

## 平成 26 年度道路保全地盤技術向上の調査・研究 成果報告会

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

岡 村 未 対 (おかむら みつ)

(公社)地盤工学会 「平成 26 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

## 1. 本報告会の背景

平成 23 年度に道路保全技術センターから地盤工学会に 3000 万円の寄付の申し込みがあり、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、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、以下の点に留意して、平成 24 年度から 28 年度まで地盤工学会が実施することになった。

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 助成期間は単年度とし、最大 2 年までの継続可。

本報告会は助成対象者の主な義務の一つであり、平成 26 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愛媛大学・岡村未対が司会者となって実施した。発表課題は表—1 に示す 4 題であり、このうちの二つ目（代表者・一井康二（広島大学））は平成 26 年度で終了した課題、他の 3 つは 27 年度も継続中の課題である。

## 2. 報告内容

セッションの始めに各課題成果をそれぞれ 15 分間で発表した。各発表の概要は以下の通りである。

表—1 研究成果報告会での発表研究テーマと研究者名

| 時 間         | 研究テーマ                                | 研究者名                                                  |
|-------------|--------------------------------------|-------------------------------------------------------|
| 9:05-9:20   | 高速走行中に撮影した画像を用いた路面の健全性・平坦性評価システムの開発  | ○一井康二（広島大学）<br>玉木 徹（広島大学）<br>伊東達彦（広島大学）<br>石井詩徳（広島大学） |
| 9:20-9:35   | 気候変動への対応を視野に入れた盛土内水位予測モデルの開発         | ○西村 聡（北海道大学）<br>泉 典洋（北海道大学）<br>山田朋人（北海道大学）            |
| 9:35-9:50   | 下水道管渠の老朽化に起因する道路陥没の対策工法の提案に関する研究     | ○椋木俊文（熊本大学）<br>大谷 順（熊本大学）                             |
| 9:50-10:05  | 真空圧密を併用した盛土の施工における泥炭の強度増加とその推定に関する研究 | ○荻野俊寛（秋田大学）                                           |
| 10:05-10:30 | 質疑応答                                 |                                                       |

(1) 高速走行中に撮影した画像を用いた路面の健全性・平坦性評価システムの開発（研究期間：平成 26 年度）

本研究では、車両に搭載したデジタルカメラにより道路を撮影するだけで、道路の異常な形状変化を把握できるシステムの開発を行った。特に、高速走行中での提案手法の適用性の検討と、道路路面の維持管理で用いられるクラック率や平坦性等の指標の算出を目指した技術開発及び検討の結果、実用レベルの精度(30 mm の段差について±5 mm)を有した路面形状の定量評価が時速 60 km 程度までは可能である見通しが得られた。しかし、時速 80 km では CCD 素子の反応のタイムラグの問題を回避することはできなかった。また、復元形状に基づく平坦性算出方法を提案した。提案手法を補修前後の道路路面に適用したところ、算出された平坦性指標は、一般の道路補修基準と整合的であった。クラック検出に関しては、SIFT (Scale-Invariant Feature Transform) 特徴量のヒストグラムに基づくパターン認識技術の適用性を検出し、クラック近傍の特徴点の SIFT 特徴量には、他の地点の特徴点とは異なる特徴があることを確認した。実際の車両上から撮影した画像を用いた分類実験では、正答率は 50～55 %となり、ランダム分類 (33%) よりは良い結果が得られた。このことから、より一層の改善は必要であるが、SIFT 特徴量のヒストグラムによるクラック検出にも一定の可能性があることがわかった。

(2) 気候変動への対応を視野に入れた盛土内水位予測モデルの開発（研究期間：平成 26 年度—平成 27 年度）

道路盛土の変状や崩壊は、多くの場合、想定を超える土中間隙水の浸透・貯留が直接的・間接的な原因となっており、長短期気候変動や振幅・嵩上げといった建設活動に対する盛土の内部応答については、時間スケールごとに合理的な方法でとらえて評価することが重要である。本研究は、道路盛土と外的環境（気候・基礎地盤）の間での水収支を長期・短期にわたってマルチスケールで把握し、盛土内の水理状態（含水量・水圧など）が気候変動による長期的な環境変化（積雪・融雪パターンの変化を含む）や短期事象（豪雨・建設活動など）に対してどのように応答を示すかを予測するツールを構築することを最終的な目的としている。26 年度は、非定常浸透流解析を拡張・適用することにより、降雨浸透と力学的作用（載荷）による盛土内水頭の長期・短期変動を再現・予測する手法を提案し、二つの実際の事例に対して信頼性

の検証を行った。降雨・荷重増分等の適切な入力に加え、飽和透水係数や盛土材の初期含水量などといったキーとなる限られた変数・定数を把握することで、ある程度の精度で長期的（月～年単位）水位変動を予測可能であることを明らかにした。細粒分を多く含む透水性の低い盛土の応答については、第三の盛土にて原位置モニタリングを実施し、融雪など季節サイクル上の事象の考慮が特に重要であることが示された。この地点では観測史上最大時間降雨（2014 年 9 月 11 日）を記録する機会に恵まれたが、当該盛土においてはその影響は、概して限定的であった。今後は、モニタリングを継続するとともにその再現解析を行うことで、上記のような短期応答予測まで含めた浸透流解析の適用性検証を完了する予定である。

### (3) 下水道管渠の老朽化に起因する道路陥没の対策工法の提案に関する研究（研究期間：平成 26 年度～平成 27 年度）

本研究の目的は下水道管渠破損に起因する道路陥没に対し、補強効果と地盤内空洞形成を抑制する工法を提案することである。その基礎的研究として、Geotextile の敷設によって下水道管破損部からの水の流出による地盤内の飽和領域形成を抑制する効果について検討する。本中間報告では、対策工として砂利、または Geotextile を敷設することを想定し 3 次元の飽和 - 不飽和浸透流解析を実施することで、対策工の敷設が局所的な飽和領域の形成を緩和する効果を定性的に評価することを試みた。次に、細粒分の移動と下水道破損部からの空気の流入の影響を評価するため、マイクロ X 線 CT 用の実験装置を新たに開発し、それを用いて Geotextile 敷設の有無に関する地盤内空洞現象の形成過程を観察した。本研究におけるマイクロ CT スキャナを用いた可視化実験は、新たに実験装置を作製する必要があったため、その作製期間中に Geotextile の水分散効果を事前検討するために不飽和浸透流解析を実施した。得られた主な成果は次の通りである。

#### 1) 浸透流解析

- ・対策工として砂利を想定した場合、鉛直方向の飽和領域形成は抑制されるが、Soil-Geotextile を敷設した場合と比較して局所的な浸透流が確認できた。
- ・Geotextile は下水道管破損部からの水の浸透を面内方向に分散、分散した水を上部地盤との毛管圧力の差により鉛直上方向へと浸透が開始する。その結果、Geotextile 下部からの不均質な流れを抑止し、局所浸透流を抑制する効果を発揮するといえる。

#### 2) 可視化実験

- ・CT 画像より、模型地盤作成後の Geotextile は水で満たされて、最終崩壊状態では Geotextile 下部に水と空気層が掲載されており、Geotextile がたわんだ状態となることが観察できた。

### (4) 真空圧密を併用した盛土の施工における泥炭の強度増加とその推定に関する研究（研究期間：平成 26 年度～平成 27 年度）

本研究は、泥炭地盤で特にその効果が顕著であることから、近年施工実績を伸ばしている真空圧密を併用した盛土工法について、これを模擬した三軸試験から、真空圧および盛土荷重によって有効応力変化を受ける泥炭がどのように最終的な強度や剛性の発現に至るのかについて、その一部を明らかにした。北海道および東北地方で採取された多様な泥炭試料を用いて、真空圧および盛土荷重の複合的な载荷をシミュレートした一連の三軸試験を実施した。途中、実験を中断して非排水せん断試験を実施することで、施工中の泥炭の強度を評価した。また、経路上の様々な点で室内弾性波試験を実施して剛性を評価した。

実験結果から、真空圧の载荷・除荷を受けた泥炭の非排水強度および剛性は真空圧の载荷履歴による過圧密効果によって大きく増加すること、軸応力と真空圧の両方を载荷した場合、両者の相乗効果によってその増加はさらに顕著になること、盛土および真空圧载荷中であつても有効応力の増加に応じた強度増加を示すこと、が示された。また、盛土および真空圧载荷中の泥炭のせん断弾性係数  $G$  は、圧密応力比の変化にかかわらず、 $\ln G - \ln \sigma_1'$  関係において、ほぼ直線的に増加するという、通常の圧密の場合と異なる挙動を示すことも明らかとなった。平成 26 年度はこのように比較的簡単な真空圧および盛土下中の载荷条件において、基礎的な知見が得られた。次年度以降、これらの知見をもとに、より実施の载荷条件に近いケースについて検討を行う必要がある。

### 3. おわりに

4 件の報告を聞いて、何れの研究も明らかに助成金額を上回る内容の実験を実施し、創意と工夫を凝らして大きな成果を得ていると感じた。地盤工学会の助成事業の研究としては 26 年度あるいは 27 年度が最終年度であるが、実用に供するためには検討課題が残されているようである。世の中には実用的な研究を標榜しながらも、メカニズムの解明や工法原理の開発など技術の根幹部分を好んで行い、実はそれ以上に変な実務への実装にはさほど興味を示さない、ということがよくあるなかで、本助成事業の研究には実用に堪える技術レベルに達するまで、もう一步の努力をお願いしたい。

地盤工学会の研究助成事業として行われたこれらの成果は広く会員に開示し、いかなる形にせよ多くの会員に成果を利活用していただくのが理想である。今年度の研究成果 4 件のみならず、これまでの研究成果も以下の学会HPに掲載しているので、是非覗いてみていただきたい。

[https://www.jiban.or.jp/index.php?option=com\\_content&view=article&id=1279%3A2008-09-15-06-02-02&catid=36%3A2008-09-14-21-08-08&Itemid=43](https://www.jiban.or.jp/index.php?option=com_content&view=article&id=1279%3A2008-09-15-06-02-02&catid=36%3A2008-09-14-21-08-08&Itemid=43)

（学会のトップページ下の「総務部/委員会」から入り、「道路保全地盤技術向上の調査・研究助成審査委員会」にあります）

（原稿受理 2015.9.8）