

## 高弾性アスファルト混合物を活用した路盤補修における試験施工について

西日本高速道路 (株)	非会員	○細谷 亮太
西日本高速道路 (株)	非会員	高永 陽介
西日本高速道路 (株)	正会員	中山 遼哉

## 1. はじめに

NEXCO 3 会社が管理する高速道路は、管理延長が約 9,000 km に達しており、そのうち供用から 30 年以上経過した延長が約 4 割を占めている<sup>1)</sup>。米子自動車道もその 1 つであり、平成 4 年に開通してから 30 年以上経過している。米子自動車道は、中国自動車道と接続する落合 JCT から米子 IC に至る延長 66.5 km の路線で、年平均断面日交通量は 10,000 台程度であるものの、行楽シーズンになると多くの観光客が行き交う路線である(図-1)。一方で、冬季には 1m 以上の積雪が観測される厳しい気候条件となり、30 年に渡る経年劣化とあいまって、舗装深層部まで損傷しており、同一箇所にもットホールや亀甲クラックが何度も発生する状況が確認された。本稿は、そうした損傷に対し“令和 2 年度 米子自動車道 久世 IC～米子 IC 間舗装補修工事”にて実施した、上層路盤及び下層路盤に対する抜本的な補修について報告するものである。

図-1 施工位置図<sup>2)</sup>

## 2. 変状概要

本稿の対象とする補修箇所である米子自動車道 湯原 IC～蒜山 IC 間 下り線の走行車線 (KP17.7～KP17.9) では、1992 年に供用して以降、表層及び基層の補修として切削オーバーレイを繰り返しており、2015 年に高性能舗装 I 型を表層に採用した基層までの切削オーバーレイを実施したものの、写真-1.1 に示すように、施工 5 年後の 2020 年には表層に亀甲クラックやわだちが発生するようになった。

原因を探るべく FWD によるたわみ量測定を実施した結果、D90-D150 の値が最大 0.154 mm となり、著しく大きい値が観測されたことから下層路盤の損傷が疑われた。さらに開削調査を実施したところ、写真-1.2 に示すような上層路盤の一部に下層路盤から進行したと推測されるクラックが確認された。加えて、下層路盤の表面を確認した際に、写真-1.3 に示すように、細粒分が吸出され粗骨材だけが残っている状態も確認された。



写真-1.1 路面状況

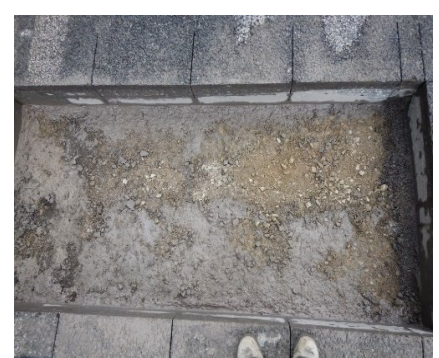
写真-1.2 切出ブロック側面  
写真-1 変状状況

写真-1.3 下層路盤状況

キーワード ハイモデュラスアスファルト混合物, 高耐久上層路盤, 舗装補修, 長期保全, アスファルト舗装  
連絡先 〒689-3515 鳥取県米子市赤井手 962-2 米子高速道路事務所 TEL 0859-27-2250

### 3. 補修方法の検討

従来考えられていた一般的な損傷のメカニズムとしては、図-2.1 に示すとおり、交通荷重を受けることで表層からクラックが進行していくものであった。しかし、開削調査の結果から、図-2.2 に示すように、繰り返し荷重により下層路盤に疲労が蓄積し永久変形が発生することで、下層路盤から表層に向けてクラックが進行したことが確認できた。

下層路盤から表層に向けてクラックが進行する場合には、表層及び基層を補修しても永久変形した下層路盤から再度クラックが進行する。経過年数や補修回数を経るほど永久変形が大きくなり、短い期間でポットホールや亀甲クラックが再発するため、補修に要する費用の増加や工事規制による社会的影響の増大が懸念された。

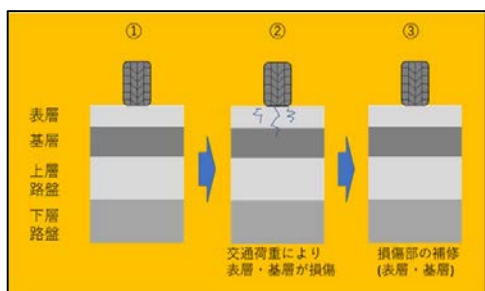


図-2.1 従来の一般的な損傷メカニズム

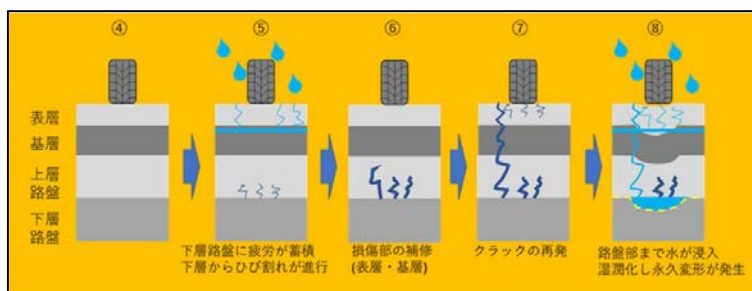


図-2.2 今回判明した新たな損傷メカニズム

図-2 損傷メカニズム

そこで、舗装深部における抜本的な対策として、荷重分散性能、耐水性および耐疲労抵抗性能の向上を目的として、路盤部改良を含めた舗装補修が可能であり従来のアスファルト安定処理路盤よりも高弾性である High Modulus Asphalt (以下: HiMA)を採用した。今回の補修箇所においては、下層路盤の上部に吸出し跡が確認され、湿潤化している恐れがあることから、下層路盤の一部と上層路盤を含めた補修の検討を行った。

補修効果の比較検討のため図-3 に示すように、HiMA

と通常のアスファルト安定処理路盤の2パターンを本線で試験的に施工することとした。

配合設計は海外で使用されている HiMA をベースに検討を行った。海外では一般的に低針入度アスファルトを使用するものの、国内において汎用性及び経済性を考慮してストレートアスファルト 60/80 に安価な硬質特殊添加剤を加えたものを用いることとした<sup>4)</sup>。アスファルト及び骨材の品質基準については、社内規定に基づいた配合を行い、アスファルト量 5.3%を OAC として、OAC および OAC±0.3%の3配合で試験練りを行った。

試験練り後の仕上がり面状況を確認したところ、写真-2 に示すように、OAC-0.3%と比較して、OAC および OAC+0.3%の方が適度な艶が出ており締まっていることが確認された。アスファルト含有量試験及びマーシャル安定度試験の結果、OAC(5.3%)を採用した。

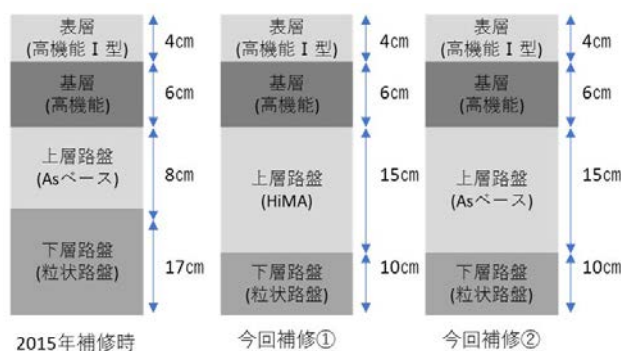


図-3 補修の舗装構成



写真-2.1 OAC



写真-2.2 OAC+0.3%



写真-2.3 OAC-0.3%

写真-2 試験練り後の仕上がり状況

前述により決定した配合を基に HiMA の施工性の確認, 余盛り率および日常品質管理基準策定のために予備施工を実施した. 予備施工では本線での試験施工と同じ舗設厚( $t = 15 \text{ cm}$ )とし 1 層( $t = 7.5 \text{ cm}$ )を 2 回に分けて舗設した. また, 本線施工においては粒状路盤上に施工するために使用する清瀝剤についても, プライムコート及びタックコートを使い分けた. 区割りについては図-4 に示すように施工を行い, 使用機械は本線施工と同一条件とし, 敷き均しにはアスファルトフィニッシャ, 初期転圧にはマカダムローラ, 二次転圧にはタイヤローラ, 端部転圧にはプレートを用いた. 転圧回数については図-5 に示す基準で行うこととした.

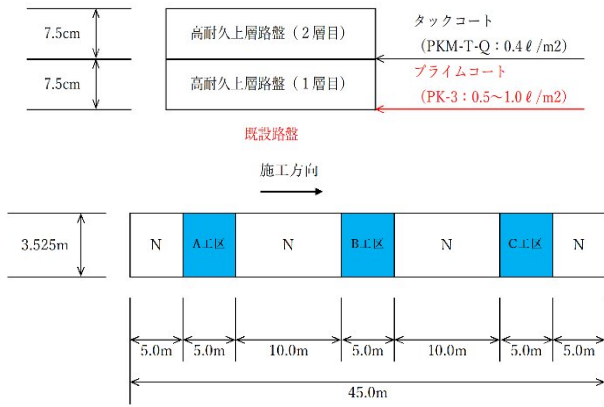


図-4 区割り図

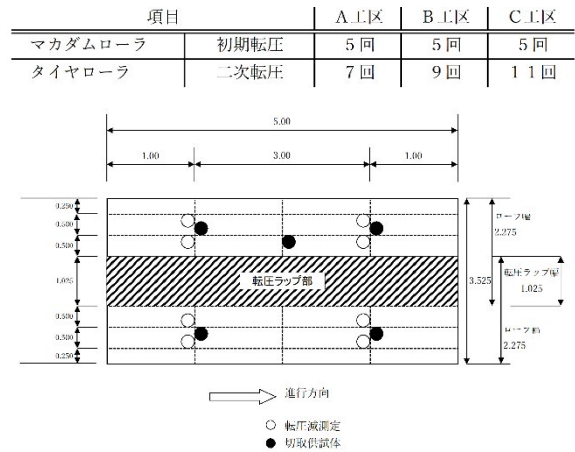


図-5 転圧管理基準

表-1 に 1 層目舗設完了後の温度経過を示す. 施工時の外気温  $16 \sim 18^\circ\text{C}$  の条件で測定した結果, 舗設完了 1 時間後で  $60^\circ\text{C}$  程度, 2 時間後で  $50^\circ\text{C}$  程度まで低下した. 表面温度が  $40 \sim 50^\circ\text{C}$  程度で 2 層目の舗設を開始したが, 混合物運搬の大型ダンプ走行時には, 積載時及び空荷時ともに輪荷重によるたわみが発生する状態であった. 2 層目の初期転圧および二次転圧時においては, 1 層目の状況より混合物の落ちつき具合に懸念があったが, 施工性や表面の仕上がりに異常はみられなかった.

余盛り率測定結果は, 表-2, 表-3 に示すとおり, 転圧回数の増加に伴い余盛り率も増加する傾向がみられた. 2 層目は設定した余盛り率よりも,  $2 \sim 3\%$  程度低下することが確認された.

表-1 1層目打設後の温度経過

舗設後温度経過表 (表面温度)					
舗設完了時間 A工区	12:30	$82^\circ\text{C}$	舗設完了時間 C工区	13:00	$82^\circ\text{C}$
15分後	12:45	$78^\circ\text{C}$	15分後	13:15	$78^\circ\text{C}$
30分後	13:00	$75^\circ\text{C}$	30分後	13:30	$72^\circ\text{C}$
45分後	13:15	$68^\circ\text{C}$	45分後	13:45	$67^\circ\text{C}$
<b>60分後</b>	<b>13:30</b>	<b><math>57^\circ\text{C}</math></b>	<b>60分後</b>	<b>14:00</b>	<b><math>63^\circ\text{C}</math></b>
75分後	13:45	$55^\circ\text{C}$	75分後	14:15	$62^\circ\text{C}$
90分後	14:00	$53^\circ\text{C}$	90分後	14:30	$57^\circ\text{C}$
105分後	14:15	$52^\circ\text{C}$	105分後	14:45	$54^\circ\text{C}$
<b>120分後</b>	<b>14:30</b>	<b><math>49^\circ\text{C}</math></b>	<b>120分後</b>	<b>15:00</b>	<b><math>52^\circ\text{C}</math></b>
135分後	14:45	$40^\circ\text{C}$	135分後	15:15	$48^\circ\text{C}$

表-2 余盛り率測定結果(1層目)

転圧条件	A工区		B工区		C工区	
初期転圧	5回		5回		5回	
二次転圧	7回		9回		11回	
余盛り率	16.6%	16.9%	17.7%	17.8%	18.6%	19.3%
平均	<b>16.8%</b>		<b>17.8%</b>		<b>19.0%</b>	

表-3 余盛り率測定結果(2層目)

転圧条件	A工区		B工区		C工区	
初期転圧	5回		5回		5回	
二次転圧	7回		9回		11回	
余盛り率	14.9%	14.6%	15.3%	15.2%	16.2%	15.9%
平均	<b>14.8%</b>		<b>15.3%</b>		<b>16.1%</b>	

表-4 切り取り供試体の密度測定結果(1層目)

転圧条件	A工区	B工区	C工区
初期転圧	5回	5回	5回
二次転圧	7回	9回	11回
密度( $\text{g}/\text{cm}^3$ )	2.384	2.417	2.439
縮固め度(%)	<b>98.3</b>	<b>99.7</b>	<b>100.6</b>
空隙率(%)	4.2	2.8	1.9

表-5 切り取り供試体の密度測定結果(2層目)

転圧条件	A工区	B工区	C工区
初期転圧	5回	5回	5回
二次転圧	7回	9回	11回
密度( $\text{g}/\text{cm}^3$ )	2.379	2.415	2.436
縮固め度(%)	<b>98.1</b>	<b>99.5</b>	<b>100.4</b>
空隙率(%)	4.3	2.9	2.1



写真-3.1 A工区

写真-3.2 B工区  
写真-3 転圧後路面

写真-3.3 C工区



切り取り供試体の密度測定結果は、表-4、表-5 に示すとおり、各層とも全ての工区において締固め度の規定値 96%を満足する結果であった。締固め度 100%に近い B 工区、C 工区の表面を比較すると、写真-3 に示すように C 工区においてはアスファルト過剰部が見受けられた。

#### 4. 本線における試験施工の実施

本線での試験施工延長は 200 m とし、HiMA 工区を 100 m、比較工区としてアスファルト安定処理路盤工区を 100 m とした。外気温が 17°C~19°C ということもあり本線試験施工においては転圧時も落ち着いた状態がみられた。切取供試体の締固め度も 99.5%~99.7%と基準値を十分に満足する結果が得られた。

#### 5. まとめ

本稿では、切削オーバーレイの施工 5 年後の短期間で亀甲クラックやわだちが発生したため、原因を探るべく調査を実施したところ、上層路盤の一部に下層路盤から進行したと推測されるクラックが確認されたため、下層路盤からのクラックの再発に対する抜本的な対策を検討した。検討の結果から HiMA を採用したところ、本線試験施工では基準値を十分に満足する結果が得られた。今回の本線試験施工では施工時期が 11 月頃と気温が落ち着いた時期であったため、タイムテーブル通りに施工が進み車線開放が可能だったが、夏場などの気温が高い時期での施工については路温が下がりづらく落ち着きが悪いことが予測される。そのため、今後の施工においては地域性や季節などの施工環境に則した品質管理基準や施工管理基準が求められる。また、課題として、表層を含めると舗設厚が 25 cm に及ぶため、重交通路線等の区間においては昼夜連続規制といった工事規制が制約されている箇所においては、施工方法についても念入りの計画が必要となることが懸念される。

今後は施工区間において定期的に FWD 調査および路面性状調査を実施し、舗装構成全体の健全性回復及び LCC の低減について確認していくことで、今後の長期保全の知見に繋げていく所存である。

#### 参考文献

- 1) 高橋茂樹, 小野義道, 佐藤正和: 高速道路におけるアスファルト舗装の「解体新書」プロジェクト, 土木学会論文集 E1 (舗装工学), pp. I 93- I 101, 2015.
- 2) 国土交通省 国土地理院, (参照 2023.04.12) <https://www.gsi.go.jp/>
- 3) 菅野勝一, 高橋茂樹, 白井悠: 高速道路舗装の長寿命化に向けた高耐久路盤用混合物の開発と施工事例, 日本建設機械施工協会, pp.47-51, 2020.
- 4) 白井悠, 渡邊真一, 尾本志展, 田中敏弘: 路盤の高耐久化に向けたハイモデュラスアスファルト混合物の適用検討, 日本道路建設業協会, pp.78-84, 2017.