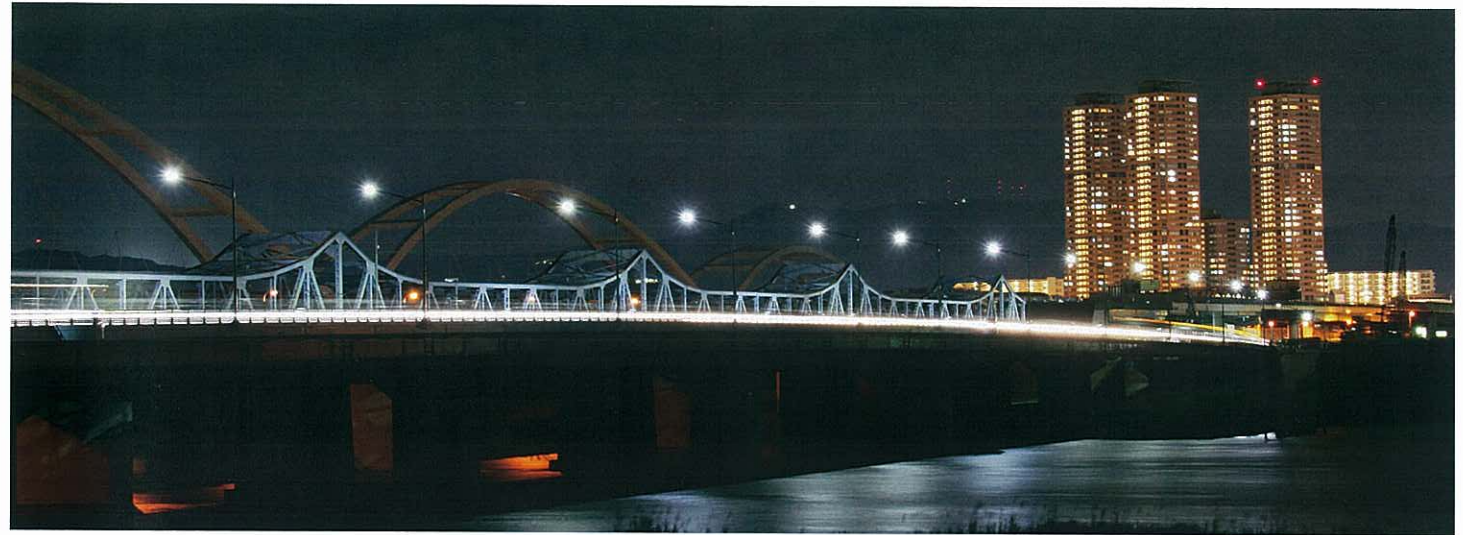


# CENTER NEWS

2012.7

KG&ERc

No.311



## 目 次

原点回帰 小路 博之	1
5月 定例理事会	2
第32期 通常総会報告	3
平成24年小委員会合同会議およびモデルキャリアプラン説明会開催報告	5
技術者紹介コーナー（第100回） 柏木 美智代	6
【シリーズ：表彰論文⑦】 本山 普士	中小企業人材確保推進事業コーナー
砂防えん堤基礎部における電気探査の適用事例	8
十津川災害現場見学会の感想 井戸 幸博	10
十津川災害現場見学会の感想 林 あい	12
「奈良の地盤災害現場を見に行こう！！」に参加して 梅林 豊	14
平成24年度支援サービス小委員会見学会報告	16
【シリーズ：不確かさの実践⑨】	17
表紙説明 中山 義久	20
編集後記	21

### 表紙説明

最上段：現在の鳥飼大橋（平成24年6月26日）

中段左：平成16年ころの姿（注）

中段右：平成22年3月～平成24年4月ごろまで

下段左：平成24年6月10日撮影

下段右：平成24年6月16日の南詰

詳細説明につきましては、20ページをご覧ください。

（注） [http://www.pref.osaka.jp/hirado/shisakujigyo/jigyo\\_06.html](http://www.pref.osaka.jp/hirado/shisakujigyo/jigyo_06.html)（2012.06.20取得）

（中山 記）



# 原点回帰

協同組合 関西地盤環境研究センター  
理事 小路 博之

今、私は東北仙台にいます。昨年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震以来初めてこの地に足を踏み入れました。地震以来というより、東北の地に来たのは高校の修学旅行以来なので25年ぶりぐらいになります。もちろん観光ではなく業務で来ています。

仙台駅の改札を抜け駅前を歩いた最初の印象は、地震による被害そして街ゆく人に閉塞感、微塵も感じられなかったです。しかしながら沿岸部に足を延ばしてみると、1年3か月たった今もガレキは積み上げられ、無残にも基礎と一部の塀が残った集落が目の前に広がっていました。その恐ろしい光景とは裏腹に、もう少し車を走らせると日本三景の松島（観光ではないです、業務です）が眼下に広がり美しい景色に時間を忘れる程です。自然の驚異と美しさの両方を目の当たりにした一日でありました。

この自然を相手に仕事をしているわれわれ地質調査業は、このたびの震災復興、またこれから起こりうるであろう東南海・南海地震に備えるために地盤情報の把握、震災だけではなく社会資本整備、そしてこの美しい日本の国土を後世に残すという大きな使命を担う業界の一つであり、それがわれわれにできる社会貢献だと信じてなりません。

さて、お題目に掲げました原点回帰ですが、業界を取り巻く社会情勢、経済活動は決していいものではないといえましょう。私は昭和44年生まれですが、もの心ついた幼少期から社会人になってからも数年間は、不況知らずの経済成長期だったことを覚えています。平成24年度も第二四半期に入り、急激な経済活動の好転は望めないものと思われませんが、いい時代も厳しい時代も仕事に対する姿勢は変わってはいけないと思っています。

どのような情勢下においても、安全・安心・良い成果品をお客様に提供することがわれわれの使命ではないでしょうか。あたりまえのことですが仕事の原点を再認識し、そして継続することが重要であると思います。

組合員の皆様、センターの職員さん、そして業界全体が共に発展するよう頑張っていきたいと思います。

# 平成24年小委員会合同会議および モデルキャリアプラン説明会開催報告

センター長 中山 義久

去る6月1日大阪キャッスルホテルにて各小委員会、小委員会合同会議、モデルキャリアプラン説明会が開催されましたので報告いたします。

現在、センターには情報化小委員会、支援サービス小委員会、事業検討小委員会の3つの小委員会に組合員企業より委員を派遣して頂いております。これらの小委員会はセンターの行う事業に対して組合員の立場（技術者・営業）として提案、意見などをお聞きし、健全な組合運営に活かされております。当日は各小委員会を招集し、その後合同小委員会を開催しました。この合同小委員会は各小委員会間の横の繋がり強化や業界内の人脈形成の場となるよう、毎年1回開催しております。

今回はさらに一昨年より補助事業として人材活用事業を行っており、その一つとしてこの3月に組合員企業向けにモデルキャリアプランを作成しました。このモデルキャリアプランを組合員企業の技術者育成に利用できるよう説明会も同時に開催いたしました。

全ての会議終了後、乾杯をして一層の懇親を深めました。



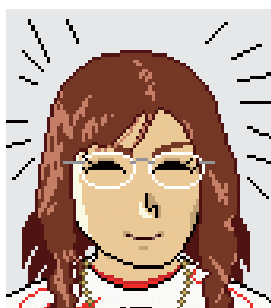
モデルキャリアプラン説明会



吉田さんの乾杯で懇親会スタート



小山さんへ突然の指名にも柔軟に対応



所 属：株式会社 しらはましすい 白浜試錐  
 氏 名：柏木 かしわぎ 美智代 みちよ  
 入 社 歴：22年

株式会社コスモテックの田中未来さんからご紹介いただきました、株式会社白浜試錐の柏木と申します。

平成23年台風12号災害では、皆様方に変御世話になり誠に有難うございました。

特に、この災害に関しての設計の方向、考え方、余すところなく全てのお知恵を戴いたこと、本当に感謝致すところです。

ようやく災害地質関係の仕事も落ち着きを見せましたが、これからの梅雨時期の再活動に関しては、新たに気を引き締め、一日も早い復興を目指すばかりです。

また、ここ紀伊半島は、南海道トラフの影響を最も受けやすい地理条件に位置し、この南海トラフのおかげで付加形成された紀伊半島ではありますが、プレート地震が引き起こす津波の被害は、昭和南海地震を超える規模になると想定しております。

以前、プレートを震源とする地震が2回発生しました。マグニチュードは小さいのですが津波警報が発令され、海岸付近は立入禁止となりました。

そこで、この規模の地震でどれくらいの津波が白浜にやってくるのかと、家族の反対を押し切り、一人で見に行きました。(皆さんまねをしてはいけません)

約0.3mの高さではありましたが、第1波、続いて第2波…。

この沖積低地にも河川から津波がくる。と確信し、5年前、念願の丘陵地に家を新築いたしました。

幸いにも、まわりのお膳立てがあって…、不動産屋さん、設計屋さん、工務店さんに絵を描かれ…いや、全てが絵に描いたように事が進み…、いやいや突然「今から土地を見に来て」と電話がかかり…

兵庫県南部地震の前兆を記録した1冊の本に出会い、自然の不調和を敏感に察知できる動物の本能に非常に興味をもちました。

ペットを飼うことは予想していませんでしたが、私の曖昧な返事が基で1匹の犬を飼う羽目になりました。

理想はお利口で賢い犬…現実には脱走犬でよく吠える犬。

一つだけ感心なところは、よく歯をみがくところですかね…



この新築には裏があって、建てるならこんな家！

ひとつ、家に温泉があること。ふたつ、海が見える事。みつつ、家庭菜園ができること。よつつ、車が4台置ける事。いつつ、四季の移り変わりが感じられる事。むつつ、自分の書斎があること。他、いろいろ…

「一念岩をも通す」ってすごいよなあ。人生プラス思考ってだれが言ったんだろう。

元々ケチな人なのか、eco な人なのかは想像にお任せして、「お金を使う事は必要最小限に留める」という私の規則がありまして、誰かに言わせると「金は天下の回りもの」使わなまわってきえへん。と。そこで、家にカーボンニュートラルの薪ストーブをおくことになりました。（なんでやねん！）

化石燃料を使わずカーボンネガティブになることはない。ストーブのために吹き抜けを設け2階へは小窓から暖められた空気が流れるので、これ1台で家の中はあったかです。



ただ嬉しさのあまりつい余計なものまで買ってしまいました。eco fan っていうやつで、ストーブ左上に乗っかってるやつ。

ここからが大切！ Question です。

この fan はいったいどうやって回るのでしょうか。

答えはそう、今流行のゼーベック効果です。

不正解の方、ウィキペディアをご覧ください。

一つ申しておくのが遅くなりました。

先ほど、私はケチと書きました。

ストーブの燃料は、循環型社会形成推進基本法に則ったリユース品。sorry ¥0.- です。

大きなことを言いましたがついでもう一つ。この薪棚、私設計・2人組立で2×4で作りました。sorry 見積に驚いただけです。



つい2箇月前、うちに黒猫が迷い込みました。誰がみてもかわいくない迷い猫です。おかげで医者に通うこと数回。私ではなく黒猫「ヤマト君」の方です。この猫せっかくのマタタビにも無関心で、家犬にも堂々とした態度…かわいそうに犬の方が逃げてる。

「施して報を願わず、受けて恩を忘れず」って言葉があるやろう。

でも地震がくる前には猫さん。犬さん。よろしくお願ひします。

# 砂防えん堤基礎部における電気探査の適用事例

中央復建コンサルタンツ（株） ○本山 普士 國眼 定 岡島 信也 上田 大輔  
 (有) ネオサイエンス 城森 明

## 1. はじめに

中・古生層の岩盤が分布する地域（主に古生代石炭紀～ペルム紀）に土石流対策施設として砂防えん堤が計画されていた。このえん堤の計画地には、かつて鉱山が存在し、地下には旧坑道が網の目状となっていることが予め判明していた。このため、砂防えん堤の詳細設計にあたり、えん堤計画地における空洞の有無を把握することを目的として、電気探査を2測線実施した。

本報告では、その探査結果を報告するとともに、電気探査後に実施した確認ボーリング結果から、探査結果で認められた比抵抗値の実態についても考察する。

## 2. 調査地域の概要

対象地は、頂部標高1,000m程度の山地の山裾部にあたる標高350m付近に位置する（図-1参照）。

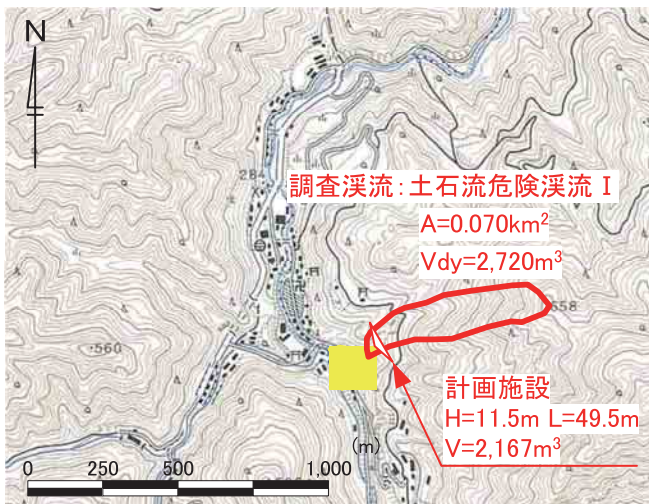


図-1 調査箇所の地形図

調査対象の溪流は流域面積  $A=0.07\text{km}^2$  である。流域は、谷出口近傍の1次谷（溪流長約220m）とその上流に続く0次谷（溪流長約465m）の経路1本により構成される。溪流の平均勾配は1/2.08（ $\theta=25.7^\circ$ ）となり、非常に急勾配である。

別途実施した調査により、本溪流からの計画流出土砂量  $V_{dy}$  は  $2,720\text{m}^3$  となっている。

計画えん堤は、計画流出土砂量全量の捕捉を目的として、谷出口に配置するものとし、堤高11.5m、堤長49.5m、堤体立積  $2,167\text{m}^3$  の規模のコンクリート重力式不透過型えん堤としている。

対象地周辺には、中生代～古生代の岩盤が分布する。特にえん堤計画地周辺では古生代石炭紀の変斑れい岩類、古生代ペルム紀の緑色岩類の分布が認められる（図-2参照）。



図-2 調査箇所の既往地質図

## 3. 調査位置と探査仕様

電気探査は、地面に接地した二箇所の電極棒から地盤に交替直流を流した時に形成される地盤の電位分布から地下の電気比抵抗を測定する探査方法である。今回は電気探査の中でも比抵抗断面としての情報が得られる高密度電気探査（四極法：ウェンナー及びエルトラン電極配列）と、その解析法として二次元逆（FEM）解析を用いた。電気探査の測線は、構造物基礎の位置における空洞の有無を把握することを目的とした調査であるため、主堤工（測線A）と前庭保護工（測線B）位置において溪流横断方向に2測線を展開した（図-3参照）。



図-3 電気探査の測線配置図

表-1 電気探査仕様一覧

測線名	測線長	電極間隔	電極数
測線A	79.5 m	1.5 m	54 極
測線B	40.5 m	1.5 m	28 極

#### 4. 探査結果

図-4および図-5に各側線の比抵抗断面図を示す。探査によって特徴的な比抵抗分布を見出すことができた。

##### ① 測線A (図-4参照)

谷の北西側と南東側で比抵抗の様子が急激に変化する。谷の北西側では、深度5m程度以深に $300\ \Omega \cdot m$ 以下の低比抵抗(暖色系)が広範囲に分布する。一方谷の南東側では深度5m程度以深に $2000\ \Omega \cdot m$ 以上の高比抵抗(寒色系)が広範囲に分布している。

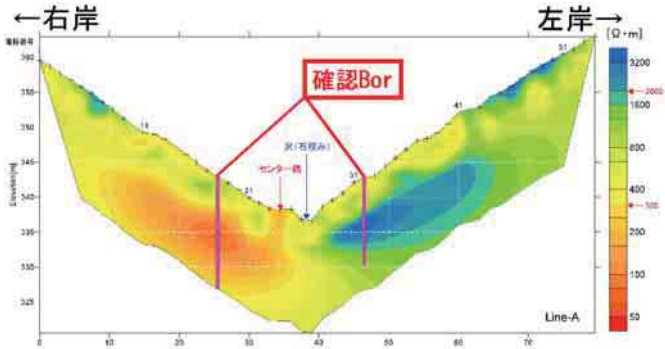


図-4 測線A (主堤位置) の比抵抗断面図

##### ② 測線B (図-5参照)

比抵抗分布の様子は、測線Aと類似する。谷の北西側に分布する低比抵抗は測線Aの低比抵抗と連続する比抵抗分布と考えられる。この低比抵抗分布は測線Aと比べて範囲が限定的である。谷の南東側に分布する高比抵抗も測線Aの高比抵抗と連続する比抵抗分布と考える。

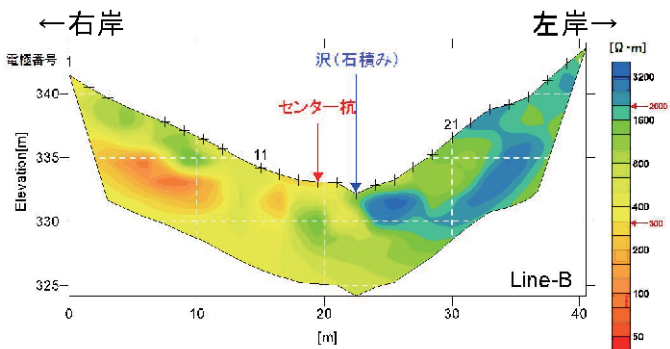


図-5 測線B (前庭保護工位置) の比抵抗断面図

これらの比抵抗分布から堤体直下の地盤状況を類推すると、低比抵抗領域、高比抵抗領域とも比較的斜面地山の広範囲に分布し、坑道等から推察される局所的な比抵抗異常部の存在が認め難いことから、今回探査結果の比抵抗分布の特徴は、空洞等よりも地山自体の地質の違い、地下水分布、含水状態の違いが現れているものと考えた。

#### 5. 確認ボーリングの実施

探査結果で認められた右岸側(図-4の左側)の低比抵抗帯、左岸側(図-4の右側)の高比抵抗帯それぞれにおいて確認のため調査ボーリングを実施した。写真-1に右岸側低比抵抗帯の深度のコア状況を、写真-2に左岸側高比抵抗帯のコア状況を示す。



写真-1 右岸側袖部中間地点のボーリングコア写真

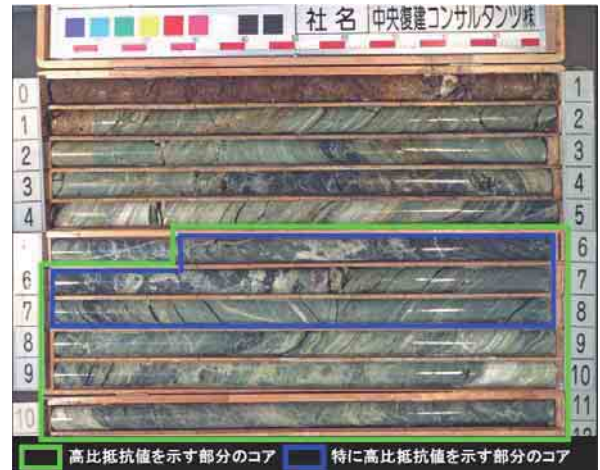


写真-2 左岸側袖部中間地点のボーリングコア写真

右岸側の調査ボーリングにおいては、低比抵抗帯の出現深度において熱水変質を受け部分的にカタクレーサイト化した緑色岩類・粘板岩の強風化(C<sub>L</sub>級)岩盤が、左岸側の調査ボーリングにおいては、高比抵抗帯の出現深度において、緑色岩類・粘板岩の新鮮(C<sub>H</sub>級)岩盤が確認された。

#### 6. まとめ

砂防えん堤基礎部に存在が予想された旧鉱山坑道にかかる空洞について、電気探査と調査ボーリングでその存在の有無を確認した。電気探査では、両岸袖部の基礎位置よりやや深い箇所において、右岸側低比抵抗帯、左岸側高比抵抗帯の分布を確認した。

結果的に空洞の存在は認められなかったが、今回の調査により地山の風化や変質の程度を比抵抗値として得ることができ、有用であった。

本事例を活かして、物理探査の適用事例を増やすとともに、得られた比抵抗値の設計への活用方法を検討していきたい。



# 十津川災害現場見学会の感想

明治コンサルタント株式会社 大阪支店

地盤調査課 井戸 幸博

平成 24 年 6 月 8 日（金）、奈良県十津川村で行われた台風 12 号災害現場の現地見学会に参加させて頂きました、明治コンサルタント株式会社の井戸と申します。このたびは災害現場の見学会といった貴重な機会を頂き誠に有難うございました。なお、今回見学会で訪れた災害現場は、急斜面がなかなか多く、私としてはまだまだ若造（？）のつもりでしたが、少々息が上がってしまいました。参加された皆様、本当にお疲れ様でございます。

さて、本見学会において、遠路はるばる奈良県十津川村までやってきたのですが、実は私の生まれは奈良県でして、高校まで奈良県で過ごしました。ただ奈良県といってもほとんど京都に近い府県境に住んでいたもので、恥ずかしながら、南部と言えば五條あたりまでしか訪れた記憶がありません。どこかしら、異郷のように感じていた十津川村をはじめとする奈良県南部地域でしたが、昨年の災害を機に、月に 1 度は十津川村まで足を運ぶようになりました。ただ非常に残念なことは、私が初めて目にする、あるいは踏み入れる奈良県南部地域に、崩れた斜面、無残にも潰された家屋、仮設住宅…といった愕然とってしまう程の光景が広がっていたことです。災害前はさぞ緑豊かで、のどかな風景だったことでしょう。

はじめに向かった赤谷地区については、弊社の地盤伸縮計が設置されており、機器設置の段階で幾度か足を運びましたが、その後はなかなか現場に行く機会がありませんでした。機器設置当時はその崩壊の大きさや、巨大な土砂ダム、土砂に埋め尽くされたキャンプ場の残骸など、災害現場というものを初めて目にして鳥肌がたったことを覚えています。

今回、見学会で訪れた赤谷地区では、鹿島建設(株)による河道改修工事が急ピッチで行われており、今度はその復旧の進捗具合にとっても驚かされました。工事用道路ができ、河床工事が進み、重機が往来するとともに現場作業員の方々が手作業で床固めの石材を積んでいました (Fig.1)。自然の脅威には確かに圧倒されるばかりでしたが、こうして元の生活を取り戻すために注がれる人力は大変素晴らしく、また力強いものであると改めて感じました。



Fig.1 床固工 (赤谷地区)

次に訪れた北股地区は、初めて見る災害現場でした。崩壊斜面は、発生土量の莫大さを物語っており、特に斜面上に土量が多く溜まっている様子が印象的でした (Fig.2)。

ここでは、熊谷組による河道改修工事が行われており、工事概要は、重機をオペレーターが遠隔で操作し、崩壊地頂部の不安定土塊を無人化施工で除去するというものでした。国内では、雲仙普賢岳に次いで2例目だそうです。



Fig.2 崩壊斜面下部に溜まった土砂

直接運転することによって作業効率は40%程度とのことで、確かに熟練されたオペレーターの方々の経験・技術力は、現段階において、コンピューターでは到底まねができるものではないと思います。しかし、今後の技術革新でより精度を上げ、こうした災害現場で特に実力を発揮するようになるのも時間の問題なのかも知れません。何より、現場作業員の方々の安全・安心を確保する技術としては、今後の発展は大いに期待できるものと感じました。

最後に、今年も梅雨が訪れて、台風がやってきます。地球温暖化の影響か、一度に降る雨の量が年々増加傾向にあるようですが、もし平成23年9月の台風12号のような累積1000mmを超える雨が降れば、また同じような災害が起きないとも限りません。たとえそうなった場合でも、昨年の災害の経験を生かし、ソフト面、ハード面での対策が進み、少なくとも尊い命が犠牲になることのないよう願います。

以上、私の感想を終わります。拙文にお付き合い頂き有難うございました。

# 十津川災害現場見学会の感想

株式会社 タニガキ建工

林 あい

2012年6月8日、(協)関西地盤環境研究センター様主催の「奈良の地盤災害現場を見に行こう！！」に参加させて頂きました。

平成23年台風12号による奈良県五條市、十津川村の土砂崩壊現場を見学させて頂いたもので、現在対策工事が行われている現場に行くことができました。

まず午前中は、災害時によく耳にした五條市赤谷地区を視察しました。資料によると、延長700m程度の崩積土砂が土砂ダムの堰を形成していたそうですが、視察時は、河道を埋めていた崩積土部分を掘削し、仮排水路工の護岸工事や堰堤の施工が行われていました。また、施工時の降雨にも対応できるように埋設された、暗渠排水管も見ることができました。土砂ダムは規模が縮小されているにも関わらず、私が想像していたより大きく、深さもあるように感じました。



午後は、旧北股小学校裏手の北股崩壊現場を視察しました。こちらも土砂ダムが形成されましたが、崩壊土砂の撤去後、仮排水路が完成した段階を見学させていただきました。この現場では、崩壊土砂の撤去や法面整形を実施するにあたり、斜面崩壊の頭部が痩せ尾根の不安定な箇所であったため、建設機械を約1km離れた事務所から遠隔操作で行う無人化施工を実施したそうです。操作オペレーターは、作業範囲を把握できるように設置された監視用カメラからの映像を頼りに施工を進めるそうです。お話を聞いていると、私はゲームをしているようなイメージを抱きましたが、おそらく相当な緊迫感のなかでの施工であり、現場技術者の方の経験があってこそその技術なんだと感じました。



今回の現場見学会では、普段施工現場にほとんど足を運ぶことのない私にとっては、どちらも現場の広さと崩壊斜面の大きさに圧倒され、“山が動く”といのはこういうことなんだと、自然の威力を少し感じることができました。

当日は、前日からの予想通りの曇天で、夕刻が近づくほど降雨が増す天候でしたが、無事見学会を終えることができました。また、個人的には初の十津川村でしたので、昼食時に立ち寄った谷瀬のつり橋を少々びくびくしながらも渡りきれたことにも満足でした。最後になりますが、このような見学会を開催していただきました関西地盤環境研究センターの皆様に御礼申し上げます。



# 「奈良の地盤災害現場を見に行こう！！」 に参加して

株式会社 関西土木技術センター

梅林 豊

さる6月8日に「奈良の地盤災害現場を見に行こう！！」に参加させて頂きました。私はこの4月に社会人としてスタートを切ったばかりで、このような見学会にも当然ながら初めてだったので、とてもワクワクした気持ちで参加しました。

見学場所は、去年の台風12号により奈良県南部にできた土砂ダム2箇所（赤谷崩壊現場、北股崩壊現場）がメインでした。

## ～赤谷崩壊現場～

まず、橋本駅に集合し、そこからマイクロバス2台で赤谷の崩壊現場に向かいました。道中では、仮設の道路などまだまだ復旧し切れていない所も通り、車窓からは崩壊箇所が数多く見ることができました。一行は、途中休憩を取りながら、予定時刻通りに赤谷の崩壊現場に到着しました。

現地では、鹿島建設の方に現在行われている土砂ダムの対策工事の説明と現場案内をしてもらいました。現場では、作業員の方たちが仮排水路の工事を着々と進めておられ、かなり完成している印象を受けました。そこから歩いて崩壊箇所に近づくと、



崩壊地全貌（赤谷）



堰止め湖（赤谷）



排水路（赤谷）

バスの中から見た他の崩壊地もかなりの迫力があつたのですが、この赤谷の崩壊地はそれ以上にスケールの大きさを感じました。崩壊面を見ていると、頂上付近まで岩盤がそびえ立ち、崩壊土砂が裾部まで残存しており、また台風が来たら崩れてしまうのではないかと感じました。

#### ～北股崩壊現場～

谷瀬の吊り橋で昼食を取り、午後からは北股の崩壊現場に行きました。こちらは、熊谷組の方に工事の概要を説明してもらいました。この現場は崩壊斜面が不安定なため、無人化による施工が行われていました。正直、無人化施工というものを初めて聞いたので、“どんなものなのかな”と思っていたのですが、普段の工事で使われるバックホウやブルドーザ、キャリアダンプをカメラ画像などを駆使して遠隔操作する、というすごいものでした。

現場見学時には、小雨が降る微妙な天気ではありましたが、急斜面を上り、かなり近くで破壊



崩壊地（北股）

面を見ることができました。尾根部を見ると、かなり急斜面になっており、今にも崩れてきそうな感じに見受けられ、有人での工事だと危険な場所だと感じました。

今回の見学会では、普段見ることのできない土砂ダムを間近で見れるという貴重な体験をすることができました。また、たくさんの方が参加されていたので、他の会社の方とも接することができ、とてもいい社会勉強になりました。また、次回もこのような見学会があれば、参加してみようと思います。当日お世話になった皆様、ありがとうございました。

# 平成24年度支援サービス小委員会見学会報告

センター長 中山 義久

去る6月8日、支援サービス小委員会主催の「十津川災害現場見学会」が開催されましたので報告致します。

周知のように昨年9月に紀伊半島を襲った豪雨災害は記憶に新しく、直後から学会・協会等の災害調査が精力的に行われ、報告書も発刊されました。今回の目的は100年に1度と言われるような巨大災害現場と対峙することにより、“地盤調査に携わる技術者として何物にも代え難い経験を得る”という当小委員会の一致したコンセプトでの実現でした。

当日は午前曇り～午後雨の天気予報でしたが参加36名は1人の遅刻もなく、定刻の9時を待たずして橋本駅を出発いたしました。第一の見学先は赤谷崩壊現場でした。山が1/3ほど無くなった様子を目の当たりにし、その規模の大きさに圧倒されました。現場の方から工事進行の説明を受け、現在の土砂ダムの状況が分かるところまで誘導して頂き見学をしました。その後、国道168号線を南に下がり、谷瀬の吊り橋で昼食を摂り、吊り橋を渡る恐怖も一緒に味わいました。

午後は第二の見学先である、北股崩壊現場に移動しました。現場事務所は旧北股小学校を利用しており、なんとなく数十年前にタイムスリップしたような気持ちになったのが印象的でした。ここでも現場の方による工事説明を受け、特別に崩壊地中腹まで立ち入りを許され、その大きさを実感し、さらに土砂ダムが今はほとんど無くなっていることを知りました。夕方、橋本駅に無事到着し、参加者全員の満足顔見て、開催して良かったと感じました。

最後に本見学会の開催にあたり、赤谷：鹿島建設(株)関西支店赤谷工事事務所 森田 真幸様、北股：(株)熊谷組関西支店北股作業所 越智 伝様には多大なるご協力を得ました事、ここに深く感謝申し上げます。



現場にて説明を受ける（赤谷）



参加者全員



現場中腹より下を臨む（北股）



集合（橋本駅）



昼食



女子会（谷瀬吊り橋）

3.5.5 試験の繰返し・試料の不均質性に基づく標準不確かさ

表-3.3の検証実験結果より、15サンプルの試験結果を一元配置の分散分析により解析すると、表-3.7の分散分析表が得られる。この15サンプルは試験者3名がふるい分け時間を3通りに変えて行った結果であり、主要因項は試験者とふるい分け時間の違いの影響を表し、誤差項が試験の繰返しと試料の不均質性の影響を表している。従って、誤差項の分散 $V_e$ の期待値から標準偏差 $\sigma_e$ を求めると、これが試験の繰返しと試料不均質性の交絡した標準不確かさ $u_{RH}(P)$ となる。

$$u_{RH}(P) = \sigma_e = \sqrt{V_e} \quad (3.13)$$

ところで、分散の期待値から求める主要因の標準偏差 $\sigma_A$ が虚数となる場合は、先に述べたように $\sigma_A = 0$ とするが、この場合、この検証実験は単なる試験の繰返しとみなして、試験の繰返しと試料の不均質性の交絡した標準偏差 $\sigma_e$ （標準不確かさ $u_{RP}(P)$ ）は、合計の変動（ $S_T$ ）及び自由度（ $f_T$ ）から分散を求め、その平方根により算出する。

$$u_{RH}(P) = \sigma_e = \sqrt{S_T / f_T} \quad (3.14)$$

式(3.13)、(3.14)により表-3.7から試験の繰返しと試料の不均質性の標準不確かさを求めると、表-3.8となる。

表-3.7 分散分析表（試料A-1）

粒径 (mm)	変動要因	変動 (%)	自由度	分散 (%)	分散の期待値
19.0	試験者とふるい分け時間の違い	0	4	0	$\sigma_e^2 + 3\sigma_A^2$
	試験の繰返し・試料の不均質性	0	10	0	$\sigma_e^2$
	合計	0	14		
9.50	測定者とふるい分け時間の違い	76.5295	4	19.1324	$\sigma_e^2 + 3\sigma_A^2$
	試験の繰返し・試料の不均質性	297.2583	10	29.7258	$\sigma_e^2$
	合計	373.7878	14		
4.75	測定者とふるい分け時間の違い	90.0296	4	22.5074	$\sigma_e^2 + 3\sigma_A^2$
	試験の繰返し・試料の不均質性	260.5033	10	26.0503	$\sigma_e^2$
	合計	350.5329	14		
2.00	測定者とふるい分け時間の違い	1.1705	4	0.2926	$\sigma_e^2 + 3\sigma_A^2$
	試験の繰返し・試料の不均質性	1.6063	10	0.1606	$\sigma_e^2$
	合計	2.7768	14		

表-3.8 試験の繰返しと試料の不均質性による標準不確かさ（試料A-1）

粒径 (mm)	変動 (%)	自由度	分散 (%)	標準偏差 (%)	標準不確かさ (%)	備考
19.0	0	10	0	0	0	式(3.13)
9.50	373.7878	14	26.6991	5.1671	5.1671	式(3.14)
4.75	350.5329	14	25.0381	5.0038	5.0038	式(3.14)
2.00	1.6063	10	0.1606	0.4008	0.4008	式(3.13)

3.6 通過質量百分率の合成標準不確かさと拡張不確かさ

通過質量百分率の合成標準不確かさ $u_c(P)$ は式(3.6)より求めることができる。質量測定に用いた秤の標準不確かさは式(3.11)であり、その感度係数は表-3.4に示されている。また、試験者、試験の繰返しと試料の不均質性による通過質量百分率の標準不確かさはそれぞれ表-3.6、表-3.8に示している。さらに、ふるい分け時間による通過質量百分率の標準不確かさは0である。

以上の結果をバジェットシートとしてまとめると、表-3.9となる。この表において最右欄の「寄与率」は、式(3.6)により合成した合成標準不確かさ $u_c(P)$ の中で各要因の標準不確かさ $u_x(P)$ の占める割合を百分率で表したものである。この場合、式(3.6)の合成は各要因の標準不確かさの二乗和であり、寄与率 $R_x$ も合成標準不確かさの二乗 $u_c^2(P)$ に対する各要因の標準不確かさの二乗 $u_x^2(P)$ の割合として次式で求めている。

$$R_x = \frac{u_x^2(P)}{u_c^2(P)} \times 100 (\%) \quad (3.15)$$

表-3.9 バジェットシート（試料A-1）

粒径 (mm)	要因	標準不確かさ $u(x)$	感度係数 $c_x$	標準不確かさ $u_x(P) =  c_x  \cdot u(x)$	寄与率 $R_x$ (%)
19.0	秤 全サンプル質量( $m_s$ )測定	0.005 (g)	0 (%/g)	0 (%)	0.0
	秤 残留分全質量( $M$ )測定	0.005 (g)	0.0830 (%/g)	0.0004 (%)	100.0
	試験者の違い	0 (%)	1	0 (%)	0.0
	ふるい分け時間の違い	0 (%)	1	0 (%)	0.0
	試験の繰返し・試料の不均質性	0 (%)	1	0 (%)	0.0
	合成標準不確かさ $u_c(P)$			0.0004 (%)	
	拡張不確かさ $U(P) = k \cdot u_c(P)$ ( $k=2$ )			0.00 (%)	
9.50	秤 全サンプル質量( $m_s$ )測定	0.005 (g)	0.0221 (%/g)	0.0001 (%)	0.0
	秤 残留分全質量( $M$ )測定	0.005 (g)	0.08302 (%/g)	0.0004 (%)	0.0
	試験者の違い	0 (%)	1	0 (%)	0.0
	ふるい分け時間の違い	0 (%)	1	0 (%)	0.0
	試験の繰返し・試料の不均質性	5.1671 (%)	1	5.1671 (%)	100.0
	合成標準不確かさ $u_c(P)$			5.1671 (%)	
	拡張不確かさ $U(P) = k \cdot u_c(P)$ ( $k=2$ )			10.33 (%)	
4.75	秤 全サンプル質量( $m_s$ )測定	0.005 (g)	0.0461 (%/g)	0.0002 (%)	0.0
	秤 残留分全質量( $M$ )測定	0.005 (g)	0.0830 (%/g)	0.0004 (%)	0.0
	試験者の違い	1.4127 (%)	1	1.4127 (%)	7.4
	ふるい分け時間の違い	0 (%)	1	0 (%)	0.0
	試験の繰返し・試料の不均質性	5.0038 (%)	1	5.0038 (%)	92.6
	合成標準不確かさ $u_c(P)$			5.1994 (%)	
	拡張不確かさ $U(P) = k \cdot u_c(P)$ ( $k=2$ )			10.40 (%)	
2.00	秤 全サンプル質量( $m_s$ )測定	0.005 (g)	0.0812 (%/g)	0.0004 (%)	0.0
	秤 残留分全質量( $M$ )測定	0.005 (g)	0.0830 (%/g)	0.0004 (%)	0.0
	試験者の違い	0 (%)	1	0 (%)	0.0
	ふるい分け時間の違い	0 (%)	1	0 (%)	0.0
	試験の繰返し・試料の不均質性	0.4008 (%)	1	0.4008 (%)	100.0
	合成標準不確かさ $u_c(P)$			0.4008 (%)	
	拡張不確かさ $U(P) = k \cdot u_c(P)$ ( $k=2$ )			0.80 (%)	



ふるい分析結果の不確かさは、粒径と通過質量百分率について測定値と拡張不確かさを用いて表-3.10のように表示する。通過質量百分率の測定値としては、検証実験における15個のサンプルの平均値を用いることにする。

測定値 $y$ に対する拡張不確かさ $U(y)$ の百分率を相対拡張不確かさ $U_R(y)$ と定義する。すなわち、

$$U_R(y) = \frac{U(y)}{y} \times 100 (\%) \quad (3.16)$$

であり、 $k=2$ の拡張不確かさの場合は変動係数の約2倍と考えると良い。粒径ごとに測定値、拡張不確かさ、相対拡張不確かさ及び寄与率をまとめると表-3.11となる。この表は3.4で述べた粒径の不確かさと3.5の通過質量百分率の不確かさをまとめ、かつ試料A-2の結果も表示した。

表-3.10 ふるい分析の不確かさの表記方法(試料A-1)

粒径 (mm)	粒径の不確かさ	通過質量百分率の不確かさ
19.0	19.0mm ± 0.892mm	100.00% ± 0.00%
9.5	9.50mm ± 0.078mm	73.32% ± 10.33%
4.8	4.75mm ± 0.150mm	44.46% ± 10.40%
2.0	2.00mm ± 0.126mm	2.13% ± 0.80%

表-3.11 ふるい分析結果の不確かさのまとめ

試料	粒径			通過質量百分率						
	ふるい目 (mm)	拡張不確かさ (k=2) (mm)	相対拡張不確かさ (%)	平均値 (%)	拡張不確かさ (k=2) (%)	相対拡張不確かさ (%)	寄与率 (%)			
							秤	試験者	ふるい分け時間	試験の繰返し・試料の不均質性
A-1	19.00	0.892	4.7	100.00	0.00	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0
	9.50	0.078	0.8	73.32	10.33	14.1	0.0	0.0	0.0	100.0
	4.75	0.150	3.2	44.46	10.40	23.4	0.0	7.4	0.0	92.6
	2.00	0.126	6.3	2.13	0.80	37.5	0.0	0.0	0.0	100.0
A-2	19.00	0.892	4.7	100.00	0.00	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0
	9.50	0.078	0.8	83.54	7.91	9.5	0.0	0.0	0.9	99.1
	4.75	0.150	3.2	67.04	8.99	13.4	0.0	0.0	3.2	96.8
	2.00	0.126	6.3	45.97	1.74	3.8	0.0	0.0	2.3	97.7
	0.850	0.074	8.7	21.43	5.85	27.3	0.0	0.0	4.3	95.7
	0.425	0.026	6.1	6.81	4.51	66.3	0.0	3.6	2.1	94.3
	0.250	0.0072	2.9	3.73	3.32	89.1	0.0	19.4	1.4	79.2
	0.106	0.0056	5.3	0.57	0.64	112.5	0.0	37.2	0.3	62.5
0.075	0.0064	8.5	0.09	0.18	196.3	0.4	37.1	0.6	62.0	

試料A-2の不確かさの算定は、試料A-1とほぼ同様であるが、ふるい分け時間の影響については若干違いがある。それは、試料A-1では図-3.3に示したように、ふるい分け時間が経過しても通過質量百分率が変化しないか減少する傾向にあったため、ふるい分け時間の影響をないと判断していたが、試料A-2では図-3.4のようにふるい分け時間を多くすると通過質量百分率が若干増え、ふるい分け時間の影響が現れることである。

従って、ふるい分け時間 $t$  (min) に伴う通過質量百分率の標準不確かさ $u_{ST}(P)$  (%) を、ふるい分け時間の標準不確かさ $u(t)$  (min) と感度係数 $\partial P/\partial t$  (%/min) の積で求める。すなわち、

$$u_{ST}(P) = \left| \frac{\partial P}{\partial t} \right| \cdot u(t) \quad (3.17)$$

ここに、感度係数は図-3.4の近似直線の勾配として求められる。また、ふるい分け時間を平均値3分、半値幅2分の1様分布と仮定すると、ふるい分け時間の標準不確かさ $u(t)$  (min) は次のようである。

$$u(t) = 2/\sqrt{3} = 1.1547 \text{ (min)} \quad (27)$$

試料A-2についてはこのようにして求めたふるい分け時間の影響を含めて記載した表-3.11によると、次のことが明らかである。

- (1) 粒径の不確かさはふるい目の校正結果のみから求めたので、相対拡張不確かさが0.8～8.7%と小さい。
- (2) 通過質量百分率の不確かさに与える秤の影響はない(最大粒径19.0mmにおいて寄与率が100%と求まっているが、実質はこの粒径ではすべての粒子が通過しているため不確かさは0である)。
- (3) 試験者の違いの不確かさへの影響は細粒径部分に現れる。通過質量の少ない粒径部分ではあるが、丁寧なふるい分けが要求される。2mm以上の粒径においては試験者の違いはないと言える。

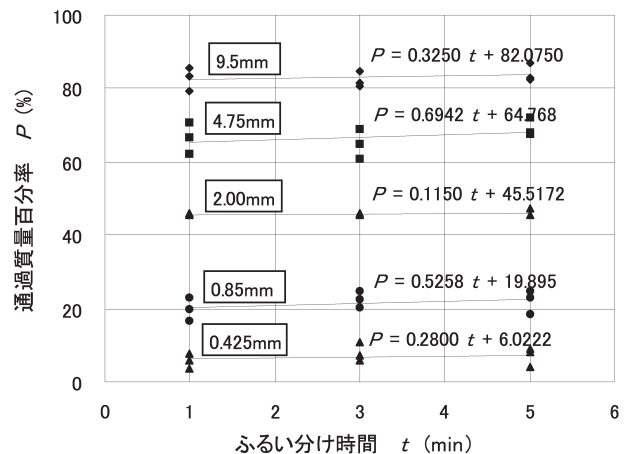


表-3.10 ふるい分析の不確かさの表記方法(試料A-1)

(4) ふるい分け時間の不確かさへの影響は小さい。とくに、試料 A-1 ではふるい分け時間が大きくなるほどふるいの通過量が減少する結果となり、今回の設定時間（1分・3分・5分）ではふるい分けが十分に行われていて、ふるい分け時間の影響はないと考えて良い。

(5) 最大粒径と細粒部分以外のふるい目に相当する粒径の通過質量百分率の不確かさは、試験の繰返しと試料の不均質性の影響が大きい。とくに、試料の不均質性によるサンプルの違いの影響が大きいと考えられる。従って、試料からふるい分析用のサンプルを採取する際には、元の試料の性質を反映するように慎重なサンプリングが望まれる。均質なサンプルの採取方法の開発も必要である。

### 3.7 粒径加積曲線の不確かさ表示方法と結果の利用

ふるい分析結果の粒径と通過質量百分率について不確かさを評価し表示してきた。今、粒径加積曲線上の点Qの粒径 $d_0$ と通過質量百分率 $P_0$ の拡張不確かさを $U(d)$ と $U(P)$ とする。点Qは $d_0 \pm U(d)$ 、 $P_0 \pm U(P)$ の範囲にばらつくと考えてよい。この範囲は、図-3.5の四角形ABCDの範囲である。粒径加積曲線は図の右上から左下に向かう曲線であり、その上限は四角形の左上の点A ( $d_0 - U(d)$ ,  $P_0 + U(P)$ ) を、下限は右下の点C ( $d_0 + U(d)$ ,  $P_0 - U(P)$ ) を通ることになる。

表-3.11のふるい分析の結果を使って、試料 A-1 と A-2 の粒径加積曲線の上限と下限を求めると、図-3.6のようになる。試料 A-1 では、最大粒径 19.0mm および粒径の小さい 2.0mm における通過質量百分率の不確かさは小さく、中央粒径でのそれは大きくなり、両端がくびれた樽状である。試料 A-2 では、2.0mm における不確かさがその前後と比べて小さくなり、両端と 2.0mm でくびれたひょうたん形状である。サンプルを 2.0mm ふるいで水洗いし、2.0mm 以上と 2.0mm 未満に分けてふるい分析をしているため、2.0mm における不確かさが小さくなるためである。また、試料 A-2 では 0.106mm と 0.075mm の通過質量百分率の下限は計算上マイナスとなるが、これを 0% としている。

図-3.6を用いると、粒径加積曲線から得られる物理常数の不確かさを求めることができる。たとえば、中央径 ( $d_{50}$ )、有効径 ( $d_{10}$ )、60%径 ( $d_{60}$ )、砂分含有量 ( $P_{2.0\text{mm}}$ ) は、それぞれの読みから表 3.12 のようになる。ただし、それぞれの値は図から読みとった上限値と下限値およびそれらの平均値である。粒径が対数目盛であることや目盛の読みの正確さにより読みとった数値には若干の曖昧さが生じている。さらに、均等係数  $U_c = d_{60}/d_{10}$  の不確かさ  $U(U_c)$  は、有効径の不確かさ  $U(d_{10})$  と 60%径の不確かさ  $U(d_{60})$  から、不確かさの伝播則を用いて次式により計算できる。この計算経緯と結果を表 3.12 の最下欄に示す。

$$U^2(U_c) = \left(\frac{\partial U_c}{\partial d_{60}}\right)^2 \cdot U^2(d_{60}) + \left(\frac{\partial U_c}{\partial d_{10}}\right)^2 \cdot U^2(d_{10}) \quad (3.14)$$

このように、粒径加積曲線の不確かさの範囲が図-3.6のように描けると、土の粒度分布に関連する多くの常数の不確かさが容易に求められる。

次回からは粒度試験の沈降分析について不確かさの算定方法を解説する。

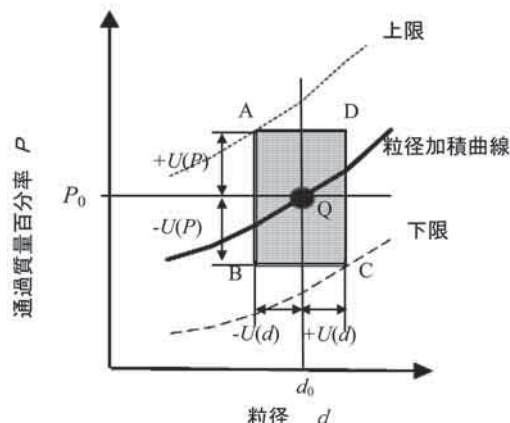


図-3.5 粒径と通過質量百分率の不確かさ表示

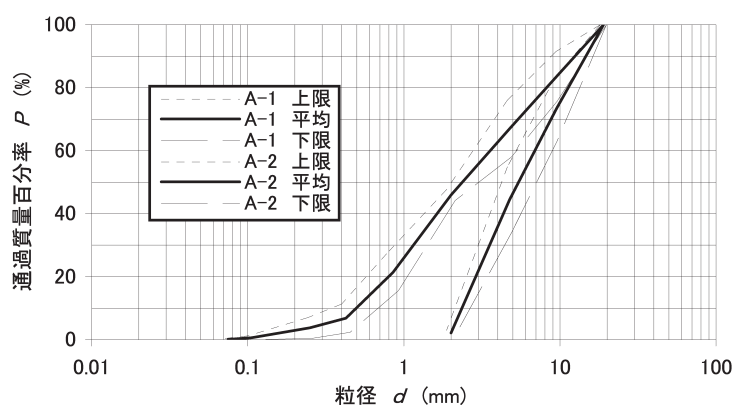


図-3.6 粒径加積曲線の拡張不確かさの範囲

表-3.12 粒径加積曲線から見た不確かさ

物理常数	試料	
	A-1	A-2
50%径 ( $d_{50}$ )	5.2mm ± 2.0mm	2.5mm ± 0.5mm
有効径 ( $d_{10}$ )	2.5mm ± 0.2mm	0.77mm ± 0.11mm
60%径 ( $d_{60}$ )	6.9mm ± 1.8mm	4.0mm ± 1.2mm
砂分含有量 ( $P_{2.0\text{mm}}$ )	3.0% ± 3.0%	45% ± 3%
均等係数 ( $U_c$ )	2.8 ± 0.8	5.2 ± 1.7
$\partial U_c / \partial d_{60}$	0.400	1.299
$\partial U_c / \partial d_{10}$	-1.104	-6.747

# 表紙説明

## 鳥飼大橋（北行き）撤去物語（その1）

上段：現在の鳥飼大橋。LED ランプで照明がなされ、幻想的な姿でもある平成 24 年 6 月 26 日撮影。

中段左：平成 16 年ころの姿（注）。

中段右：平成 22 年 3 月～平成 24 年 4 月ころまで（平成 22 年 9 月 26 日撮影。）

下段左：平成 24 年 6 月 10 日撮影。

下段右：平成 24 年 6 月 16 日の南詰、2 スパン撤去完了（平成 24 年 6 月 17 日撮影。）

（注） [http://www.pref.osaka.jp/hirado/shisakujigyo/jigyo\\_06.html](http://www.pref.osaka.jp/hirado/shisakujigyo/jigyo_06.html)（2012.06.20 取得）



鳥飼大橋（北行道路橋）は淀川を守口市と摂津市に架かるゲルバートラス橋（全長 550m）で、昭和 29 年に竣工した。開通当時は有料橋（注）で、昭和 39 年に無料開放された。その後、交通量の増大と老朽化により、西側に 3 車線の新橋が架けられ、平成 22 年 2 月 24 日より供用されている。表紙写真下段にあるように南詰で 2 スパン、北詰で 1 スパンの撤去が完了しています。今後も工事の進捗を追いかけて、出来る限りお伝えいたします。

（注） [http://www.pref.osaka.jp/hirado/shisakujigyo/jigyo\\_06.html](http://www.pref.osaka.jp/hirado/shisakujigyo/jigyo_06.html)（2012.06.20 取得）

文責 中山 義久

## 編集後記

センターニュース7月号が発行される頃には梅雨は明けていると思いますが、この編集後記を書いている6月中頃は、まさに梅雨の真っ只中です。

私は大変なめんどくさがりで、雨の日に傘を差すのもめんどくさいと感じるような人間ですが、やはり、雨に濡れるのは嫌なもので、しぶしぶ？傘を差しています。

日本における傘の歴史は、590年頃までさかのぼり、当時の先進国であった中国大陸から朝鮮半島の百済を経由して伝来した輸入品だそうです。現在一般的に使われている傘（洋傘）は、素材が主に防水加工を施した木綿・ナイロンなどですが、当時の日本では、竹軸に油などを塗った和紙を張った傘（和傘）が一般的で、防水性には優れていますが、耐久性に乏しく、逆さに傘を立てて保管すると雨水が頭頂部に溜まり、浸水で破損する可能性が高かったため、天井や軒先につるして保管していたそうです。

傘が日本に伝わってから1400年余りが経ち、素材や性能は格段に進歩していると思いますが、使用方法自体は全く変わっておらず、風の強い雨の日などは、もうちょっと何か、濡れないようにする方法はないものか・・・と思いながら、傘を使用する今日この頃です。

(小山 記)

発行 協同組合 関西地盤環境研究センター  
〒566-0042 摂津市東別府1丁目3番3号  
TEL 06-6827-8833 (代)  
FAX 06-6829-2256  
e-mail tech@ks-dositu.or.jp

編集 情報化小委員会  
編集責任者 中山義久  
印刷



<http://www.ks-dositu.or.jp>