

トンネル内コンクリート舗装のテクスチャとすべり抵抗性に関する一考察

執筆者 中日本高速道路株式会社 金沢支社 敦賀保全・サービスセンター ○鈴木 一隆
 共同執筆者 中日本高速道路株式会社 金沢支社 敦賀保全・サービスセンター 藤森 弘晃

1.概要

中日本高速道路(株)金沢支社敦賀保全・サービスセンター(以下、敦賀HSC)は、北陸自動車道44.7km、舞鶴若狭自動車道38.8km、合計83.5kmの高速道路の管理を行っている(図1)。

北陸自動車道においては、上下線23チューブ、管理延長の約1/4がトンネル区間であり、供用から36年以上経過している。

トンネル内のコンクリート舗装の一つの特徴として、路面の「すべり抵抗性」(すべり摩擦係数)が時間とともに低下する現象がある。このため、すべり抵抗性については、大型すべり測定車により、定期的に測定され、すべり抵抗性の低下箇所については、機能回復のため、研掃工やオーバーレイ工等の方法が用いられている。

本研究は、コンクリート舗装研掃工(以下、研掃工)について、工法の概要、MPD'(本稿では多機能路面プロファイラーから求められた平均プロファイル深さとするとすべり摩擦係数の関係、各工法のテクスチャの特徴について、報告を行うものである。



図1 敦賀保全・サービスセンター管内

2.設計要領における補修目標値

高速道路において路面を管理する上で基準となる各性状値は調査要領第一編表4-1(中日本高速道路(株))より、表1のとおりとなっている。すべり摩擦係数(すべり抵抗性)の補修目標値は、 $0.25 \mu V$ (大型車の法定速度におけるすべり摩擦係数)である。

表1 舗装の補修目標値

わだち 掘れ (mm)	段差(mm)		すべり 摩擦係数 (μV)	平坦性 IRI (mm/m)	ひび割れ率 (%)
	橋梁 取付部	横断構造物 取付部			
25	20	30	0.25	3.5	20

3.すべり摩擦抵抗回復工法について

①ショットブラスト工法 I (SB I)

ショット玉をコンクリート舗装の表面に打ち付けることで、表面のモルタルを除去する方法(図2)であり、②との区分のため、本稿では、ショットブラスト工法 I (SB I)と呼ぶ。



図2 ショットブラスト工法(SB I,SB II)



図3 研掃の状況(SB II)

②ショットブラスト工法Ⅱ(SBⅡ)

原理はショットブラスト工法Ⅰ(SBⅠ)と同様であるが、実験により最適化が行われたもので、ショット玉について、投射材寸法2.0mm以上とし、投射密度150kg/m²でコンクリート舗装の表面に打ち付けることで、表面のモルタルを除去する方法である。設計要領第1集(舗装編)平成27年7月(中日本高速道路(株))から、すべり抵抗回復工法として紹介され、本稿では(ショットブラスト工法Ⅱ)SBⅡと呼ぶ。

③ウォータージェット工法(WJ)

高圧水を路面に同心円状に噴射することによりモルタル分を除去する工法で、本稿ではウォータージェット工法(WJ)と呼ぶ(図4,5)。



図4 ウォータージェット工法(WJ)



図5 研掃の状況(WJ)

④ダイヤモンドグライディング工法(DG)

ダイヤモンド刃を円筒状にしたグラインダーにより舗装上面を一様に削りとり、道路縦断方向に細かい溝を形成する工法で、本稿ではダイヤモンドグライディング工法(DG)と呼ぶ(図6,7)。



図6 ダイヤモンドグライディング工法(DG)



図7 研掃の状況(DG)

4.すべり摩擦係数(大型すべり測定車)の経年変化について

①試験方法について

大型すべり測定車(図8)によるすべり摩擦係数の測定はNEXCO総研により定期的に行われている。

測定原理について、測定車には、測定用のタイヤと水膜発生用のノズルが設置されている。測定用タイヤは、一定の荷重が載荷され、すべり摩擦係数測定時に、ノズルから散水、測定タイヤをロックし、センサーにより計測された数値により、すべり摩擦係数が計算される。



図8 大型車すべり測定車によるすべり摩擦係数の測定

②測定条件について

測定条件は表2に示すとおりで、走行車線は管内の全線、追越車線はトンネル部について行っている。

表2 測定条件

測定日	平成28年7月1日
測定区間 (北陸自動車道)	走行 23.8~68.0kp 追越 23.8~68.0kp(トンネル部)
測定速度	80km/h

5.路面のテクスチャとすべり摩擦の関係について

①概要

路面のテクスチャ(凹凸)とすべり摩擦係数の関係を把握するため、テクスチャの測定を行った。テクスチャの評価について、通常は、CTメーター(図9)によるMPD(平均プロファイル深さ:図9参照)を用いるが、機械の仕様上、テクスチャデータは、グラフに出力(図10)されるが、数値データとして出力されないため、多機能路面プロファイラー(図10)を用いて測定した。

CTメーターは、レーザーセンサーを回転させ、テクスチャ測定(0.87mm間隔)を行うのに対して、多機能路面プロファイラーは、台車に設置されたレーザーセンサーを牽引することにより測定(0.3mm間隔)を行う。このため、測定方法が異なることから、多機能路面プロファイラーから求められた平均プロファイル深さを、MPD'と呼ぶ。なお、MPD'の算出は、図9の右図と同様の方法で行っている。

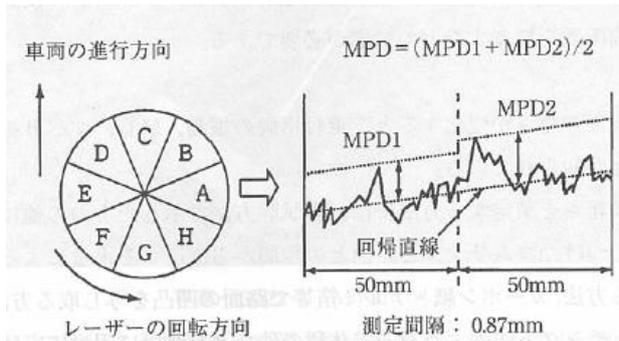


図9 MPDの算出方法
(舗装調査・試験法便覧 S022-3T より)



図10 多機能路面プロファイラー

②測定概要

それぞれの工法におけるテクスチャの把握と施工前後の比較のため、表3に示す区間の測定を行った。なお、59.8kp及び60.2kpについては、施工前後で施工を行っている。

③施工前後のMPD'の比較

表4に測定結果を示す。施工前後の比較(59.8kp,60.2kp)を行うと、施工前は、MPD'が0.75程度、施工後が1.05程度となっている。

表3 測定概要

上下	車線	KP	KP	構造物	施工年度	工法	箇所	備考
下	走行	57.0	57.2	杉津TN	H28	SB2	1	
下	走行	58.4	58.6	敦賀TN	H25	DG	1	
下	走行	59.8	60.0	敦賀TN	H23	SB1	1	施工前
下	走行	59.8	60.0	敦賀TN	H28	SB2	1	後比較
下	走行	60.2	60.4	敦賀TN	H23	SB1	1	施工前
下	走行	60.2	60.4	敦賀TN	H28	SB2	1	後比較
下	走行	61.0	61.2	敦賀TN	H23	WJ	1	

表4 測定結果

上下	車線	KP	KP	工法(前)	MPD'	μ 80 H28.7	工法(後)	MPD'
下	走行	57.0	57.2	-	-	0.25	SB2	1.06
下	走行	58.4	58.6	DG	0.81	0.249	-	-
下	走行	59.8	60.0	SB1	0.74	0.197	SB2	1.04
下	走行	60.2	60.4	SB1	0.76	0.194	SB2	1.06
下	走行	61.0	61.2	WJ	1.13	0.207	-	-

④MPD'とすべり摩擦係数の関係

図12にMPD'とすべり摩擦係数の関係を示す。WJは、SB1やDGに比べてMPD'が大きい(きめが深い)が、すべり摩擦係数が低い傾向にある。

⑤MPD'とショットブラスト系(SB1,SB2)のすべり摩擦係数の関係

図13に、MPD'とショットブラスト系のすべり摩擦係数の関係を示す。ただし、この区間におけるSB2のすべり摩擦係数を測定していないため、MPD'は、57.0kp,59.8kp,60.2kpの平均(1.05)、すべり摩擦係数は、機能低下の少ない追越車線(H28.3施工、H28.7測定)の平均(0.423)を推定値としてプロットした。

図13の回帰式から、ショットブラスト系のすべり摩擦係数は、MPD'1.0において0.4程度、MPD'において0.8を切ると、補修目標値0.25を下回ることがわかる。

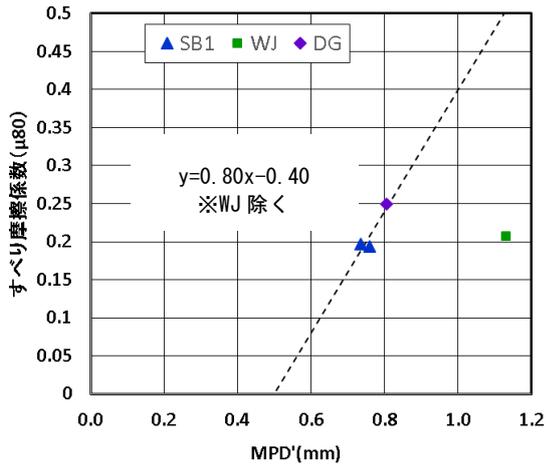


図12 MPD'とすべり摩擦係数の関係

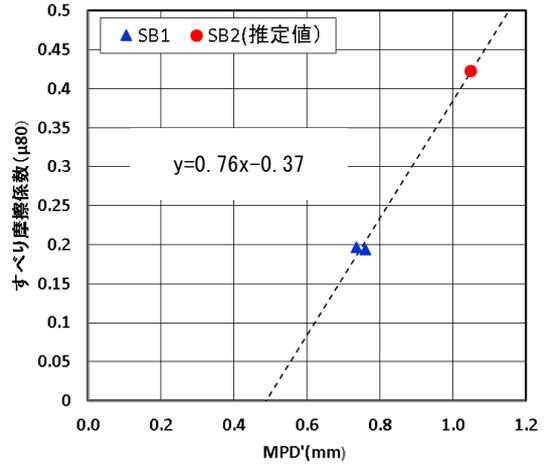


図13 MPD'とすべり摩擦係数の関係(SB1,SB2)

⑥路面プロファイルの見える化について

図14に各工法の路面プロファイルを示す。図中の横軸の1マスは10cm、縦軸の1マスは10mmである。

SB1とSB2の施工前後の比較において、平滑な表面から、ブラストを行い、表面の凹凸ができることによりすべり摩擦係数が改善していることが推察される。

しかし、例えばSB1、WJ、DGの比較において、WJはSB1より表面の凹凸が多いが、すべり摩擦係数は0.2程度であり、また、WJはDGの表面の凹凸に差異はあまり見られないが、それぞれ0.2と0.25とすべり摩擦係数に差異がみられる。また、定性的評価は、グラフのスケールの取り方により印象が異なると推察され、評価が難しい。

路面プロファイルの評価において、MPD'は、多くのデータを1つの数値に置き換えられるため、扱いやすい反面、図12(WJ)のように、MPD'が大きくてもすべり摩擦係数が必ずしも大きくならないこともあることから、今後、新たな評価方法の検討が必要であると推察される。

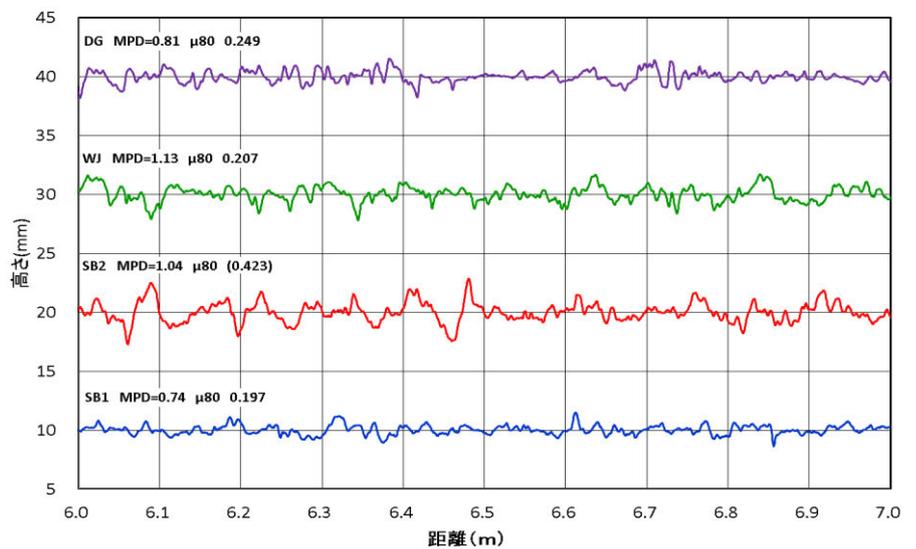


図14 各工法の路面プロファイル(一部)

6.まとめ

本研究より、以下の知見が得られた。

①MPD'とすべり摩擦係数は、同種の工法では相関がみられるが、工法が異なると、同じMPD'でもすべり摩擦係数の傾向が異なることがある。

②路面プロファイルの見える化について、同種の工法では、定性的な評価である程度すべり摩擦係数の傾向が把握できるが、工法が異なる場合は、評価が難しい。

以上の知見は、限られたデータの分析結果であることから、今後、測定パターン、時期、測定回数等を調整しテクスチャとすべり抵抗性(すべり摩擦係数)の関係を求め、効率的なトンネル内のコンクリート舗装の管理に活用したい。

以上