

雨水浸透後の CBR 特性に及ぼす路盤材料の影響

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 今井 利宗 野津 俊光 石川 康宏

1. はじめに 我が国の道路舗装ストックは、120 万キロを超えており、その道路舗装の適切な維持管理が必要となっている。しかし、道路舗装は供用直後から様々な要因により劣化が進行する構造物である¹⁾。この劣化要因の中で特に、アスファルト層のひび割れから雨水が浸透することによる路盤支持力の低下(写真-1)が道路舗装の耐久性に大きな影響を与えているとされている²⁾。しかし、供用中の路盤内の劣化状況を観察・確認するのは困難であり、詳細に調査・分析を試みた例も少ない。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、路盤材に利用されている 2 種類の砕石を用い供試体作製時の含水比に着目して供試体内の間隙水の状態と CBR 値から検討を行った結果について報告する。



写真-1 雨水浸透による路盤劣化状況

2. 実験概要

2-1 実験試料及び実験条件 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 を実験試料として用いた。表-1 に物理特性を示す。図-1 に試料の粒径加積曲線を示す。また、図-2 に締固め試験により得られた締固め曲線を示す。M-25 は、最適含水比は小さく、最大乾燥密度は大きく、締固め曲線は鋭い。また、RM-25 については、含水比の変化にともなう密度変化が小さく、締固め曲線は緩い材料であることが分かる。

2-2 実験条件及び実験方法 供試体作製方法は、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³⁾。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 も同じ条件にするため $D_c=99\%$ となる $2.28 \times 0.95 = 2.26 \text{ Mg/m}^3$ に設定した。表-2 に実験条件を示す。供試体作製時の初期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 $w = 9.9$ (下限値), 13.5 (最適含水比), 17.4 (上限値) %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。また、著者ら⁴⁾の研究より供試体の含水比が $w=4.0\%$ 上昇する散水量に設定した。また、貫入試験は、散水した水が供試体上部から全て浸透した直後に行った。表-3 に各条件での浸透終了までの時間を示す。M-25 はいずれの条件でも透水性が非常に良く、RM-25 は透水性が悪いことが分かる。そこで、RM-25 の湿潤側の 150ml 散水した条件では、96h 経過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、水平方向に供試体中央から外側に向かって 3 箇所、貫入位置を除いた全 20 箇所で行っている。

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

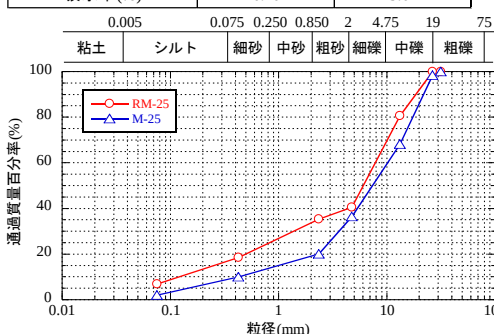


図-1 試料の粒径加積曲線

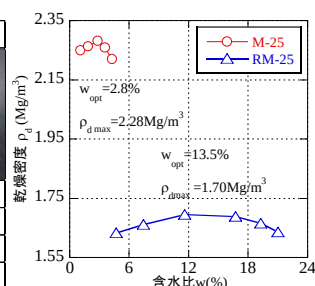


図-2 締固め曲線

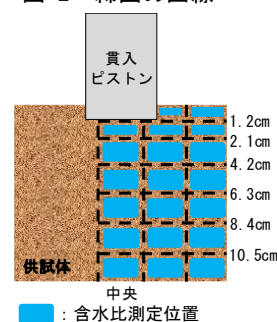


図-3 含水比測定位置

表-2 実験条件

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

表-3 浸透終了までの時間

	散水から浸透までの時間	
	200ml (M-25)	150ml (RM-25)
乾燥側	3min	40min
最適	3min	1.5h
湿潤側	3min	96h

表-3 に各条件での浸透終了までの時間を示す。M-25 はいずれの条件でも透水性が非常に良く、RM-25 は透水性が悪いことが分かる。そこで、RM-25 の湿潤側の 150ml 散水した条件では、96h 経過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、水平方向に供試体中央から外側に向かって 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 値(散水なし、散水あり)を示す。図-6(a)～(c)と図-7(a)～(c)に M-25 と RM-25 の CBR 試験後の供試体内部の含水比分布を示している。また、各条件における供試体全体の含水比の平均値と飽和度も示している。

3-1 路盤材料の違いが及ぼす影響

1) 支持力特性(無散水)

M-25 の散水前の支持力は乾燥側と最適含水比で同程度の支持力を示し、湿潤側で最も高い支持力を示している(図-4)。

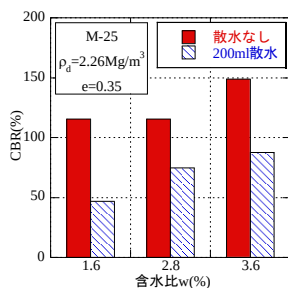


図-4 各条件での CBR 値 : M-25

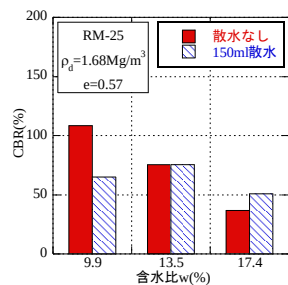


図-5 各条件での CBR 値 : RM-25

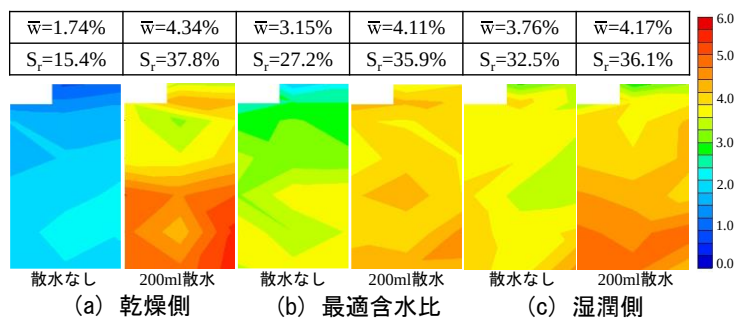


図-6 含水比測定結果: M-25

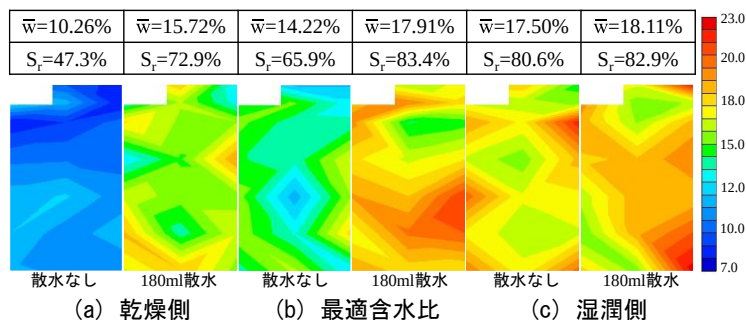


図-7 含水比測定結果: RM-25

これは、M-25 の透水性の良さによる供試体上部での含水比の低下(図-6)や砕石特有の締固め特性により、供試体密度が僅かな含水比の変化により影響を受けたことによるものと考えられる。一方、RM-25 の散水前の支持力は乾燥側で最も高い値を示し、湿潤側に向かうにつれて支持力が低下している(図-5)。これは、RM-25 がコンクリート破砕材であることから含水比設定が難しく(図-7)、締固め特性も含水比の変化に鈍いことが影響をしている。両者を比較すると M-25 の方が RM-25 よりも高い支持力を示している。これは図-2 から分かるように RM-25 は締固めづらく乾燥密度が低く、粒子破碎し易い材料であることが要因である。

2) 初期含水比の影響(無散水) M-25 の散水前の含水比測定結果は含水比の分布が均一である(図-6)のに対して RM-25 においては、含水比の分布にバラつきがある(図-7)ことが確認できる。これは、コンクリート破砕材である RM-25 の骨材に付着しているモルタル分が異なるため、骨材ごとに吸水量が異なり含水比にバラつきが生じたと考えられる。以上のことから、コンクリート破砕材を路盤材料として用いる場合は、締固め時の含水比設定には十分な注意が必要であると言える。

3-2 散水の影響

散水後の M-25 の支持力は、散水にともなうサクシジョンの低下により、いずれの設定含水比においても低下している。また、乾燥側で最も低い値を示し、湿潤側に向かうにつれて支持力が増加している。これは、図-6 の含水分布から、平均含水比は、乾燥側が湿潤側より高いことが影響していると推察される。一方で RM-25 の散水後の支持力は最適含水比で最も高い値を示し、乾燥側、湿潤側の順に低い値を示している。湿潤側で散水後の方が高い支持力を示したのは、散水した水が滞留し、供試体内部まで達することができなかったことが要因と言える。このように路盤材料の含水比管理は難しく、特に現在の現場で多く利用されるリサイクル材(RM-25)は、その影響が顕著であるため、雨水浸透による飽和度上昇にともない支持力が大きく変化することが予測される。また、M-25 の散水後の含水比測定結果は、供試体下部で高含水比を示している(図-6)。これは、M-25 の透水性の良さが影響していると考えられる。さらに、RM-25 においても、供試体下部で高含水比を示している(図-7)。これは、骨材に付着したモルタル分が水を吸収したことが要因と考えられる。

4. まとめ 1) 路盤材料の含水比管理は難しく、特にリサイクル材は、路盤支持力に大きな影響を及ぼす。そのため、路盤材料にリサイクル材を用いる場合は、施工締固め時の含水比の調整・管理に十分な注意が必要である。2) 雨水浸透時のリサイクル材路盤では飽和度の上昇にともなって支持力が大きく変化することが予測される。

【参考文献】 1) 藪雅行：舗装の延命化に関する土木研究所の取り組みと今後の展開, 道路建設, pp.25-30, 2016. 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) 岡崎ら：雨水浸透が路盤支持力に及ぼす影響：第 56 回地盤工学研究発表会, DS-1-07, 2021.