

## 道路政策の質の向上に資する技術研究開発

## 【研究状況報告書（1年目の研究対象）】

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		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	タイプII		
③研究経費（単位：万円）  ※H30は受託額、H31以降は計画額を記入。端数切捨。	平成30年度	平成31年度	平成32年度	総合計		
	1,791万円	1,690万円	800万円	4,281万円		
④研究者氏名（研究代表者以外の主な研究者の氏名、所属・役職を記入。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				
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）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。）						
<p>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する。</p> <p>平成30年度は、国管理、県管理道路等を対象に、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>また、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の補強材内に光ファイバセンサー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

(研究の進捗状況について、これまでの研究目標の達成状況とその根拠(データ等)を必要に応じて図表等を用いながら具体的に記入。また、研究の目的・目標からみた研究計画、実施方法、体制の妥当性についても記入。)

### 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

#### 1. 安八海津線実験工事

これまで、岐阜県が管理する主要地方道で実施してきた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、自動化統合物理探査)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。中でも、これまでの点検診断結果より支持地盤が不均一な条件下での舗装の長寿命化を図るための舗装修繕技術の適正化の必要が強く求められた他、路盤への水の浸入が舗装の劣化に大きく影響を及ぼすことが明らかとなった。

これを受けて岐阜県は、平成29年度予算において、岐阜県の海拔0m地帯の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種類の上部路盤打ち替え(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することになった。

ここで、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。

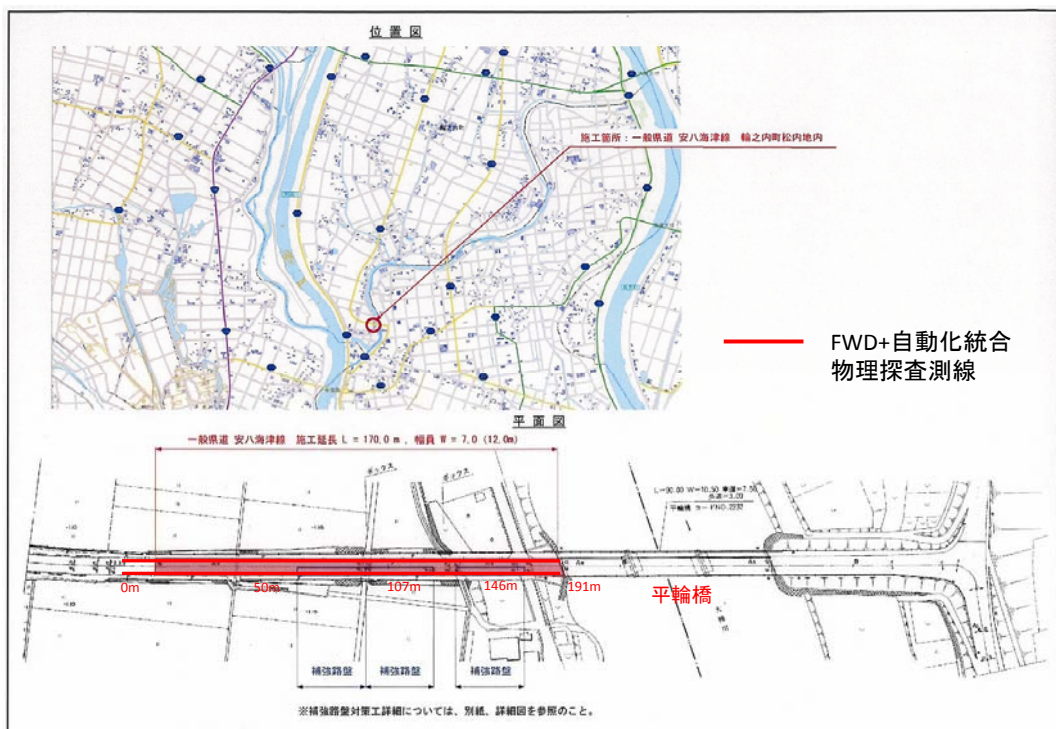


図1-1 実験工事位置図と探査測線位置

実験工事は、図1-1の位置図に示すように、一般県道220号安八海津線の大樽川に架かる平輪橋の西側に当たる盛土部約190m間で実施した。この区間の路面下には、2か所の人道ボックスカルバート（測線距離107m,146m）と1か所の排水函渠（測線距離50m）が敷設されている。

工事に先立ち、FWD試験と自動化統合物理探査による点検診断結果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1-1～1-2に示す。図1-2には、FWD試験による計測たわみ量（ $D_0, D_{90}, D_{150}$ ）とMCIを示す。MCIの値は5以下の低い値を示し、盛土厚の減少とともに低下する傾向が見られる。また、上り線（西行き）に比べて下り線（東行き）の方がわずかに小さいMCI値を示す。これは、下り線が登坂であることの影響と考えられる。一方、FWD試験結果も載荷点のたわみ $D_0$ は全体的に600 $\mu\text{m}$ 前後の大きな値を示し、盛土厚の減少とともに増す傾向にある。いずれの値も構造物周辺で変化しており、これまでに実施されてきた構造物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と考えられる。



写真 1-1 2次元表面波探査測定状況



写真 1-2 牽引式電気探査測定状況

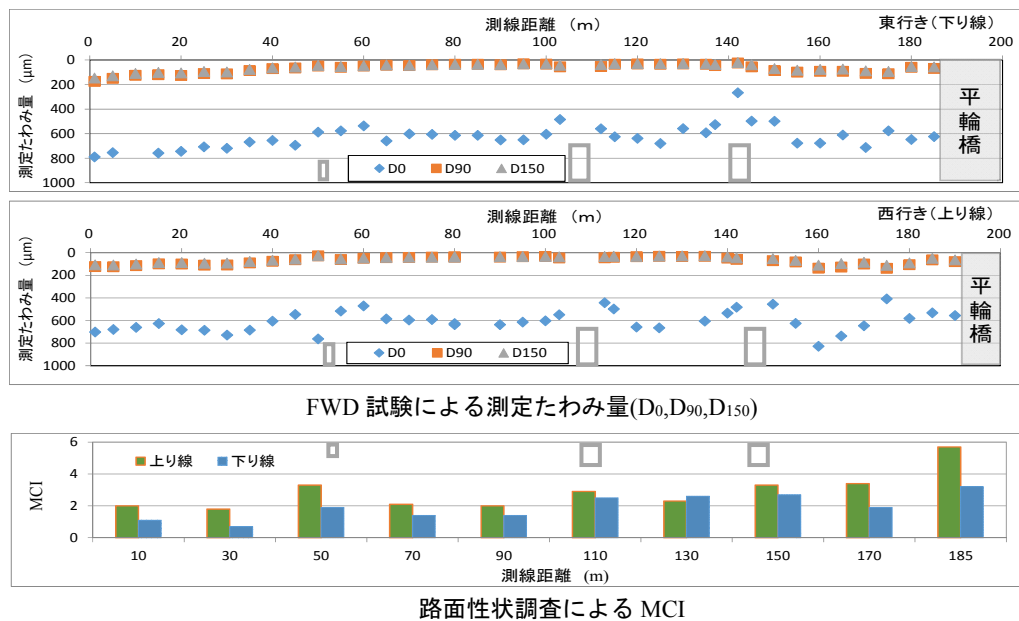


図 1-2 修繕工事前の FWD 試験結果と MCI

修繕工事前に実施した自動化統合物理探査の結果を、図1-3に示す。盛土のS波速度は250m/s以上を示し、比抵抗も200 $\Omega$ m以上を呈することから、健全な盛土であると判断される。しかし、終点側のボックスカルバート（図中の□位置）周辺ならびに平輪橋の橋台背面の盛土下端付近のS波速度ならびに比抵抗がやや小さく、緩みや地下水の浸入の影響が疑われる。一方、盛土下の地盤のS波速度ならびに比抵抗は、それぞれ200m/s以下100 $\Omega$ m以下を示し、地下水に富んだ軟弱地盤であると予想される。また、上り線と下り線の探査結果に大きな違いは見られない。

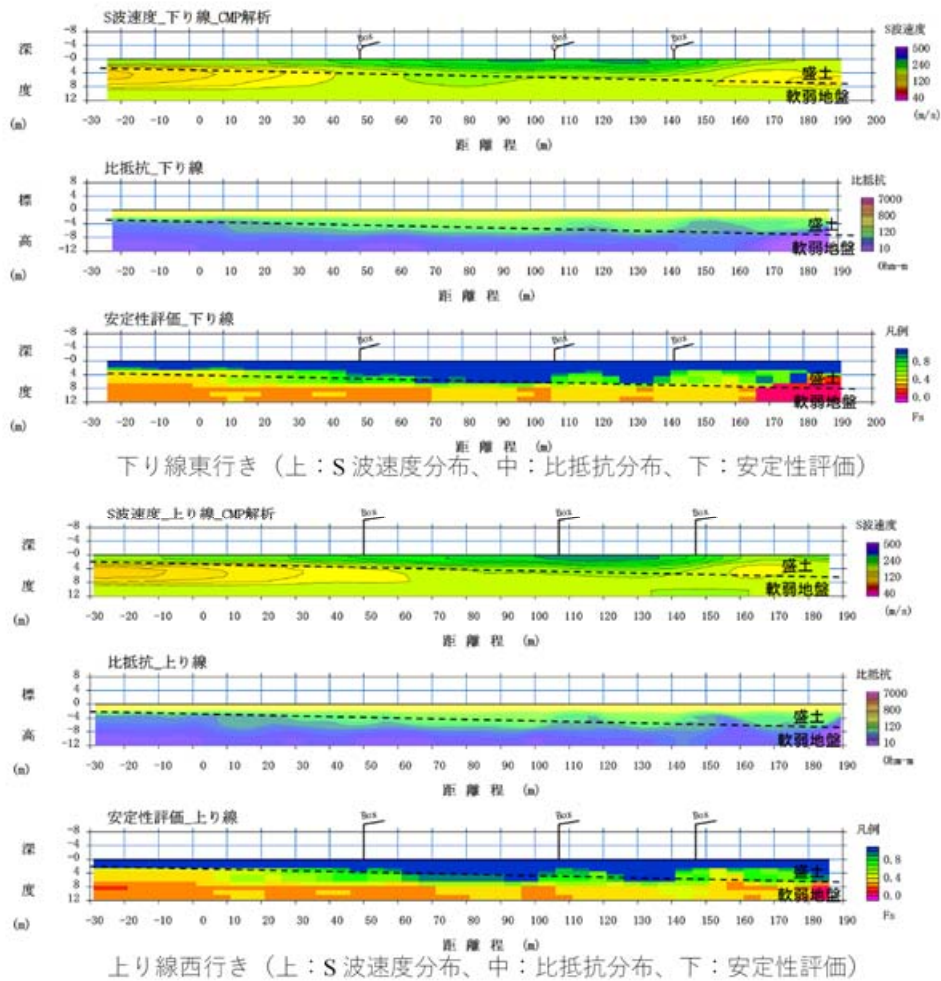


図1-3 修繕工事前の自動化統合物理探査結果

図1-4には、カケヤを震源とした上下線のS波速度分布とその速度差を速度の割合で示す。カケヤを震源とすることで、表層部分の速度分布を精度よく求めることができるが、ここでも明瞭な速度差は確認されない。

図1-5には、実験工事でジオグリッドセンサを敷設して長期計測を行う区間（ボックスカルバートを跨ぐ30mの区間が2つ連続する区間で約70m）において、施工前の路面標高と上部路盤打ち替え工事のために表層と路盤を鋤取った後の路盤面の標高、さらにその路盤面でキャスポル（小型動的載荷試験）により計測したCBRの値を示す。CBRは、上り線（西行き下り坂）の145m付近のボックスカルバート西側でやや大きい傾向を示すものの、上下線とも40前後の良好な値を

示す。また、図中には試掘調査で確認した表層のアスファルトコンクリート厚さ ( $t=60\text{mm}$ ) ならびに路盤の厚さ ( $t=350\text{mm}$ )、ならびに各ボックスのかぶり厚さを示す。

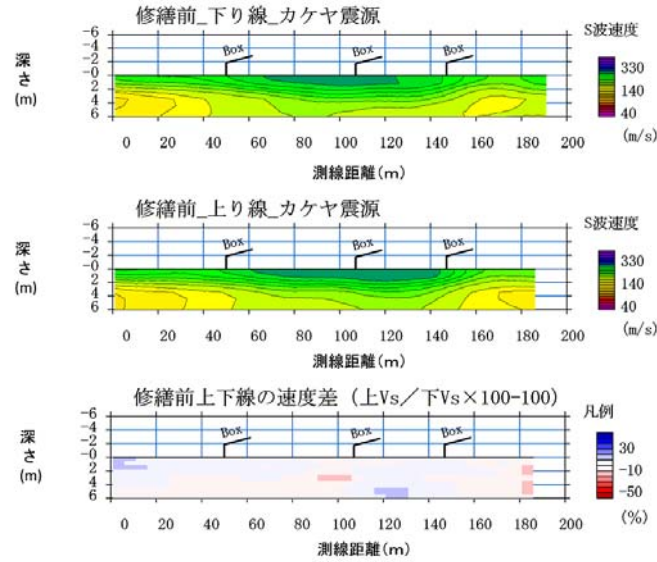


図 1-4 修繕工事前の上下線のS波速度分布とその比較

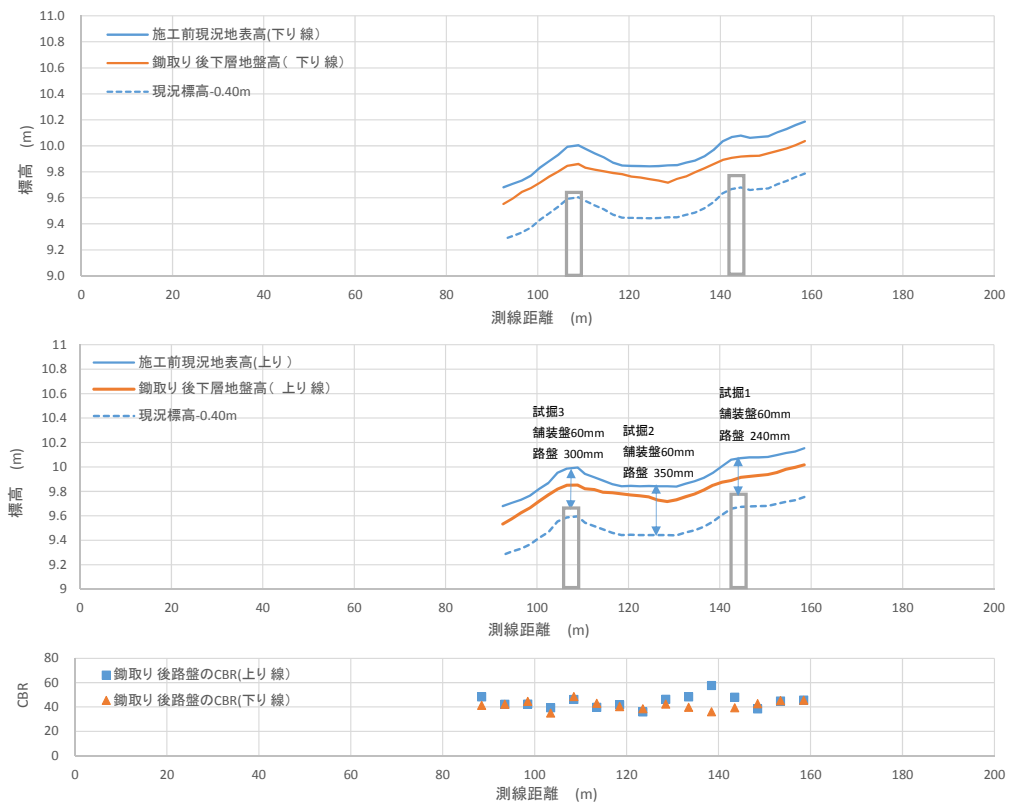


図 1-5 修繕工事前の上下線の路面標高と鋤取り後の路盤の CBR

実験工事による修繕が完了した後に、自動化統合物理探査を実施した。図1-6には、FWD試験結果の測定たわみ量と修繕工事の前後でのたわみ量の変化量を示す。修繕前に載荷点のたわみ量 $D_0$ は $600\mu\text{m}$ 前後であったが、粒度調整砕石による打替え工事を実施した下り線では、 $700\mu\text{m}$ 前後に増加した。このことは、粒度調整砕石による打替え工事がもとの性能を高める結果になっていないことを示す。また、ジオグリッド上にジオセルを敷設した区間では、測定たわみ量が $1000\mu\text{m}$ を超える大きな測定たわみ量となった。これは、ジオセルに投入した砕石の締固めが十分にはできないことによると考えられ、ここでも元の性能を大きく低下させる結果となっている。この傾向は、図1-7に示すように、S波速度分布においても確認できる。今後、路面の劣化への影響について注意深く観測し、補強材の長期的な性能維持への効果の出現の有無を確認する必要がある。

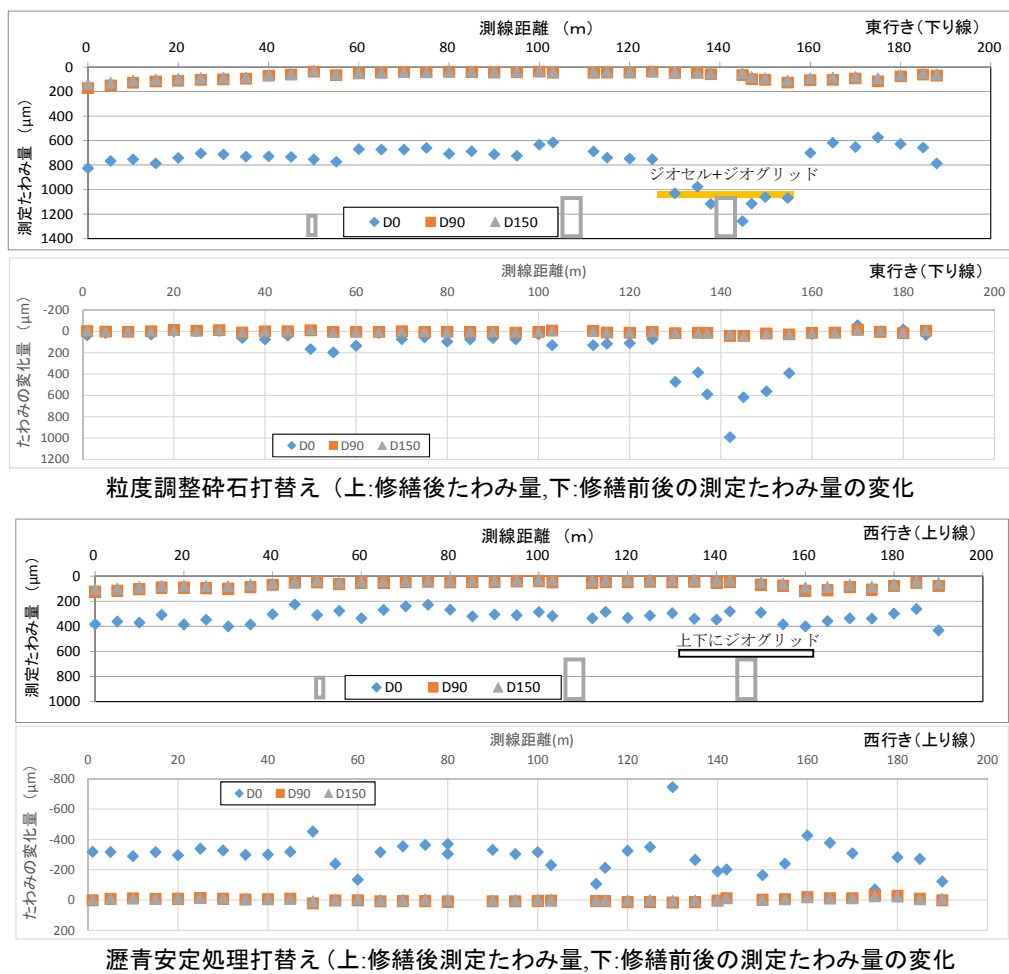


図 1-6 修繕後の FWD 試験結果と修繕前後の比較

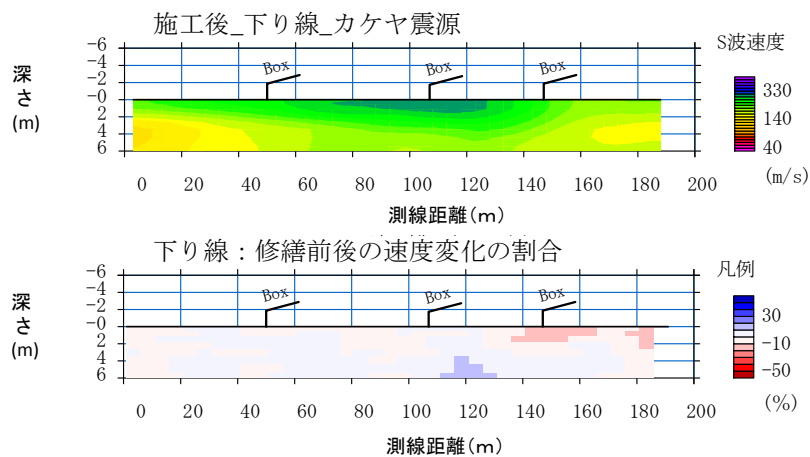


図 1-7 粒度調整砕石打替えによる修繕後の S 波速度分布と修繕前後の速度変化

一方、瀝青安定処理による打ち替えを実施した上り線では、 $D_{0.3}$ は $300\mu\text{m}$ 前後に大きく減少しており、路盤性能の向上が確認できる。図1-8に示すように、S波速度分布においても同様に表層の速度が数%~20%増加することが確認できる。現時点で、ジオグリッドによる補強効果は確認できないが、今後長期的な性能維持効果の有無を確認する必要がある。

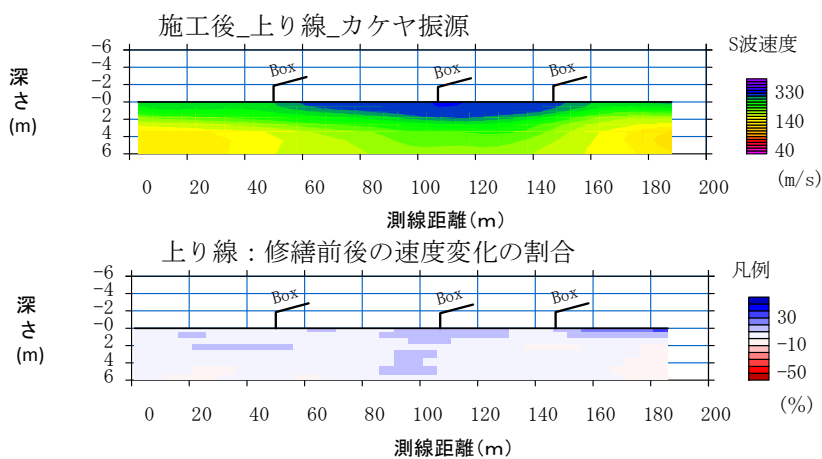


図 1-8 瀝青安定処理打替えによる修繕後の S 波速度分布と修繕前後の速度変化

今回、自動化統合物理探査による計測で、路盤打ち替えによる修繕工事前後の評価を効率よく実施できることが確認できた。また、当該地の計測では、カケヤ震源においても表層の速度変化を精度よく計測できることが確認できたことから、今後カケヤ震源で定期的に2次元表面波探査を実施することで、舗装内部の性能変化を捉えることが可能と考えられる。

## 2. 南知多道路

南知多道路美浜地区における舗装下道路基盤物性（FWD試験、S波速度分布、比抵抗分布）を把握するため、自動化統合物理探査を実施した。舗装の劣化原因の特定とそれに基づいた舗装の長寿命化対策、ならびに盛土の安定性評価と予防保全対策の適用によるアセットマネジメントに基づくメンテナンスサイクルの有効性を研究評価し、その適用により道路の維持管理の高度化を図ることを目的とする。

今回、従来の舗装の維持管理指標MCIに基づいて更新（修繕）された道路舗装において、自動化統合物理探査により性能を評価することで、更新による効果や劣化原因に基づく今後の舗装の劣化予測を行うための診断支援情報の充実化に資する。

測定区間は、図2-1に示すように、MCI調査に基づいて路面の修繕工事が実施された区間（H29年度実施、距離程30.915～33.10KP）を含む距離程30.60KP～34.46KP間の下り線走行車線（外側わだち部）である。

平成30年10月23日～25日に、除草作業のための片側走行車線規制に乗じて、FWD試験を10m毎に実施し、それを震源とした自動化2次元表面波探査を実施した。除草作業との競合を避けて、効率的に計測を進める必要から、牽引式電気探査は個別に実施した。

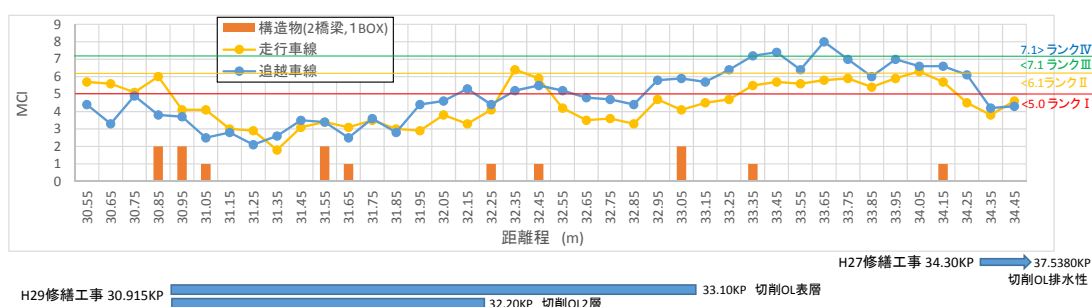


図 2-1 MCI 調査に基づく修繕工事の実施

計測状況を写真2-1および写真2-2に示す。また、自動化統合物理探査結果を図2-2に示す。当該区間は、FWD試験を震源とした2次元表面波探査より、Vsが200m/s前後の軟弱な谷底堆積物上に周辺の泥岩質な三紀層を切盛り造成した様子が分かる。谷底堆積物と地山の三紀層は、いずれも低い比抵抗を示すことから、泥質な地層であり、比抵抗による切盛境界の判別は困難である。一方、距離程33.4KPから終点側では表層（深さ2～3m）のS波速度ならびに比抵抗ともに高い値を示すことから、路床改良（セメント改良？）の影響が考えられ、現在施工記録との照合を行っている。

また、修繕工事区間のFWD試験結果の載荷点たわみ量 $D_0$ が、依然としてやや大きな値を示すことから、舗装の劣化速度の改善には至っていないと考えられ、アセットマネジメントの視点から今後の舗装の修繕方法について、調査研究を進めている。

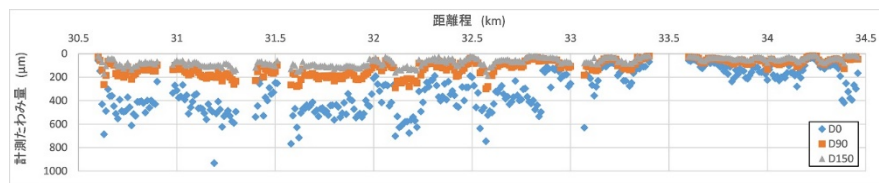




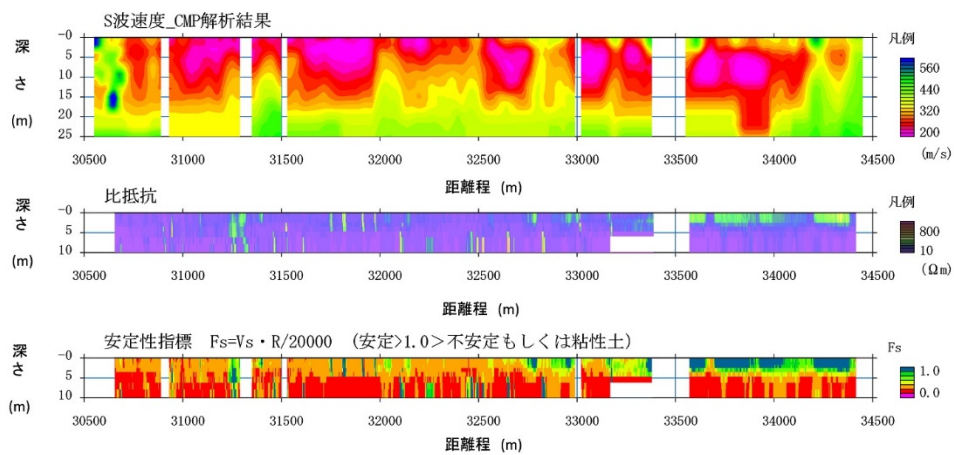
写真 2-1 2次元表面波探査測定状況



写真 2-2 牽引式電気探査測定状況



FWD 試験結果 (測定たわみ量 D<sub>0</sub>, D<sub>90</sub>, D<sub>150</sub>)



物理探査結果 (上: S波速度分布、中: 比抵抗分布、下: 安定性評価)

図 2-2 自動化統合物理探査結果 (南知多道路下り線、走行車線)

② 舗装と土工の特性に基づいた抜本的修繕工法の開発

a. 提案する修繕工法に用いる構造体の性能確認試験

(1) アスファルト混合物の補強技術の提案

アスファルト混合物や路盤材料とジオシンセティック技術を組み合わせることによって、アスファルト舗装の長寿命化を図ることを検討した。具体的には、下記の補強技術を提案し、室内試験によりその性能を確認した。

補強技術 1 ; アスファルト混合物と融点の低い樹脂で製作したジオグリッドを一体化させて、アスファルト混合物の曲げ剛性を向上させる。









補強技術 2 ; 路盤材料 ( 碎石 ) をジオセルに充填することにより、碎石の流動を拘束させる。

(2) 補強技術 1 に関する予備試験

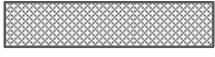
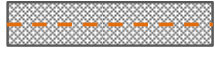
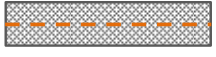
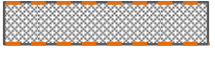




アスファルト混合物を補強するジオグリッドとして、アスファルト混合物の舗設時の熱によりジオグリッドを構成するポリエチレン樹脂が融解し、芯材のアラミド繊維と一体化させる補強技術を開発した。本技術による補強効果を確認するため、表a-1に示すように、アスファルト混合物として瀝青安定処理混合物と開粒度混合物にジオグリッドを配置した、長さ300mm、幅300mm、厚さ50mmの試験体を作成し、曲げ試験を行った。各試験体の曲げ荷重とスパン中央における鉛直変位の関係を図a-1に示す。ジオグリッドを試験体の上下面に配置したNo.4とNo.8は、無補強の試験体に比べて曲げ強度が3倍以上に向上していた。これは、試験体の底面に配置したジオグリッドがアスファルト混合物と一体化し、アラミド繊維の引張剛性が発揮されるためと考えられる。

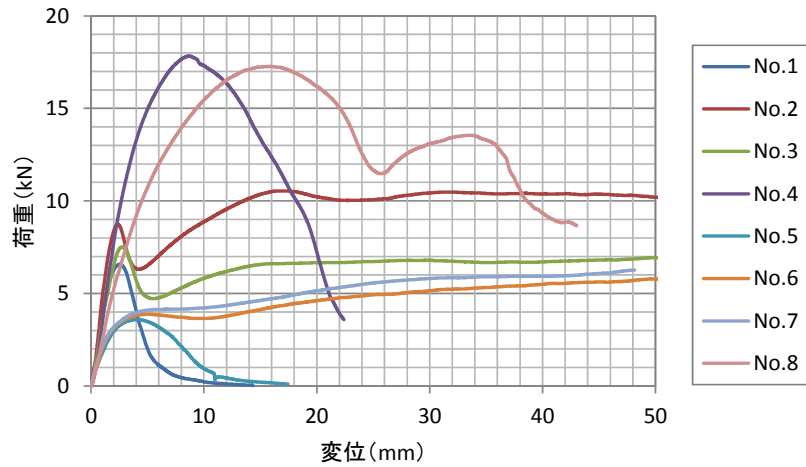
表a-1 ジオグリッドの敷設位置と曲げ試験後の供試体の変形状況

(a) 瀝青安定処理混合物

供試体No.	No.1 ブランク (補強材なし)	No.2 補強材 中間位置 1	No.3 補強材 中間位置 2	No.4 補強材 上下面
補強材 構成				
曲げ試験後				

(b) 開粒度混合物

供試体No.	No.5 ブランク (補強材なし)	No.6 補強材 中間位置 1	No.7 補強材 中間位置 2	No.8 補強材 上下面
補強材 構成				
曲げ試験後				



図a-1 曲げ荷重と鉛直変位の関係

### (3) アスファルト混合物に対する曲げ試験

アスファルト混合物と、アスファルト混合物をジオグリッドやジオセルで補強した試験体に対して曲げ試験を行い、それぞれの曲げ強度、曲げ剛性、靱性を確認した。供試体の製作状況を写真a-1に示す。供試体の寸法は長さ1000mm、幅400mm、厚さ100mmで、ジオグリッドとジオセルを配置した型枠に175℃のアスファルト混合物を投入し、実施工で用いられる機械で転圧することにより作成した。



(a) 型枠



(b) ジオテキスタイルの設置



(c) アスファルト混合物の投入



(d) プレート転圧



(e) タイヤローラ転圧



(f) 供試体の完成

写真 a-1 供試体の製作状況

曲げ試験は、図a-2に示すように、荷重を2点で載荷させる方法で行った。各試験体の曲げ荷重とスパン中央における鉛直変位の関係を図a-3に、曲げ試験前と試験後の状況を写真a-2に示す。

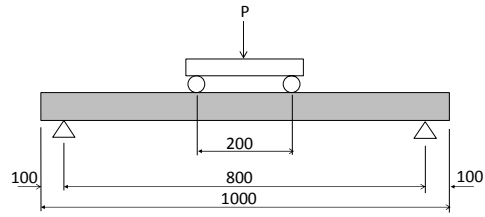


図 a-2 曲げ試験

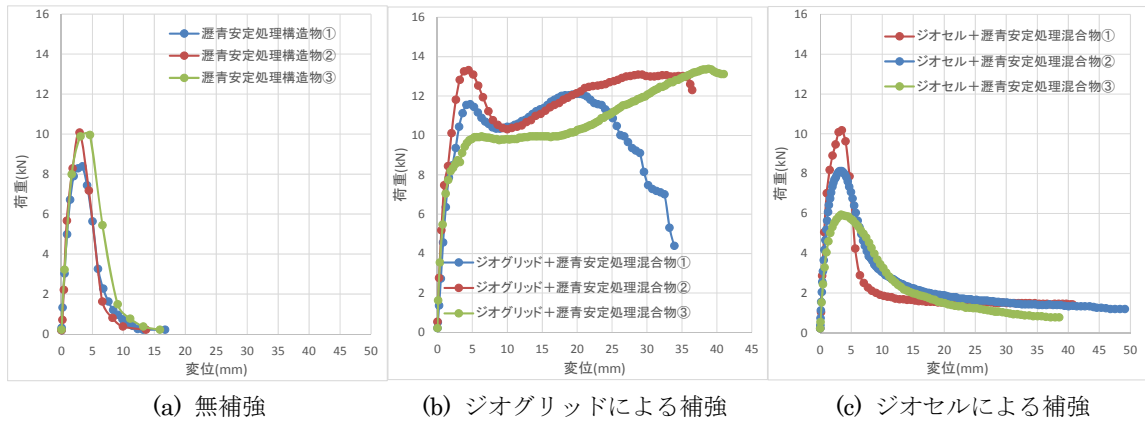
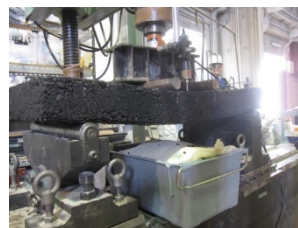


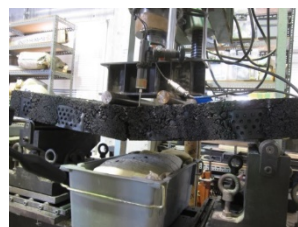
図 a-3 曲げ荷重と鉛直変位の関係



(a) 無補強



(b) ジオグリッドによる補強



(c) ジオセルによる補強

写真 a-2 曲げ試験の結果

無対策の試験体は8~10Nの荷重で供試体が破壊した。ジオグリッドで補強した供試体のピーク荷重は無対策と同程度であるが、ピークを過ぎた後も曲げ強度が持続しており、靱性が発揮されていた。これは、アスファルト混合物の変位が大きくなるとジオグリッドに引張り抵抗力が導引されるためと考えられる。しかし、アスファルト混合物とジオグリッドは完全には一体化しておらず両者の剥離が認められたため、ジオグリッドをアスファルト混合物に埋設するなど、敷設方法を改善する必要がある。また、ジオセルで補強した供試体は、ピークを過ぎた後は、ジオセルの交点が曲げ荷重に抵抗し、2kN程度の残留強度が発揮されていた。

#### (4) ジオセルに対する圧縮試験

ジオセルに土質材料を充填することにより、上載荷重の作用による土質材料の側方への移動が拘束される。ジオセルによる土質材料の拘束効果を確認するための基礎試験として、圧縮試験を行った。圧縮試験は、写真a-3に示すように、ジオセル(高さ:150mm,セルの径:長径320mm,短径287mm)に最少粒径20mmの碎石を充填して直径25cmの載荷板を設置し、油圧ジャッキで載荷する方法で行った。ジオセルに充填した碎石の単位体積重量は平均で1.58g/cm<sup>3</sup>である。また、圧縮試験では、圧縮荷重、載荷板の鉛直変位、ジオセルの側方変位を計測した。

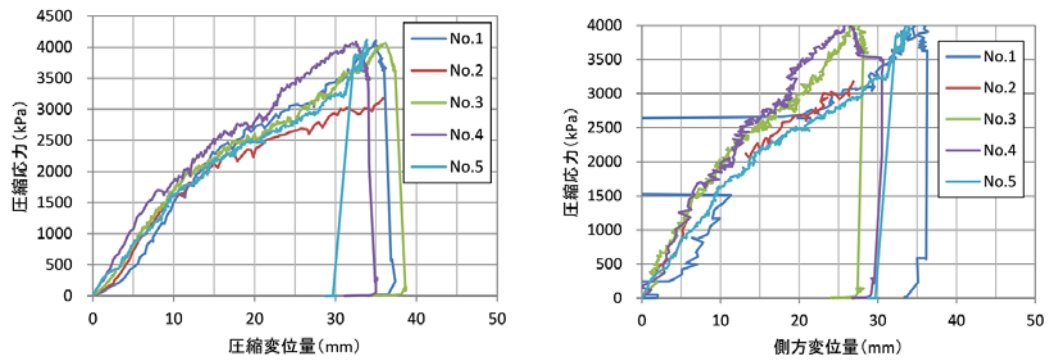


写真 a-3 ジオセルの圧縮試験

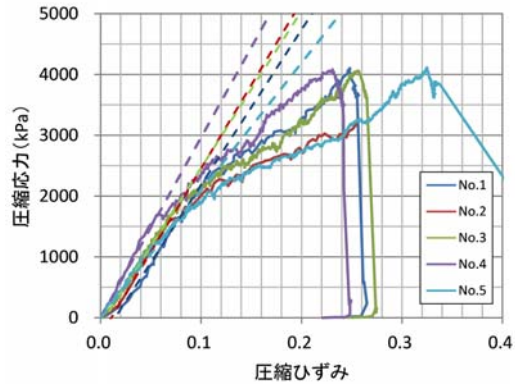
圧縮試験では、載荷重の上限をロードセルの許容荷重である200kNまでとした。圧縮試験後のジオセルの変形状況を写真a-4に示すように、ジオセルは碎石の流動を拘束し、側方に膨らむように変形する。圧縮試験後の碎石は破碎されており、今後、碎石の粒度分布の変化を考察する予定である。圧縮応力と圧縮変位、側方変位の関係を図a-4に、圧縮応力と圧縮ひずみの関係を図a-5に示す。圧縮応力と変位の関係は概ね線形関係にあり、碎石を充填したジオセルの初期接線係数は平均で25800kN/m<sup>2</sup>であった。今後、ジオセルによる土質材料の拘束効果を定量的に確認するため、大型三軸圧縮試験により碎石単体の圧縮試験を行う予定である。



写真a-4 圧縮試験後のジオセル



図a-4 圧縮応力と圧縮変位・側方変位の関係



図a-5 圧縮応力と圧縮ひずみの関係

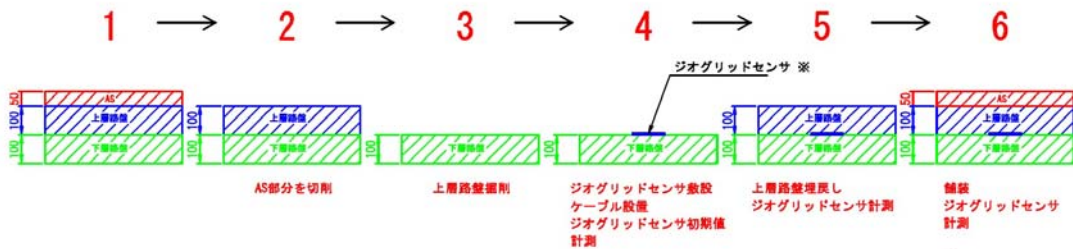
b. 試験施工

先の①1. 安八海津線実験工事における試験施工結果について述べる。

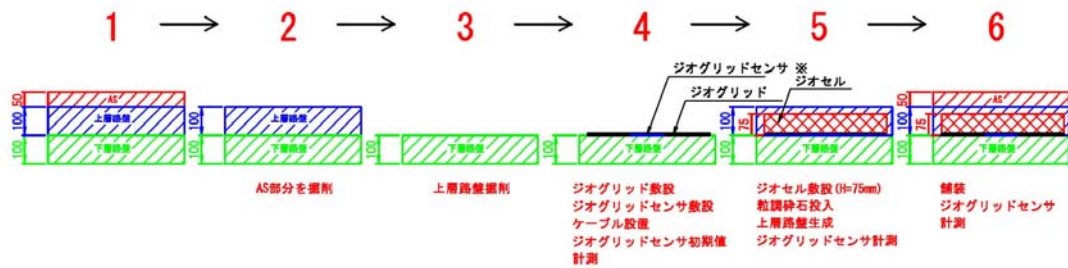
(1) 概要

試験施工箇所は4か所で、各試験箇所とも表層のアスファルト（AS）の切削，上層路盤の掘削をした後に対策を行う。対策工法を以下に示す。

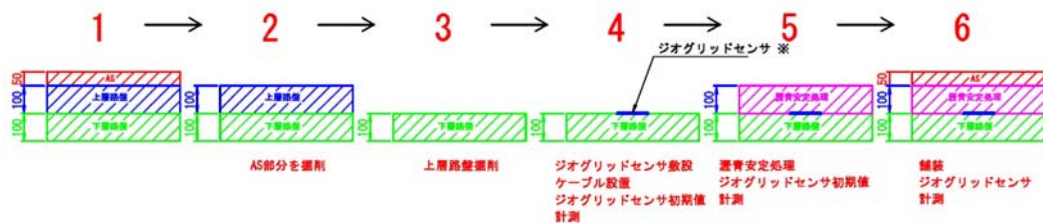
区間1：上層路盤を碎石で再構築



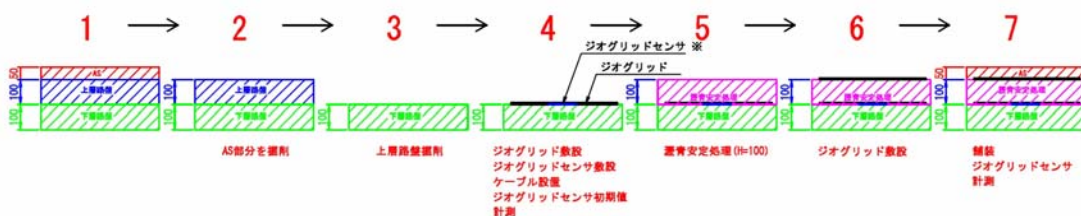
区間2：上層路盤をジオセル+アスファルト補強ジオグリットで補強



区間3：上層路盤を瀝青安定処理材で置換え



区間4：上層路盤の瀝青安定処理材をアスファルト補強ジオグリットで補強



(2) 上層路盤の施工性

今回の施工は上層路盤補強の比較であり各工法ともアスファルトの切削，上層路盤の掘削は同一である。

・ 区間 1 : 上層路盤を砕石で再構築

砕石をフニッシャーで敷均し後、振動ローラ、タイヤローラで転圧した。主な作業が重機を用いて施工が可能であった。施工手順を以下に示す。

1) 砕石のまき出し (フニッシャー)



2) 振動ローラ, タイヤローラによる転圧



・ 区間 2 : 上層路盤をジオセル+アスファルト補強ジオグリッドで補強

アスファルト補強ジオグリッドを敷設, 固定後, ジオセルを敷設した。砕石の撒き出しはミニバックホウを用い, 振動ローラ, タイヤローラで転圧した。ジオグリッド敷設とジオセル敷設が手作業となり, 砕石の撒き出しはミニバックホウを用いたため, 区間 1 に比べ時間を要した。施工手順を以下に示す。

1) アスファルト補強ジオグリッドの敷設



2) アスファルト補強ジオグリッドの固定





3) ジオセルの組立設置



4) 碎石のまき出し（ミニバックホウ）



5) 振動ローラ、タイヤローラによる転圧



・ 区間 3 : 上層路盤を瀝青安定処理材で置換え

瀝青安定処理材をフニッシャーで敷均し後、振動ローラ、タイヤローラで転圧した。主な作業が重機を用いて施工が可能であった。施工手順を以下に示す。

1) タックコート・プライムコートの散布



2) 瀝青安定処理材のまき出し（フニッシャー）



3) 振動ローラ、タイヤローラによる転圧



・ 区間4：上層路盤の瀝青安定処理材をアスファルト補強ジオグリッドで補強

アスファルト補強ジオグリッドの敷設は手作業となり、瀝青安定処理材の補強と比べ作業時間

が増加した。施工手順を以下に示す。

1) アスファルト補強ジオグリッドの敷設 (下部)



2) アスファルト補強ジオグリッドの固定



3) 瀝青安定処理材のまき出し (フニッシャー)



4) 振動ローラ、タイヤローラによる転圧



5) アスファルト補強ジオグリッドの敷設 (上部)



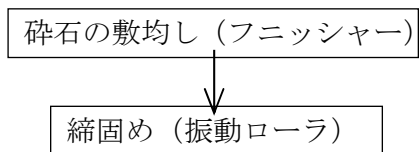
6) アスファルト補強ジオグリッドの固定



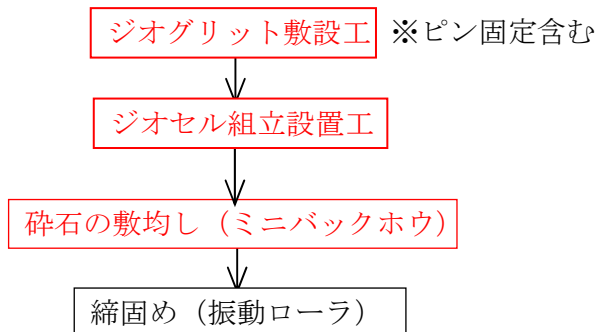
(3) 上層路盤補強の歩掛比較

各対策工の施工フローを示す。赤枠で書かれている作業が今回追加になった作業項目である。

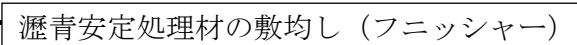
区間 1 : 上層路盤を砕石で再構築



区間 2 : 上層路盤をジオセル+アスファルト補強ジオグリッドで補強



区間 3 : 上層路盤を瀝青安定処理材で置換え



↓  
締固め（振動ローラ）

区間4：上層路盤の瀝青安定処理材をアスファルト補強ジオグリッドで補強

↓  
タックコート・プライムコート散布

↓  
ジオグリッド敷設工 ※ピン固定含む

↓  
瀝青安定処理材の敷均し（フニッシャー）

↓  
締固め（振動ローラ）

↓  
タックコート・プライムコート散布

↓  
ジオグリッド敷設工 ※ピン固定含む

(4) 対策工追加作業歩掛の実測結果

試験施工で計測した作業時間に基づいて、ジオグリッド敷設、ジオセルの組立設置、ジオセルへの碎石の敷均しの歩掛を以下に示す。

I. ジオグリッド敷設工（3m×30m）

普通作業員 7名

作業時間 2時間

$7名 \times 2時間 = 14時間 = 1.75人日 / 90m^2$

ジオテキスタイル敷設工 0.019人工/m<sup>2</sup>（ピン固定含む）

II. ジオセル組立設置工（3m×30m）

普通作業員 5名

作業時間 1時間

$6名 \times 2.5時間 = 15.0時間 = 1.88人日 / 90m^2$

ジオセル敷設工 0.02人工/m<sup>2</sup>

III. ジオセル碎石敷均し（3m×30m）

ミニバックホウ 1台

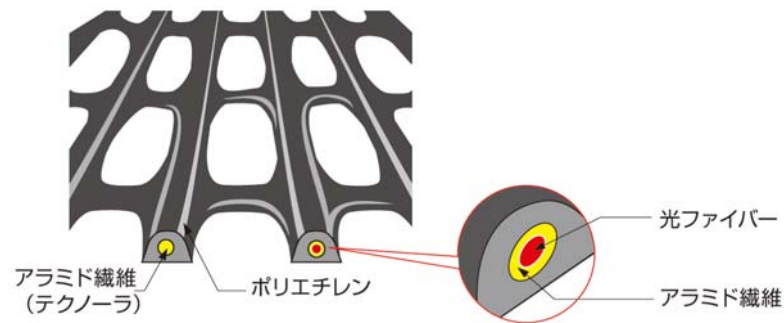
作業時間 3時間

ジオセル碎石敷均し工 3時間 = 0.375日 / 9m<sup>3</sup>

c. 長期計測技術の開発

(1) 計測技術の開発

舗装の修繕効果の確認のため、図c-1に示すように、ジオグリッドに光ファイバーを内蔵したセンシング技術（ジオグリッドセンサ）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。



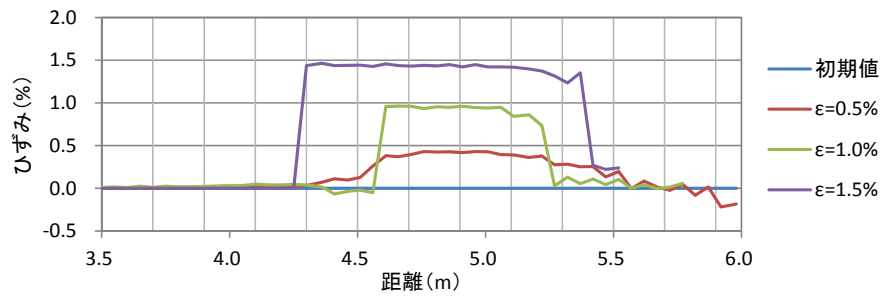
図c-1 光ファイバーを内蔵したジオグリッドの構造

## (2) 予備試験

ジオグリッドセンサによるひずみの計測精度を確認するために、写真c-1に示すように、光ファイバーを内蔵したジオグリッドの試験片を引張試験装置に取り付けて、試験片を一定速度で引っ張る室内試験を行った。室内試験は、引張試験機で0.5～1.5%のひずみを与えた状態で、ジオグリッドに内蔵した光ファイバーのひずみを計測する方法で行った。横河電工製のひずみアナライザ（AQ8603）によるひずみ分布の計測結果を図c-2に示す。引張試験機で与えたひずみの変化に応じて、一様なひずみが計測されており、試験機で与えたひずみと同程度のひずみが検出されることを確認した。ひずみが発生している範囲が広がっているが、これは試験片の長さが90cmと短いため、距離分解能が1mのひずみアナライザでは、ジオグリッドに与えるひずみが大きくなると光の損失の影響を大きく受けるためと考えられる。

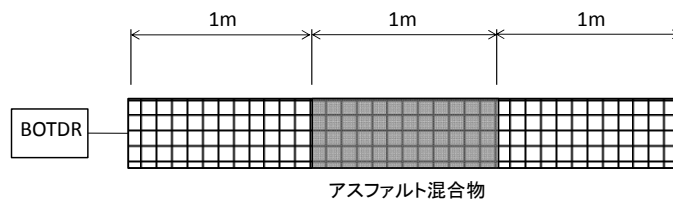


写真 c-1 室内引張試験



図c-2 ひずみ分布の計測結果

アスファルト舗設時の熱の影響によるジオグリッドに内蔵した光ファイバーの損傷の有無を確認するため、図c-3に示すように、幅0.3m、長さ3mのジオグリッドセンサのうちの1mの区間に、層厚5cmの碎石層を設けた上にジオグリッドセンサを敷設し、層厚5cmのアスファルト混合物を舗設した。試験の状況を写真c-2に示す。また、本試験では、アスファルト混合物として瀝青安定処理混合物（最大粒径20mm、アスファルト量約4.9%）と開粒度混合物（最大粒径13mm、空隙率約20%、バインダー量約4.9%、改質剤12%）を用いた。



図c-3 ジオグリッドセンサの試験片

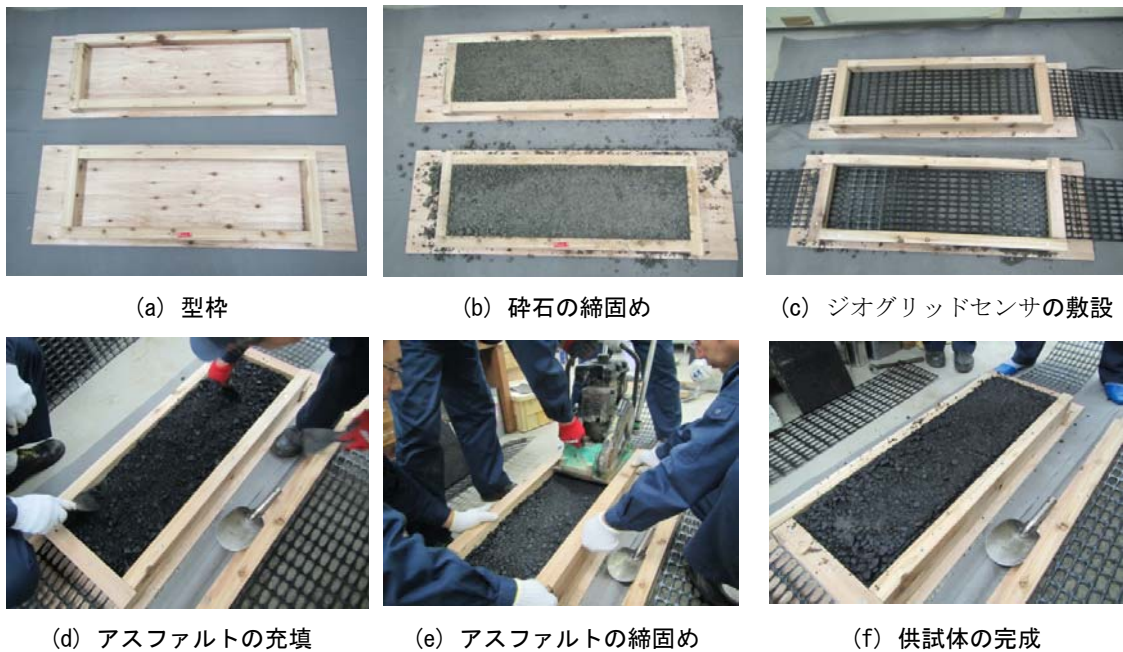


写真 c-2 供試体の製作状況

ジオグリッドセンサの敷設時のひずみを初期値とし、舗装直後と3日経過後のひずみ増分の計測結果を図c-4に示す。舗装直後には、熱の影響により最大で0.2%程度のひずみが発生しているが、3日経過後には初期値と同程度のひずみに戻っていた。

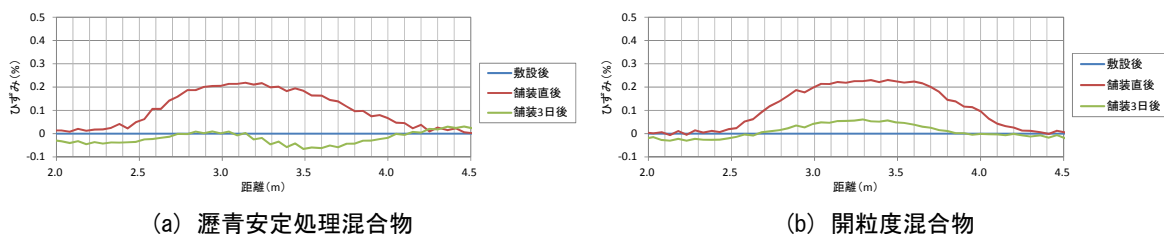


図 c-4 ひずみの計測結果

また、これらの試験体に対する曲げ試験を行い、試験前後にジオグリッドセンサのひずみを計測した。曲げ試験における支間長は0.75mとした。試験の状況を写真c-3に、曲げ試験前のひずみを初期値としたときの曲げ試験後のひずみの計測結果を図c-5に示す。試験体の曲げ変形により、ジオグリッドに引張力が作用したことによるひずみが検出されている。以上の結果、ジオグリッドセンサは、舗装の修繕効果を確認するためのモニタリング技術として適用できることを確認した。



写真 c-3 曲げ試験の状況

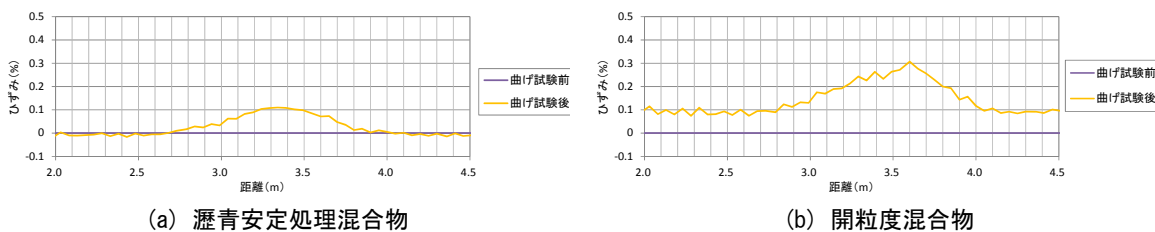
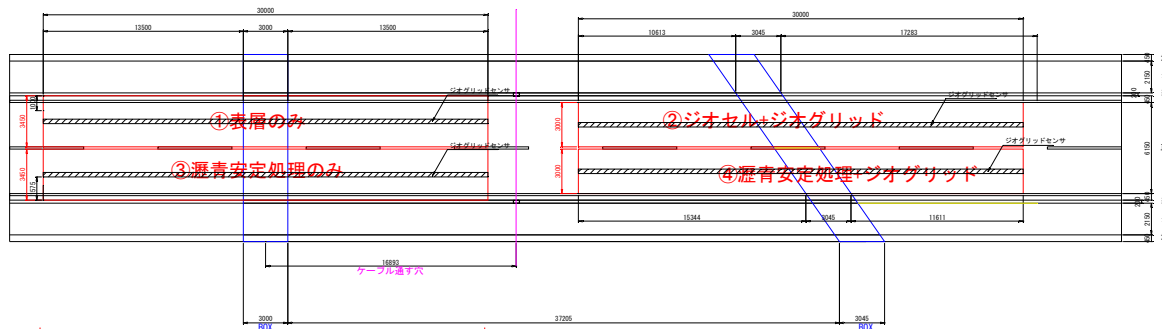


図 c-5 ひずみの計測結果



### (3) 試験施工への適用結果

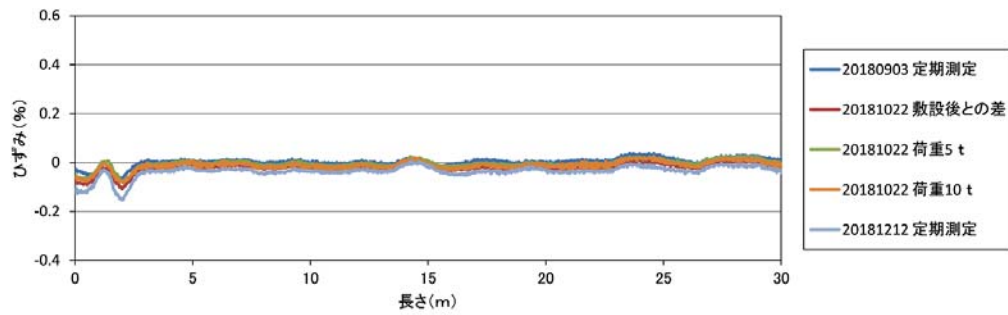
安八海津線におけるジオグリッドセンサの敷設位置を図c-6に、敷設状況を写真c-4に示す。ジオグリッドセンサの長さは30mで、道路を横断するボックスカルバートをもたぐように4箇所敷設した。ひずみの計測には、ブリルアン散乱光の周波数の変化からひずみの大きさを計測するBOTDR方式のアナライザとして、従来の横河電機株式会社製のAQ8603と、2017年に開発された沖電気株式会社製のアナライザ（SDH-BOTDR）を使用した。AQ8603はひずみの計測に15～20分を要するのに対して、SDH-BOTDRはAQ8603に比べて計測時間が1/1000と、計測に要する時間が非常に短い利点がある。モニタリング期間中には、AQ8603で1ヶ月ごとにひずみを計測し、2018年10月22日には、5tと10tの重量の車両を走行させて、AQ8603とSDH-BOTDRによる比較計測を実施した。修繕工事完了時のひずみを初期値としたときのひずみの計測結果を図c-7、c-8に示す。AQ8603による計測結果は、区間③と区間④で0.2%程度のひずみの変化が生じていた。一方、SDH-BOTDRによる計測結果はAQ8603ほどのひずみの変化はない。両アナライザで得られたひずみ分布は異なっている理由は不明であるが、モニタリングを計測してひずみの変化を記録していく予定である。



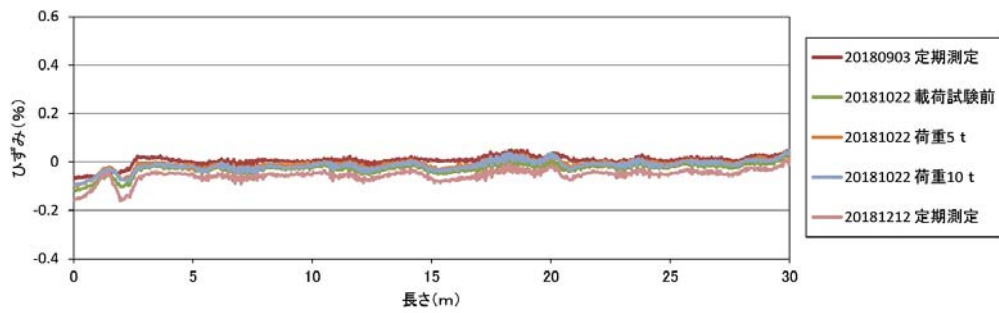
図c-6 ジオグリッドセンサの配置



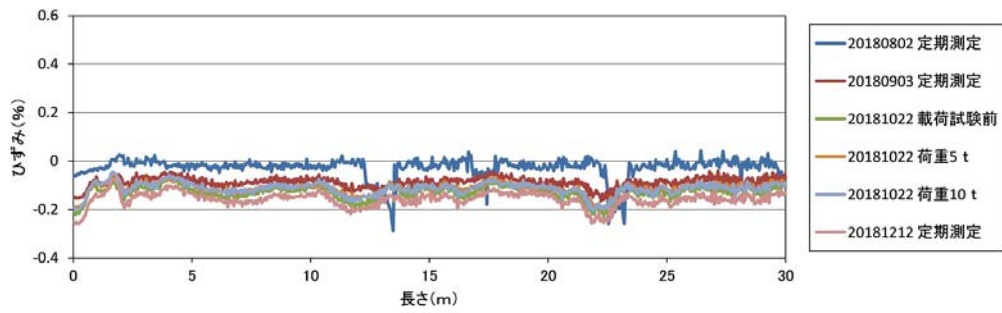
写真 c-4 ジオグリッドセンサの敷設の状況



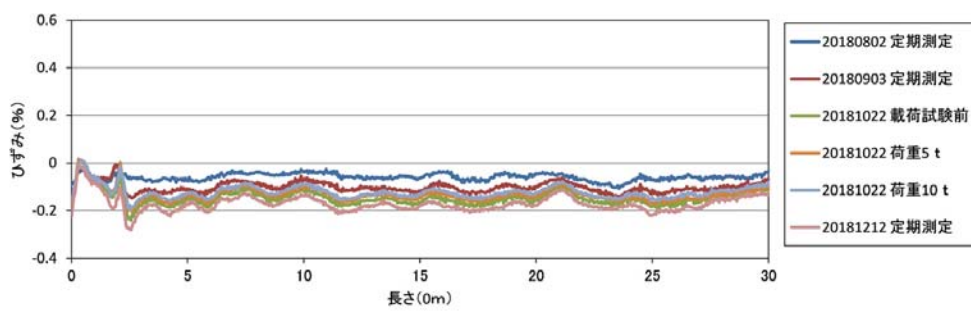
(a) 区間① (切削・オーバーレイ)



(b) 区間② (ジオセルによる補強)

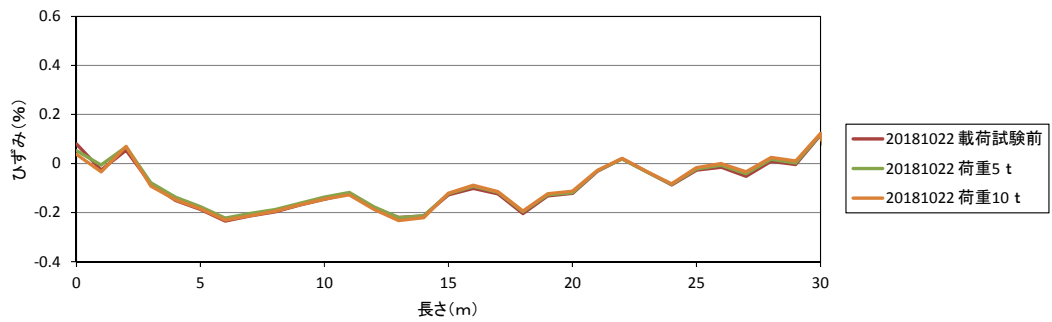


(c) 区間③ (瀝青安定処理混合物)

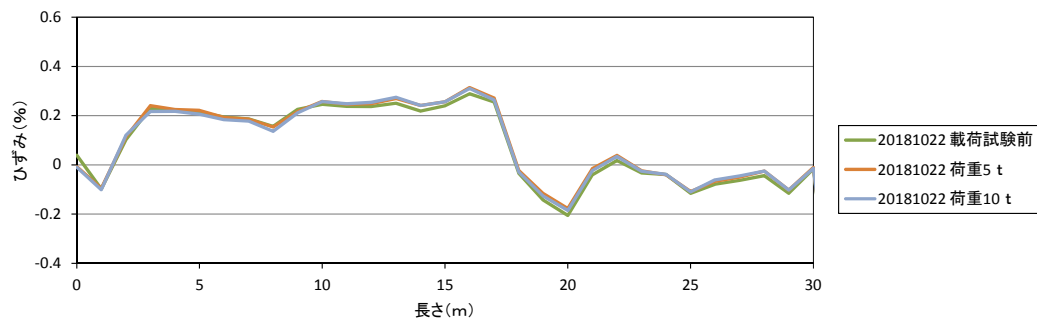


(d) 区間④ (ジオグリッドによる補強)

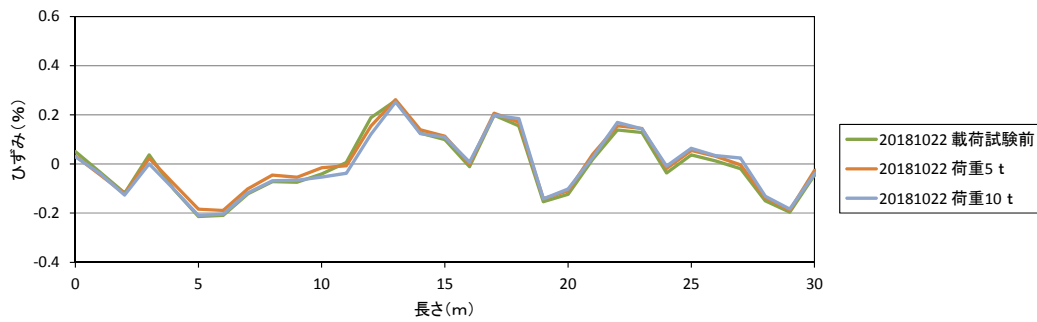
図c-7 横河電機製ひずみアナライザ (AQ8603) によるひずみの計測結果



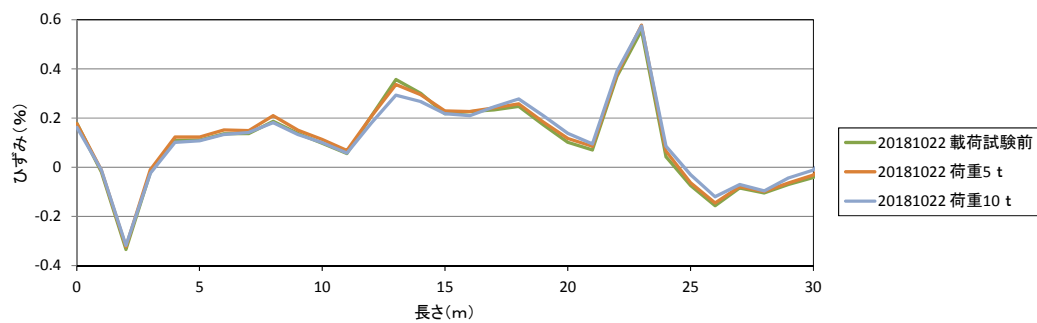
(a) 区間① (切削・オーバーレイ)



(b) 区間② (ジオセルによる補強)



(c) 区間③ (瀝青安定処理混合物)



(d) 区間④ (ジオグリッドによる補強)

図c-8 沖電気製ひずみアナライザ（SDH-BOTDR）によるひずみの計測結果

## ⑦特記事項

（研究で得られた知見、成果、学内外等へのインパクト等、特記すべき事項があれば記入。また、研究の見通しや進捗についての自己評価も記入。）

- 本研究は、研究代表者（八嶋 厚）が研究全体を統括し、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進めている。この取り組みは、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絶大なる賛同を得て、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」が設置された。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ている。なお、本調査研究委員会は平成31年度も継続の予定である。
- 研究代表者および共同研究者が開発した自動化統合物理探査技術による舗装と盛土の一体型点検診断結果に基づいて、岐阜県が独自に県単独事業として4種類の路盤改良実験工事を実施した。LCC最小化を目指した抜本的修繕工法の開発において、長期的基盤データを提供するものである。
- 平成30年度においては、路盤の縦断方向ひずみを直接計測する新しい手法を開発した。今後、路面の劣化への影響について注意深く観測し、補強材の長期的な性能維持への効果出現の有無を確認する。
- 今後重交通の著しい増加が見込まれる岐阜県管理道において、自動化統合物理探査技術を用いた路盤・路床の評価が期待されている。また、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予防的修繕の取り組みが予定されている。このように、舗装と土工の一体となった点検診断は、岐阜県において、道路の抜本的修繕へ向けた着実な流れとなっている。
- 以上のように、平成30年度に実施した研究に基づき、平成31年度以降の研究に繋がる成果、知見およびデータ等の蓄積が順調に進んでいる。