

平成24年度 道路保全地盤技術向上に資する調査・研究 成果報告会

Debrief Session About Research and Studies on Improvement in Geotechnical Road Management

木村 亮 (きむら まこと)

「道路保全地盤技術向上の調査・研究助成審査委員会」委員長，京都大学 教授 大学院工学研究所

1. 本報告会の背景

平成21年11月，当時の前原誠司国土交通大臣は，(財)道路保全技術センターを3年以内に解散すると明言した。当時の行政刷新会議の「事業仕分け」対象団体となったわけで，平成23年3月31日をもって解散，同年11月30日付で清算手続きが終了した。その流れの中で，平成23年度に地盤工学会に3000万円の寄付の申し込みがあった。この寄付金を原資にして，道路保全に対して地盤工学の立場から有効な調査・研究事業を行うことが，当時の理事会で議論された。その結果，平成24年度から平成28年度までの期間に，我が国の道路保全技術の向上に資する調査研究事業に係る研究者・技術者に助成する事業を，地盤工学会が実施することになった。ただし，以下の3点をらんだ助成とした。

- ① 道路保全技術の向上に資する調査研究への助成を通じて，教育機関，研究機関，企業等の研究者・技術者との連携を深める。
- ② 将来にわたる我が国の持続的な道路保全地盤技術向上のため，次代を担う若手研究者・技術者への積極的な助成・支援を行う。
- ③ 助成期間は単年度ごとであるが，2年までの継続が可能とする。

平成24年度道路保全地盤技術向上の調査・研究助成審査委員会委員長である京都大学の木村亮が司会者となって，平成25年7月24日(水)9:00~10:30に富山国際会議場 第4会場で特別セッションとした報告会を実施した。本報告会は表-1に調査・研究助成の概要を示すように「助成対象者の主な義務」の一つである。発表課題は表-2に示す4題で，発表時間は15分間とした。

2. 報告内容(各研究の報告書を基に作成)

- (1) 道路盛土の維持管理のためのモニタリング手法の開発研究(継続研究)，沢田和秀(岐阜大学流域圏科学研究センター)

本研究は，道路盛土の通常の点検並びに災害などの発生，路面下の定量的な可視化による効率的で効果的な道路の維持管理手法を提案することを目的とする。このために，探査の自動化による測定効率の飛躍的向上=「オートモービル化」，測定・解析の標準化による解析精度の向上=「汎用化」，S波速度に基づく盛土構造，路体，

表-1 道路保全地盤技術向上の調査・研究助成の概要

(1) 募集のスケジュール
募集開始：平成24年2月初旬
募集締切：平成24年3月30日 Eメールにて提出
審査結果発表：平成24年4月末
(2) 調査研究課題：地盤工学会が指定する3テーマ
No.1 切土・盛土における道路保全技術に関する研究
No.2 橋梁との接合部における道路保全技術に関する研究
No.3 道路下に敷設された埋設物や道路の陥没に関連する道路保全技術の研究
(3) 助成金額と期間：1件あたり年間 最大200万円
1年間の研究が基本であるが2年間の継続研究まで認める
(4) 応募方法：所定の応募様式による
(5) 助成対象者の主な義務
助成期間満了後1ヶ月以内に，最終報告・会計報告の提出
継続研究の場合は，1年目の中間報告が次年度審査の資料となる
地盤工学研究発表会に出席して報告

路盤，舗装の健全度評価基準の作成=「標準化」を目標に，探査の全自動化に必要な自動起振装置の開発と自動データ収録のためのソフトを開発し，実証試験を行った。これにより，2次元表面波探査の全自動計測が，探査の大幅な効率化を可能とすることを確認した。一方，開発した起振機は打撃エネルギーがカケヤと等価であっても，励起される波動のエネルギーはカケヤの1/2~1/3程度であり，探査精度向上のためには，起振機のハンマー質量をカケヤと同程度の10kgとする必要が確認できた。

- (2) 壁面工を有する盛土内に設置されたカルバートにおける縦断方向の耐震性に関する基礎データの収集と地震時挙動の把握，地震時要求性能の明確化(継続研究)，澤村康生(京都大学大学院工学研究科博士後期課程)

カルバートを含む盛土では，過去の地震における躯体本体の損傷事例は少ないものの，目地の開きや舗装の亀裂など，カルバート縦断方向の被害が多数報告されている。同方向の耐震性については，坑口付近の挙動など未解明な点が多く，実験や数値解析による基礎データの収集と地震時挙動の把握，さらには地震時要求性能を明確にする必要がある。

本研究では，壁面工を有する盛土内に設置されたアーチカルバートを対象に，カルバート間の連結様式，坑口付近の処理方法及び盛土高さに着目した動的遠心模型実

表一 平成24年度 道路保全地盤技術向上に資する調査・研究 成果報告会研究テーマと研究者名一覧 (○印：口頭発表者)

報告時間	研究テーマ	研究者名
9:05-9:20	道路盛土の維持管理のためのモニタリング手法の開発研究	○ 沢田和秀 (岐阜大学流域圏科学研究センター) 野々山麻衣子 (岐阜大学工学部) 森口周二 (岐阜大学工学部) 村田芳信 (岐阜大学社会資本アセットメントマネジメント技術研究センター)
9:20-9:35	壁面工を有する盛土内に設置されたカルバートにおける縦断方向の耐震性に関する基礎データの収集と地震時挙動の把握, 地震時要求性能の明確化	○ 澤村康生 (京都大学大学院工学研究科博士後期課程) 岸田 潔 (京都大学大学院工学研究科) 八ツ元 仁 (阪神高速道路 (株))
9:35-9:50	画像解析を用いた道路のリアルタイム不健全箇所検出システムの開発	○ 一井康二 (広島大学工学研究院) 玉木 徹 (広島大学工学研究院) 角田光法 (広島大学工学研究科) 栗原 大 (広島大学工学研究院)
9:50-10:05	東日本大震災液状化箇所に発生した路面下空洞に関する研究 —発生状況の詳細把握と路面陥没未然防止対策の検討—	○ 瀬良良子 (ジオ・サーチ (株) 企画開発部) 小池 豊 (ジオ・サーチ (株) 企画開発部) 中村治人 (ジオ・サーチ (株) IS 事業部) 武石 夢 (ジオ・サーチ (株) IS 事業部) 桑野玲子 (東京大学生産技術研究所) 古関潤一 (東京大学生産技術研究所)

験を実施した。その結果以下の知見が得られた。

- ① カルバート同士の連結様式に関して：カルバートに発生する断面力は、カルバート同士が連結されている場合は圧縮及び引張りが交互に生じるのに対し、分離されている場合では引張力はほとんど発生せず、発生する断面力自体も小さい。
- ② 坑口部分のカルバートと壁面の接続に関して：壁面とカルバートが連結されている場合には、壁面による影響で局所的に大きな断面力が発生する可能性があり、断面の薄いたわみ性のプレキャストアーチカルバートを用いる際には注意が必要である。
- ③ 盛土高さに関して：カルバート同士が連結されている場合、盛土高さが大きくなるとカルバートの位置によって発生する断面力が大きく異なる。一方、カルバート同士が分離されている場合は、全体的に断面力が大きくなり覆工に引張力が発生するようになるものの、リング間の差は顕著でない。
- (3) 画像解析を用いた道路のリアルタイム不健全箇所検出システムの開発 (単年度), 一井康二 (広島大学工学研究院)

本研究では、道路の維持管理の高度化・合理化のため、道路をビデオカメラで撮影するだけで、わだち掘れや陥没の前兆としての道路路面及び形状変化を、リアルタイムで把握できる手法の開発を目指した。特に、市販のデジタルカメラを用いて、撮影位置の情報を与えることなく、極めて簡便に3次元形状の復元が可能である技術に着目し、以下の3点の技術開発・検討を行った。

- ① 画像解析を用いた道路のリアルタイム不健全箇所検出システムの開発
- ② 車両から撮影した動画による路面形状復元技術の開発

③ 道路路面を対象とした形状復元精度の検討

技術開発及び検討の結果、車の前面に取り付けた下向きのデジタルカメラを用いたシステムを試作し、提案技術の適用性を確認した。不健全箇所の検出においては、実際に存在する損傷のうち72%を損傷として検知できた。形状復元においては、路面の段差高さが計測可能となった。このときの計測精度は走行条件にも依存するが、実証実験では±5 mm以内の高精度であった。

- (4) 東日本大震災液状化箇所に発生した路面下空洞に関する研究 —発生状況の詳細把握と路面陥没未然防止対策の検討—, 瀬良良子 (ジオ・サーチ (株) 企画開発部)

本研究は、液状化空洞の発生状況を詳細に分析し、路面陥没未然防止対策に資する道路保全技術の知見を取りまとめることを目的とし、以下の方法で研究を実施した。

- ① 空洞発生状況のとりまとめと分析：東日本大震災という未曾有の規模の液状化現象とその事後対応について路面下空洞に焦点を当て、3自治体からの情報収集と集約、液状化空洞データの詳細な分析、液状化地区に隣接した非液状化地区での空洞調査、注入補修から1年経過した空洞箇所の現地確認調査を実施した。
- ② 液状化空洞のメカニズム検討：液状化状況を模擬した実験で液状化空洞の特徴的な現象を再現し、メカニズムを究明した。
- ③ 今後の路面陥没未然防止策検討：一連の結果をとりまとめ、平常時と震災時における防止策を検討した。

具体的な知見がまとまっていなかった液状化起因の路面下空洞について、発生実態・多発箇所・規模形状・噴砂や埋設管との関係・発生及び拡大化メカニズム・ゆるみ等、今後、道路管理者が調

査や補修を判断する際に必要な内容について知見を得ることができた。また、甚大な液状化被害を受けた3自治体からの協力で、震災時の緊急対応や補修実態を集約でき、今後想定される大規模地震災害において、道路管理者が取るべき対応と発生した空洞に対する対処の内容として参考指標となるものを得た。さらに、民と学による共同研究により、民が現地で得てきた知見や想定していた様々な状況を、学が実験で具体的に再現し学術的な視点で現象を解明し、民学合同の考察により実務に即した新たな知見を得たという、これまでにない研究となった。

4つの研究ともに研究目的と手法がはっきりしており、研究にも工夫がこらされて十分な成果が得られ、地盤工学会のポテンシャルの高さを感じた。

3. 質疑応答

発表後に行われた質疑応答を以下に列挙しておく。

(1) リアルタイム不健全箇所検出で位置情報は取れるのか？ 10mまではGPSで把握し、より正確な位置は撮った写真から絞り込む技術を現在開発中である。

(2) 沢田先生が用いている移動させながら計測器を地面に設置する方法は難しく、計測の精度はどうか？ 計測器はプラプラしているが、地面に置かれたときはきちんと所定の位置・方向に設置でき特に問題ない。うまく取れないデータを除外しないと計測結果に影響すると言われたが、自動的に計測している中でどのように除外するのか？ 計測値の振幅が違うのでその計測値は除外するのか？ 明らかに振幅を拾っていないので閾値は決めていないが、波を拾っていないデータを自動的に排除できるようプログラムを現在改良中である。

(3) 表面探査をシステム化して誰でも使える方法にすることはやめてもらいたい。河川堤防に対して土研が実際に適用したが、計測結果を評価するには「高度な知的ノウハウ」が必要となり、誰でもできるものではない。大手の地質調査業者にも受け皿がなく技術移転が進まない。プロが時間をかけてやらねばならない状況である。

ノウハウを持った小さな地質調査業者があってもいいのではないか。存在しない。存在しないのであればこれから造っていけばよい。市場があり成熟すれば、道路の状態を調べたいというのが、これからの要求ではないか。道路や堤防の下も、予防保全の意味ではこれから可視化が必要だが、そこまでお金が回ってこない。安心・安全という切り口で物事が議論されているのであれば、突然の陥没で車両が落ちたり堤防の欠陥で破堤したりすると

人命に関わるので、しっかりやらないと市民は困る。

自治体の方で陥没の予防が行き届いていないということであるが、国の方で交付金を出すことが決まり、全国総点検をやるとういうことになっている。地中データは専門性が高いがクローズな技術ではなく、より広く使えるような技術開発に持っていく努力を地質調査会社はやっている。市場がないということではない。表面波探査を使って緩んでいるところを大雑把に調べようということが目的で、専門の人がいないからできないと放置しておくわけにはもういかない。そのことを考える人がたくさん出てくればその人たちが専門家になる。

(4) 管路の上に亀裂が出るのは一般的か？ 液状化で舗装が折れたのではなく、もともと舗装の中に施工目地や、マンホールの周りの僅かな隙間がある。今回の調査から隙間の周りで空洞が多発していた。そこで実験では故意に舗装の目地を存在させて、埋設管との位置関係でどのような挙動になるかを確認した。

(5) アーチカルバートはプレキャストをイメージしているのか？ 変位やカルバートと壁面のずれなどはどうか？ プレキャストのアーチカルバートを想定しながら、ボックスカルバートにも共通して言えることはないかと考えて実験を進めている。左右の壁面は等変位条件で1波の波を入れて実験を実施しているが、実際の地震動のように揺れの継続とともに変位がどのように進行していくかといったところまでは追えていない。

実際に被害を受けたカルバートの地盤条件などを調べ、今回の事例を作ったのか？ 細かく個々の被害事例の地盤ケースを調べているわけではない。質問者も多くを調べたわけではないが、カルバートの変状は均一地盤では起こりにくく場所によって地盤条件が違う時に起こると思う。硬い地盤と柔らかい地盤の境界や旧河道を埋め立てたところなどに被害が多いのではないかとそれに加え盛土高さの違う場合も被害が生じる場合がある。

上記のように、本セッションでは色々なことをざっくりばらんに議論ができ、有意義であったと司会者は感じた。

各人の立場で発言の内容も変わろうが、時にはお互いがスクラムを組み押し合うような熱い議論も必要であろう。うわべだけの議論ではこの国は良くなるし、公益法人としての地盤工学会の存在価値がなくなる。次年度も道路保全問題を肴にして、有意義な議論を戦わせればと思う。少しは言い過ぎることも重要であろう。学会員は誰に向かってこのような研究をやっているのか？ 道路を保全しておかないと豊かな暮らしと命を守れない市民であろう。研究者はいつもそこを考えておかないと、特別セッションなど井の中の蛙の発表会となる。

(原稿受理 2013.9.18)