

道路政策の質の向上に資する技術研究開発

【研究終了報告書】

①研究代表者	氏名 (ふりがな)		所属	役職
	八嶋 厚 (やしま あつし)		岐阜大学工学部	教授
②研究 テーマ	名称	道路土工と舗装の一体型診断システムに基づいた 長寿命化修繕方法の開発		
	政策 領域	[主領域] 【領域 8】 道路資産の保全 [副領域]	公募 タイプ	Ⅱ
③研究経費 (単位: 万円) ※端数切り捨て。実際の研究期間に応じて記入欄を合わせる こと	平成30年度	令和元年度	令和2年度	総合計
	1,791万円	1,634万円	1,997万円	5,422万円
④研究者氏名	(研究代表者以外の研究者の氏名、所属・役職を記入下さい。なお、記入欄が足りない場合は適宜追加下さい。)			
氏名	所属・役職 (※令和3年3月31日現在)			
村田 芳信	岐阜大学 産学官連携研究員			
横田 善弘	前田工織株式会社 開発営業推進本部 技監			
苅谷 敬三	岐阜大学 産学官連携研究員			
⑤研究の目的・目標	(提案書に記載した研究の目的・目標を簡潔に記入下さい。)			
<p>本研究は、舗装表層の供用年数が使用目的年数に満たず早期に劣化が進行し、補修が高頻度で繰返される区間について、経済的な道路管理の観点からLCC最小化を目指した詳細調査方法の高機能・効率化と抜本的修繕工法の開発を行うことを目的とする。</p> <p>目的達成のため、</p> <p>① 国管理道路、県管理道路、高規格道路等を対象に、提案する舗装と土工の一体型・診断システムを用いた詳細調査を実施し、舗装、路床及び路体（地山）の一体的剛性評価法を確立する。</p> <p>② 提案する各種抜本的修繕工法について、表層劣化の著しい道路において試験施工を実施する他、長期的効果確認のため、補強材内に光ファイバーセンサ及び水分センサを内在した新しいセンシング技術の開発を行う。</p>				

⑥これまでの研究経過・目的の達成状況

研究項目1：

舗装と土工の一体型点検に基づいた診断支援情報の充実化と長寿命化修繕工法適用のための調査設計手法の確立

研究経過・目的の達成状況

- ✓ 繰返し舗装補修が実施されている区間について、FWD試験 と2次元表面波探査・電気探査を同時進行するハイブリッド点検を実施し、舗装から路体に至るまでの連続的な剛性データを蓄積して診断結果データベースの拡充を行った。
(研究分担等：ハイブリッド点検は、岐阜県・愛知道路コンセッション（株）等の協力を得て、八嶋・村田・苅谷が担当した。FWD試験および路面性状調査については外注した。)
- ✓ 蓄積された情報に基づいて、適用例を盛り込んだ「ハイブリッド計測手法を用いた長寿命化修繕工法適用のための調査設計マニュアル」（案）を提案した。
(研究分担等：調査設計マニュアル（案）は、村田・苅谷・八嶋が作成した。)

研究項目2：

舗装と土工の特性に基づいた抜本的修繕工法の開発

研究経過・目的の達成状況

- ✓ 岐阜県一般県道「安八海津線」、「福岡坂下線」において、路盤の抜本的修繕対策を用いた試験施工を実施した。
- ✓ 令和2年度においては、国土交通省国土技術政策総合研究所（以下、国総研）内に整備された「道路基盤構造実験施設」を用い、過年度までに提案・試行してきた抜本的修繕工法の評価確認のための実物規模実験を実施し、補強効果を確認した。
(研究分担等：岐阜県における2路線の試験施工および国総研における実物規模実験は、八嶋・村田・横田・苅谷が担当した。試験施工および国総研における実験構造物の施工については、一部外注した。)
- ✓ 提案する修繕工法に用いる構造体の性能確認試験を実施し、提案工法が路盤の靱性や曲げ剛性を大きく向上させることを確認した。
(研究分担等：修繕工法に用いる構造体の性能確認試験は、横田が中心となって実施した。実験の一部は外注した。)
- ✓ 長期的な修繕効果確認のための補強材内に光ファイバーセンサを内在した新しいセンシング技術を開発した。岐阜県一般県道安八海津線における試験施工区間に設置し、計測を継続している。また、国総研における実物規模実験においても路盤内のひずみを計測した。
- ✓ 路盤内の水分の変化をモニタリングする技術として、ジオグリッドに電線を挿入することで、静電容量式土壌水分計として適用する「水分センサ」を開発した。センサは、岐阜県一般県道「福岡坂下線」の試験施工区間に設置し、令和2年度末まで計測を実施した。
(研究分担等：センサの開発、試験施工および国総研における実物規模実験におけるセンサ配置は、横田が中心となって行った。センサによる長期モニタリングは、横田・村田が実施した。試験施工および国総研における実物規模実験における計測の一部は外注した。)
- ✓ 具体事例を盛り込んだ「ジオシンセティックスを用いた舗装の長寿命化修繕工法施工マニュアル」（案）を提案した。
(研究分担等：施工マニュアル（案）は、横田が中心となって作成した。)

⑦中間・FS評価で指摘を受けた事項への対応状況

第一年度終了時の指摘事項：

今後、研究の進捗により、舗装と土工一体の調査診断方法と修繕工法が体系的に示され、実用化に結びつけられることを期待する。

対応

- ✓ 意見を参考にして、FWD 試験を併用したハイブリッド計測による点検評価と実際の道路構築および修繕方法との整合性を検証する目的で、高規格南知多道路を対象に、コアボーリングによる路床下までの舗装構造詳細調査を実施した。その結果、本研究で提案した点検手法が、舗装および路床下の構造を的確に表現できることを確認した。
- ✓ 低盛土道路の舗装損傷原因が、舗装構造体自体に起因するものではなく、盛土下の軟弱地盤の沈下による道路横断構造物の抜け上がりに起因することを、提案点検方法により推定した。この結果に基づいて、道路縦断方向の補強のため、路盤内にジオグリッド設置を提案し、一般県道「安八海津線」において試験施工を実施した。
- ✓ 重交通の増加に備えて MCI に基づいて道路の修繕が予定されている一般県道「福岡坂下線」において、ハイブリッド計測による点検評価により、抜本的修繕対策の必要性が認識され、試験施工が実施された。

第二年度終了時の指摘事項：

本研究の成果を舗装点検の実務に利活用できるよう、技術の導入プロセスや適用条件等の検討も着実に実施し、成果がとりまとめられることを期待する

対応

- ✓ 舗装と土工一体の調査診断方法については、適用例を盛り込んだ「ハイブリッド計測手法を用いた長寿命化修繕工法適用のための調査設計マニュアル」(案)を提案した。点検に基づいて診断結果をまとめるための、表面波探査解析マニュアルおよび電気探査解析マニュアルも別途整備した。
- ✓ マニュアルの中で、ハイブリッド計測は、通常の修繕工事（上層路盤の打換えや補強を含む）において実施可能な長寿命化修繕技術の適用を図る場合に適用することを明記した。また、設計条件の変更に伴う修繕設計のための現状調査や劣化損傷の激しい道路の構造調査（掘削による詳細調査など）の代替え調査としても適用可能であることも言及した。
- ✓ 本研究の成果を舗装点検の実務に利活用するためには、点検手法の開発だけでは不十分である。点検・診断に基づいて、舗装の長寿命化設計および施工法を提案することが重要である。過年度までに実施した 2 か所の試験施工・実施工および令和 2 年度に実施した国土技術政策総合研究所における実大規模実験結果に基づいて、具体事例を盛り込んだ「ジオシンセティックスを用いた舗装の長寿命化修繕工法施工マニュアル」(案)を提案した。

⑧研究成果

はじめに：

本研究は、舗装表層の供用年数が使目的に満たず早期に劣化が進行し、補修が高頻度で繰返される区間について、経済的な道路管理の観点からLCC最小化を目指した詳細調査方法の高機能・効率化と抜本的修繕工法の開発を行うことを目的とした。研究内容の概要は以下の通りである。

- ・ 舗装と土工の一体型点検に基づいた診断支援情報の充実化を図るとともに、長寿命化修繕工法適用のための調査設計マニュアル（案）を提案した。
- ・ 舗装と土工の特性に基づいた抜本的修繕工法について、表層劣化の著しい道路において試験施工を実施するとともに、具体事例を盛り込んだ舗装の長寿命化修繕工法施工マニュアル（案）を提案した。
- ・ 舗装修繕の長期的効果確認のため、補強材内に光ファイバーセンサ及び水分センサを内在した新しいセンシング技術の開発を行った

舗装と土工の一体型点検に基づいた修繕工法適用のための調査設計手法の確立：

岐阜県が管理する数多くの道路で実施してきたFWD試験を震源とする自動化した2次元表面波探査ならびに牽引式電気探査（以下、ハイブリッド計測）による舗装ならびに盛土の計測結果に基づいた診断が、舗装路面の損傷や盛土の変状と一致することや、同時に実施したFWD試験結果とも相関性が確認でき、非破壊で高度な点検診断技術として活用できることがわかった。

平成30年度は、岐阜県一般県道安八海津線において、ハイブリッド計測と路面性状調査によるMCI調査を実施した。調査状況を、**写真-1～2**に示す。調査の結果、路面の損傷は、軟弱地盤上に構築された低盛土内に存在する2か所の人道ボックスカルバートと1か所の排水函渠の抜け上がりによる不陸修繕のための部分オーバーレイの影響であることがわかった。



写真-1 2次元表面波探査測定状況



写真-2 牽引式電気探査測定状況

令和元年度は、岐阜県一般県道福岡坂下線において、既に路面性状調査 MCI に基づいて修繕箇所を選定が済んでいる区間について、ハイブリッド計測により選定箇所の妥当性評価と長寿命化対策の必要性評価を実施する機会を得た。従来の舗装修繕設計に、**図-1**に示すように、ハイブリッド点

⑧研究成果（つづき）

検に基づく具体的な性能評価ならびに舗装の劣化要因の有無に基づいて、抜本的修繕工法の適用を図るものである。

ハイブリッド点検の結果、支持地盤の評価は、一つの区間ではS波速度が低い黒ボクや崩積土の分布が予想され、比抵抗も低く路盤への地下水位の浸入が懸念されることから抜本的修繕が望まれた。別の区間では、峠地形の切土地盤であることからS波速度は比較的高い値を示すものの、比抵抗が局所的に低く路盤への地下水の浸入が強く疑われることから、抜本的修繕もしくは排水対策の必要性が高いことがわかった。これらの状況を勘案して舗裝修繕設計に反映することとなった。

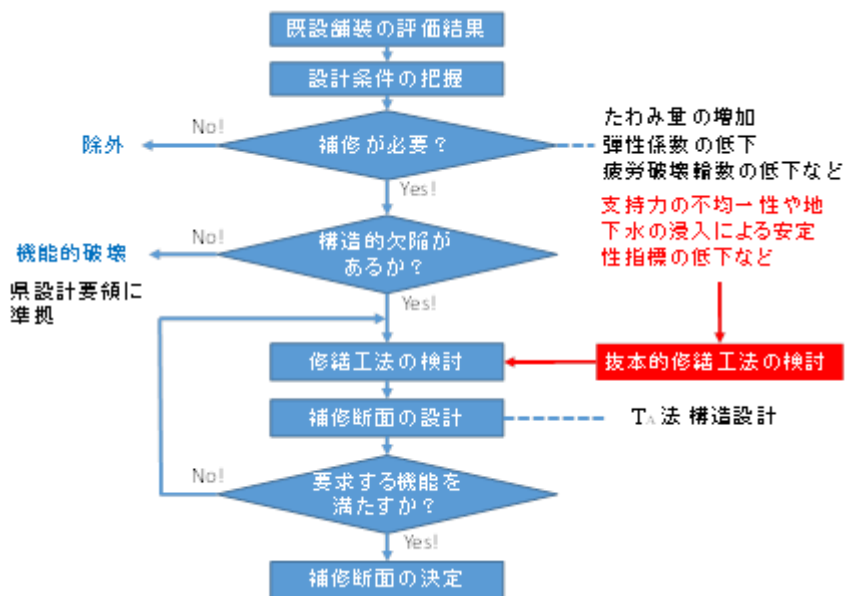


図-1 舗裝修繕設計の流れ

平成30年度および令和元年度において、南知多道路の修繕工事後の区間において、ハイブリッド点検を実施した。この結果、路面性状調査MCIの評価に基づいて実施された舗裝修繕が、FWD試験による舗装評価の劣る箇所と一致することが確認できた。一方、依然としてFWD試験による評価は十分な改善には至っておらず、今後の舗装の劣化進行が懸念されることが判明した。また、物理探査結果からは、対象区間が泥質な地山を切盛されて建設されており、その支持地盤の不均一さが舗装の劣化損傷を速めていると考えられた。さらに、測線後半の比較的規模の大きな谷底低地では、路床改良を伴う丁寧な軟弱層対策が実施されていることが予想され、その結果舗装が長期にわたり安定していると考えられた。

そこで、コアボーリングによる舗装構造調査を実施した。これらの調査の結果、ハイブリッド点検による評価が、実際の状況を正しく捉えていること。また、支持地盤の不均一さが路面の劣化進行を促進すること。さらに、路床改良による安定した支持力の確保が舗装の長寿命化に大きく貢献することが確認された。

蓄積された情報に基づいて、適用例を盛り込んだ「ハイブリッド計測手法を用いた長寿命化修繕工法適用のための調査設計マニュアル」（案）を提案した。

⑧研究成果（つづき）

舗装と土工の特性に基づいた抜本的修繕工法の開発：

平成30年度は、岐阜県一般県道安八海津線において、軟弱地盤上に建設された橋梁の擦付け盛土部において、従来から修繕工事として実施される2種類の上層路盤打ち替え（粒度調整砕石および瀝青安定処理）に加えて、粒度調整砕石にジオセル+ジオグリッドを補強した場合、さらに瀝青安定処理の上部と下部にジオグリッドを補強した場合の計4種類の実験工事を実施し、それぞれの修繕技術の長寿命化に果たす効果を長期的視点で確認した。さらに、修繕工事前後において自動化統合物理探査を実施して、修繕工事による舗装性能の変化を確認することで、診断技術の充実化に資するものとした。

令和元年度は、岐阜県一般県道福岡坂下線において、ハイブリッド点検の結果により、路盤への水の浸入と路盤材料の劣化を抑制するための路盤の修繕方法を提案した。ハイブリッド点検による舗装評価に基づいて、これまで予定していた上層路盤を再生CAE路盤に打換える修繕計画を再検討し、より等値換算係数の高い瀝青安定処理に変更した。また、舗装の強化対策としてジオグリッドを瀝青安定処理層の下面ならびに中間に敷設する工法を試験的に施工した（図-2）。さらに、長期的に路盤内への地下水の浸透の有無を確認するために、ジオグリッド水分センサならびに水位計を敷設して、路面の性状変化と併せてモニタリングするものとした。

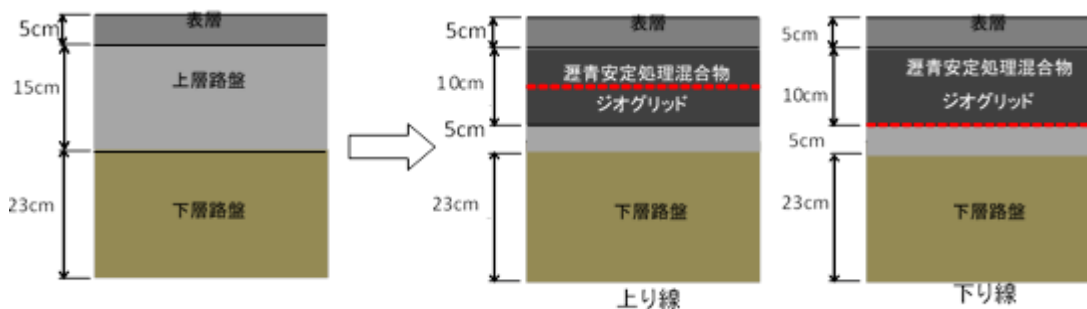


図-2 ジオグリッドによる補強対策の提案

令和元年度までに実施した試験工事では、長期的な修繕効果を評価することが困難なことから、国総研内に設置された道路基盤構造実験施設を利用して、短時間で縦横2軸のジオグリッドを用いた長寿命化効果確認のための実証実験を実施した。実験の流れは図-3に示す通りである。支持層の不均一性と災害時の段差に対する道路縦断方向の補強とわだち掘れに対する道路横断方向の補強を同時に達成する目的で、2軸ジオグリッドを使用した。その結果、次のような成果が得られた。

- ・ 道路縦断方向に大きな段差が生じた場合、ジオグリッド補強による段差抑制効果により舗装の連続性が保たれることから、災害時の緊急車両の通行可能性が期待できる。
- ・ 盛土部における道路縦断方向の不等沈下による舗装表面の引張に対して、ジオグリッド補強は、発生する横断方向クラック幅を大幅に小さくすることから、支持層の不均一性に対する補強効果が確認できた。
- ・ 道路横断方向の変状では、輪荷重負担の大きい個所の舗装表面沈下が、ジオグリッド補強により

⑧研究成果（つづき）

低減されたことが、路面性状とくに降雨後の水たまりの大きさから確認できた。これにより、上層路盤内に敷設された縦横2軸のジオグリッドが、道路縦断方向および道路横断方向の変形抑制に対して効果的であることがわかった。

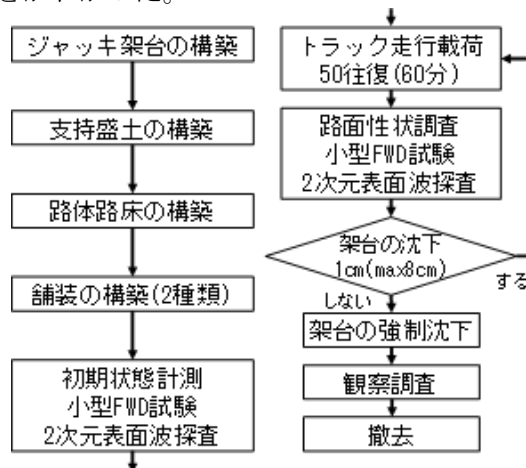


図-3 長寿命化効果確認のための実証実験の流れ

平成30年度および令和元年度の2か年において、提案する修繕工法に用いる構造体の性能確認試験を実施した。その結果、次のような成果が得られた。

- ・ アスファルト混合物とジオグリッドを組み合わせた構造体の曲げ試験を実施した。補強材によって曲げ剛性は大幅に増加した。また、ホイールトラッキング試験により、瀝青材料の骨材粒径に応じてジオグリッドの目合いを広げることが、ジオグリッドと瀝青安定処理層の一体化に有効なことが確認された。
- ・ ジオセルの拘束効果を明らかにするために、特殊圧縮試験を実施した。ジオセルは、碎石の圧縮時剛性に、大きな拘束効果を付加することがわかった。しかしながら、国内で流通する各種形状のジオセルならびに粒度調整材料を用いた現場締固め実験により、ジオセルには上層路盤としての性能を有する締固め特性を得ることができないことが明らかとなった。

国外においては、締固め管理が可能な専用ジオセル、路盤補強のみならず、表層・基層間接着力強化をも目指した専用ジオグリッドが開発され、舗裝修繕実務に用いられている。将来的には舗裝修繕のための専用ジオセル・ジオグリッドの開発が望まれる。舗裝修繕に関するジオセルおよびジオグリッドの利用に関する国外での取り組みについては、研究代表者が所属する研究室のホームページ(<https://www1.gifu.ac.jp/~geotech/material.html>)において閲覧することが可能である。

試験施工および長寿命化効果確認のための実証実験に基づき、具体事例を盛り込んだ「ジオシンセティックスを用いた舗装の長寿命化修繕工法施工マニュアル」（案）を提案した。

⑧研究成果（つづき）

修繕効果確認のためのモニタリングシステムの開発：

舗装の修繕効果の確認のため、ジオグリッドに光ファイバーを内蔵したセンサを開発した。本技術は、光ファイバーに光パルスを入射し、ブリルアン散乱光の周波数の変化からひずみの大きさを計測するBOTDR方式のひずみアナライザを用いて、ジオグリッドに生じるひずみを計測する技術である。

岐阜県一般県道安八海津線においてセンサを設置し、計測を継続している。これまでに計測されたひずみを整理すると、計測開始後は、圧縮側のひずみが累積する傾向を示す。また、大型車両を走行させると、ひずみは車両の走行前に比べて引張側に変化することが確認されている。さらに、秋から冬にかけて圧縮側のひずみが累積し、春から夏にかけて引張側のひずみが累積しているため、路面の温度変化の影響を受けていることがわかる。今後も定期的にひずみを計測し、上層路盤の違いならびにジオグリッドの補強効果について検証する。

また、国総研における実物規模実験においても、上層路盤下部の縦断方向ひずみを測定した。図-4に縦断方向ひずみについて、2cm沈下時を初期値とした場合のひずみ分布を比較する。舗装構築時に、センサに若干の初期引張があるので、若干の圧縮ひずみが生じている。この図より、ジャッキ架台と一般盛土部の境界で、補強ありの場合、上層路盤下部において縦断方向引張ひずみが低減されていることがわかる。下層路盤に対する曲げ引張力の緩和がジオグリッドにより期待できることが確認できた。

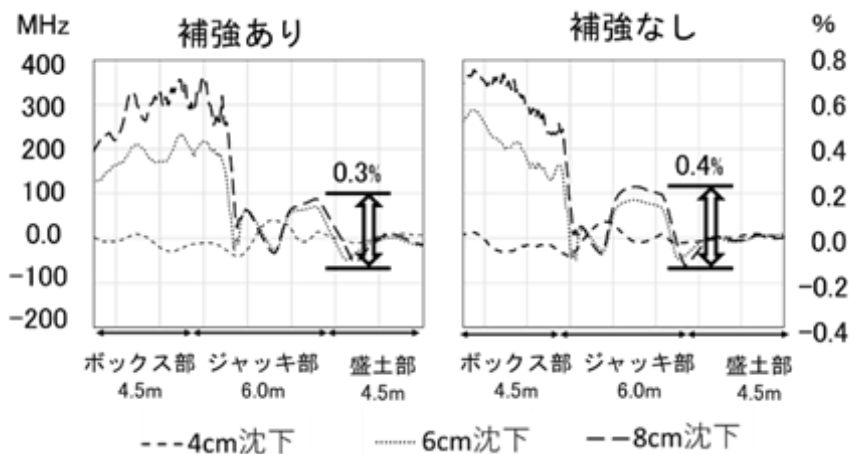


図-4 上層路盤下部の縦断方向ひずみ

路盤内の水分の変化をモニタリングする技術として、ジオグリッドに電線を挿入することで、静電容量式土壌水分計として適用する「水分センサ」を開発した。センサは、岐阜県一般県道「福岡坂下線」の試験施工区間に設置し、令和2年度末まで計測を実施した。

⑨研究成果の発表状況

- 1) 辻慎一郎・伊藤修二・横田善弘・八嶋厚・村田芳信・苅谷敬三・岡村拓朗：道路舗装長寿命化に向けたジオシンセティックスを用いた路盤改良の試み（1）－路盤材とジオシンセティックス複合構造体の性能確認試験による強度特性－，ジオシンセティックス論文集，34巻，pp.61-68，2019.
- 2) 村田芳信・苅谷敬三・八嶋厚・岡村拓朗・伊藤修二・辻慎一郎・横田善弘：道路舗装長寿命化に向けたジオシンセティックスを用いた路盤改良の試み（2）－試験施工の概要と効果確認の試み－，ジオシンセティックス論文集，34巻，pp.69-74，2019.
- 3) 村田芳信・八嶋厚・苅谷敬三・中島良光・山本和範・石黒健：道路土工と舗装の一体型診断に基づいた高規格道路の長寿命化修繕への試み，第33回日本道路会議，No.3070，2019.
- 4) 岡村拓朗・八嶋厚・Nguyen Hong Quan：直轄国道の道路修繕履歴にみる舗装のライフサイクル評価，第33回日本道路会議，No.3104，2019.
- 5) 八嶋厚・村田芳信・苅谷敬三・岡村拓朗・辻慎一郎・伊藤修二・横田善弘：ジオシンセティックスを用いた路盤改良による道路舗装長寿命化への試み，第33回日本道路会議，No.3119，2019.
- 6) Yashima,A., Murata,Y., Kariya,K., Okamura,T., Taniguchi,Y. and Sekiguchi,M. : Stability assessment on expressway embankments by automatic survey and evaluation system, Proc. International Conference on Case Histories and Soil Properties, Singapore, CD-ROM, 2019.
- 7) Murata,Y., Kariya,K., Yashima,A., Okamura,T., Nguyen,H-Q., Yokota,Y., Ito,S. and Tsuji,S. : Long-life repair method for road based on soundness evaluation of embankment and pavement, Japanese Geotechnical Society Special Publication, Vol.8(11), pp.424-429, 2020.
- 8) 八嶋厚・村田芳信・苅谷敬三・辻慎一郎・伊藤修二・横田善弘：道路土工と舗装の一体型点検・診断に基づいた道路舗装長寿命化修繕の試み，ペーブメントぎふ，(一社)岐阜県道路・舗装技術協会，pp.3-13, 2020.
- 9) 村田芳信・苅谷敬三・八嶋厚・山本和範・中島良光・石黒健：物理探査とFWD試験による道路盛土と舗装の健全性評価への試み，第62回地盤工学シンポジウム論文集，No.2-1，2020.
- 10) 八嶋厚・村田芳信・苅谷敬三：道路土工と舗装の一体型点検・診断に基づいた道路舗装の長寿命化施工事例，ペーブメントぎふ，(一社)岐阜県道路・舗装技術協会，pp.3-15, 2020.
- 11) 八嶋厚・村田芳信・横田善弘・山本恭也：ジオンセティックスを用いた路盤改良による道路舗装長寿命化の検討，舗装，Vol.56-7, pp.6-11, 2021.
- 12) Nakashima,K., Yashima,A., Murata,Y. and Kariya,K. : Stability Assessment on Expressway Embankment by Automatic Survey System, Proc. 1st International Symposium on Construction Resources for Environmentally Sustainable Technologies, Fukuoka, 2021. (in appear)

⑩研究成果の社会への情報発信

(1) 国総研「道路基盤構造実験施設」における公開実験

抜本的修繕工法の評価確認のための実物規模実験を公開した。

令和2年8月24日～9月3日 参加者：約150名（特に9月3日は、約100名）

なお、実験の様子は、日刊建設工業新聞（令和2年9月14日（月））に掲載

(2) 土木学会中部支部調査研究委員会における試験施工に関する検討

国土交通省中部地方整備局道路部および岐阜県県土整備部道路維持課等の賛同を得て、土木学会中部支部内に調査研究委員会「道路盛土と舗装の一体型診断システムと長寿命化修繕方法検討委員会」を設置した。国および自治体の道路管理者のみならず、盛土の安定問題に造詣が深い名古屋大学教授、道路専門業者、NEXCO関係者、補強材メーカーなどの有識者も参画し、研究目的達成のために有意義な議論を展開した。特に、岐阜県一般県道「安八海津線」および「福岡坂下線」の路面損傷状況の確認、ハイブリッド点検結果に基づいて試験施工で採用する修繕工法について議論を行った。

- ✓ 第1回委員会 平成30年5月21日
- ✓ 第2回委員会 平成30年8月3日
- ✓ 第3回委員会 平成30年10月22日
- ✓ 第4回委員会 平成31年3月8日
- ✓ 第5回委員会 令和元年5月21日
- ✓ 第6回委員会 令和2年1月29日

なお、委員会成果は、平成30年度土木学会中部支部調査研究委員会報告会において紹介した（平成31年3月1日）。

(3) 学外技術展示会での展示

下記の通り、学外の技術展示会において研究成果の一部を展示した。

- ✓ 建設技術フェア2018in中部（平成30年10月17日～18日）
- ✓ ハイウェイテクノフェア2018（平成30年11月28～29日）
- ✓ ハイウェイテクノフェア2019（令和元年10月8日～9日）
- ✓ 建設技術フェア2019in中部（令和元年10月16日～17日）
- ✓ 建設技術フェア2020in中部（令和2年10月14日～15日）

(4) 研究代表者の所属研究室ホームページ(<https://www1.gifu.ac.jp/~geotech/material.html>)

研究代表者の所属研究室ホームページにおいて、国総研「道路基盤構造実験施設」における公開実験の動画、舗装修繕に関するジオセルおよびジオグリッドの利用に関する国外での取り組み事例等を公開している。

⑪研究の今後の課題・展望等

(1) ハイブリッド計測の社会実装

本研究で提案したハイブリッド計測は、通常の修繕工事（上層路盤の打換えや補強を含む）において実施可能な長寿命化修繕技術の適用を図る場合に適用することができる。また、設計条件の変更に伴う修繕設計のための現状調査や劣化損傷の激しい道路の構造調査（掘削による詳細調査 など）の代替え調査としても適用可能である。

しかしながら、舗装の補修もしくは修繕設計においては、一般的に簡易な路面性状調査のみが行われる。通常の修繕工事（上層路盤の打換えや補強を含む）において実施可能な長寿命化修繕技術の適用を図るためには、舗装と土工の一体的点検・診断が必要であることを、道路管理者に理解していただくことが重要である。

本研究で提案した「ハイブリッド計測手法を用いた長寿命化修繕工法 適用のための調査設計マニュアル」（案）がその一助となることを期待する。

(2) 提案する修繕工法に用いる構造材料と施工性について

本研究では、盛土補強用に使われている一般的なジオシンセティックス（特にジオグリッドやジオセル）を舗装構造材料として用いた。舗装材のリサイクルで世界をリードするわが国においては、舗装構造内にリサイクルが難しいジオグリッドを敷設することに対して、ネガティブな意見があることは重々承知している。しかしながら、アスファルト舗装の損傷部位が下層へと進行している現状において、上層路盤底面へのジオシンセティックス敷設は、国外における舗装の長寿命化の技術動向からも妥当と判断せざるを得ない。将来路盤切削作業および路上路盤再生によりジオグリッド敷設面が乱される場合を想定して、ジオグリッド敷設範囲を明確に記録しておくことが重要である。

岐阜県内2路線における試験施工において、ジオシンセティックスを敷設した場合の上層路盤の締固め、もしくは瀝青改良層との溶着に課題を残した。作成した「ジオシンセティックスを用いた舗装の長寿命化修繕工法施工マニュアル」（案）においては、経験した課題を素直に記述することとした。一方、解決策についても、一部提案することができた。

国総研の実験では、道路舗装用ではない一般的に流通する2軸ジオグリッドを用いたが、施工上の課題はあったものの、道路縦断方向および横断方向の変状、さらには大きな段差に対して多大な効果を発揮することが検証できた。国外においては、締固め管理が可能な専用ジオセル、路盤補強のみならず、表層・基層間接着強化をも目指した専用ジオグリッドが開発され、舗裝修繕実務に用いられている。将来的には舗裝修繕のための専用ジオセル・ジオグリッドの開発が望まれる。なお、舗裝修繕に関するジオセルおよびジオグリッドの利用に関する国外での取り組みについては、研究代表者が所属する研究室のホームページ (<https://www1.gifu.ac.jp/~geotech/material.html>) において閲覧することが可能である。

⑫研究成果の道路行政への反映

道路舗装のアセットマネジメントの観点から、目標とする使用目標年数を定め道路舗装の管理は行われているが、この使用年数に満たないで修繕を繰り返す事例が増えている。舗装は単一の構造物ではなく、盛土などの基礎構造物と一体となって供用される構造物である。道路機能全体の最適化のためには、土工など舗装と密接に関連する道路分野との連携強化が必須であると、2020年に公表された日本道路協会舗装委員会報告書「～新時代の舗装技術に挑戦する～」でも強調されている。

アスファルト舗装の損傷原因を特定し、抜本的な対策を施すためには、開削調査やコア抜き調査などの詳細調査が求められることもある。しかしながら、開削調査やコア抜き調査などは、線状構造物である道路の点情報、または路床までの深度情報を与えるだけであり、盛土や支持地盤といった路床以深の情報を含めた一体的評価を、道路延長上の連続情報として与えることは困難である。

明らかとされた原因を抜本的に解決するためには、下層路盤や路床の再構築や改善にも及ぶ大掛かりな工事が必要となるが、その実施が（財政的あるいは技術的な事情等で）困難である場合が多い。このため、通常の修繕工事（上層路盤の打換えや補強を含む）において実施可能な長寿命化修繕技術を開発し、その適用を図ることで、より効果的なアセットマネジメントを実施することが求められる。

このような背景のもと、本研究では、道路管理者の要求に応えるべく研究開発を実施した。

- ✓ 提案したハイブリッド計測による点検・診断は、アスファルト舗装の損傷原因を特定しようとする道路管理者の要求を満足する。また、設計条件の変更に伴う修繕設計のための現状調査や劣化損傷の激しい道路の構造調査（掘削による詳細調査 など）の代替え調査としても適用可能である。
- ✓ ジオシンセティックスを舗装構造材料として用いた新たな修繕技術は、通常の修繕工事（上層路盤の打換えや補強を含む）において実施可能な抜本的な長寿命化対策として期待される。

なお、舗装材のリサイクルで世界をリードするわが国においては、舗装構造内にリサイクルが難しいジオシンセティックスを敷設することに対してネガティブな意見がある。しかしながら、アスファルト舗装の損傷部位が下層へと進行している現状において、上層路盤底面へのジオシンセティックス敷設は、国外における舗装の長寿命化の技術動向からも妥当と判断せざるを得ない。将来路盤切削作業および路上路盤再生によりジオグリッド敷設面が乱される場合を想定して、ジオグリッド敷設範囲を明確に記録しておくことが重要である。

⑬自己評価

(1) 研究目的の達成度

「⑥これまでの研究経過・目的の達成状況」でまとめた通り、現場計測、試験施工、実物大実験、センサ開発等、研究期間内に当初計画していたすべての項目を実施することができた。

(2) 研究成果

得られた研究成果に基づいて、

- 1) 適用例を盛り込んだ「ハイブリッド計測手法を用いた長寿命化修繕工法適用のための調査設計マニュアル」(案)
- 2) 「ジオシンセティックスを用いた舗装の長寿命化修繕工法施工マニュアル」(案)

をそれぞれ作成した。

(3) 今後の展望

本研究で提案したハイブリッド計測による点検・診断は、アスファルト舗装の損傷原因を特定しようとする道路管理者の要求を満足するものであり、また、ジオシンセティックスを舗装構造材料として用いた新たな修繕技術は、通常の修繕工事(上層路盤の打換えや補強を含む)において実施可能な抜本的な長寿命化対策として期待される。今後は、施工性と機能性に優れる道路舗装用の高機能ジオグリッドの開発が待たれる。

(4) 道路政策の質の向上への寄与

多岐にわたる検討により得られた研究をもとに、調査・設計マニュアル(案)および施工マニュアル(案)を提案した。内容は、いずれも実務に即した内容であり、道路事業者にとって非常に有益な情報である。

(5) 研究費の投資価値

本研究は、限られた予算の中で、数多くの現場計測、2回の試験施工と実物大実験、および舗装構造材料の性能確認試験等を実施し多くの研究成果を得た。それらの研究成果に基づいて提案された、調査・設計マニュアル(案)および施工マニュアル(案)は、道路事業者にとって非常に有益な情報である。このような観点から、本研究に対する投資効果は十分にあったと判断できる。