

ホイールトラッキング試験機を用いた粒状路盤材のポンピング現象の再現実験

(国研) 土木研究所 正会員 ○永塚 竜也, 前川 亮太
敷 雅行

1. はじめに

わが国では平成 28 年に舗装点検要領¹⁾が制定され、路盤以下の層の構造的健全性に着目した点検や診断が順次進められている。路面の状態から路盤の損傷を判断する目安のひとつに、ひび割れから噴き出した粒状路盤（以下、路盤）材の細粒分や微粒分の噴出跡を確認する方法がある²⁾。これは路面のひび割れから雨水が路盤まで浸透し、交通荷重が作用することによって路盤材中の細粒分や微粒分が路面に噴き出すポンピング現象が原因と考えられている。しかし、この路盤材のポンピング現象のメカニズムについて実験的に検証した事例や、支持力への影響を定量的に評価した例は少ない。そこで本研究では、ホイールトラッキング試験（以下、WT 試験）機を用いて路盤材のポンピング現象を再現するとともに、ポンピング現象が路盤の支持力に及ぼす影響を CBR 試験で確認した。本件ではこれらの実験結果について報告する。

2. 実験概要

2. 1 実験方法

実験フローを図-1 に示す。本実験では、WT 試験用サイズの型枠を使用し、路盤材として粒度調整碎石、ひび割れたアスファルト混合物層（以下、アスコン層）を硬質のゴム板で模擬した供試体を作成した。作成した供試体を図-2 に示す。供試体作成後、供試体を浸水させた状態で、雨水を想定した注水を適時行いながら WT 試験機を用いた走行試験によるポンピング現象の再現実験を行った。走行試験後、路盤材の粒度を確認し、試験前後の粒度でそれぞれ CBR 試験を行い支持力への影響を確認した。

2. 2 供試体の作成

路盤材の試験粒度は、粒度調整碎石 M-40 をポンピング現象が発生しやすいように粒径 4.75mm 以上をカットしたものを使用した。使用した路盤材の粒度を表-1、図-3 に示す。路盤は、試験粒度に配合した後に突き固め試験（試験法便覧 F007）を行い、表-2 に示す最適含水比で締固めを行った。なお、使用した型枠の側面と底面には、路盤内に通水するための孔が開いており、試験中にこの孔から路盤材が流出することを防ぐために不織布を設置した。路盤材の打設後、厚さ 10mm、硬度 80 程度のゴム板を路盤の上に設置した。このゴム板の中央には、現場のひび割れを模擬したカギ型の形状のスリットを設置した。

2. 3 ポンピング試験

ポンピング試験の試験条件を表-3 に示す。供試体作成後、WT 試験機の水槽内に供試体を設置し、路盤上面に水位を設定し、路盤内部に水が行きわたるように 1 時間養生した。養生完了後、ケース毎に設定した目標の試験時間で走行試験を行った。現場で発生している路盤のポンピング現象は、舗装路面のひび割れから雨水が路盤に浸透し、交通荷重が作用することで、アスコン層下の水圧が高まり路盤材が噴出すると考えられる。このため、本実験ではポンピング現象を促進させるため走行試験中に「強い雨（気象庁 HP 雨の強さと降り方：20～30mm/hr）」を想定した水 90ml を、3 分に一回スリットへ注水した。なお、走行試験中にスリットから噴出した路盤材の細粒分や微粒分が、再びスリットから路盤内部へ流入することを防ぐために、噴出した細粒分や微粒分は適宜掃除機で吸い取った。

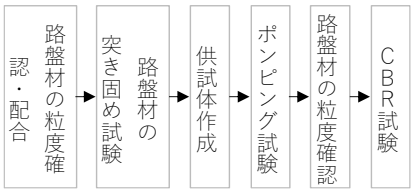


図-1 実験フロー

表-1 路盤材の粒度		
ふるい目 [mm]	通過質量百分率[%]	試験粒度[%]
	M40 中央粒度[%]	
53.0	100.0	4.75mm以上 カット
37.5	97.5	
19.0	75.0	100.0
4.75	47.5	
2.36	35.0	73.7
0.425	20.0	42.1
0.075	6.0	12.6
0	0.0	0.0

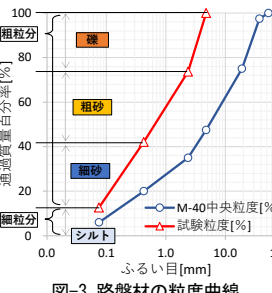


図-3 路盤材の粒度曲線

表-2 突き固め試験結果	
最適含水比 W_{opt} [%]	5.9
最大乾燥密度 ρ_{dmax} [g/cm ³]	2.220

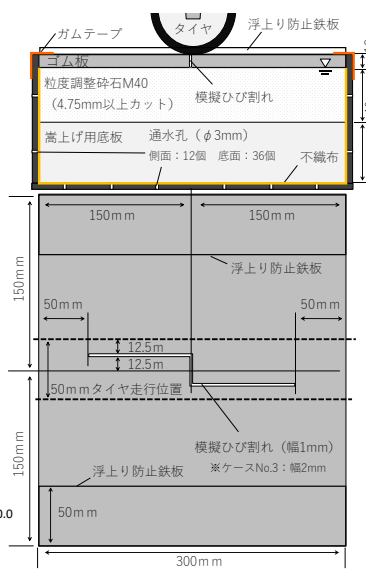


図-2 上：供試体断面 下：ゴム板平面

表-3 ポンピング試験条件	
項目	条件
輪荷重	686 ± 10N
走行速度	32回/分
走行距離	230mm ± 10mm
供試体養生時間	水浸後 1 時間
注水	1回/3分, 90ml / 回

キーワード 点検, 診断, 粒状路盤, ポンピング

連絡先 〒305-8516 つくば市南原 1-6 (国研) 土木研究所 道路技術研究グループ舗装チーム TEL 029-879-6789

2. 4 路盤材の粒度確認とCBR試験

ポンピング試験による路盤材の粒度の変化を確認するため、試験後の路盤材のふるい分け試験（試験法便覧 A003）を行い粒度の確認を行った。その後、確認した粒度で CBR 試験用の供試体を作成した。供試体は、表-2 に示す最適含水比で、突き固め回数 92 回/層、3 層で作成を行った。CBR 試験は試験法便覧 S041 に従い実施した。なお、CBR 試験はポンピング試験前の粒度においても実施し、ポンピング試験前後で CBR 値の比較を行った。

2. 5 実験ケース

実験ケースを表-4 に示す。本実験では予備試験の結果から目標試験時間を 10 分と設定した No.1 と、No.1 の倍の時間を目標とした No.2、スリットの幅が No.1,2 よりも 1mm 程広い No.3 の 3 ケースとした。

表-4 実験ケース

ケース No.	試験時間[分]		走行回数		注水回数[回]	総注水量[mℓ]	備考
	目標	実質	目標	実質			
1	10	9:12	320	294	3	270	
2	20	20:06	640	643	6	540	No.1の倍の時間で試験
3	3	3:26	96	110	1	90	ひび割れ幅広



写真-1 ポンピング試験状況 (No. 1)

試験の結果、いずれのケースにおいてもポンピング現象を再現することができた。No.1 については、走行試験開始後、シルト分が溶けた灰色の水がスリットから噴出し、徐々にゴム板が沈下した。その後、スリットに注水するとタイヤの走行とともに細砂や粗砂と思われる粗粒分が水とともに噴出し、ゴム板の沈下が進行した（写真-1）。試験開始 9 分頃にはゴム板の沈下が収束し始め、最終的には深さ方向に 30mm 程度路盤が変形していた。ケース No.2 については、試験前半はケース No.1 と同じような状況であった。後半は注水とともに細粒分や粗粒分が噴出したが、前半ほどの噴出量は確認されなかった。最終的な路盤の変形は No.1 と同程度であった。ケース No.3 については、ひび割れ幅が広い分、粗粒分の噴出が早い段階で確認された。ゴム板の沈下の進行も No.1,2 よりも早く、試験開始 3 分頃には沈下の進行が収束するような状況がみられ、最終的な路盤の変形は No.1,2 と同程度であった。

3. 2 路盤材の噴出率と CBR の関係

路盤材の噴出率と CBR の関係を図-4 に示す。路盤材の噴出率とは、ポンピング試験前の路盤材の質量に対して噴出した路盤材の質量の割合を各粒度で計算し、それを合計したものがある。図-4 より、路盤材の噴出率は「No.3>No.2>No.1」の順であった。また、試験ケースによって噴出する各粒度の割合に差がみられ、例えば注水量の多い No.2 はシルト分の噴出が最も多い結果であった。一方、CBR 値は「No.3>No.2>試験前>No.1」の順であり、試験前と比較すると No.1 の低下が顕著であった。

3. 3 路盤材の粒度の変化と CBR の関係

3. 2 の結果を踏まえて、試験前後における路盤材の粒度の変化を図-5 に整理した。図-5 右側の路盤材の配合割合の差は、粒度曲線（図-5 左側）における試験前後の各粒度の配合割合の差であり、上下に振れ幅が大きいほど路盤材の噴出による粒度の変化が大きいことを表している。No.3 の噴出率は最も高かったが、図-5 より各粒度の変化は最も小さい結果であった。これはひび割れ幅が No.1,2 よりも大きく、粒径が細かいものから粗いものまでバランスよく噴出したためと考えられ、これにより CBR の低下が見られなかったと推定される。No.2 においては最も細かいシルト分の低下が大きい、次に細かい細砂と粗砂の割合は増加しており、これにより CBR の低下が見られなかったと推定される。一方、No.1 は最も細かいシルトと次に細かい細砂の割合が連続して低下しており、これにより CBR の低下がみられたと推定される。

4. まとめ

本実験により、WT 試験機を用いることで粒状路盤材のポンピング現象の再現を確認するとともに、噴出により変化する路盤材の粒度が路盤の CBR に影響を及ぼす可能性があることがわかった。しかし、本実験はポンピング試験の第一歩として、確実にポンピング現象を再現することを目的に実験を行ったため、実道の現象を再現した実験条件とは言い難い。今後は実験ケースや条件を増やすことで、より実道の現象に近い条件で再現できるように研究を進めていく。

【参考資料】1)舗装点検要領 H28.10 国交省道路局 2)舗装点検要領に基づく舗装マネジメント指針 H30.9 (社) 日本道路協会 P.41

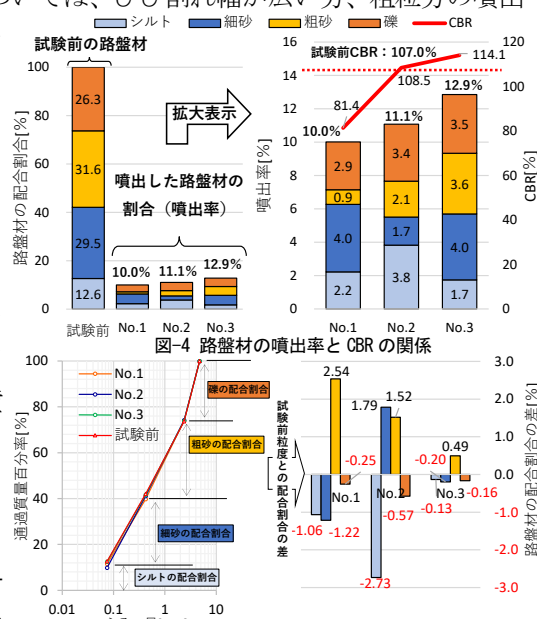


図-5 路盤材の粒度の変化（左：粒度曲線 右：配合割合の差）

