

雨水が浸透する路盤支持力挙動の解明

福岡大学大学院 学生会員 岡崎 紅  
 福岡大学工学部 正会員 佐藤 研一 藤川 拓朗 古賀 千佳嗣  
 川崎地質株式会社 山田 茂治 吉田 潔 今井 利宗 野津 俊光 石川 康宏

1. はじめに 道路舗装は、維持修繕が常に必要なインフラであり、効率的な維持管理により延命化を行う必要がある。また、道路舗装は、ひび割れからの雨水浸透による路盤維持力低下が舗装寿命に大きな影響を与えていると言われている<sup>1)</sup>。そこで、雨水浸透による路盤支持力低下メカニズムを把握することは、対策工法を検討するために有効的である。しかし、早期劣化を生じた舗装における路盤支持力について詳細な調査を試みた例は少ない<sup>2)</sup>。そこで本研究では、路盤の雨水浸透による支持力低下挙動について、CBR 試験より検討を行った。特に、路盤材に利用される2種類の砕石を用い、供試体作製時の含水比と雨水を模擬した散水後の浸透時間の影響について報告する。

2. 実験概要



2-1 実験試料 本検討では、4~7号砕石、砂、石粉を混合・作製した M-25 と建設材料会社から購入したリサイクル材である RM-25 の2種類を用いた。表-1 に物理特性を示す。図-1 に締固め前後の試料の粒径加積曲線を示す。特に、RM-25 については、締固めによる粒子破碎が生じ、含水比の影響を受けていることがわかる。これは、RM-25 の骨材に付着したセメント分が締固めにより破碎したことが影響したと考えられる。図-2 に締固め曲線を示す。

2-2 実験条件及び実験方法 供試作製方法は、突固めによる土の締固め試験方法(JIS A 1210)に準じ E-b 法にて行った<sup>3)</sup>。また、今回はそれぞれの試料で供試体の乾燥密度を  $D_c=99\%$  に統一するため最適含水比において突固め回数をいずれの試料も 82 回に回数を減らして行った。ここで、RM-25 において実施工を考慮し最適含水比の前後3%程度で  $D_c=99\%$  となる  $1.70 \times 0.99 = 1.68 \text{ Mg/m}^3$  に設定した。また、M-25 も同様に  $D_c=99\%$  となる  $2.28 \times 0.99 = 2.26 \text{ Mg/m}^3$  に設定した。表-2 に実験条件を示す。供試体作製時の設定含水比による影響について、M-25 の場合は、 $D_c=99\%$ での含水比  $w = 1.6$  (乾燥側), 2.8 (最適含水比), 3.6 (湿潤側) %とし、RM-25 の場合では  $D_c=99\%$ での含水比  $w = 9.9$  (乾燥側), 13.5 (最適含水比), 17.4 (湿潤側) %と3種類に変化させ検討を行った。さらに、雨水浸透による路盤支持力の変化をみるために、供試体作製後に供試体上部より霧吹きによる散水を行った。散水量については、筆者ら<sup>4)</sup>の研究より散水後に支持力が最も低下した供試体の含水比が  $w=4.0\%$  上昇するように設定した。また、貫入試験は、散水した水が供試体上から全て浸透した直後( $t=0\text{h}$ )と6時間後( $t=6\text{h}$ )24時間後( $t=24\text{h}$ )に行った。表-3 に各条件での浸透終了までの時間を示す。ここで、RM-25 の湿潤側の150ml 散水した条件では、96h 後も散水した水が浸透しなかったため供試体上部の水を除いた後に貫入試験を実施した。今回の検討では、雨水浸透による支持力低下の挙動を供試体内部の間隙水の状態から評価するために、貫入試験直後に図-3 に示す箇所にて含水比の測定を行っている。測定は鉛直方向に7箇所、水平方向に3箇所、貫入位置を除いた全20箇所で行っている。

3. 実験結果及び考察 図-4 と図-5 に M-25 と RM-25 の CBR 試験後の供試体内部の含水比分布について、(a) 乾燥側、(b) 最適含水比、(c) 湿潤側で、散水後の経過時間ごとに示している。また、供試体全体の含水比の平均値と飽和度も示している。図-6 と図-7 に M-25 と RM-25 の CBR 試験結果を示す。ここで、筆者ら<sup>4)</sup>がまさ土を用いて、同一条件で実験をした結果も図中に示している。

3-1 乾燥側の場合 散水直後では、両試料ともにまさ土の結果と同様に散水に伴い、支持力が大きく低下している

表-1 物理特性

試料	M-25	RM-25
外観		
土粒子密度 $\rho_s (\text{Mg/m}^3)$	3.056	2.642
均等係数 $U_c$	35.10	58.37
曲率係数 $U_c'$	2.81	1.33
すり減り減量 R(%)	14.30	30.70
吸水率(%)	0.40	9.02

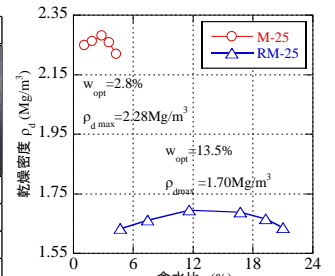


図-2 締固め曲線

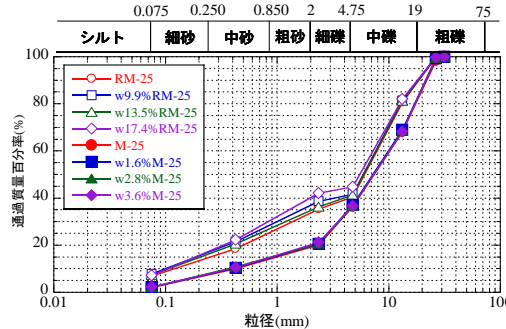


図-1 締固め前後の試料の粒径加積曲線

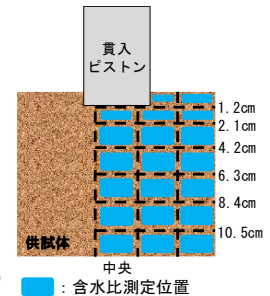


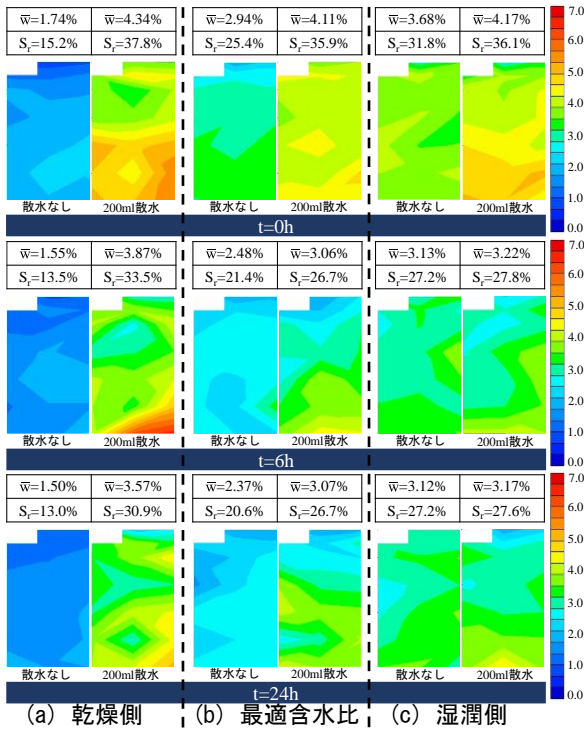
図-3 含水比測定位置

表-2 実験条件

試料	設定含水比 w(%)	突固め回数	散水量	乾燥密度 $\rho_d (\text{Mg/m}^3)$	静置時間
M-25	1.6(乾燥側)	92回(E-b法)	0ml	2.26 ( $D_c=99\%$ )	0h 6h 24h
	2.8(最適)	82回(最適)	200ml		
	3.6(湿潤側)				
RM-25	9.9(乾燥側)	92回(E-b法)	0ml	1.68 ( $D_c=99\%$ )	
	13.5(最適)	82回(最適)	150ml		
	17.4(湿潤側)				

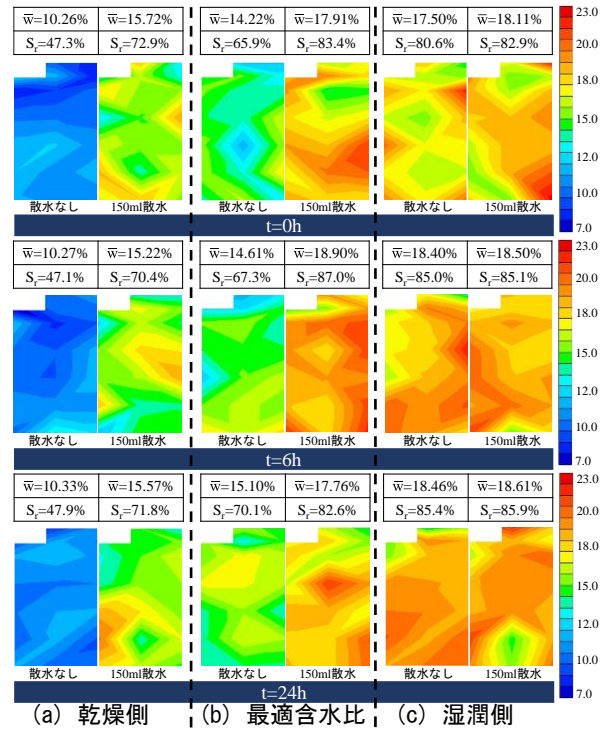
表-3 浸透終了までの時間

設定含水比	土試料 (散水量)	
	M-25 (200ml)	RM-25 (150ml)
乾燥側	3min	40min
最適	3min	1.5h
湿潤側	3min	96h



(a) 乾燥側 (b) 最適含水比 (c) 湿潤側

図-4 含水比測定結果 (M-25)



(a) 乾燥側 (b) 最適含水比 (c) 湿潤側

図-5 含水比測定結果 (RM-25)

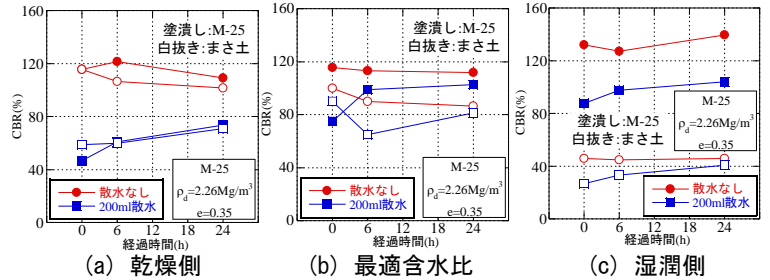
ことが分かる。これは水の浸透による飽和度上昇とともにサクシオンの低下が要因と考えられる。その後、散水からの時間の経過とともに、M-25では、まさ土と同様に浸透直後に比べ支持力が上昇している(図-6(a))のに対して、RM-25では支持力が低下している(図-7(a))。これは、M-25では透水性が良く、供試体上部の含水比が時間経過とともに低下し、RM-25では、骨材の吸水率が高く供試体上部が高含水比を維持したことが要因と考えられる。

**3-2 最適含水比の場合** 両試料ともに散水による支持力の低下率が乾燥側に比べて小さい。また、時間の経過に着目すると、M-25では、乾燥側同様に浸透直後から時間の経過とともに支持力が上昇し、散水していない支持力に近づいている(図-6(b))。これは、図-4(b)の含水比分布からも時間の経過とともに供試体内が最適含水比に近づいたことと水の流下の影響を受けづらいたことが分かる。これに対してRM-25では、乾燥側同様に6時間後に支持力が低下し、その後変化が見られない(図-7(b))。これは、6時間以降も水の流下が起きず、供試体上部が骨材の吸水による高含水比が維持されていることが要因と考えられる。

**3-3 湿潤側の場合** M-25は、他の初期含水比と同様に高い支持力を示し、散水による影響も最適含水比と同程度である。また、時間の経過に伴い、散水直後に比べ支持力が徐々に上昇し、回復している(図-6(c))。これは、湿潤側であっても含水比分布が時間経過とともに散水前とほぼ同程度に戻っているためである。一方、RM-25では散水前の支持力が最も小さく、まさ土と同程度の支持力を示している。これは、RM-25は、図-1に示すように締固めにより破碎しやすく、さらに骨材の保水性が上昇し、大幅な支持力低下を引き起こしたと言える。また、この影響により、6時間後に支持力が大幅に低下し、その後変化が見られない(図-7(c))。これは散水した水が供試体内に徐々に浸透し、供試体内部の飽和度が上昇したことが要因だと考えられる。

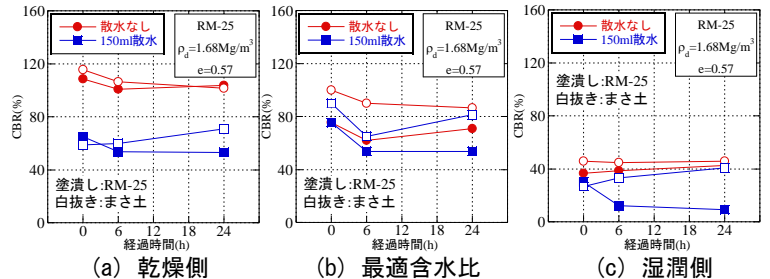
**4. まとめ** 1) 路盤の締固め時の含水比は、雨水浸透後の強度低下に大きな影響を与えることが示された。2) 雨水浸透後の時間経過とともに、供試体内の含水比変化が、路盤支持力挙動に大きな影響を与えることが示された。

【参考文献】1) 国土交通省道路局国道・防災課：舗装点検要領, pp.1-43, 2017. 2) 高橋ら：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), Vol.71, No.3(舗装工学論文集第20巻), I\_93-I\_101, 2015. 3) 公益社団法人地盤工学会：地盤材料試験の方法と解説, p402, 2009. 4) 佐藤ら：雨水浸透が路盤支持力に及ぼす影響, 特集「締固め土の物性と設計・施工管理」, 基礎工, Vol.71, No.4, pp.57-60, 2022.



(a) 乾燥側 (b) 最適含水比 (c) 湿潤側

図-6 CBR 試験結果 (M-25)



(a) 乾燥側 (b) 最適含水比 (c) 湿潤側

図-7 CBR 試験結果 (RM-25)