているWebサイト

地盤の3次元可視化技術

【Key Word】

可視化, 3次元モデル, 地球統計学, リスク管理, 数値解析

はやし
林
よし
義 隆*

1. はじめに

ICT技術の進歩によって、地質・土質構造や地盤内汚染物質などの3次元可視化は容易になってきている。本稿では、その技術的手法の紹介と3次元技術を使用する上での限界や留意点について解説する。以下では利用者の目的を切り口(視点)として、現在主に用いられている3次元可視化の手法をEVS/MVSというシステムを用いて取り上げてみたい。

2. 切り口その1

—視覚化対象としての視点から—

地質状況の3次元化と土質試験結果などの物理化学情報の3次元化ではその手法が異なる。

①地質データの3次元化

層状構造の場合、地層の上下関係、欠損(削剥・レンズ状分布)が表現できるようなアルゴリズムが必要である。

さらに、必要に応じて、地層名と岩相名の使い分けや、断層など、ブロック的な分割・移動・回転などの機能も場合によっては必要となる。

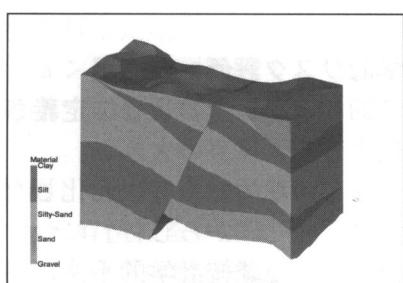


図1 断層とレンズ状地層を含むモデル

②物理化学情報の3次元化

地盤汚染、大気汚染、騒音振動、標準貫入試験

値、物理探査結果、土質試験結果などの物理化学情報は、計測地点の3次元座標と計測値をもとに空間的な分布を3次元で補間する。

イメージ的には、地形図(等高線)を作成することと同じであるが、等高線は2次元平面の補間(xy平面上の任意の位置で高さ属性hを推定する)であり、空間データはz方向の分布を加えた3次元での補間(xyz空間内の任意点で計測値kを推定する)が必要になる。

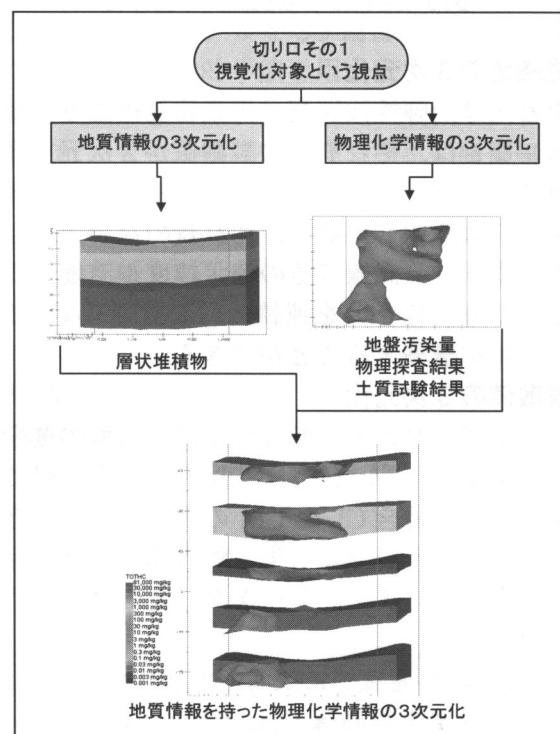


図2 地層モデルと物理化学情報の統合

③地盤情報の統合化

地盤汚染状況、N値、土質試験結果、物理探査結果などは、地質情報との関連性が深い。

たとえば、沖積平野の地盤汚染を対象とする場合、砂層、粘土層、等の層相ごとに汚染量につい

* 有限会社太田ジオリサーチ 技術部

ての情報を整理する必要が生じる。

この場合、3次元化した地層ごとに物理化学情報と関連付けし、利用できるように3次元化した地盤情報の統合化の機能が必要である。

3. 切り口その2

一視覚化手法としての視点から

物理化学情報は3次元化の視点に立つと、大きく分けて、連続値と離散値に区分され、それぞれで補間の方法が異なる。

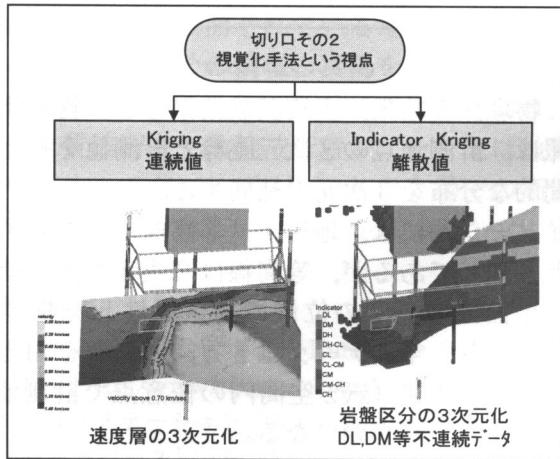


図3 連続値と離散値の3次元化

①連続値の3次元化

たとえば、弾性波速度、汚染物質の濃度、騒音レベルなどは、それぞれの計測値が3次元空間内で連続的に変化していくものである。これらのデータを3次元化した場合、切れ目のない連続した数値となり、等高線でその値（速度や濃度）が表現できたり、色合いを連続的に変化させて、3次元モデルを構築することができる。

②離散値の3次元化

たとえば、ダムの岩盤分類では、岩盤の健全度をE, D, CL, CM, CH, B, Aのような記号で表現する。この場合CLとCMの中間の値は存在しない。このような分類結果（離散値）を3次元補間する場合は、インジケータクリギングという手法を用いる。

離散値は、不連続的に空間内で変化するために、その分布状況を等高線で表現することが難しい。一般的には6面体を用いたボクセルというモデルで表現するが、4面体を組みあわせてよりスムーズな境界を表現する手法や特殊なアルゴリズムを使いスムーズな境界を表現する手法も開発されている。

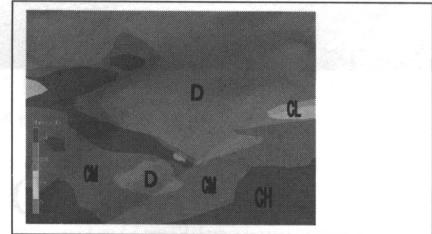


図4 岩盤分類 D級とCM級が接するような離散値であるが、境界が自然なイメージで仕上がってている例

4. 切り口その3

—リスク管理という視点から—

地盤の3次元可視化技術は、単に3次元モデルを作成するだけでなく、リスク管理という新しい概念を業務に導入するツールにもなる。

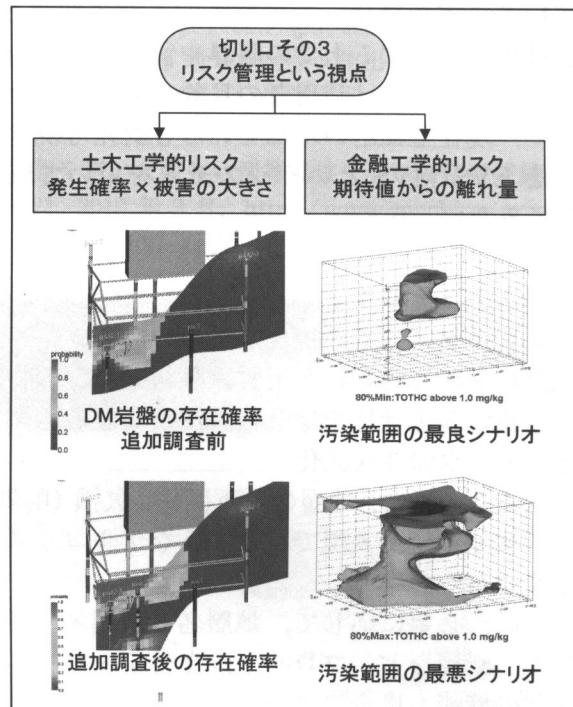


図5 地球統計学的手法を利用した例

①土木工学的リスク評価への活用

土木工学的リスクは次のように定義される。
リスク = 発生確率 × 被害の大きさ

岩盤区分などの離散値を3次元化した場合、推定した岩盤区分の「確からしさ」について、すべての推定箇所で、地球統計学的手法に基づき算出される。この算出された「確からしさ」とは、まさに、リスクにおける「発生確率」であり、発生確率の少ないところを追加調査し、「確からしさ」の評価を上げることで、岩盤区分の予想が外れたときのリスク = 追加工事費用を低減させることができる。

②金融工学的リスク評価への活用

金融工学的リスクとは次のように定義される。
リスク = 予想される結果（期待値）の振れ幅（標準偏差）

地盤汚染調査を行う場合、調査位置の取り方で汚染範囲や汚染量の推定が大きく異なることがある。効率的な調査地点の選定を行い、適切な汚染量を推定することはその後の、汚染現場の浄化方法、費用や期間に大きく影響する。

地盤汚染量の推定をする場合、地球統計学的手法を用いて予想される最悪の広がりと、最小の広がりを算出し、最も費用のかかる場合（最悪シナリオ）と最も安価に対策が終了する場合（最良シナリオ）を作成し、事業主に説明することが可能である。事業主は浄化対策費用・期間について予想される振れ幅が最も少ない浄化シナリオを選択することが可能となる。

5. 切り口その4

—数値解析という視点から—

地盤情報の3次元化は視覚的、統計学的利用のほか、数値解析のプリ・ポストプロセッサとしても利用できる。

①プリプロセッサとしての活用

有限要素法、境界要素法に用いる3次元地質モデルを作成し、初期解析データ用にメッシュ交点のテキストデータ（XYZ座標及び地層種類）としてファイルに保存することができる。解析に用いるメッシュ形式も種々選択可能であり幅広い活用が行える。

なお、計測値の正確なモデルへの摘要のため、通常のメッシュ区分に加えて、計測箇所にメッシュ交点を自動で作成する機能（Adaptive Gridding）も開発されている。

②ポストプロセッサとしての活用

数値解析を行った結果を、3次元モデル化して、アニメーションや時系列モデルを作成し結果をビジュアルに示すことができる。

6. まとめ

本報告で、地盤情報を3次元可視化することは、2次元の断面図や平面図に描かれた情報をわかりやすく、ビジュアルに表現することだけにとどま

らないということを御理解戴ければ幸いである。

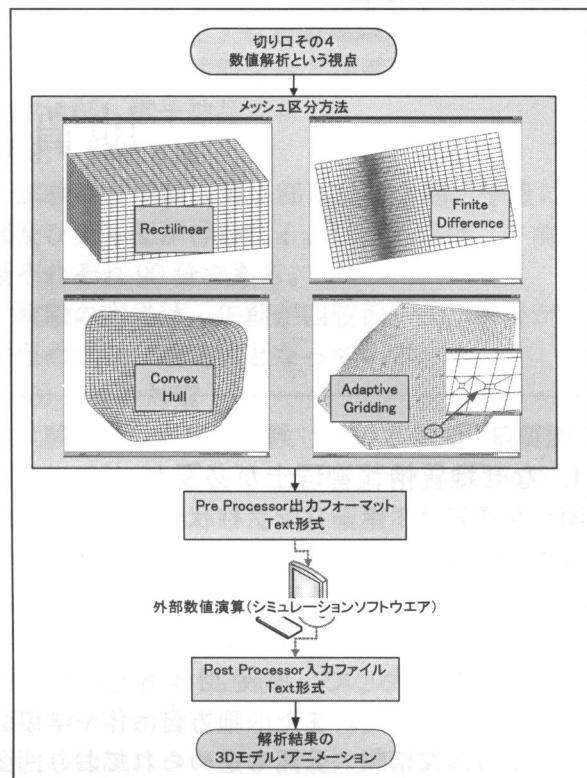


図6 3次元データ構築と外部演算との関係

ただ単に地盤モデルを3D画像にするだけではなく、地球統計学的手法を用いてリスク管理に活用したり、数値解析の基礎データを作り、結果の表示を行うなど、複雑で処理や解析に時間がかかる膨大なデータを、3次元的な処理を行うことによって、有益な情報として技術者のもとによみがえらせる“新しい手法”という大きな魅力も含まれているのである。

参考文献

- 林 義隆・太田英将（2008）：3次元モデルを用いた地盤調査リスク評価事例, 応用地質, Vol. 48, No. 6, pp 299-303.
- 林 義隆・太田英将・美馬健二（2010）：地盤情報の共有に寄与する3次元可視化手法の取り組み, 地盤工学会誌, Vol. 58, No. 5, pp 14-17.
- EVS (Environmental Visualization System),
MVS (Mining Visualization System),
C TECH Development Corporation,
<http://www.ctech.com/>

地質情報管理士

とくまるまさのり*

1. なぜ地質情報管理士が必要か

国土交通省は、ボーリング柱状図、土質試験結果などの地盤情報を「国土地盤情報検索サイト（KuniJiban）」によって公開している。KuniJibanは、平成20年3月から提供を開始し、その後、順次提供地域を拡大して、平成22年6月には全国を網羅するに至った。また、地方自治体や学協会などによる地盤情報の公開も進められており、公開された地盤情報の密度は年々高まっている。ところが、地質調査結果として国や地方自治体に納品された地盤情報には誤りが含まれる場合があることが報告されている。

図1は国土交通省の省内データベース TRABIS に登録されている地盤情報のうち、KuniJiban に提供できない情報を示したものである（倉橋2009）。全情報の約30%が公開できない情報となっており、その理由の80%が位置情報の誤りとなっている。

位置情報の誤り例を図2に示す。(a)は、緯度経度の値を間違って入力されている例である。関東地方整備局の実施したボーリングが、太平洋上や中国地方にプロットされている。(b)は、旧測地系と新測地系を誤って入力されている例である。本来の位置から約400mmずれている。

公開されている地盤情報は、電子納品の成果品として作成されている。データが当初の調査目的以外に2次利用されることを考えると、電子納品の成果を作成する際、地盤情報の利活用を念頭においていた作業が重要となってくる。例えば、構造物を建設するための地質調査の場合、ボーリング柱状図の緯度・経度が間違っていても、断面図が正確に作成されれば調査の目的を達することができる。しかし、緯度・経度の誤ったボーリング

柱状図は、2次利用することができない。

KuniJiban では技術者の氏名が公表されてい

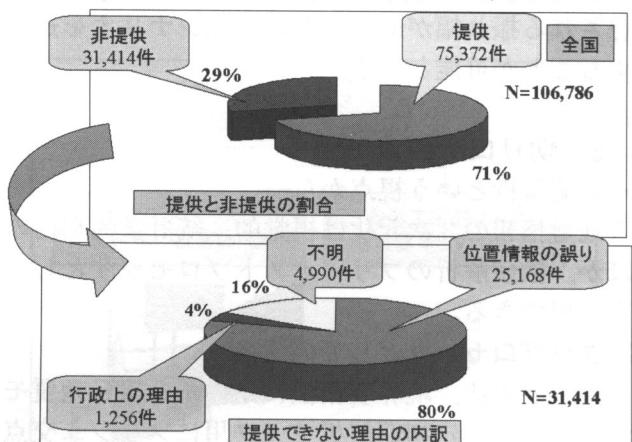


図1 提供できない地盤情報の内訳
(TRABIS 全国データ)



図2 位置情報の誤り

* (株)ダイヤコンサルタント ジオエンジニアリング
事業本部技師長

る。このことは、地盤情報の品質には地盤情報作成者に責任が伴うと言うこともできる。技術者の情報技術力向上が必要である。

全地連は、地盤情報の電子化・公開を視野に入れ、地質調査業界での技術力の向上と発注者の技術者利活用を目指し、平成18年に地盤情報管理士制度を創設した。以来、毎年、資格試験の実施、資格の認定を行っている。

2. 地質情報管理士試験

(1) 受験資格

地質情報管理士は、適切に地盤情報を作成する能力を有する者であり、

- ① 適切な地質調査を行い、
- ② 情報処理技術を使いこなしてデータを整理し、
- ③ 電子納品の規則に沿った成果品を作成することができる

ことが求められる。

このため、地質情報管理士の受験資格は、次の保有資格と経験の両方を有するものとしている。

保有資格：以下のいずれかの資格

地質調査技師、技術士・技術士補、RCCM、RCE

経験：過去に以下の経験が5件以上

- ・地質調査報告書の電子納品の経験
- ・CALS/EC の普及活動の経験

各資格の該当部門は全地連のホームページで確認頂きたい (<http://www.zenchiren.or.jp/>)。

(2) 試験実施時期

地質情報管理士の試験は、年1回行われる。例年、9月中旬から10月中旬が申し込み期間となり、11月末か12月初旬の日曜日に試験が実施される。合格発表は、2月末である。

(3) 受験申し込み方法

受験申し込みは、インターネットを介した電子申請で行われる。申し込みの手順は次のとおりとなっている。

- ① 受験願書の入手
- ② 受験願書・添付書類の作成
- ③ 受験願書の申請
- ④ 受験票のダウンロード

受験願書・添付書類は電子ファイル化して申し込みを行う。この段階から基本的な情報処理技術の能力が試されることになる。

(4) 出題範囲

試験は第1部から第4部まで分かれている。

第1部：情報技術、GIS、測量、地盤情報などに

関する基礎知識

第2部：電子納品、JIS、コンプライアンスなど
に関する基礎知識

第3部：電子情報全般と地質情報公開

第4部：電子納品実務

(5) 試験方法

試験は、午前に第1部及び第2部、午後に第3部及び第4部が行われる。試験時間は、午前、午後それぞれ90分である。

試験の方式は、午前が四肢択一式、午後が空欄穴埋め式及び論述式となっている。

(6) 受験対策

試験では、業務で経験している事項（地質調査、情報処理技術、CALS/EC、電子納品等）に関する知識が問われるわけだが、業務での経験だけで全問を回答することは困難である。事前に勉強しておくことが必要な問題も多い。

全地連では、e-Learningのサイトを設け、受験者の事前学習の便を図っている。e-Learningにはテキストと練習問題があり、テキストには出題範囲の知識についての概説、練習問題には試験に出題される問題と同形式の問題が示されている。

テキスト及び練習問題で自分の知識を確認し、不足する知識を勉強しなおしておくことが試験に合格する秘訣である。

(7) 登録更新

情報技術の進歩は著しい物があり、CALS/ECの制度についても逐次見直しが行われている。地質情報管理士は資格を取得した後も学習が必要である。3年毎に登録更新手続きを行うこととなっており、登録更新手続き時には継続教育60単位(CPDH単位)が必要となっている。

3. おわりに

地盤情報管理士は、国土交通省の電子納品運用ガイドラインで活用が推奨され、地質調査の成果品作成に活躍が期待されている。しかし、それだけではなく、地盤情報公開に公開される地盤情報の品質向上にも貢献が期待されるものである。

地盤情報は国土の基本情報であり、今後も情報の蓄積・公開が進められることが予想される。地盤情報の品質向上とともに、公開された地盤情報を有効に活用して社会に貢献することのも地質情報管理士に求められる役割である。

参考文献

- 1) 倉橋稔幸：国土地盤情報検索サイト（KuniJiban）による地盤情報の提供について、2009.11

広域農道トンネルの設計から施工時までの地質調査

すえ よし てつ や
末 吉 哲也*

1. はじめに

私が携わった道路トンネルは、鹿児島県北薩地域の一級河川川内川の右岸中山間地域に計画された延長約40kmの広域農道の一部である。トンネルの調査は、ルート選定時から地形地質条件を考慮して路線を選定することが望ましいが、本トンネルは調査開始時点で坑口の両側まで工事が進められていた。その上、設計時点でルート計画が変更された。

本报文では、設計から施工の間に係わった一連の地質調査について紹介する。

2. 調査の目的と課題

トンネルは、図1に示すように南北に伸びる尾根の鞍部に東西方向に計画されている。トンネルの坑口は通常尾根部や平衡斜面に計画されるが、本トンネル坑口はルート選定の時点から北東-南西方向のリニアメントが形成される小谷地形に計画されている。



図1 調査地の地形図

本調査の目的としては、次の事項が挙げられた。

- ①計画トンネルルートの地形地質状況を把握し、適切なルートについて提案する。
- ②決定ルートに基づくトンネルの地山分類を行い、設計・施工上の問題点を明らかにする。

3. 調査計画立案

基盤岩は、四万十累層群の堆積岩であり、リニアメントの線状地形沿いには脆弱な地層や断層破碎帯が分布することが予測される。一般に、谷部進入型のトンネル坑口は、崖錐など未固結堆積物が厚く、地下水位が高いため脆弱で不安定である。また、集水地形で土石の流入など自然災害が予想される。地質的には、断層や脆弱な地層が分布することが多く、補助工法を多用するため施工効率や経済性でも不利になることがある。一方、計画ルートの南側には砂岩が卓越する堅牢な岩盤が分布するため、トンネルルートは事前に出来るだけ南側にシフトすることを提案した。

調査内容については、弾性波探査を路線縦断方向に1測線と坑口部と尾根部の横断方向に3測線の計4測線を提案して基盤の速度層分布や低速度帶の把握を行うことにした。また、ボーリング箇所は、弾性波探査結果から地質情報を適切に把握できる箇所として、トンネル坑口付近で各2箇所を提案した。

4. 調査結果

(1) 地質状況

- 1) 調査地の地質は、トンネルルートと基盤岩分布図(図2)に示すとおり、北薩地域の基盤をなす四万十累層群の砂岩及び砂岩頁岩互層により構成される。
- 2) 全体としては砂岩優勢互層が卓越するものの、調査地についてはリニアメント沿いに破碎さ

* ユニオン技術株式会社 技術部長

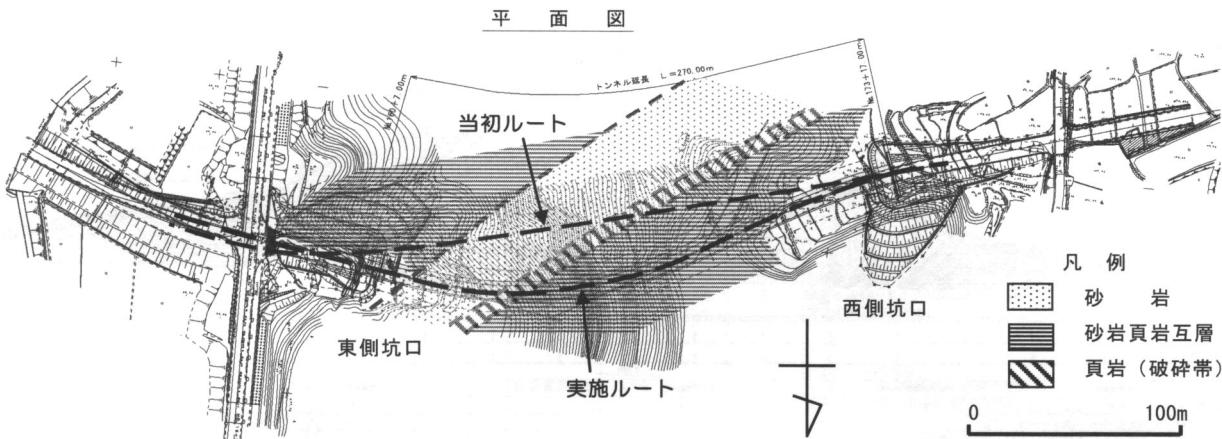


図2 トンネルルートと基盤岩分布図

れた脆弱な頁岩が分布することが判明した。

- 3) 尾根の頂部には第四紀火碎流堆積物がキャップロック状に分布しており、谷部にはシラス起源の脆弱な崖錐堆積物が厚く堆積している。

(2) 地山分類

- 1) トンネル中央部では、基盤岩の弾性波速度が4.0 km/sを示し、比較的硬質の砂岩が卓越すると予測される。弾性波速度による地山の判定は、表1のとおり基盤の第4層がC I～D I、その他の表層及び低速度帶がD IIに区分される。
- 2) 地山強度比G_Nによる判定は、ボーリング全地点でG_N≥4であることから表2より塑性地圧は生じず、地山分類はC I～C IIに区分される。

表1 弾性波速度による地山判定

速度層	弾性波速度 (km/s)	地質	判定
第1層	0.3～0.5	崖錐堆積物	E
第2層	0.6～0.85	強風化岩	D II
第3層	1.3～1.6	風化岩	D II
第4層	2.8・3.4・4.0	未風化岩	C I～D I
低速度帶	2	(破碎帶)	D II

弾性波速度、地山強度比および土被り等を考慮した地山分類の結果を図3(a)の下部に示す。

(3) ルート変更に伴う地質の相違

トンネルルートは、詳細設計時に東側坑口の交差点取付き部の視距離が確保できない関係から、

表2 地山強度比による評価

地山強度比	4以上	4～2	2以下
土圧特性	塑性地圧は生ぜず	塑性地圧は生ずることあり	塑性地圧は生ずることが多い
地山分類	C I～C II	D I	D II

線形が変更された。この変更に伴うボーリング調査は実施せず、施工時に補足調査を実施するとの方針から、図3(b)に示すように地山分類の変更を試みた。主な変更内容を次に取りまとめる。

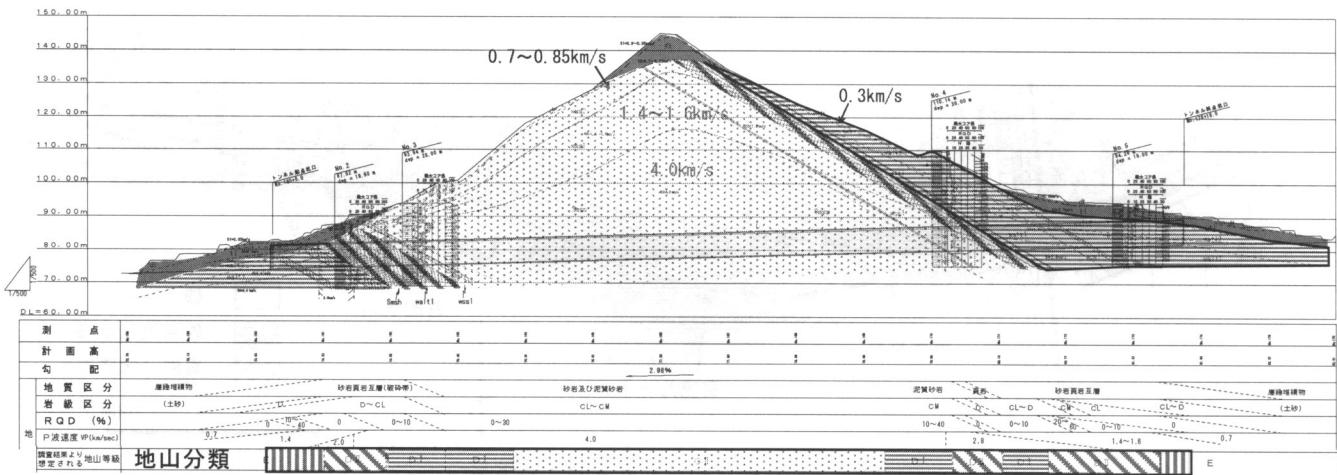
- 1) 実施ルートがリニアメントの鞍部に近づいたため、ボーリングで確認された破碎帯がトンネル中央付近に分布する。
- 2) トンネル延伸方向と断層の走向が鋭角に交わるため、崩壊しやすい断層破碎帯が掘削面に長く露出し続けると予測した。
- 3) 両側のトンネル坑口ともに沢の中心に近くなるため、シラスを起源とする緩い崖錐堆積物の影響を長い区間に亘って受けやすく、湧水や脆弱な地層に対する対策区間が長くなると考えた。

5. 施工時の調査

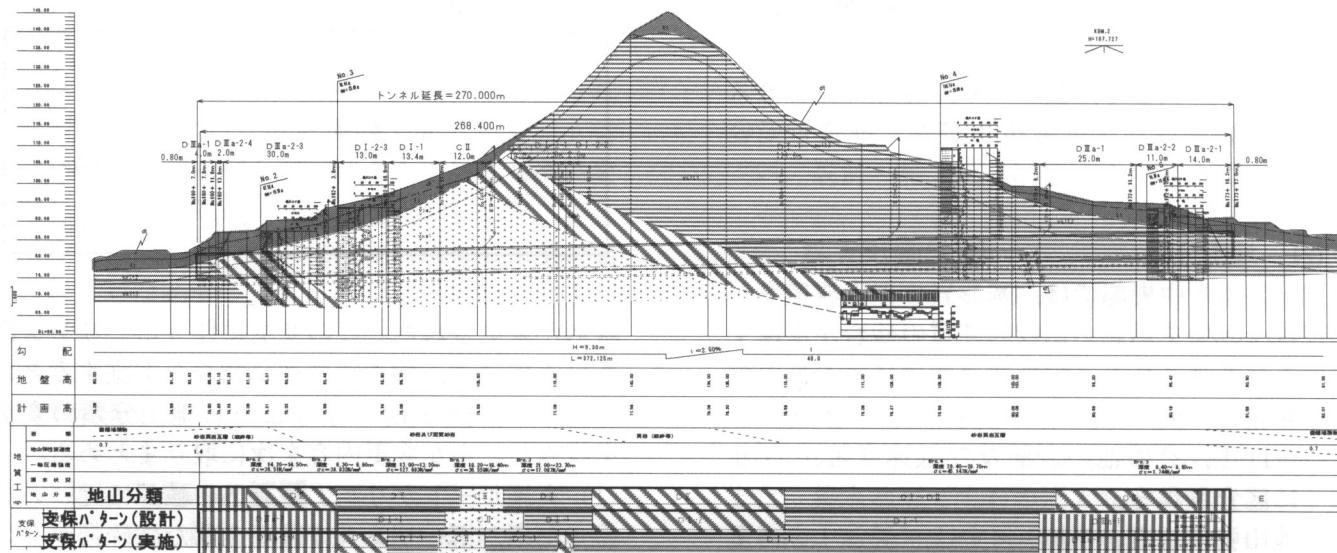
(1) 先進探査

トンネルルートの変更により、トンネル中央部の地山状況が悪くなると予想されたため、施工時の補足調査として、次の目的で速度検層を併用した横ボーリングを実施した。

- ①ボーリングにより切羽前方の地質状況を明らかにする。
 - ②ボーリングコアと弾性波速度から地山の緩み状況を推定し、切羽が不安定な箇所を予測する。
- 横ボーリングは、流れ盤の切羽崩壊が頻繁に発



(a) 当初ルートの解析断面図



(b) 実施ルートの推定断面図

凡 例	
地山分類	C II
支保パターン	D I
	D II
	D I-1
	D I-2
	E
	D III

(断面図ハッチは、図2に準じる)

図3 トンネルルートの地質断面図

生するため、地下水を排除し施工の安全を確保することも兼ねている。

探査の結果、図4に示す結果が得られ、次のことことが明らかになった。

- 1) 弹性波速度 2 km/sec 程度の低速度層が確認され、切羽の崩壊が予想される区間の絞込みができた。
- 2) 低速度層と RQD の関係は必ずしも一致せず、挟み層が柔らかい場合は RQD が良好でも弾性波速度は小さく、崩壊の可能性がある。
- 3) 深度 21 m 以降は地山の状態が良くなるため、支保パターンを変更することが可能である。

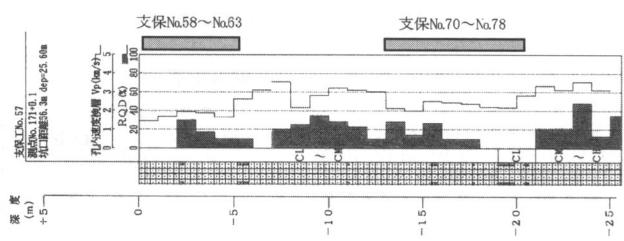


図4 先進探査結果

(2) 設計と施工の比較

地山分類に基づく実施ルート(図3(b))の支保工パターンについて、設計と施工実績との比較を行った。比較表を表3に示し、施工結果について述べる。

- 1) 実施ルートの断面図は当初ルートの結果から

表3 設計と施工実績の比較

設 計			施 工								変更理由
測点	支保工タイプ	決定理由	測点	支保工タイプ	切羽観察結果				切羽状況など		
					岩種	岩石名	圧縮強度	風化変質	亀裂の頻度		
No.160+7.8	D III 36.0m	土被りが1D確保できる区間	No.160+19.1	D III 36.0m	d	崖錐堆積物	6	4	5	天端左手に崖錐堆積物があり、剥落しやすい。地層境界から湧水あり。右肩部にピック尖端が突き刺さる程度に脆く破碎された頁岩が分布する。	変更なし
No.162+3.8					b	砂岩頁岩互層	4	3	4	岩質区分判定検査。全体に擾乱され、破碎帶が分布する。湧水がないためようやく自立する。	
No.163+10.2	D I 28.0m	坑口部の推移区間で、岩質は良好であるが土被りが十分ではないため、D Iに区分する。	No.163+10.1	D I 26.4m	b	砂岩頁岩互層	3~5	2~4	3~5	全体に擾乱され、破碎帶が分布する。湧水がないためようやく自立する。	変更なし
No.163+11.8					C II 12.0m						
No.164+3.2	C II 20.4m	砂岩優勢な砂岩頁岩互層を主体とし、土被りがあることから地山分類はやや良好と考えられ、C IIに区分する。	No.164+2.1		b	砂岩優勢互層	3~4	2~3	3	岩質区分判定検査。砂岩を主体とするが中央部に粘土質土砂状の破碎帶が残る。	変更なし
No.164+12.2											
No.165+1.2	D I 18.0m	岩質は比較的良好だが、断層の推移区間で鏡肌や擾乱があるため、D Iに区分する。	No.164+14.1	D I 144.0m	b	砂岩頁岩互層	3~5	2~3	3~5	岩質区分判定検査。天端から左肩に縦混じり土砂状の破碎帶があり、天端の崩落が著しい。	変更なし
No.165+5.2					b	頁岩優勢互層	4~5	3	4~5	シルト質土砂状の破碎帶を頻繁に挟み、全体の8割程度を擾乱した破碎帶が占めるため、特に天端の自立が悪い。	
No.165+10.2					b	頁岩優勢互層	3~5	2~3	3~5	岩質区分判定検査。天端から中央部に頁岩が卓越する破碎帶があり、粘土を多く挟む。	
No.168+0.2	D I-2 50.0m	ルートに沿った方向に粘土質砂礫状の破碎帶が想定され、破碎帶に被压地下水が確認されているため、補助工法を用いたD Iに区分する。	No.165+13.1	No.166+7.1	b	砂岩優勢互層	3~4	3	3~4	岩質区分判定検査。左肩と足付部等にシルト質土砂状に崩れる破碎帶が分布する。	天端から中央部にかけて擾乱した破碎帶が約8割を占め、切羽の自立が著しく悪いため、注入式およびフォアボーリングの補助工法を用いる。
No.171+6.2	D I 66.0m	断層の推移区間で、破碎帶があり湧水の影響を受けやすいため、D Iに区分する。	No.171+8.1		b	砂岩頁岩互層	3~4	2	4	岩質区分判定検査。左肩直上に崖錐が分布するが、基盤岩は断層に沿る傾向。	
No.173+16.2	D III 50.0m	土被りが1D確保できる区間	No.173+1.1	D III 50.0m	d	崖錐堆積物	6	4	5	岩質区分判定検査。天端中央部に崖錐堆積物があり、崩落を生じやすい。	変更なし
					b	砂岩頁岩互層	3~4	2~3	4	基盤岩は亀裂が発達し剥離崩壊しやすい。	
			No.173+9.1		d	崖錐堆積物	6	4	5	岩質区分判定検査。天端直上に崖錐が分布するが、地層境界から湧水する。	No.172+11.2～No.173+2.2は、切羽状況に応じて注入式フォアボーリングをフォアボーリングに変更する。
					b	砂岩頁岩互層	4	3	4	断層を伴いブロック状に破碎される。鏡肌が発達し剥離しやすい。	

推定したものであり、トンネル中央部では相応の誤差が生じた。

- 2) トンネル中央部に推定した破碎帯(D II)は起点側にシフトして観測され、補助工法対象区間は10 m程度と短かった。
- 3) 起点側の坑口部は、風化岩が脆弱であり、補助工法を追加する必要があった。

6.まとめ

本調査では、トンネル前後の工事が進んでいたため、殆どルート変更できない状態で調査に臨んだが、谷部進入型の坑口調査という貴重な経験であった。本調査での問題点及び課題を列記する。

- 1) トンネル調査ではルート選定の段階から、地形地質的なアドバイスを行うことが重要であった。
- 2) 坑口を谷部進入型としたことで、全長の1/3に補助工法が必要であった。

3) ルート変更の要因となった交差点条件など、関連するコントロールポイントを把握して提案することが重要である。

4) 弹性波探査は剥ぎ取り法で実施したが、浅層部については地山状態との相関が認められるものの、トンネル中央部に関しては深部の速度が反映されず、地山分類と施工実績の差が大きい。トモグラフィ法を併用した高密度探査等を検討すべきであった。

5) ルート変更に伴う地山分類は安全側に作図したが、施工結果と比較すると過大評価であった。経済性を考慮すると、調査の精度を上げる必要があった。

最後に、本文を作成するにあたり発注関係者の方々には、調査報告書関係資料の引用についてご快諾いただいた。この場を借りてお礼申し上げます。

地盤材料における安定化について

【Key Word】

安定化試験、突固めによる土の締固め試験、締固めた土のコーン指數試験、
CBR 試験、安定処理土の供試体作製、凍上試験

おり かさ あきら
折 笠 章 *

1. はじめに

本講座第3回目は、「地盤材料における安定化について」と題し、道路盛土や河川築堤などのように土を材料として扱う場合に実施される室内土質試験について概説する。

土質試験方法の中で初めて「安定化」という言葉が用いられたのは、1990年に出版された「土質試験の方法と解説」¹⁾からである。それまでの土の力学的性質（I）、（II）とされていたものが、土の安定化試験、土の透水・圧密試験、土のせん断試験の3つに分類された。このうち、安定化試験の分野には、土を材料として利用する際に構造物の安定化の措置を講じその品質を管理するための土質試験が入っている。

本講では、安定化試験の柱である突固めによる締固め試験を中心に、安定化試験の条件設定や問題点、結果の利用上の留意点について概説する。また、火山灰や泥炭などの特殊土を対象とした場合の取り扱いや北海道のような寒冷地や冬季の山岳地域での安定化試験として実施される凍上試験にも触れながら話を進めていく。

2. 安定化試験とは

道路盛土や河川築堤などの土構造物は、土を締固めることによって作られる。土を締固める作業自体は簡単であり、締固めることのできる量の土を敷き均し、自重の重い機械でしっかり踏み固めるというような基本的なルールを守ってさえいれば一定レベルの品質を有する構造物を作ることができる。しかし、締固める土材料は、粘性土、砂質土から火山灰のような特殊土まで多種多様であるため、土質試験によって実際に使用する材料の土質特性を十分把握しておく必要がある。

表1に安定化に関わる代表的な土質試験を示した。試験より得られたデータは、工事に使用される土質材料の選定や施工の品質基準などを求める時の基本データとして利用されることになる。

3. 突固めによる締固め試験²⁾

突固めによる締固め試験（以後、突固め試験と呼ぶ）は、土を締固めた時の乾燥密度と含水比の関係から土を最も密な状態に締め固められる最大乾燥密度と最適含水比が求められる。

表1 安定化に関わる代表的な試験項目

分類	試験名	基準No		結果から得られる特性値
		JGS	JIS	
土の物理試験	土粒子の密度	0111-2009	A1202-2009	土粒子の密度
	土の含水比	0121-2009	A1203-2009	含水比
	土の粒度	0131-2009	A1204-2009	粒径加積曲線・最大粒径
	土の液性限界・塑性限界	0141-2009	A1205-2009	液性限界・塑性限界・塑性指数
安定化試験	突固めによる土の締め固め	0711-2009	A1210-2009	最大乾燥密度・最適含水比・乾燥密度～含水比
	締固めた土のコーン指數	0716-2009	A1228-2009	突固め回数～コーン指數
	CBR	0721-2009	A1211-2009	CBR（設計CBR・修正CBR）・膨張比
安定処理土	突固めによる供試体作製	0811-2009		
	静的締固めによる供試体作製	0812-2009		
	締固めをしない供試体作製	0821-2009		
	薬液注入による供試体作製	0831-2009		
透水	透水	0311-2009	A1218-2009	透水係数

* 北海道土質試験協同組合 専務理事

3.1 試験方法の種類

試験方法は、締固め方法（表2参照）、試料の準備方法、使用方法（表3参照）により区別されており、現地での締固めエネルギーの大きさ、締固め材料の最大粒径、そして材料の土質特性により、A-a, A-b, A-cのように表2と表3を組み合わせて試験を行う。

表2 突固め方法の種類

呼び名	ランマー質量kg	モールド内径cm	突固め層数	突固め回数/層	許容最大粒径mm
A	2.5	10	3	25	19
B	2.5	15	3	55	37.5
C	4.5	10	5	25	19
D	4.5	15	5	55	19
E	4.5	15	3	92	37.5

表3 試料の準備方法・使用方法

呼び名	試料準備方法・使用方法
a	乾燥法で繰返し法
b	乾燥法で非繰返し法
c	湿潤法で非繰返し法

特に注意しなければならない点は、試料の準備・使用方法の選択である。試料の乾燥により土性に影響がある場合は湿潤法を、突固めにより試料の粒子破碎する場合は、非繰返し法を選択する。

3.2 試験のばらつき

突固め試験は、モールドに含水比を変えた試料を投入し、ランマーで単純に突固める単純明快な試験であるため、結果を気にしなければ、知識・経験が無くても誰にでもできる試験である。また、多くの試験機関では突固めに自動落下ランマー装置付きの試験機を使用しているため、一見、ばらつきの出にくい試験にも思えるが、意外に個人差が出る試験もある。

最も個人差が出るのは、モールドに投入する試料の量である。突固め試験は、モールドに試料を3~5層に突固めることになるが、その各層は突固めた後の層厚を等しくし、突き終った面の高さがモールドの上端から10mmを超えてはならないとなっている。10mmを大きく超えた場合は、試験をやり直したほうが良い。

実際、土質や含水比によって一層あたりどれだけの量の試料を入れたらよいか試験者の経験に左右される。

筆者の経験で過去に盛土施工の品質管理試験として砂置換法を利用して盛土の締固め度を測定したところ、締固め度が100%を大きく超えた

経験がある。土質の非均一性、締固めエネルギーの違い等々様々な原因が考えられるところであるが、試験者に起因するばらつきも考慮するべきであろう。

図1および表4は、同一試料を突固め試験経験者8人が突固め試験を行った結果である。8人に具体的な突固め試験方法を指定せずに最大粒径26.5mm(19mmふるい通過率99%)、自然含水比44%の礫混じり火山灰質砂(SV-G)の試料を渡して試験を実施した結果である。突き固め方法は、B氏がB-b法、E氏がB-c法、他全員がA-c法であった。

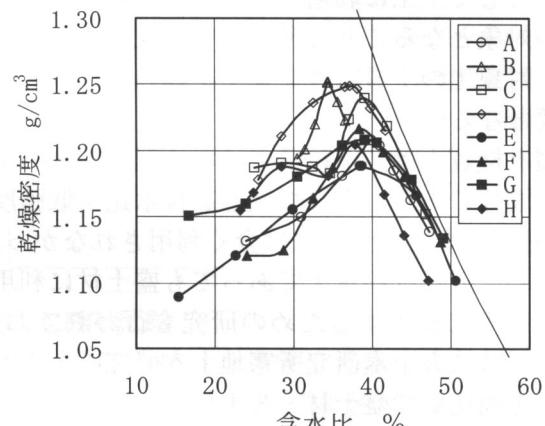


図1 突固め試験結果一覧

表4 突固め試験結果

試験者	最大乾燥密度		最適含水比	
	値	Zスコア	値	Zスコア
A	1.208	-0.56	39.9	1.13
B	1.252	1.34	34.4	-2.14
C	1.240	0.82	39.0	0.59
D	1.249	1.21	37.2	-0.48
E	1.189	-1.38	38.7	0.42
F	1.217	-0.17	38.3	0.18
G	1.208	-0.56	39.0	0.59
H	1.205	-0.69	37.8	-0.12

試験結果の精度を客観的に比較する指標としてZスコアを算定した。Zスコアは、以下の式、評価で評され、Zスコアが2以内に収まっていることが望ましく、3以上だと精度に何らかの問題があると評価される。

$$Z = (x - \bar{X}) / \sigma \quad (式1)$$

x: 評価対象の実施測定値

X: 全測定値の平均値

σ : 全測定値の標準偏差

評価

$|Z| \leq 2$: 満足

$2 < |Z| < 3$: 疑わしい

$|Z| \geq 3$: 不合格

最大乾燥密度は、全ての測定値が2以内に収ま

り、最適含水比もB氏の結果が疑わしいとはなつたが、ほぼ試験の精度は満足いくものとなった。

しかし、図1の突固め曲線を見てどのような感想を抱くだろうか？締固め曲線から盛土の施工品質管理基準を求める考えると、「ばらつきがない」とは言い難いものがある。

3.3 特殊土の扱い

日本国土には、「高有機質土」、「火山灰質粗粒土」、「火山灰質細粒土」、「風化残積土」などに代表される特殊土が広く分布している。この特殊土が多く分布しているその地域にとっては「普通の土」として土工に利用されることから、安定化試験の対象となること多く、安定化試験に際しては、対象土の土質特性をよく把握して行うことが必要となる³⁾。

高有機質土は、土粒子ではなく湿生植物の遺体が主成分であり、土質特性も高含水比・低強度のため、これまで盛土材には全く利用されなかった。しかし、近年は不良土であっても盛土材に利用できるように施工するための研究も行われており、独立行政法人土木研究所寒地土木研究所を中心に泥炭を固化して盛土材・客土材への利用に関する研究⁴⁾も行われている。

特殊土の中でもしらすやまさ土のような砂質土系材料は、水に極めて弱く、集中豪雨や台風などの降雨や浸透水などによって盛土の崩壊を招くこともある。特にしらすは、土粒子の密度が小さいため降雨等による侵食や崩壊を受けやすく、まさ土は、保水性・粘着性が小さいうえに比較的小さなエネルギーで粒子破碎により細粒化しやすいために強度低下を起こす⁵⁾。また、多孔質の軽石を含む火山灰などは、粒子内に水分を保持するために含水比が高くなるなどの特徴を有している。

この火山灰質粗粒土や風化残積土で突固め試験を行うときに最も注意しなければならないのが粒子破碎による試験結果への影響である。このため、特殊土の突固め試験は、乾燥処理により試料のコンシスティンシー特性を変化させないように湿润法、粒子の破碎を防ぐために非繰返し法が適用される⁶⁾。表5に示した火山灰と火山礫に対して試料準備方法aからcまでの方法で求めた締固め曲線の例を図2、図3に示した。

両図を見ると、非繰返し法のb・c法の締固め曲線は平坦な形状をしている。火山灰質土の場合、明瞭な最大乾燥密度が求められることや無理に曲線で結ぼうとするとピークが2箇所になることもある。そして湿润法のc法はb法に比べ

試料	土粒子の密度	自然含水比	礫分	砂分	細粒分	分類
火山灰	2.332	34.7	19.7	56.7	23.6	S V G
火山礫	2.744	60.3	50	39.8	10.2	G S - V

表5 火山灰質粗粒土物理定数

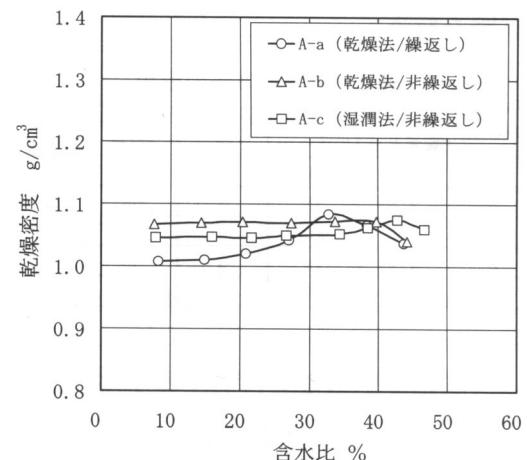


図2 準備方法の違いによる締固め曲線（火山灰）

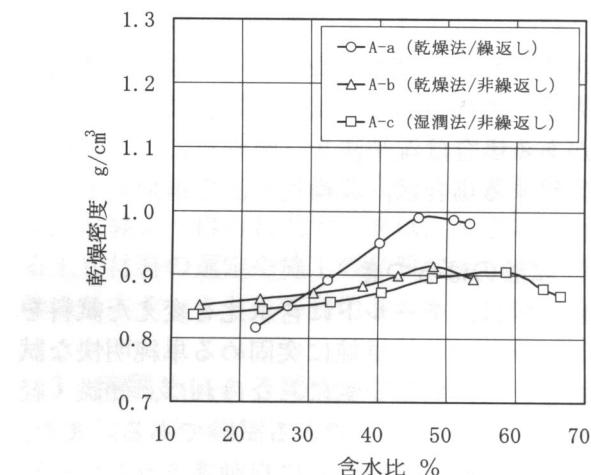


図3 準備方法の違いによる締固め曲線（火山礫）

て乾燥密度が小さくなる。

逆に非繰返し法に比べて繰返し法a法の締固め曲線は、明確な最大乾燥密度が認められる。特に多孔質の軽石を多く含む火山礫は、その傾向が顕著である。これは、突固めを繰り返すことによる粒子破碎が生じ、細粒化と密実化が生じるためと考えられる。

一方、関東ロームに代表される火山灰質細粒土の突固めの試験方法は、試料の乾燥、突固め回数の違いによる練り返し程度により締固め曲線が大きく変化することが知られており⁷⁾、自然含水比が最適含水比よりも高く乾燥処理の影響を強く受けること、繰返し突固めによる拘束水の自由化によりオーバーコンパクション状態になるため湿润

法非繰返し法のc法が適用される。

3.4 結果の利用

土工工事では、盛土の安定性を確保するために目標とする締固め度、施工含水比、施工層厚を規定する。そのため品質管理基準として室内の突固め試験結果を利用することが多い。

盛土の品質管理方式には、①基準となる室内突固め試験の最大乾燥密度などの密度比によるもの、②空気隙率または飽和度によるもの、③強度特性および変形特性によるものなどがある。参考として表6に品質管理項目と規定値の例を示した。

表6 品質管理項目と規定値（抜粋）⁸⁾

		国土交通省 (道路土工-施工指針)	
		盛土路体	路床
密度比	突固め試験名	JIS A 1210	JIS A 1210
	締固め度 (%)	90以上*1	90以上*1
空気隙率ま たは飽和度	V _a (%)	B:15以下*2 C:10以下*2	—
	S _r (%)	粘性土85~98	—
強度 変形特性	試験方法	—	たわみ量試験
	規定値	—	路床仕上げ後に 実施
施工含水比	最適含水比とρ _d の90%が得ら れる湿潤側含水比の範囲		
一層の仕上がり厚さ	30cm以下	20cm以下	

*1：砂置換法による方法

*2：B (15%≤細粒分<50%) , C (50%≤細粒分)

一般的に締固め度として粗粒土の場合は、密度比、特に含水比の高い細粒土の場合は、空気隙率を採用する。施工含水比は自然含水比とし、施工層厚は締固め後の仕上がり厚さで30cm以下とされている。

4. 締固めた土のコーン指数試験

締固めた供試体にコーンペネトロメーターを用いてコーン指数を求める試験である。この試験は、火山灰質粘性土の練返し強度特性や土工工事における施工機械のトラフィカビリティーを判定する試験として利用されているほか、建設発生土の土質区分判定のための試験として地盤材料の工学的分類と合わせて用いられている⁹⁾。土質区分基準の抜粋を表7に示した。実務での利用の際は、建設発生土利用技術マニュアルを参照されたい。

なお、この試験の対象土は、あくまで4.75mmふるい通過の軟い粘性土や9.5mmふるい通過の

改良土であり、コーンペネトロメーターの荷重容量も1kNと小さい。このため、1kNを超えるような含水比の低い締まった粘性土や砂質土のコーン指数を無理して求める必要はない。

表7 土質区分基準（抜粋）¹⁰⁾

区分	コーン 指数 kN/m ²	土質材料の 工学的分類		備考
		大分類	含水比 (地山)	
第1種建設発生土 (砂・礫)	—	礫質土 砂質土 人工材料	—	—
第2種建設発生土 (砂質土・礫質土)	800以上	礫質土 砂質土 人工材料	—	—
第3種建設発生土 (粘性土)	400以上	砂質土 粘性土 火山灰質粘性土 人工材料	40%程度 —	—
第4種建設発生土 (粘性土)	200以上	砂質土 粘性土 火山灰質粘性土 有機質土 人工材料	40~80%程度 40~80%程度 —	—
泥土	200未満	砂質土 粘性土 火山灰質粘性土 有機質土 高有機質土	80%程度以上 — 80%程度以上 —	—

5. CBR 試験

室内CBR試験は、路床や路盤の強度評価値を求める目的で行われる。CBR値は、クラッシャーラン（割放し碎石）のCBR値を100%としてこの値との比で表される。つまり、100に近づくほど碎石に近い良質な材料と評価される。

CBR試験には、締固めた土を対象としたものと乱さない土を対象としたものの2種類がある。いずれの方法も路床や路盤が供用期間中に含水比が変化することを想定し、試料にとって最悪の条件下での強さを求めるためにモールドを4日間水浸する吸水膨張試験を行う。この吸水膨張試験で全ての試料が水分を含んで膨張するとは限らない。経験上、締固めた粘性土や有機質土では、収縮する場合もある。

締固められた土のCBR試験は、舗装厚さを設計するための路床土の「設計CBR」試験と路盤材料や路床材の評価や選定のための「修正CBR」が多い。

路床土の設計CBR試験は、自然含水比の乱した試料を3層67回の突き固めて試験を行うことが基本であるが、切土路床などで乱すことによりCBR値が小さくなることが、経験的にわかっている路床で、しかも路床土をほとんど乱すことなく施工できる場合には、乱さない試料を用いてもよいとされている¹¹⁾。乱すことによりCBR値が小さくなる土質としては、関東ロームに代表される火山灰質粘性土、有機質土、高有機質土などが

挙げられる。

一方、修正 CBR 試験は、突固め回数を 17, 42, 92 回と変えて測定された CBR 値を結んだ線より、現場で目標とされている締固め度に相当する CBR 値を求める。その CBR 値が表 8 の材料規定を満足する試料を選定することになる。

表 8 修正 CBR に関する材料規定（抜粋）¹²⁾

機関	日本道路協会	東・中・西日本高速道路
区分	一般道路	高速道路
路盤上層	80%以上 ($a_n=0.35$)	80%以上 ($a_n=0.32$)
路盤下層	アスファルト舗装30%以上 ($a_n=0.25$) 20%以上30%未満 ($a_n=0.20$) コンクリート舗装20%以上	アスファルト舗装 30%以上 ($a_n=0.25$)
路床		10%以上
路床下層		5%以上

6. 安定処理土の供試体作製

土工工事で発生した土砂は、その工事で土質材料として有効利用されることが最も経済的であるが、発生した状態では含水比が多く強度が低いなどの要求される工学的性質を満たさない場合がある。このようなときに発生土の有効利用および経済性の観点から良質土やセメント、石灰などの安定材を発生土と混合することによる安定処理工を行う。

この安定処理工の施工に際し、室内配合試験を実施して設計値を満足する安定剤の種類や混合率を求めることになるが、施工方法や目的に応じて適切に供試体を作成することが求められる。

供試体の作成方法としては、①突固めによる供試体作製、②静的締固めによる供試体作製、③締固めをしない供試体作製、④薬液注入による供試体作製の 4 種類がある。

表 9 は、安定処理工法別の供試体作製方法と適用する代表的な力学試験を示したものである。パワープレンダー工法の場合は、改良土の流動性を

確認するためにテーブルフロー試験を規定しているなど工法毎に仕様が違うこともあるため、室内配合試験の実施に際しては、各工法のマニュアルを参考にすることを薦める。

7. 透水係数と締固め曲線との関係

土を締固めるほど間隙比が小さくなり、透水係数も小さくなる。締固め曲線上での透水係数は、乾燥側から乾燥密度の増加に伴って減少し、最大乾燥密度付近では急激に小さくなり、最適含水比よりわずかに湿潤側で極小値になる¹³⁾。そして湿潤側にいくに従って次第に大きくなり、ちょうど締固め曲線を逆さまにした形状になる傾向がある。

図 4 は、自然含水比 28% の礫混じり粘性土質砂 (SCs-G) の透水試験結果の例を示した。試験条件は、締固め曲線（標準締固め）上で乾燥側任意、最適含水比、湿潤側締固め度 90% の 3 条件、締固め度 90% 密度で乾燥側任意、最適含水比、自然含水比 3 条件の計 6 条件である。

図を見ての通り、透水係数は、最適含水比・最大乾燥密度条件が最も小さく、最適含水比・締固め度 90% が最も大きく測定され、その差は 2 オーダーになる。盛土施工が施工管理基準範囲内で行われたとしても土の含水比および密度の少しの変化が、盛土の透水性に影響をおよぼす。締固め度 90%・最適含水比条件の透水係数が最も大きくなることを考慮に入れておくべきである。

8. 凍上試験

北海道のような寒冷地域では、氷点下になると土中の水分が「凍結」することによりアイスレンズが形成され、このアイスレンズが成長して地盤が隆起する「凍上」が生じ¹⁴⁾、道路や付帯構造物に被害がおよぶことがある。

この土の凍上性を直接調べる室内試験が凍上試

表 9 安定処理工法（固結工法）別供試体作製方法一覧

地盤改良工法	原位置施工法		改良材添加方式	安定処理土供試体作製方法	適用力学試験
浅層改良工法 (~3m)	バックホウ混合 スタビライザ混合	粉体 スラリー	突固め JGS 0811 静的締固め JGS 0812 締め固めをしない JGS 0821	路床 : CBR 試験 路盤 : 一軸圧縮 路体 : コーン指數 一軸圧縮 コーン指數 一軸圧縮	
中層改良工法 (3~10m)					
深層改良工法 (10m ~)					
薬液注入工法					

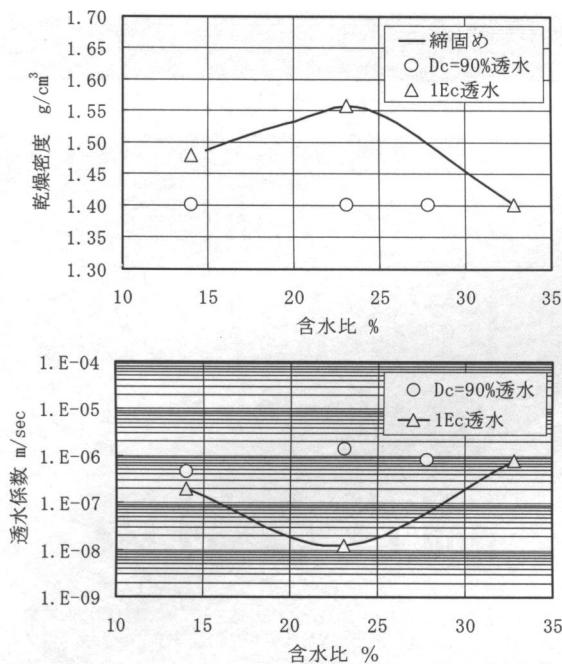


図4 土の乾燥密度および透水係数の関係

験である。地盤工学会基準で規定されている凍上試験は、人工的な凍上減少を対象とした①凍上量予測のための土の凍上試験（JGS0171-2009）と自然の凍上現象を対象とした②凍上性判定のための土の凍上試験（JGS0172-2009）の2種類がある¹⁵⁾。このほか、道路土工排水工指針およびNEXCO仕様の凍上試験もあり、目的に応じて凍上試験が行われている。

凍上性判定のための土の凍上試験は、凍上量を求める他の試験とは違い、供試体の凍上量と時間の関係から求める凍上速度によって凍上性を評価する。表10に凍上性の判定判定指標を示した。これまでの経験より火山灰質粘性土（写真1参照）や有機質混じり土は、凍上速度が0.3以上と凍上性が高いと判定されることが多い。

表10 土の凍上性の判定指標¹⁶⁾

凍上速度U _h (mm/h)	凍上性
0.1未満	凍上性は低い
0.1以上0.3未満	凍上性は中位
0.3以上	凍上性が高い

9. おわりに

本稿では、地盤材料の安定化に関する試験について紹介した。安定化試験は、現場施工に直接繋

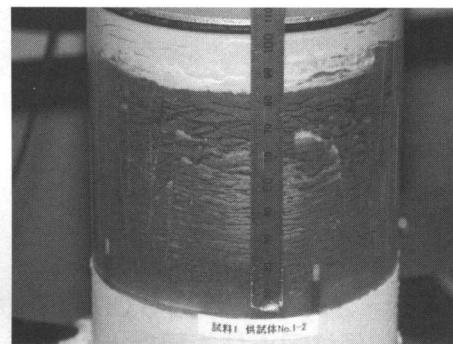


写真1 凍上試験後供試体（アイスレンズ発達）

がっている試験であり、試験の結果が現場の問題点やリスク等の重要な検討資料となるため、現場の施工条件、施工計画に沿った土質試験を実施することが望ましい。

引用・参考文献

- 1) 地盤工学会編：土質試験の方法と解説，1990.3.
- 2) 地盤工学会編：地盤材料試験の方法と解説一二分冊の1—, pp. 373~385, 2009.11.
- 3) 前掲2), pp. 945~948, 2009.11.
- 4) 佐藤厚子, 西川純一, 山澤文雄：泥炭の盛土材への利用, 北海道開発土木研究所月報 No 577, 2001.6.
- 5) 盛土の挙動予測と実際編集委員会：盛土の挙動予測と実際, pp. 105~112, 地盤工学・実務シリーズ2, 1996.12.
- 6) 北海道火山灰土の性質と利用に関する研究委員会：実務者のための火山灰土, p. 31, 地盤工学会北海道支部, 2004.12.
- 7) 久野悟郎：土の締固め, 技報堂, pp. 85~100, 1963.
- 8) 地盤工学会編：地盤材料試験の方法と解説一二分冊の1—, p. 382, 2009.11.
- 9) 土木研究センター編：建設発生土利用技術マニュアル（第3版）, pp. 27~34, 2004.
- 10) 前掲9), p. 28.
- 11) 日本道路協会編：舗装調査・試験法便覧, p. [1]-195, 2007.
- 12) 前掲2), p. 402.
- 13) 土質工学会編：土質基礎工学ライブラリー36, 土の締固めと管理, pp. 25~27, 1991.8.
- 14) 地盤工学会北海道支部地盤の凍上対策に関する研究委員会編：寒冷地地盤工学, pp. 17~18, 2009.12
- 15) 前掲2), pp. 226~249, 2009.11.
- 16) 前掲2), p. 247, 2009.11.

改訂新版

貯水池周辺の地すべり 調査と対策

B5版・277頁 価格8,000円(税別)

編集：(財)国土技術研究センター

発行：古今書院 2010年12月

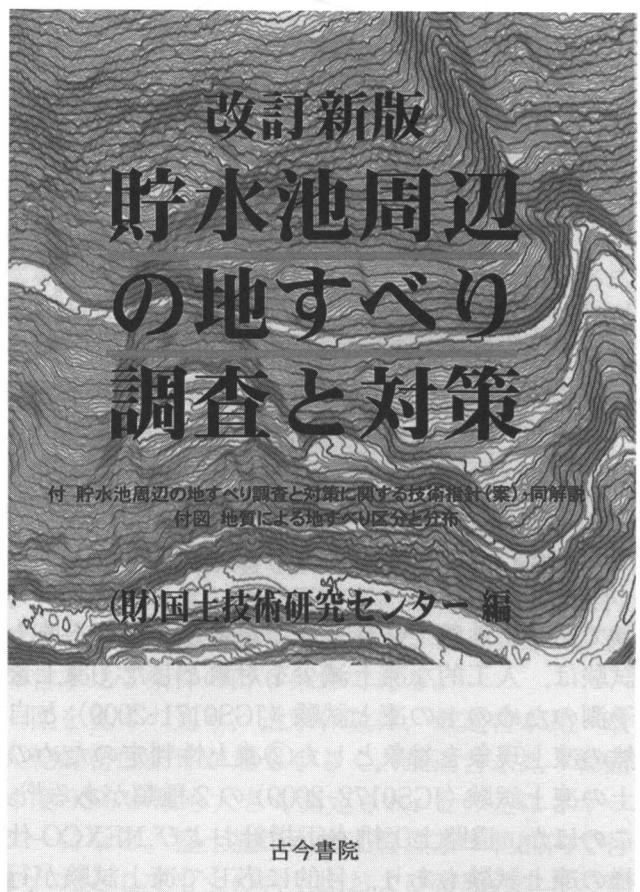
ダムの安全性や貯水池の機能から、ダム周辺の地すべり地の調査およびその対策は重要であり、平成7年に建設省河川局監修として「貯水池周辺地すべりの調査と対策」を発刊した。同書の発刊以降、我が国の貯水池周辺地すべりに関わる問題は大きく減少してきた。

旧版が出版された平成7年以降、調査や計測、情報処理に著しい発展がみられ、また貯水池斜面におけるボーリングや地下水位変動、残留間隙水圧測定など技術の高度化が図られてきた。また、ダムの再開発事業や公共工事の品質向上とコスト縮減に対するニーズが高まることなど社会的背景が変化した。

このようなことから、(財)国土技術研究センターでは「貯水池周辺の地すべりに関する委員会」を設置し、貯水池周辺地すべりの実態の分析と最新の調査・計測・解析・対策技術について検討してきた。その成果をベースとして、国土交通省河川局治水課から2009年7月に「貯水池周辺の地すべり調査と対策に関する技術指針(案)・同解説」が通達された。

本書は、同指針(案)の技術的背景、計測データや事例等を加えて、平成7年出版の「貯水池周辺の地すべり調査と対策」の改訂新版としてとりまとめたものである。

本書の内容は、貯水池周辺地すべりの調査、解析、対策工の計画、湛水時の斜面の維持管理まで、全般を網羅している。主な改定点は、調査を重要視し、レベルの高い調査と長期間の観測を行い、より適切で合理的な対応を図るようにしたこと、他指針との整合を考慮しR/Dから安全率へ移行したこと、より合理的な対策工の設計を行えるようにしたことなどである。



本書は、貯水池周辺の地すべりと銘打っているが、調査や解析などは湛水に関わらない一般の地すべりにも適用できるもので、レーザープロファイラー地形図の作成、現地踏査での見方、気泡式ボーリングなど高品質ボーリングの推奨、ボーリングの位置や深さ、コアの見方、すべり面の判定の仕方、またボーリング孔を利用した調査・計測、ボーリングコアを利用した試験など従来のものより踏み込んだ記述がなされており、さらに地すべり発生の判断の難しい崖錐や土石流の判定手法を示すなど調査手法を充実、高度化させたことが特徴である。

地すべり技術者ばかりでなく、一般の斜面調査に関わる技術者にも重要な参考図書となるであろう。また、貯水池周辺の地すべりを解析し、新しい地すべりに対する地質区分と地すべりの分布の図を付けている点も嬉しいことである。

車窓から見る地形・地質

王子が岳

岡山県玉野市～倉敷市
国道430号

はじめに

瀬戸内海国立公園は、昭和9年に我が国で最初の国立公園の一つとして指定された。現在の国立公園の範囲は大阪府・和歌山県・兵庫県・岡山県・広島県・山口県・徳島県・香川県・愛媛県・福岡県・大分県の1府10県にまたがり、陸域・海域を含めると日本一広大な国立公園です。

国道430号が瀬戸内海国立公園の海岸沿いを通る玉野市と倉敷市との市境付近では、道路の南側には白い海岸線と瀬戸内に浮かぶ島々、北側には花崗岩の巨岩・奇岩が斜面に広がる標高234.5mの王子が岳を望むことができる（写真1, 2）。

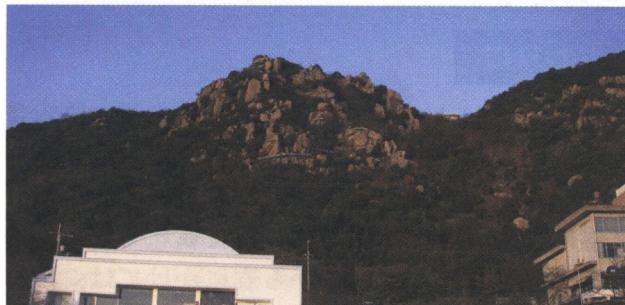


写真1 国道430号より見上げた巨石群

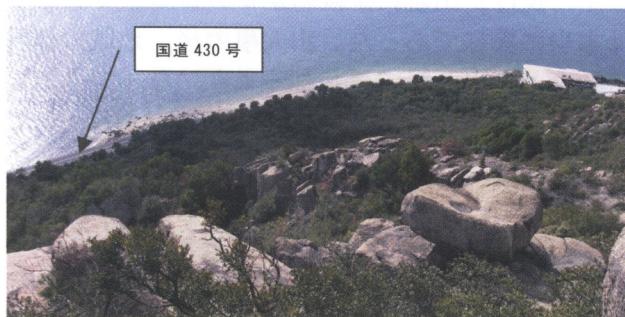


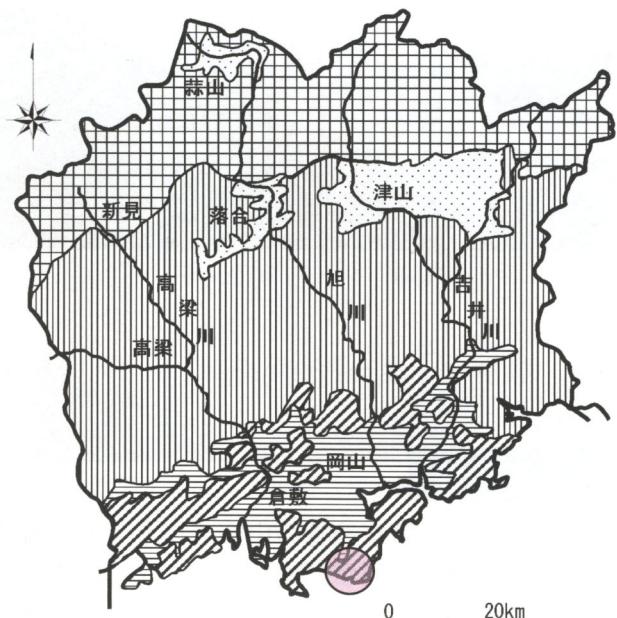
写真2 王子が岳より国道430号を見下ろす

広がっている（図1）。

王子が岳周辺の海岸は、後氷期の海面上昇によって低地部であった現在の瀬戸内海域に海水が流入し、入り江の多い屈曲したリアス式海岸となった。沈水を免れた峰々は沖に浮かぶ小島となり、瀬戸内海国立公園の最大の特色である内海多島海景観となっている。

岡山県の地質は多種多様で、各種の堆積岩や多くの火山岩類が分布している（図2）。王子が岳のあるこの地域は、中生代の粗～中粒の黒雲母花崗岩が分布している。

花崗岩は岩体を直方体状に分離する割れ目の方状節理に沿って風化が進行する。現在目にしている巨岩は、浸食作用によりマサ土の部分が流れ去った後のコアストーンであり、花崗岩の特徴的な



■ 中国脊陵山地

■ 吉備高原山地

■ 瀬戸内海沿岸平野

■ 瀬戸内海沿岸山地・丘陵地

■ 盆地

図1 岡山県の地形区分図

（「岡山県地学のガイド」を元に作成）

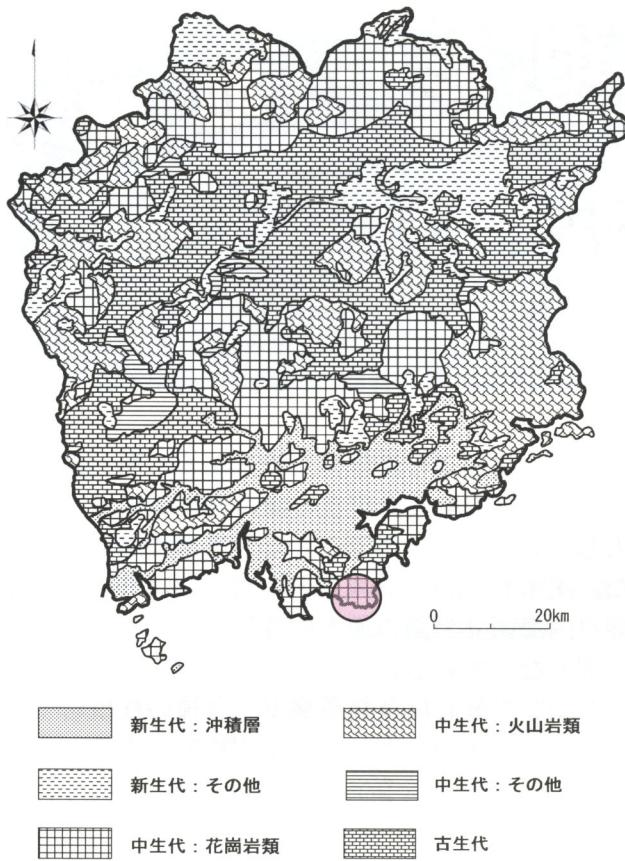


図2 岡山県の地質図
(「岡山県地学のガイド」を元に作成)

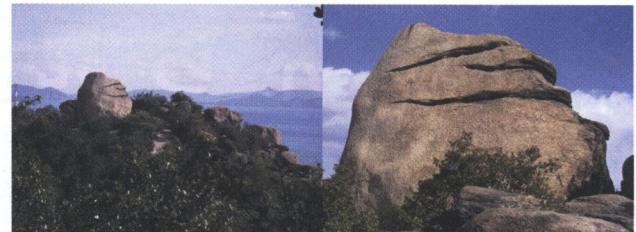


写真4 巨大な奇岩（にこにこ岩）

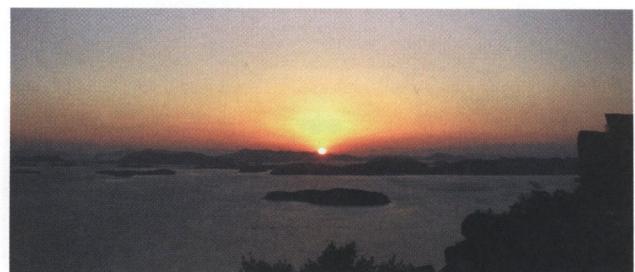


写真5 濑戸内海の島々と夕陽

手の王子、筈割の王子、峰の王子、日の王子、錫投げ王子、谷の王子、瓶割り王子) が住んでいたことに由来している。

王子が岳の山頂に見られる奇岩は、「にこにこ岩」の愛称で呼ばれ、巨大な花崗岩が絶妙なバランスで立ち、瀬戸内海を微笑みながら望んでいる(写真4, 5)。

おわりに

「晴れの国」と言われる岡山県は、南部の降水量が少なく、特に、瀬戸内海は周囲を中国山地と四国山地に挟まれた地理的条件により、年間を通じて温暖・少雨な瀬戸内海式気候に属している。そのため、乾燥しがちな冬から春にかけては、山林火災が発生しやすく、王子が岳も再三の山林火災により、多くの松や山つづじなどが消失した。真っ黒に焼けた山肌に、巨岩がゴロゴロしている様は本当に異様であった。山火事の後、地域の植林活動などにより緑で覆われるようになってきている。

参考文献

環境省：瀬戸内海国立公園ホームページ

<http://www.env.go.jp/park/setonaikai/intro/index.html>

[藤原身江子 (株式会社ウエスコ)]

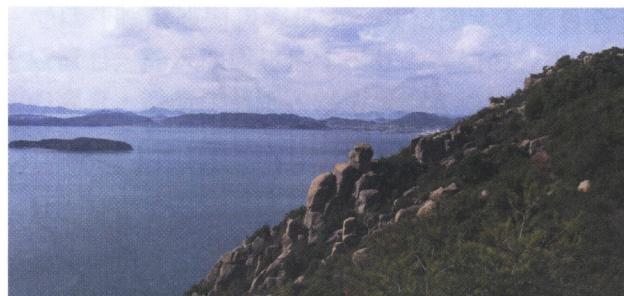


写真3 王子が岳斜面の巨岩

風化形態が、これらの造形美を作り出している(写真3)。

にこにこ岩

露出した花崗岩が独特の山容を呈する奇岩地帯も瀬戸内海の特徴的な景観であり、多くの人々が訪れる場所となっている。王子が岳もそのひとつで、名前は百濟姫の8人の王子（柴坂の王子、坂

各地の博物館巡り

沖縄県宮古島市
「宮古島市地下ダム資料館」
—水への想い 未来に伝えたい···—

はじめに

宮古島は沖縄本島南西約300kmにあり（台湾からもほぼ同距離）、「全日本トライアスロン宮古島大会」で有名な島です。

宮古島には世界の土木構造物でも珍しい「地下ダム」が数ヶ所建設され農業用水源として利用されています。当地にはこの地下ダムの建設技術や宮古島の地形地質を専門に展示している「宮古島市地下ダム資料館」があります。今回はこの施設をご紹介します。資料館は「福里地下ダム」流域内にあります。

1階の展示

(1) 宮古島の地形地質

玄関ホールに入ると、南西諸島にしか分布しない新生代第四紀更新世の「琉球石灰岩」の岩石サンプルが展示されています。琉球石灰岩は造礁サンゴや炭酸物質遺骸片等より構成されています。資料は直径1mほどのコアサンプルでサンゴ骨格や巻貝類の化石を肉眼で見ることができます。



写真2 琉球石灰岩（柱状サンプル）

玄関ホールにはパネル・模型を用いて宮古島の



写真1 地下ダム資料館の全景

自然・地形地質について説明しています。地下ダムの位置やかんがい排水計画図をみることができます。宮古島の井戸（写真）や農業のコーナーでは、昔からの水利用やその苦労、水の恩恵による島の農業や特産物が紹介されています。

(2) 地下ダムの建設技術

地下ダムの模式模型が展示されています。これは止水壁より上流側を見た断面を表し、止水壁でダムアップ（貯留）された地下水は取水井戸によってファームポンドに汲み上げられ、本線・支線を経て各農業施設に配水される、という地下ダムかんがいシステムを立体的に見ることができます。



写真3 地下ダムの模式模型（帯水層や配水方法の状況がわかるように模式化している）

当地にある「砂川地下ダム」の止水壁は堤長1,677m、堤高50mという大規模なもので、この止水壁は単軸・三軸オーガーを用いてセメント・粘土と掘削土を混合した「原位置攪拌工法」で施工されています。どのような手順で施工されたのでしょうか？この施工方法・工事誌（施工記録）を映像で紹介するコーナーがあります。また、施工手順についてポスターや稼働式立体模型

での説明もありますので、どういう手順で作られていったかをすぐに理解できます。



写真4 止水壁の施工方法・手順

(1階から地下室へ)

回り階段を降ります。階段の中心には実際の止水壁施工に使用された三軸オーガー（各削工軸 $\phi 550\text{ mm}$ ）が飾ってあります。

地下室の展示

地下室は「地質の部屋」と言ってよいコーナーです。全長 70m の地下ダム（福里副ダム軸部）地質ボーリングコア試料が観察できます。琉球石灰岩は棒状～礫・土・砂状とその岩相変化は著しく、サンゴ化石や、ルーペでみると有孔虫などの微化石を観察することが出来ます。深度 66m からは島尻層群（新第三紀泥岩：基盤岩）が出現します。多孔質・礫状の石灰岩と泥岩では数字を示さなくともその透水性の違いは肉眼でも明らか。「宮古島の地質は地下ダムを造るのに最適」と言うことがよくわかります（ちなみに、透水係数は琉球石灰岩： $3 \times 10^{-3}\text{ m/s}$ 、島尻泥岩： $1 \times 10^{-8}\text{ m/s}$ 程度と評価されています）。石灰岩の微細構造や構成化石などの岩構造を見て触れて、楽しめるでしょう。



写真5 地下室 コア箱が展示されています。

(地下室から 1 階へ)

回り廊下をゆっくりと上り、ふたたび 1 階へ。最後に水のコーナーがあります。人力ポンプや水の種類。1 日 1 人で平均どれぐらい使うか？、スイッチを押すとこんなに使っている！、とのライト表示にびっくりします（水を大切に！）。

野外施設

館内を見終わりましたら野外施設へ。ここは公園になっていて、地上に露出した地下ダム止水壁が見られます。止水壁によってダムアップされた地下水が壁を越流して下流に落下している様子が一目でわかります。地下ダムは「地下に水を溜める」施設であると言う意味を実感できるでしょう。



写真6 福里地下ダムの止水壁

[地下ダム資料館へのアクセスは]

宮古空港から車で 25 分。県道 78 号線福里バス停 50m 先を右折し、施設案内標識に従い約 5 分



料 金：大人 300 円、子供 100 円（団体割引有）
開館時間：(4~9月) 9:30~18:15

(10~3月) 8:30~17:15

休館日：毎週月曜日、年末年始 12/29~1/3・6/23

(株式会社 新生建設コンサルタント 與那原信夫)

関東地方の石材

私は、「きれいな硬い岩石（ハードロック：音楽 Hard Rock も…。）」、特に花崗岩類が大好きな地質コンサルタントです。現場に行くたびに後先考えずサンプルを探ってくるので、我が家や職場の机の周りは、全国各地の石であふれています。

この度、縁あって、関東地質調査業協会・技術委員会のメンバーとして「大地の恵み」を執筆することになり、迷わず「石（材）」の話にさせて頂くことにしました。

改めて色々な資料を収集整理してみると、関東地方からは、私が知らなかつたものも含めて多くの石材が産出することがわかりました。紙面に限りがありますが、できる限りそれらを紹介したいと思います。

1) 東京都

東京都？ 石材？ と思いますが…あるのです！ もっとも、新島ですが。

◆抗火石（こうがせき）

東京都新島向山火山産の軽石質の流紋岩。耐火・耐酸性に優れ、江戸時代から「いろいろ」等に使用された。大正時代以降「抗火石」の商品名で出荷され、防火壁等の構造物、消音材等の建築材に利用された。渋谷駅の「モヤイ像」は抗火石製（写真1、2）。

2) 千葉県

私の住む千葉県は、地形・地質状況からもわかるとおり、石材の産出は少ないようです。

主な石材としては、鋸山付近の「房州石」（凝灰質砂岩）、勝山産の砂岩、東海岸太見の砂岩、銚子の銚子安山岩等です。

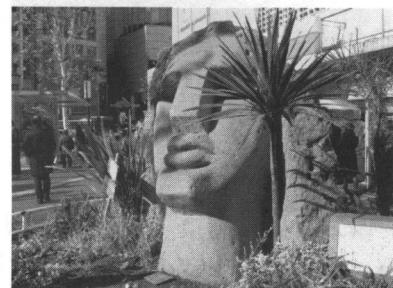


写真1 渋谷駅のモヤイ像



写真2 抗火石の近景

3) 茨城県

茨城県といえば、何といっても、「稻田石」をはじめとする花崗岩類です。

◆稻田石（いなだいし）

筑波山の北側の茨城県笠間市稻田地区より採掘される黒雲母花崗岩。形成年代は6,000～6,500万年前。「白みかげ」と呼ばれ、特徴は硬質で耐久性に優れ、大きな材料が採れること。日本橋（写真3、4）や東京の都電の敷石等をはじめ、墓石や土木・建築材等、あらゆる分野に幅広く使用されている。主な使用例に、前述のほか国会議事堂、日本銀行、国立劇場等がある。

◆坂戸石（さかどいし）

茨城県岩瀬町西飯岡で採掘される花崗岩類。稻田石よりやや黒味を帯びる。外柵、土木用材、モニュメント等で使用されている。



写真3 日本橋

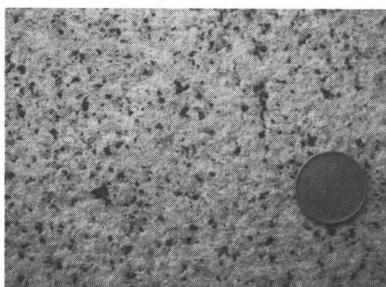


写真4 稲田石の近景

◆羽黒青糠目石（はぐろぬかめいし）

茨城県岩瀬町上城地区で採掘される花崗岩類。やや青味がかった深い色ときめ細かさから高級品と位置づけられ、高級墓石、彫刻品等に使用されている。主な使用例には、靖国神社、横浜外国人墓地等がある。

◆真壁石（まかべいし）

茨城県真壁地区の加波山系で採掘される花崗岩類。墓石、燈籠、土木・建築材等、幅広い分野で使用されている。主な使用例には、迎賓館、つくばセンタービル（写真5、6）等がある。



写真5 つくばセンタービル広場

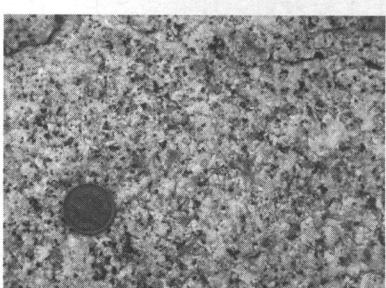


写真6 真壁石の近景

◆やさとみかけ

茨城県八郷町の加波山で採掘される花崗岩類。淡い青味を帯び、適度な硬度のため加工しやすく、墓石、モニュメント等に使用されている。

◆寒水石（かんすいせき）

茨城県北部から採掘される結晶質石灰岩。阿武隈山地南端の古生層に属する。白色や濃緑色・灰色の縞（しま）模様がある（写真7、8）。建築・彫刻に使用される。



写真7 寒水石の露頭



写真8 寒水石の近景

4) 埼玉県

日本地質学発祥の地「長瀬」が有名な埼玉県ですが…。石材はあまり産出しないようです。

◆貴蛇紋（きじゃもん）

貴蛇紋は埼玉県秩父郡皆野町上三沢や東秩父村坂本等で採掘される。暗緑色に淡緑色の脈が入った蛇灰岩。淡緑色の脈は蛇紋石を含む方解石。装飾用石材・壁床材などに利用される。埼玉県皆野町金崎小坂産は、黒、緑、白の各色が交ざり合っており「鳩糞石」と呼ばれる。

5) 栃木県

栃木県といえば…、そう、全国的に有名な「大谷石」です。

◆大谷石（おおやいし）

栃木県宇都宮市大谷町で採掘される緑色凝灰岩（軽石質凝灰岩）（写真9、10）。新生代第三紀中期中新世の宇都宮層群大谷層に属する。色や質感に



写真9 大谷觀音

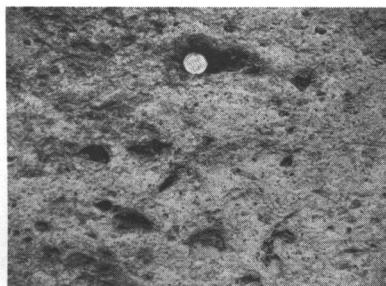


写真10 大谷石の近景

温かみがあり、耐火、耐震、耐湿性に優れている。脱臭効果があるのも特徴。石壙、石蔵、敷石、内外装材等で使用されている。

◆芦野石（あしのいし）

栃木県那須町で採掘されるデイサイト質溶結凝灰岩。芦野石はほとんどが白河火碎流中の芦野火碎流（新生代第四紀前期更新世）に属する。加工しやすく墓石、建築土木用に利用されている。福島県白河地方産の同様の石材は「白河石（しらかわいし）」と呼ばれる。

6) 群馬県

◆沢入石（あしのいし）

群馬県勢多郡東村沢入地区より採掘される白色系の花崗岩類。別名・渡良瀬みかけとも呼ばれる。墓石、外柵用として関東地区で使用される。

◆多胡石（たごいし）

群馬県多野郡吉井町大沢・多胡、甘楽町天引から採掘される茶褐色系の砂岩。新生代第三紀中新世の富岡層群牛伏層に属する。大正初期より採掘

され全国に出荷されている。硬質で粒子が粗いが、磨耗しにくく耐久性に富む。木目模様の味わい深い縞模様が特徴的。建築内装材、浴室、敷石などのほか灯籠にも利用されている。

◆沢入みかけ（そうりみかけ）・渡良瀬みかけ（わたらせみかけ）

群馬県勢多郡東村沢入地区から草木地区から採掘される。群馬県を代表する鉱石の一つ。中世代の黒雲母花崗岩。石質は緻密。主に外柵、修景材などに使用される。

群馬県からは、このほかに、「赤城小松石（あかぎこまついし）」・「赤城真石（あかぎまいし）」、「欄石（くぬぎいし）」、「三波石（さんばいし）」等が産出する。

7) 神奈川

神奈川県といえば、やはり箱根火山です。

◆小松石（こまついし）

神奈川県真鶴駅北西側の箱根古期外輪山から産出する安山岩。細粒で緻密。本小松石とも呼ばれる。鎌倉時代から利用され、江戸城石垣に使用される等、明治時代に「稻田石」が用いられるまで関東地方の石材の主流であった。真鶴半島産の「新小松石」は、小松石にくらべて粗粒でやや白い。

神奈川県からは、このほかに、「根府川石（ねぶかわいし）」等が産出する。

■引用文献

- 1) 新版 地学事典, 地学団体研究会編, (株)平凡社, 平成8年10月
- 2) 「石材図鑑」, 平塚市博物館公式ページ
- 3) 「日本の鉱石」, 日本石材工業新聞社ホームページ

●参考資料

- ・建築用石材総合カタログ「地球素材」, 全国建築石材工業会, 平成15年2月

[明治コンサルタント株式会社

本社 技術統括部 佐藤尚弘]

地すべり地における地下水排除ボーリング工の排水性能調査について

あべ たいし・たけし・としや**
阿部 大志・武士 俊也**

1. はじめに

地すべり対策として地下水排除を目的とした横ボーリングなどが多数施工されているが、地中の施設であるため、孔曲がりやボーリング工からの漏水などの実態はよく判っていない。しかし、孔曲がりが水平方向に発生した場合はボーリング設置の偏りや密度低下、鉛直方向の場合は帯水層への未到達などの問題がある。また、保孔管として長年使用されている塩ビ管では、地下水の不飽和部分で漏水することによる排水効率の低下が懸念されるとともに、様々な特性を持った保孔管が複数ある中で、排水性・施工性・経済性等の面において、現場条件に応じた適切な保孔管の選定が求められる。

共同研究では土木研究所と民間 8 社 ((株)アクア・コントロール、(株)宇部建設コンサルタント、(株)東建ジオテック、鉱研工業(株)、(株)エスイー、日本基礎技術(株)、鹿島建設(株)、フリー工業(株)) による「地すべり地における地下水排除ボーリング工の性能調査」と題して、地すべり対策のひとつである地下水排除ボーリング工を対象として、既設あるいは施工中の地下水排除ボーリング工の孔曲がりや漏水について実態を明らかにするとともに、地盤状況を模擬した排水性能の室内試験により、効果的な地下水排除ボーリングの施工方法や適切な保孔管の選定について検討している。

2. 既設パイプの性能評価試験

保孔管の排水性能については、既存の 12 種類の保孔管を対象として、地盤状況を模擬した排水性能の室内試験¹⁾を行っている。地下水排除ボーリング工事において削孔される孔の口径が 90

mm 以上であるのに対して、保孔管の外径は 50 mm 程度のものが多い。

現場に施工された保孔管の現場条件のイメージを図 1 に示した。地すべり対策における保孔管のイメージは 2 通りあると予想される。ひとつは図 1 (a) のように保孔管の周辺が空洞となっている状況である。これは削孔でできた孔壁が崩れずにその形状を維持しているもので、岩盤の様な比較的に固い地盤や地すべり土塊の外の地盤状況を想定される。この場合、削孔後に裸孔部となった孔壁に水がしみ出し、しみ出した水が保孔管内に流入し排水される。このような場合には保孔管上面からの水の浸入は考えにくく、保孔管下面ないしは側方から水が流入すると予想される。

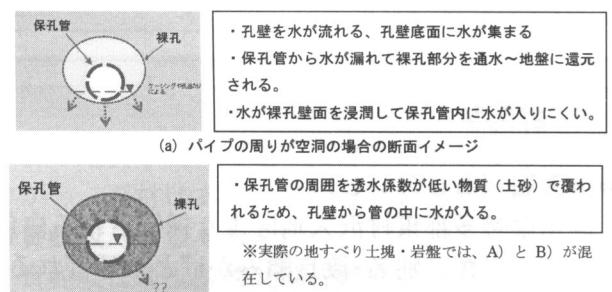


図 1 保孔管の現場設置状況のイメージ



写真 1 アクリルパイプを用いた室内試験（孔壁自立を想定したケース）

*(独)土木研究所地すべりチーム上席研究員

**(独)土木研究所地すべりチーム研究員

一方、図1(b)は、孔壁崩壊して保孔管の周辺を崩壊した土砂により埋め尽くされた状況を想定している。この場合、孔壁を維持できない比較的に軟質で水の浸透による土粒子の流失の影響を受けやすい地盤状況であり、脆弱な土砂や砂質分の多い地盤で起こりうる。これらを踏まえて、孔の壁面が自立する場合(写真1)と孔壁が崩壊する場合(写真2)を想定して室内試験を行っている。現在、これらの室内試験に加えて孔の天端から水が滴る場合を仮定して追加試験を実施する予定である。

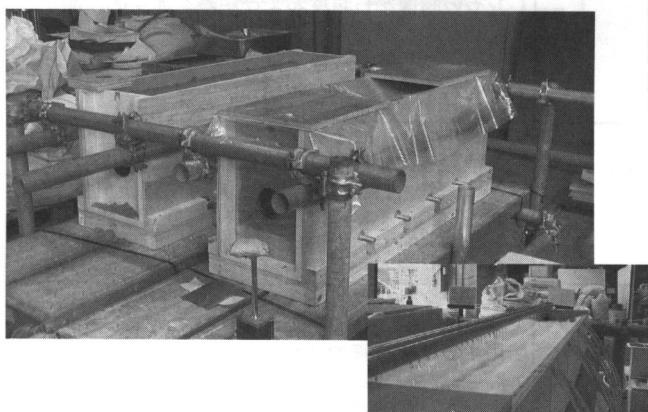


写真2 土槽を用いた室内試験(孔壁崩壊するケースを想定)

3. 孔内カメラ観察および孔曲がり測定による調査

3.1 孔内カメラ観察

孔内カメラ観察は施工された既設の集水ボーリング工や横ボーリング工の保孔管にボアホールカメラ(borehole camera)を挿入して行われる。孔内カメラ観察の目的は、集水した地下水の流入や保孔管内からの漏水の実態を確認することであるため、ボーリング削孔壁面を観察し、地山の亀裂の詳細や岩級区分するための地質調査で用いられる全円周型式²⁾ではなく、カメラ前方を観察できる型式を用いる。後者は管内カメラとも言われる。

図2は、保孔管内への地下水流入位置、地下水下区間、土砂等の付着物から想定される流下痕跡、流量目安をまとめて示した孔内カメラ観察結果である。図中のNo.3, No.5, No.9およびNo.11では、保孔管内に地下水が流入しているが、途中で漏れていることが分かる。ボアホールカメラによって保孔管内を観察することにより湧出した地下水が保孔管に流入の仕方や地下水が途中で漏れていたことが明らかになりつつある。例えば、写真3に示されるように地下水は保孔管の下方のストレーナーから管内に流入している。一方で、写

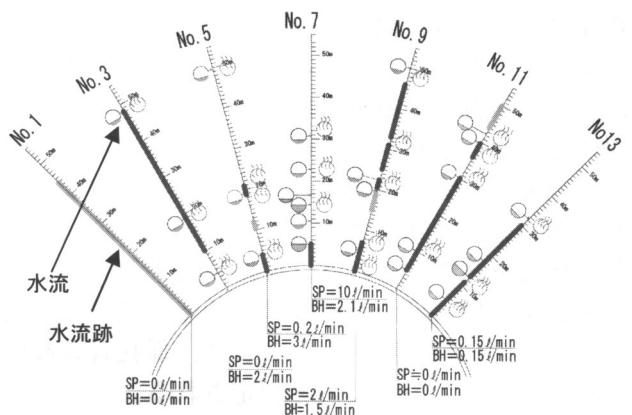


図2 保孔管のボアホールカメラ観察³⁾

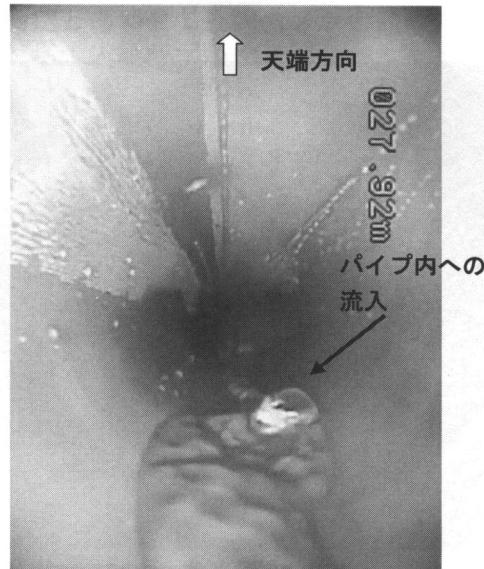


写真3 保孔管内への流入

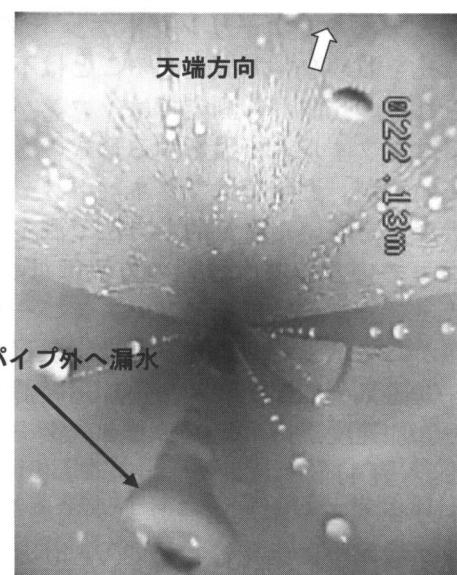


写真4 保孔管内の漏水

真4に示すように保孔管内を流下していた水はストレーナーから漏れる。ここで、挿入したカメラは姿勢を保持できる機能を有していないために天端の方向がバラバラであることを補足する。

このように保孔管内では、地下水流入および漏水の多くは、パイプ下方もしくは底面で生じることが確認された。これは、前掲の図1(a)のように削孔径と挿入される保孔管の口径の違いや空洞や施工後の孔壁の吸い出しにより、保孔管の周囲に隙間ができているためと想定される。

写真5は、破断した保孔管を示したものである。この保孔管は1986~87年に施工されたもので、施工後の地すべり変動により生じたと想定される。

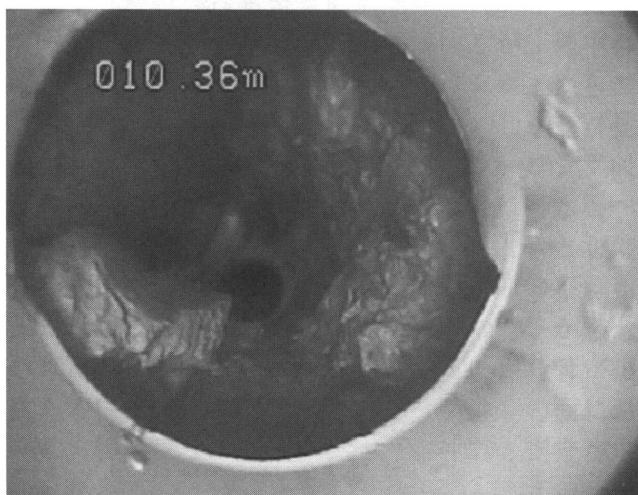


写真5 保孔管の破断

3.2 孔曲がり測定

孔曲がりとはボーリング孔が掘進中にその孔が曲がることであり、ボーリングポケットブック⁴⁾によれば孔を曲げないで掘進することは不可能に近いとされる。孔曲がり測定では、コンパスや気泡式傾斜計をフィルムで撮影する形式のものが用いられていたが、近年ではマグネットメーターや加速度計などを用いた電気的な方法で測定できるようになっている。深度管理の方法はロッド式、ワインチ・シープ式、ロータリーエンコーダー式の3種類がある。また、測定原理は①磁石式、②気泡式、③磁気・加速度計式、④加速度計・ジャイロ式、⑤加速度計・ポテンショメーターの5種類である。(表1)

横ボーリング工や集水ボーリング工の多くは、ボーリング掘進後に保孔管としてVP40と呼ばれる塩ビ管が挿入される。孔曲がり測定は、保孔管内にて行われるため測定用プローブの外径はφ40mm未満である必要がある。一方、排水ボーリング工の排水管には内径φ90mm程度の鉄製品で

表1 孔曲がり測定機器の種類と概説

名称	内容
1. ドリフトログ	<ul style="list-style-type: none"> ・プローブ外径はΦ32mm。 ・磁気式方位計を使用、鉄管は不可。 ・仰角は鉛直から±30度までの測定のため、水平は不可。
2. 孔曲がり測定装置	<ul style="list-style-type: none"> ・プローブ外径はΦ35mm。 ・3軸(磁気、加速度)センサーで測定、方位計を使用するため鉄管では仰角のみ可。 ・仰角は鉛直下向きから水平までの測定の為、上向きの場合は不可。測定計器は鉛直用になっている(ワインチでおろす)ため、水平の場合は押し込み用の細工が必要。
3. MAXIBOR	<ul style="list-style-type: none"> ・適用孔径はΦ46mm以上。外径が大きくなるとセントライザを必要とする。 ・反射リングと水泡の位置を内部CCDカメラが撮影し、その画像から角度および距離を光学的に測定しているため、鉄管でも使用可能。 ・計測は3m or 1.5mピッチのみ。ボーリングロッド等で押し込み可能。測定条件は測定孔の内径変化が無いこと。測定範囲は鉛直から2°以上。
4. シングルショット	<ul style="list-style-type: none"> ・プローブ外径はΦ35mm。 ・方位磁石式、鉄管は傾斜角のみ測定可。 ・小型軽量、1人で運搬可能。現場で現像ができる。方位磁石を写真で撮影する。1回ごとに引き抜く必要がある。特定深度の孔曲がりの計測用、全深度測定する場合は手間が掛かる。
5. デジタルオンライン	<ul style="list-style-type: none"> ・プローブ外径はΦ35mm。 ・3軸(磁気、加速度)センサーで測定、方位計を使用するため鉄管では仰角のみ可。 ・2人で運搬可能であるが、ワインチが重い。 ・上向き、水平borにはロッドで押し込む。全磁力も同時計測、データの評価が可能。データは自動で取得。
6. ジャイロオンライン	<ul style="list-style-type: none"> ・プローブ外径Φ54mm。 ・ジャイロ&加速度センサー、鉄管でも測定可。 ・測定は相対角度のため別途孔口で方位測定が必要。
7. TUG-NAVI	<ul style="list-style-type: none"> ・プローブ外径はΦ30mm~Φ40mm(開発中)、Φ45mm、Φ50mmの3機種。 ・加速度計&ジャイロ式、鉄管でも測定可。 ・測定は相対角度のため別途孔口で方位測定が必要。
8. RPS 管路計測装置	<ul style="list-style-type: none"> ・プローブ外径はΦ54mm、Φ63.5mmの2機種。 ・ジャイロ&加速度センサー、鉄管でも測定可。 ・測定は相対角度のため別途孔口で方位測定が必要。先端にCCDカメラが取り付けられている。
9. 孔の助	<ul style="list-style-type: none"> ・プローブ外径はΦ60mm。 ・地中の磁場による影響を受けない(傾斜: 加速度計、水平方向: ポテンショメーター)・適用径: 水平型: 79mm~120mm、鉛直型: 125mm、200mm・計測範囲: 水平型: 水平方向の±40°、鉛直型: 90°・分解能: 傾斜角0.005°、水平角0.04°

1. ~3.:応用計測サービス(株), 4. ~6.: (株) 村田製作所, 7.:多摩川精機(株), 8. ライト工業(株), 9. (株) エーティック(2010年3月調べ)

あるガス管(SGP)が用いられることが多く、これらを測定するプローブの計測原理は磁性の影響を受けない②、④、⑤である必要がある。

集水井内の集水ボーリング工の測定作業は、運搬設置と計測作業の2つに大別される。図3に集水井内の孔曲がり測定のイメージを示した。運搬設置では、搬入路や運搬車の確認をして、集水井内へ機材を搬入する。このとき使用する機材は、足場の他に重さ約60kgの孔曲がり測定装置や発電機などである。なお、作業スペースは2.5

m^2 程度である。

測定作業では、測定器の電源を入れた後に、①孔曲がり測定プローブを軽量ロッドで保孔管の中へ押し込み深度1mごとに測定する方法(写真6)、②測定プローブを保孔管の先端まで挿入した後に引き抜きつつ測定する方法がある。

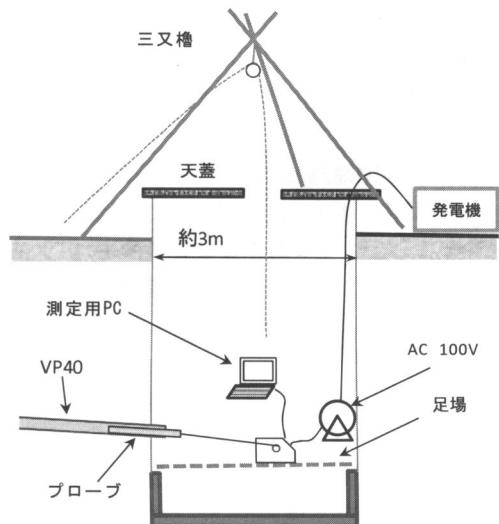


図3 集水ボーリング工の測定イメージ⁵⁾



写真6 集水井内の孔曲がり測定作業例

集水ボーリングの孔曲がり測定結果を平面に整理した一例を図4に示す。図中の破線は設計上の計画である。

この集水ボーリング工では設計延長40mに対し、測定長さは40.0~41.3mで最深部まで計測することができた。なお、孔曲がりの測定値は、設計上の直線からの離れを10倍に拡大表示している。設計上の先端間隔は10m、No.3~5の間は5mであるのに対して、実測では9.0~12.6mとなり、設計計画よりも左側に位置するものもあれば、右側に位置しているものも見られた。これら孔の曲がり方の特徴としては、①孔口は設計値であるが徐々に変化してゆくもの、②孔口から仰角が変化しているものがあり、それぞれ削孔時の孔曲が

りやボーリングマシンの据付誤差などの原因であると考えられる。

一方、排水ボーリングの孔曲がり測定では、排水ボーリングの呑み口からの角度は-1.5~+1°であり、距離に換算すると呑み口から吐き口を結んだ直線から0.3~0.2m程度と吐き口に向かって右方向に曲がっていた。このような孔曲がりの原因は施工手順、マシンや足場条件、削孔スピードと考えられる。

4. おわりに

今後は、保孔管の排水性能実験を進めるとともに地すべり地における地下水排除ボーリングの孔曲がり測定とあわせて孔内カメラの観察データを蓄積し、地下水排除工の漏水の実態把握を踏まえて地下水排除ボーリング工の性能評価を行う予定である。

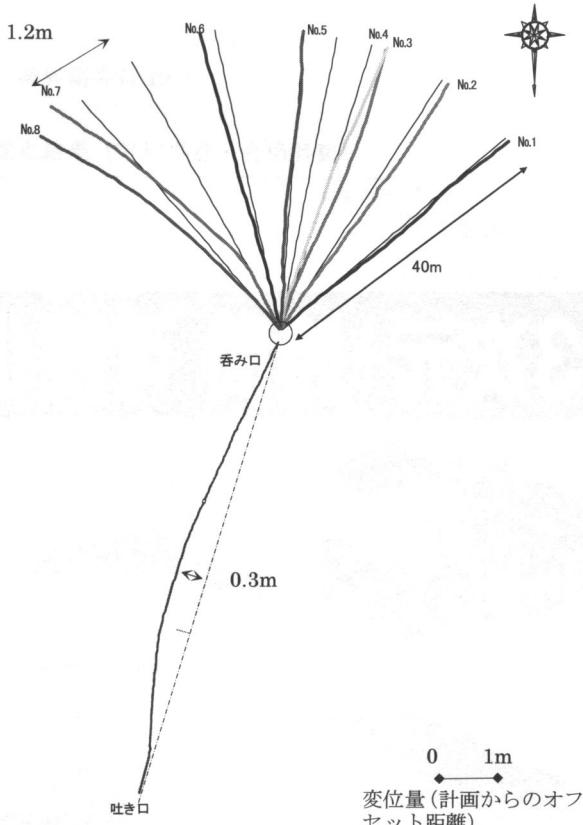


図4 保孔管の測定結果例(平面)

参考文献・引用文献

- 1) 阿部大志・小原娘子・藤澤和範・千葉伸一・窪塚大輔 (2010) : 集水ボーリング工を模した実験装置の構築と基礎実験、日本地すべり学会、第49回日本地すべり学会研究発表会講演集, pp. 223-224.
- 2) 電源開発株式会社土木設計部 (1977) : 全円周式ボアホールカメラによる孔壁の撮影、応用地質, Vol. 18, No. 1・2, pp. 63-67.
- 3) Haruo Kitamura, Hiromi Ishimoto, Yoshio Konishi,

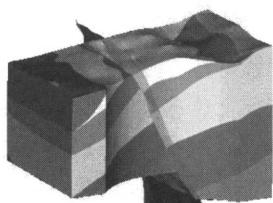
Kazunori Fujisawa, Taishi Abe, (2010): Development of perforated drain pipe to enhance collection efficiency of ground water and its performance, The 3rd Korea-Japan Joint Symposium for Landslide Disaster Mitigation 2010, August 9 2010, Korea, pp.

41-46.

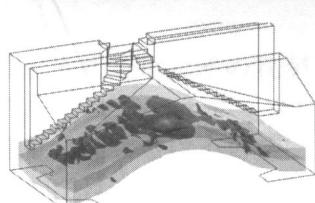
- 4) 社団法人全国地質調査業協会連合会 (1993) : 新版ボーリングポケットブック, pp. 172-175.
- 5) 武士俊也・阿部大志 (2011) : 地下水排除工の孔曲がり実態調査, 土木技術資料, Vol. 53, No. 3 (投稿中)

3次元+時間 可視化技術

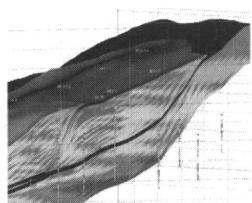
MVS(Mining Visualization System)
EVS(Environmental Visualization System)



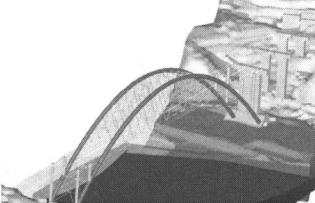
層状データ



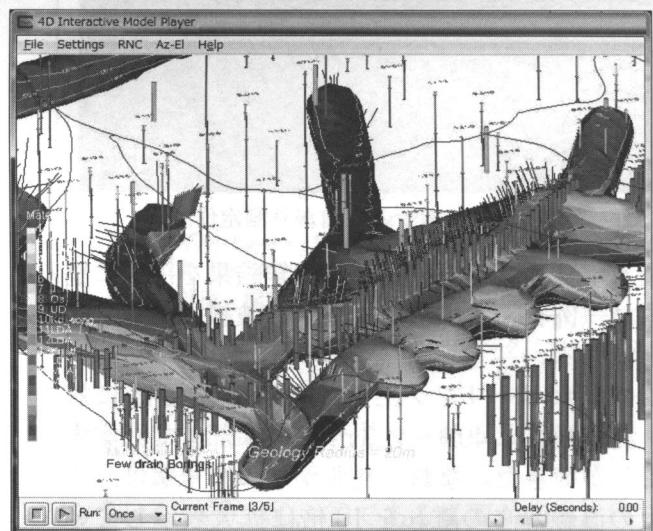
連続値データ



離散値データ



構造物データ



4D Interactive Model Playerで自由に配布



ohtageoresearch

検索

MVS・EVSは、地層のような層状データ、計測値・プリュームなどの連続値、岩級区分などの離散値、および構造物データを3次元表示し、その変化も表現します。そしてモデルは、無料のビューアーで顧客に配布できます。

有限会社 太田ジオリサーチ
<http://www.ohta-geo.co.jp/>

無料3次元可視化モデル自動作成配信サービスは太田ジオWEBから

TEL 078-907-3120(担当:林)