

自動運行補助施設（電磁誘導線）の埋設による舗装への影響把握 ～路面施設の実装に向けた舗装基礎調査～

中川敏正・関谷浩孝・渡邊一弘・藪 雅行

1. はじめに

自動運行補助施設（路面施設）は、自動運行車の自車位置特定を補助するために路面下に埋設する電磁誘導線、磁気マーカ、RFタグである。道の駅等を拠点とした自動運転サービス実証実験¹⁾（以下「実証実験」という。）においては、路面施設（写真-1、表-1）を設置し、道路側から自車位置特定を補助した車両では、自動運行が継続できない事象は発生せず、安定した運行の実現に寄与することを確認した。

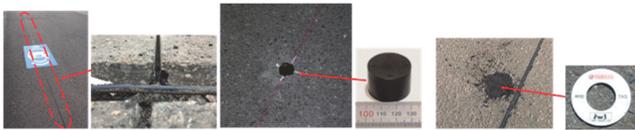


写真-1 実証実験で用いた路面施設の事例
（左：電磁誘導線、中：磁気マーカ、右：RFタグ）

表-1 路面施設の定義

施設種別	定義
電磁誘導線	自動運行車の走行方向に対して、横断方向の自車位置特定を補助するため、連続的に線状に道路の路面下に設置する施設
磁気マーカ	自動運行車の走行方向に対して、縦断方向、横断方向の双方または一方の自車位置特定を補助するため、連続的に点状に道路上又は道路の路面下に設置する施設
RFタグ	自動運行車の走行方向に対して、縦断方向、横断方向の双方または一方の自車位置特定を補助するため、連続的に点状に道路上又は道路の路面下に設置する施設

実証実験において、路面施設の有効性が確認されたこと等を踏まえて、2020年5月に道路法が改正され、また2020年11月に「自動運行補助施設（路面施設）設置基準」、「自動運行補助施設（路面施設）点検要領」について国土交通省道路局長から地方整備局等に通知がなされている²⁾。なお、設置基準及び点検要領については、別途記事で解説している³⁾。

一方で、路面施設は設置時に舗装を切削して、路面下に埋設する施設であり、舗装への一定の影響があることが想定される。また、現時点では路面施設の用途は期間が限定

された実証実験が主であり、道路管理者が中長期にわたって維持管理を行った実績がない施設である。

そこで、国土技術政策総合研究所（以下「国総研」という。）高度道路交通システム研究室では、道路基盤研究室及び土木研究所の舗装チームの協力を得て、道の駅赤来高原（島根県飯石郡飯南町）付近の直轄国道及び町道において、路面施設の一つである電磁誘導線の設置前後で舗装調査を実施した。当該舗装調査は、路面施設の本格的な実装に向けて、道路管理者が維持管理した実績がない電磁誘導線の埋設に伴う舗装への影響について、初めて経時的に調査を行ったものである。本稿では、実施した調査と結果の概要を報告する。

2. 道の駅赤来高原付近における舗装調査

2.1 調査概要

本調査は、電磁誘導線の設置による舗装への影響を把握することが目的である。道の駅等を拠点とした自動運転サービス実証実験箇所である道の駅赤来高原付近の直轄国道と町道において、「FWD（舗装構造評価装置：Falling Weight Deflectometer）を用いた舗装構造評価調査」、「路面画像撮影調査」、「路面横断形状調査」の3つの調査を実施した。

2.2 調査時期

電磁誘導線は、2020年4月に施工している。電磁誘導線の設置による舗装への影響を経時的に把握するため、調査時期は「施工前（2020年4月）」、「施工後（2020年8月）」、「経過観察時（2021年6月）」の3時点とした。なお、施工後調査は本来施工直後に行うべき調査であるが、緊急事態宣言の発令に伴い施工直後における関係機関への調整が困難な状況となったことから、設置4か月後で調査することとなった。

2.3 調査区間・箇所

(1) FWDを用いた舗装構造評価調査

FWDを用いた舗装構造評価調査（以下「FWD調査」という。）の調査区間は、道路種別（国道/町道）、舗装の厚さを考慮して選定した（図-1の区間①～区間⑦）。



図-1 FWD調査 調査区間

また、各区間での調査箇所は、電磁誘導線の設置位置である外側車輪位置 (Outer Wheel Path: OWP)、外側車輪位置と内側車輪位置の中間位置 (Between Wheel Path: BWP) を基本とするとともに、一部区間は比較対象として反対車線側も調査した (表-2、表-3、表-4の図)。調査箇所数は7区間、18測線 (86点) である。

(2) 路面画像撮影調査

路面画像撮影調査の調査区間は、自動運転ルートの全部 (図-2の区間①～区間⑥)、比較対象として「自動運転ルートの反対側区間 (同図の区間⑦)」、「自動運転ルート外の区間 (同図の区間⑧)」の計8区間である。また、調査延長は計3,470mである。



図-2 路面画像撮影調査 調査区間

(3) 路面横断形状調査

路面横断形状調査の調査区間は、FWD調査と同じである。調査箇所数は7区間 (28断面) である。

3. 電磁誘導線の設置方法と舗装構成

3.1 電磁誘導線の設置方法

電磁誘導線の一般的な設置方法は、以下の通りである。

- ・ 設置位置は、外側線がある場合は外側線より700mm以上、外側線がない場合は路端から1,200mm以上の位置である。
- ・ 設置深さは、路面から30mm～80mmの位置である。

3.2 調査箇所の舗装構成

電磁誘導線を設置した国道54号と町道の舗装構成は、以下の通りである。

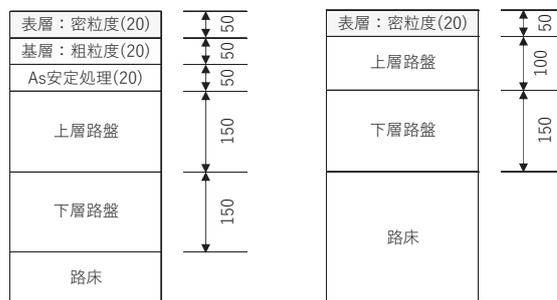


図-3 調査箇所の舗装構成 (単位: mm)
(左: 国道54号、右: 町道)

4. 調査結果

4.1 FWD調査結果 (たわみ量)

電磁誘導線付近でのたわみ量について、代表する調査区間を抽出し、「舗装の厚さ別」、「電磁誘導線からの離隔別」に分析する。なお、電磁誘導線の存在による影響を見る上で、施工後データと経過観察時データを比較することが肝要であるため、この2時期のデータはたわみ量 (載荷板直下と200mm離れた点のデータ) について20℃温度補正を行い、施工前のたわみ量についてはたわみ形状を確認することを重視して温度補正を行っていない。

(1) 舗装の厚さ別

国道54号 (区間①) は、施工前の舗装の損傷が少なかった区間である。同区間における電磁誘導線部の設置位置であるOWPでのたわみ量は、経過観察時には施工後に比べ減少している一方で、電磁誘導線の影響のないBWPについては変化がみられない (図-4)。一般的に、OWPは車輪による繰り返し载荷を受ける箇所であるため、供用後にたわみ量が増加するが、区間①においては逆の傾向となった。現時点で電磁誘導線の存在による影響を明確に論ずることはできないが、少なくとも直ちに悪影響を及ぼす事象は確認されなかった。

また、町道 (区間⑥) は施工前の舗装の損傷が中程度であった区間である。同区間における電磁誘導線部でのたわみ量は、OWP、BWPともに施工前と比べて、施工後及び経過観察時に減少しており (図-5)、電磁誘導線の存在による影響は確認されなかった。

(2) 電磁誘導線からの離隔別

町道 (区間④) では、道路横断方向の離隔の影響を把握すべく、測線を3線 (電磁誘導線上のOWP、BWP、対向外側線の近傍 (以下「対向OWP」という。)) 設定している。いずれの側線においても、一般的な傾向とは逆の、供用に伴うたわみ量の減少が確認され、なおかつその減少割合は、

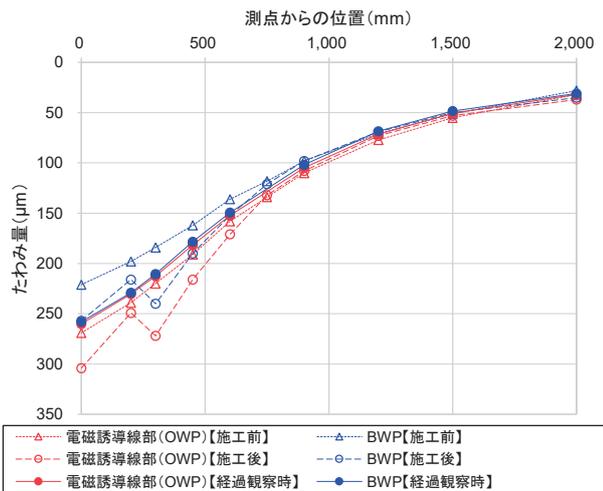


図-4 舗装の損傷が少ない区間でのたわみ量
(国道54号・区間①)

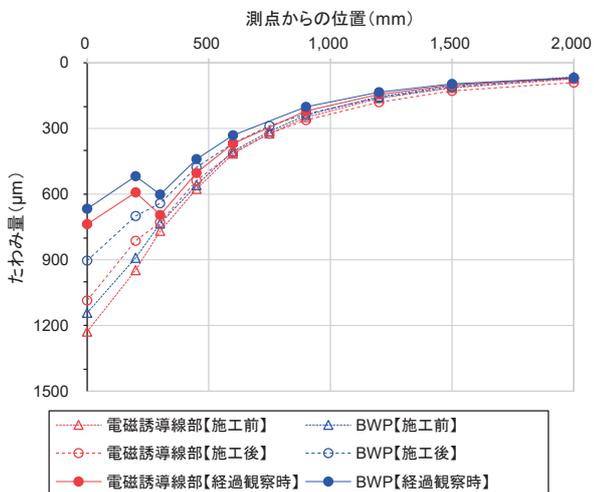


図-5 舗装の損傷が中程度の区間でのたわみ量
(町道・区間⑥)

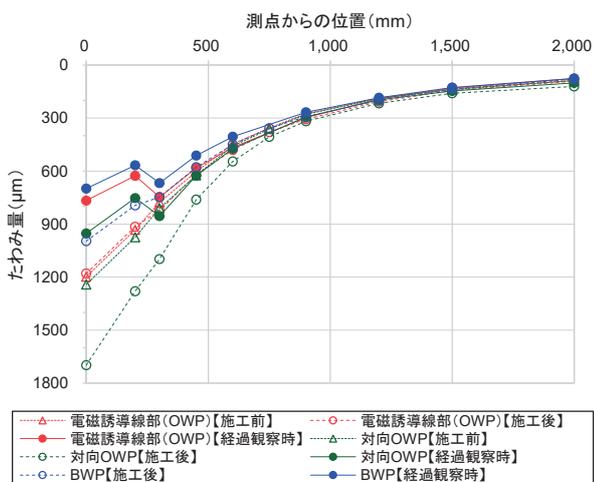


図-6 電磁誘導線部でのたわみ量 (町道・区間④)

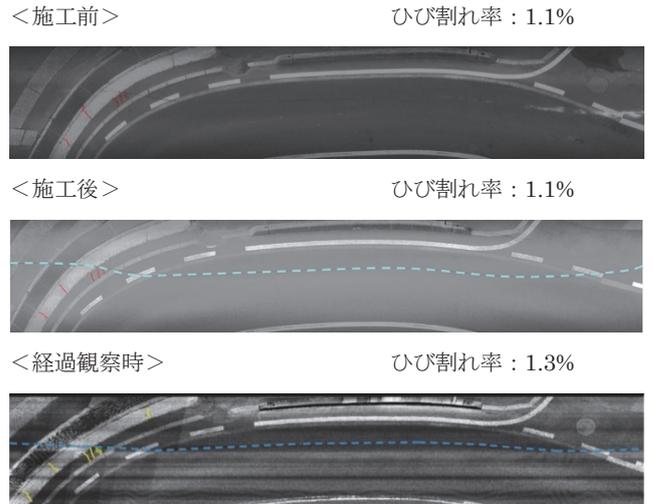


図-7 舗装の損傷が少ない区間での路面状況
(国道54号・区間②)

※ 青破線は電磁誘導線の位置

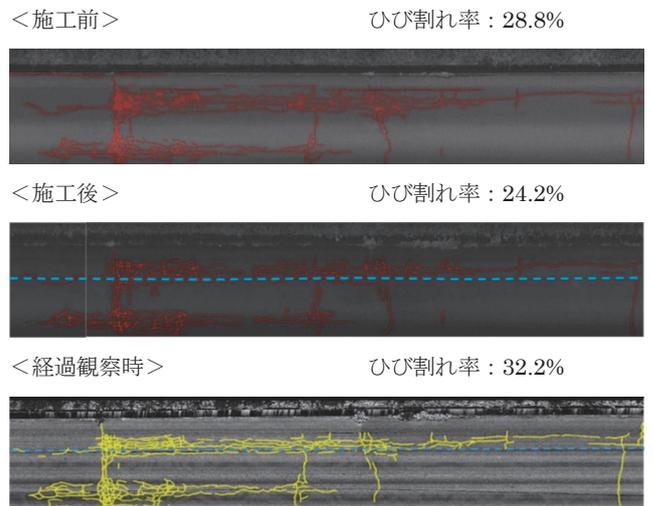


図-8 舗装の損傷が中程度の区間での路面状況
(町道・区間⑥)

※ 青破線は電磁誘導線の位置

対向OWP>OWP>BWPの順であり、現時点で電磁誘導線からの隔離の影響は明らかではない。電磁誘導線部でのたわみ量は、経過観察時が最も小さく、この点是对向車線のOWPでのたわみ量も同じである (図-6)。

4.2 路面画像撮影調査結果 (ひび割れ率)

電磁誘導線部でのひび割れ率について、舗装の健全度別に分析する。

国道54号 (区間②) は施工前の路面の損傷が少ない区間であり、同区間でのひび割れ率は経過観察時でも小さく、また電磁誘導線の有無による影響も確認されなかった (図-7)。また、町道 (区間⑥) は施工前の損傷が中程度の区間であり、同区間でのひび割れ率は経過観察時に増加が見られたものの、電磁誘導線付近の舗装が突出してひび割れが増加したものではなく、電磁誘導線の有無による影響は確認で

きない (図-8)。

4.3 路面横断形状調査結果 (わだち掘れ量)

電磁誘導線部でのわだち掘れ量は、国道54号でいずれの側線においても施工後で5mm程度と、いわば初期わだち発生レベルの軽微な範囲であり、ほぼすべての側線で経過観察時のわだち掘れ量は減少傾向を示し、機差の影響レベルのものであった (表-2、表-3、表-4)。また、OWPと本調査箇所で電磁誘導線が埋設されていない車輪通過部である内側車輪位置 (Inner Wheel Path: IWP) の個々のわだち掘れ程度の推移に明確な相違は確認されず、現時点で電磁誘導線の有無による影響は確認できなかった。町道のうち新しい舗装部についても同様の傾向であった。その他の、中程度の損傷の町道、亀甲状ひび割れ部を有する町道におけるわだち掘れ量においても、その路面の荒れ状況からOWPとIWPのわだち掘れ程度の推移に一部バラツキがあるものの、現時点で電磁誘導線の有無による影響は確認できなかった。

表-2 わだち掘れ量 (国道54号・区間②)

<電磁誘導線設置側>				<対向側>			
調査時点	施工後	経過観察時	差分	調査時点	施工後	経過観察時	差分
測定箇所 A	4.6	3.5	-1.1	測定箇所 D	5.4	1.9	-3.5
B	6.2	4.3	-1.9	E	6.4	2.0	-4.4
C	7.7	2.1	-5.6	F	5.4	1.6	-3.8

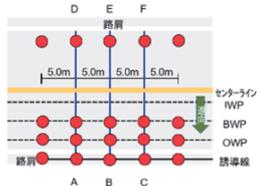


表-3 わだち掘れ量 (国道54号・区間③)

調査時点	施工後	経過観察時	差分
測定箇所 A	2.4	3.1	+0.7
B	3.2	1.9	-1.3
C	2.5	3.7	+1.2
D	5.7	0.5	-5.2
E	3.4	1.4	-2.0

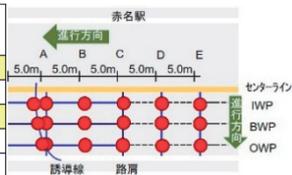
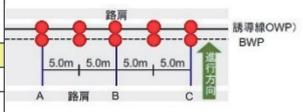


表-4 わだち掘れ量 (町道：区間⑥)

調査時点	施工後	経過観察時	差分
測定箇所 A	13.1	13.9	+0.8
B	6.5	2.6	-3.9
C	16.5	9.8	-6.7



5. まとめ

本稿では、電磁誘導線の設置による舗装への影響を把握するため、道の駅赤来高原付近の直轄国道、町道にて経時的に舗装調査を行い、「FWD調査結果 (たわみ量)」、「路面画像撮影調査結果 (ひび割れ率)」、「路面横断形状調査結果 (わだち掘れ量)」をモニタリングしたものである。本稿は、道路管理者が維持管理した実績がない電磁誘導線の埋設に伴う舗装への影響を初めて調査したものである。その結果、現時点では、電磁誘導線の埋設が直ちに悪影響を及ぼす事象は確認されなかった。今後、道路管理者が路面施設の設置を計画する際に、施設設置後の初期段階での舗装への影響を事前に把握する際の貴重な資料となると考えている。

なお、本稿での調査結果は、電磁誘導線の設置後16か月時点のものである。現時点では、舗装のライフサイクルにおいて電磁誘導線が与える影響は把握できておらず、今後、道路管理者が電磁誘導線を含めた路面施設の維持管理を行う中で、実績データを積み重ね、路面施設が舗装に与える中期的影響についても把握していく必要がある。

謝辞

本稿で実施した舗装調査については、中国地方整備局松江国道事務所及び島根県飯南町役場に多大のご協力を頂きました。関係各位のご協力に深く感謝の意を表します。

参考文献

- 国土交通省道路局：中山間地域における道の駅等を拠点とした自動運転サービスウェブサイト <https://www.mlit.go.jp/road/ITS/j-html/automated-driving-FOT/index.html>
- 自動運行補助施設の設置に関する基準について (令和2年11月25日付け国土交通省道路局長)
- 中川敏正、関谷浩孝、中田諒、藤村亮太：自動運行補助施設 (路面施設) の設置基準、点検要領の策定～路面施設の計画・性能・設計と維持管理の技術基準～、土木技術資料、第63巻、第12号、2021。(投稿中)

中川敏正



国土交通省国土技術政策総合研究所道路交通研究部高度道路交通システム研究室 主任研究官
NAKAGAWA Toshimasa

関谷浩孝



国土交通省国土技術政策総合研究所道路交通研究部高度道路交通システム研究室長、博士 (工学)
Dr. SEKIYA Hiroataka

渡邊一弘



国土交通省国土技術政策総合研究所道路構造物研究部 道路基盤研究室長
WATANABE Kazuhiro

藪 雅行



土木研究所道路技術研究グループ舗装チーム 上席研究員
YABU Masayuki