

鋼床版上ゲースアスファルト舗装の局部補修方法

宇田 陽 亮・橋 本 雅 行・中 山 義 雄

本州四国連絡高速道路における鋼床版上ゲースアスファルト舗装では、小規模なプリスタリング等により変状が生じた場合、健全部は残して変状箇所のみを局部的に補修することが基本とされており、止水性や耐久性の観点から最適な補修方法を選択することが望まれている。そこで、施工会社や材料メーカーへのヒアリング調査から補修合材、目地材、施工方法に関する情報収集を行い、止水性・耐久性・施工性・経済性に優れた材料および工法を選定するために、実現場を模擬した要素試験および実物大スケールの屋外輪荷重走行試験を実施し、局部補修方法を検討した。本稿では、これら一連の検討結果について紹介する。
 キーワード：鋼床版，ゲースアスファルト舗装，局部補修方法，止水性，耐久性

1. はじめに

本州四国連絡高速道路における鋼床版上のゲースアスファルト（以下「GAs」という）舗装では、小規模なプリスタリング等により変状が生じた場合、その変状箇所の補修は、既設GAsの健全部は存置させ、損傷箇所のみを局部的に補修することが基本とされている。この局部補修では、既設と同じGAsやプレバック合材などが用いられ、境界部側面には止水性を高める目的で目地材を設置することが多い。この際に、既設健全部と補修部の境界における止水対策は、鋼床版および橋面舗装の耐久性の観点から極めて重要であり、様々な既存技術の中から有効な補修方法を選択することは鋼橋の長寿命化にも繋がると考える。

本検討では、舗装会社等にGAs舗装の補修に関するヒアリング調査を実施し、補修合材、目地材、施工方法に関する情報収集を行った。その知見を踏まえ、実現場を模擬した要素試験を行い、止水性に優れた材料を検討した。そして、各種の補修合材と目地材の組合せにおいて、実物大スケールの屋外輪荷重走行試験により耐久性を確認し、施工性や経済性も踏まえた局部補修方法を検討した。本稿では、これら一連の検討結果について紹介する。

2. 補修材の概要

局部補修方法を検討するうえで、大鳴門橋における舗装構成（図-1）を標準ケースとし、表層を切削し

た後の小規模補修（1～3m²程度）を想定して補修合材と目地材を検討した。

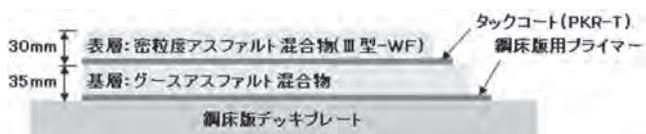


図-1 舗装構成

ヒアリング調査結果より、局部補修に適していると考えられる補修合材および目地材を表-1のとおり選定した。目地材については、施工性や施工実績を考慮して成型目地材を選定し、基本性状は表-2に示すとおりである。なお、比較として、既設健全部との境界部側面にタックコート塗布した仕様についても評価対象としている。

表-1 補修合材および目地材

補修合材	種別		施工温度範囲	
	通常GAs		220～260℃	
	プレバック合材	通常タイプ	160～190℃	
重交通タイプ		160～190℃		

目地材	種別	厚さ		
	高弾性成型目地材（Ⅰ型）	t=10 mm	t=5 mm	t=3 mm
低弾性成型目地材（Ⅱ型）	t=10 mm	t=5 mm	t=3 mm	

表一 成型目地材の基本性状

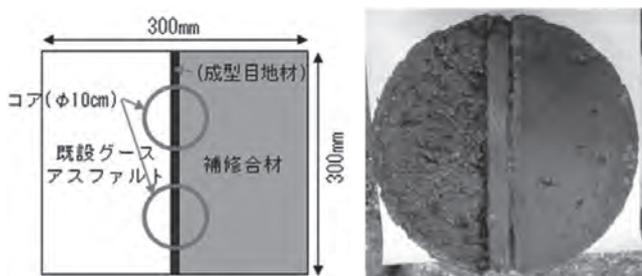
項目	高弾性	低弾性	規格値
針入度：25℃, 円すい針(mm)	3.1	3.3	9 mm 以下(高弾性)
			6 mm 以下(低弾性)
軟化点(℃)	105	95	-
流れ：60℃, 75°, 5 h (mm)	0	1.2	3 mm 以下(高弾性)
			5 mm 以下(低弾性)
引張量：-10℃(mm)	12	5	10 mm 以上(高弾性)
			3 mm 以上(低弾性)

3. 室内試験 I

補修合材と目地材の各組合せにおいて、実現場を模擬した供試体における境界部の止水性を評価することを目的に、舗装調査・試験法便覧(B017T)に示される加圧透水試験を実施した。供試体の製作状況を写真一1に示す。境界部の付着が弱くなると考えられる冬季施工を想定し、型枠(300 mm × 300 mm × 50 mm)にGAsを舗設し、それを半分にカットした後に5℃環境下でGAs側面部に成型目地材を貼付け、翌日以降に環境室から取り出した直後にカット部分に補修合材を施工した。その後、図一2に示す位置でコアを採取している。



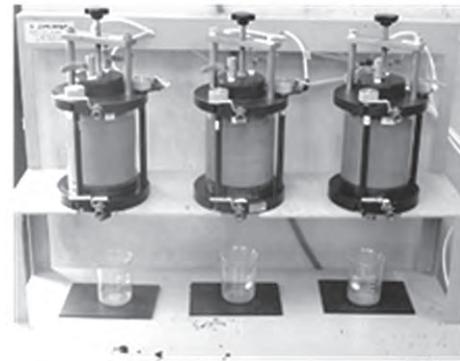
写真一1 供試体の製作状況



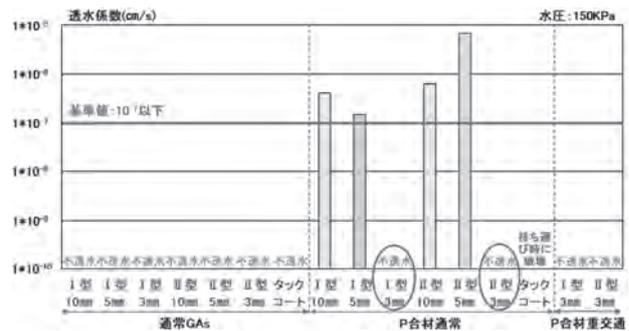
図一2 採取位置とコアの外観

試験状況を写真一2に、試験結果を図一3に示す。プレパック合材通常タイプ(以下「P合材通常」という)と厚さ10 mm および5 mm の成型目地材の組合せは、透水係数が基準値を上回る結果となった。これは、施工温度が通常GAsよりも低いため、目地材の

厚さが5 mm 以上になると既設GAsに伝わる熱量が小さくなり、目地材と既設GAsの熱溶着が弱くなることが要因であると推察される。なお、この結果より、成型目地材の厚さは3 mm が適していると判断したため、プレパック合材重交通タイプ(以下「P合材重交通」という)と組合せる成型目地材の厚さは3 mm のみを対象としている。



写真一2 加圧透水試験状況



図一3 加圧透水試験結果(施工後)

4. 室内試験 II

(1) 試験概要

室内試験 I の結果を踏まえ、成型目地材の厚さは3 mm を標準として、高温時(夏季)および低温時(冬季)を想定した輪荷重負荷後における境界部の止水性を確認した。なお、比較として、施工実績がある厚さ10 mm の成型目地材についても評価対象としている。

輪荷重負荷は、ホイールトラッキング試験(WT試験)機を用いて負荷を与えた。舗装調査・試験法便覧(B003)に準拠したWT試験(60℃・686 N・1 hr)と、5℃環境下で供試体下面に厚さ50 mm のウレタンゴム(硬度30)を敷いた状態で負荷を与える低温WT試験(5℃・686 N・2 hr)の試験状況を写真一3に示す。各試験とも負荷後において、コアを採取して加圧透水試験を実施した。

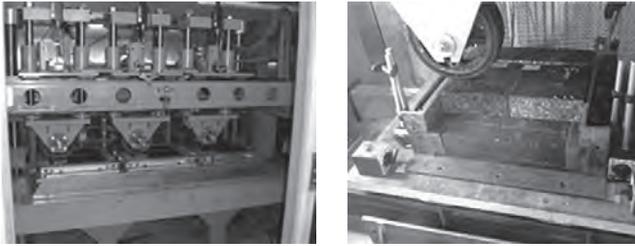


写真-3 WT試験 (左)・低温WT試験 (右)

(2) WT試験後の加圧透水試験

WT試験後の供試体を写真-4に、試験結果を図-4に示す。動的安定度(回/mm)は、通常GAsおよびP合材通常を用いた組合せは300~400程度、P合材重交通を用いた組合せは550~600程度であったことから、耐流動性の観点では、P合材重交通を用いた組合せが優位であることを確認した。



写真-4 WT試験後の供試体 (上面)

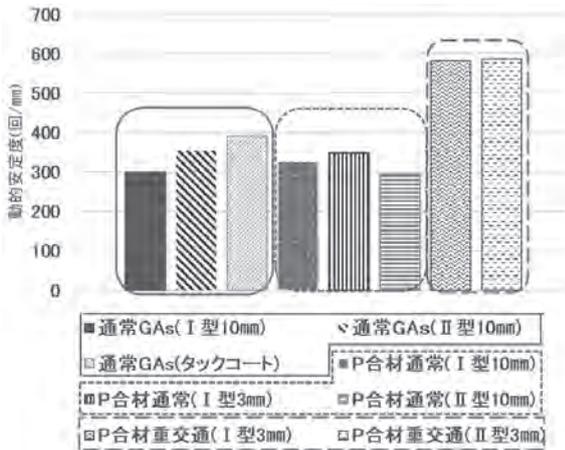


図-4 WT試験結果

夏季を想定したWT試験後の加圧透水試験結果を図-5に示す。厚さ3mmの成型目地材を用いた組合せは、施工後と同様に全て不透水であった。これは、高温環境下における繰返しの輪荷重負荷によって、混合物および目地材に塑性変形が生じ、馴染みが良くなったことが要因の一つとして考えられる。

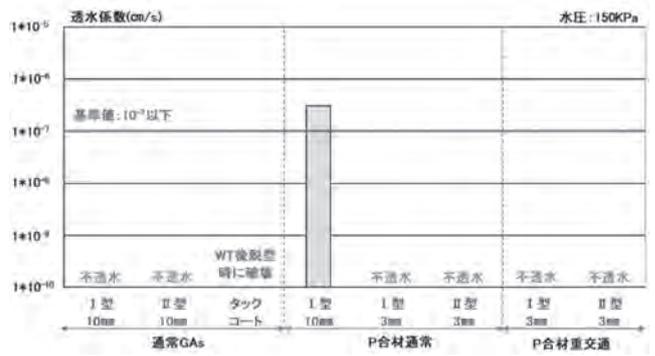


図-5 加圧透水試験結果 (WT試験後)

(3) 低温WT試験後の加圧透水試験

低温WT試験後の供試体を写真-5に、試験結果を図-6に示す。その結果、目地部近傍の最大鉛直変位量(最大沈下量)は、低弾性成型目地材(以下「低弾性II型」という)より高弾性成型目地材(以下「高弾性I型」という)の方が大きい傾向(追従性が高い傾向)であった。また、各供試体の輪荷重負荷後において、目地部近傍を目視観察した結果、成型目地材に剥離やひび割れは確認されなかった。

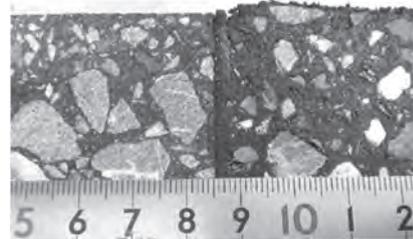


写真-5 低温WT試験後の供試体 (側面)

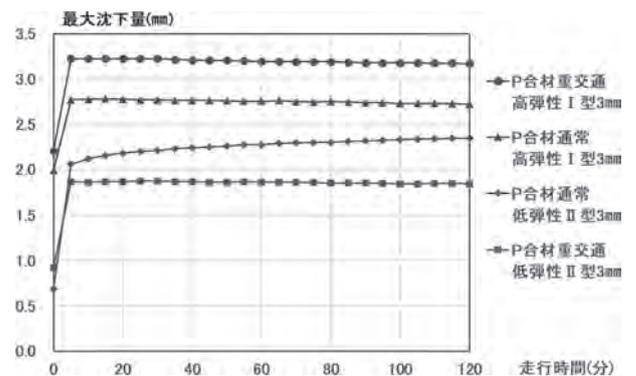
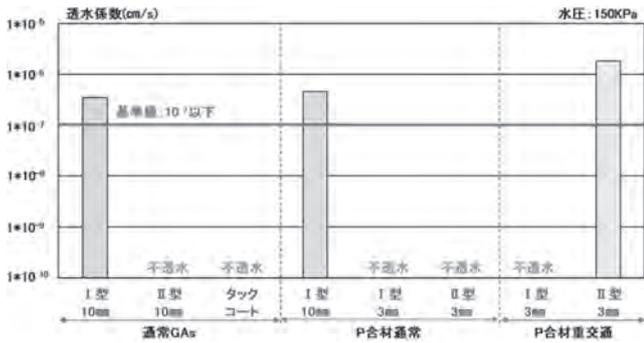


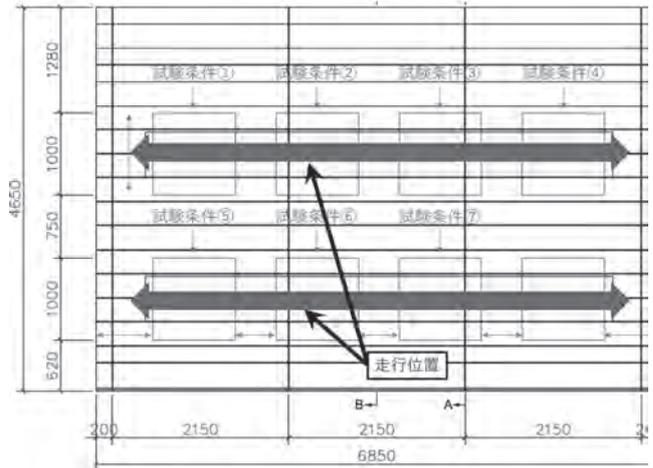
図-6 低温WT試験結果

冬季を想定した低温WT試験後の加圧透水試験結果を図-7に示す。厚さ3mmの成型目地材を用いた組合せにおいて、低弾性II型とP合材重交通を組合せた場合は透水係数が基準値を上回る結果となり、高弾性I型とP合材重交通を組合せた場合は施工後と同様に不透水であった。この結果より、高弾性I型

は、低弾性Ⅱ型と比較して低温下における変形追従性に優れ、境界部の付着が切れにくいと考えられる。



図一 7 加圧透水試験結果（低温 WT 試験後）



図一 8 補修箇所と走行位置の関係

5. 屋外輪荷重走行試験

(1) 試験概要

実現場を模擬した実物大の鋼床版試験体を写真一 6 に示す。図一 1 に示す舗装構成を標準として、鋼床版試験体にタックコート散布と基層（GAs）を舗設した後に、要素試験（室内試験Ⅰ・Ⅱ）の知見を踏まえて選定した表一 3 に示す仕様で局部補修を行い、表層の舗設後に屋外輪荷重走行試験を実施した。局部補修箇所と屋外輪荷重走行試験機の走行位置の関係を図一 8 に、局部補修状況と補修後の外観を写真一 7 に示す。

屋外輪荷重走行試験では、自然環境下における実物大の輪荷重負荷に伴う各補修工法の耐久性を評価することを目的に、わだち掘れ量・段差量・ひび割れ発生状況について確認した。



写真一 7 局部補修状況（左）・補修後の外観（右）



写真一 6 実物大の鋼床版試験体

(2) 載荷条件

屋外輪荷重走行試験は、写真一 8 に示す電動ウインチ駆動方式の 2 軸 4 輪（ダブルタイヤ）の輪荷重走行試験機を使用することとし、載荷位置は図一 9 に示すとおりである。載荷条件については、輪荷重は 294 kN（73.5 kN / 輪）、載荷速度は走行距離を考慮して 3.3 往復 / 分、試験期間は 24 時間連続運転で 122 日（途中の計測や観察のための停止期間は含めず）とした。なお、試験時期は 12 月中旬から 5 月初旬であり、アスファルト混合物が流動変形しやすい夏季を避けて実施している。

輪荷重と試験期間については、舗装設計便覧（日本道路協会：平成 18 年 2 月）に示される累積 49 kN 換算輪数を用いた疲労破壊輪数の考え方を参考にし、大鳴門橋の大型車交通量（3,200 台 / 日・一方向）の 5 年相当の負荷を想定した期間で設定した。

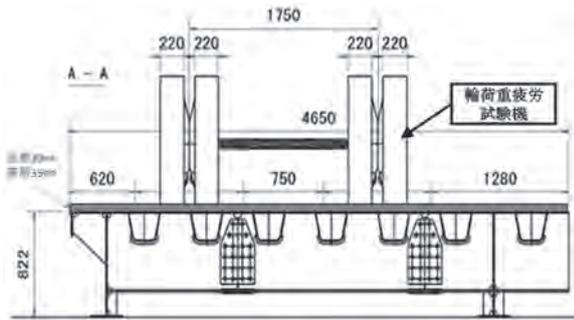
表一 3 局部補修工法の仕様

試験条件	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦
補修合材	通常 GAs	通常 GAs	P 合材 通常	P 合材 通常	P 合材 通常	P 合材 重交通	P 合材 重交通
目地材	高弾性 I 型 10 mm	低弾性 II 型 10 mm	高弾性 I 型 10 mm	高弾性 I 型 3 mm	低弾性 II 型 3 mm	高弾性 I 型 3 mm	低弾性 II 型 3 mm



(正面) (側面)

写真一 8 屋外輪荷重走行試験機



図一 9 載荷位置

(3) わだち掘れ量・段差量の計測

わだち掘れ量の計測状況を写真一 9 に、段差量の計測状況を写真一 10 に示す。計測は、中間経過時と試験終了時において、移動式レーザー変位計により、タイヤ走行部のわだち掘れ量と目地部直上の縦断方向の段差量(補修材料と既設GAsの境界部の段差量)を確認した。

わだち掘れ量の計測結果を図一 10 に、目地部の段差量を図一 11 に示す。補修材別で試験終了時の値を比較すると、わだち掘れ量は、大きい順に P 合材通常 (17.8 ~ 26.8 mm)、P 合材重交通 (12.2 ~ 13.4 mm)、通常 GAs (5.7 ~ 6.9 mm) となった。目地部の段差量は、P 合材通常 (4.2 ~ 6.0 mm) が最も大きく、P 合材重交通 (3.9 ~ 4.4 mm) と通常 GAs (3.2 ~ 5.0 mm) は同程度であった。

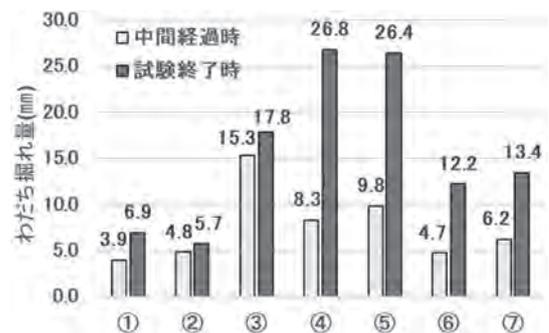
このことから、わだち掘れ量と目地部の段差量の観点においては、通常 GAs、P 合材重交通、P 合材通常の順に耐久性が高い傾向であった。



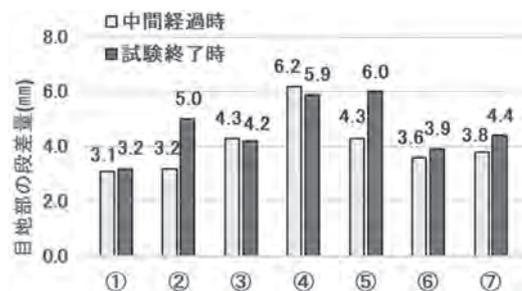
写真一 9 わだち掘れ量の計測状況



写真一 10 段差量の計測状況



図一 10 わだち掘れ測定結果



図一 11 目地部の段差測定結果

(4) ひび割れ調査

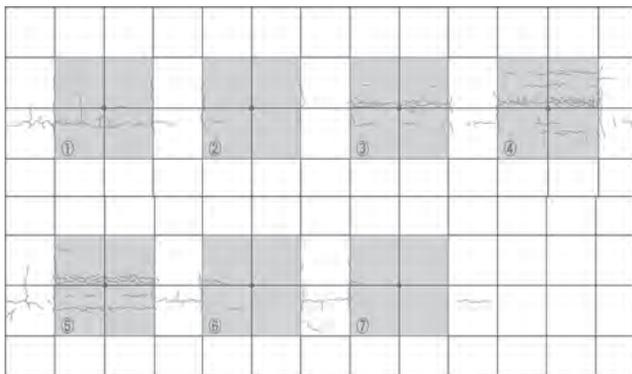
ひび割れ調査は、中間経過時と試験終了時において、舗装表面を 50 cm メッシュに区切って目視観察を行った。ひび割れ調査状況を写真一 11 に、試験終了時のひび割れ発生状況を写真一 12 に示す。

その結果、試験終了時において、P 合材通常は面状ひび割れ、通常 GAs は一部で線状ひび割れが発生し、P 合材重交通は僅かなひび割れしか発生していない状況であった。中間経過時においては、P 合材通常と通常 GAs には線状ひび割れが発生していたが、P 合材重交通にひび割れは発生していない状況であった。

このことから、ひび割れ発生の観点においては、P 合材重交通、通常 GAs、P 合材通常の順に耐久性が高い傾向であった。



写真—11 ひび割れ調査状況



図—12 ひび割れ発生状況 (試験終了時)

6. 局部補修方法

(1) 推奨仕様

本検討では、実現場を模擬した要素試験および屋外輪荷重走行試験を行い、止水性と耐久性の観点から、各種の補修合材と成型目地材の組合せを評価した。加えて、施工性や経済性も踏まえたうえで、既設GASの局部補修における推奨仕様を下記のとおり選定した。

【補修合材】

高耐久現場加熱型弾性舗装材（重交通タイプ）

※本文中の「P合材重交通」

【成型目地材】

感圧タイプアスファルト成型目地材（高弾性 $t = 3\text{ mm}$ ）

※本文中の「高弾性I型 ($t = 3\text{ mm}$)」

推奨仕様に用いられる材料の基本性状を表—4および表—5に示す。なお、局部補修に適用する材料は限定されるものではなく、これらの物性値を満足するものであれば、適用が可能であると考えられる。

表—4 補修合材の基本性状

施工温度範囲 (°C)	施工最低温度 (°C)	リユエル流動性 (秒)	貫入量 (mm)	動的安定度 (回/mm)	曲げ強度 (N/mm ²)	曲げ破断歪み ($\times 10^{-3}$)
160 ~ 190	160	39	1.94	730	6.9	124

表—5 成型目地材の基本性状

項目	物性値	規格値
針入度：25°C，円すい針 (mm)	3.1	9 mm 以下
軟化点 (°C)	105	-
流れ：60°C，75°，5h (mm)	0	3 mm 以下
引張量：-10°C (mm)	12	10 mm 以上

(2) 補修合材の製造装置

本検討で局部補修に用いたプレパック補修合材（P合材通常，P合材重交通）は、移動式の専用溶融機により製造した。専用溶融機は、固形の状態で材料を投入し、自動制御で溶融時の温度管理ができる製造装置である。また、100 kg 製造用と 300 kg 製造用の2種類があるため、これらは施工規模に応じて使い分ける。100 kg 製造用は、溶融時間の目安は 20 ~ 30 分程度であり、1人で移動が可能な小型タイプである。300 kg 製造用は、溶融時間の目安は 30 ~ 50 分程度であり、4tトラックに積載可能で移動式プラントとしても扱えるものである。なお、材料の溶融時間については、外気温の影響を受けることに留意する必要がある。

専用溶融機の外観を写真—12に示す。本検討では、300 kg 製造用の溶融機を用いて補修合材の製造を行い、良好な施工性を確認している。



写真—12 専用溶融機 (300 kg 製造用)

(3) 局部補修の手順

本検討では、推奨仕様において、専用溶融機を用い

て実物大スケールの局部補修を行っており、その際に施工性を確認するとともに、施工に関する各種データを取得している。ここでは、取得した施工データを参考に、推奨仕様における局部補修の手順を図-13のように整理した。



図-13 推奨仕様における局部補修の手順

7. おわりに

本稿では、鋼床版上グースアスファルト舗装の局部補修について、ヒアリング調査から期待のできる材料を選定し、実現場を模擬した要素試験、実物大スケールの屋外輪荷重走行試験による評価を行うことで、止水性・耐久性・施工性・経済性に優れた局部補修方法を確認し、その一連の検討内容を紹介した。なお、本検討は、本州四国連絡高速道路(株)の業務として実施したものである。

JCMA

[筆者紹介]



宇田 陽亮 (うだ ようすけ)
 (一社) 日本建設機械施工協会
 施工技術総合研究所
 研究第三部
 研究員



橋本 雅行 (はしもと まさゆき)
 (一社) 日本建設機械施工協会
 施工技術総合研究所
 研究第二部
 副主幹



中山 義雄 (なかやま よしお)
 本州四国連絡高速道路(株)
 保全部
 道路保全課長代理