

路盤材料の外的劣化要因に着目した支持力低下挙動の検討

福岡大学大学院 学生会員 中牟田 慎一郎
 福岡大学工学部 正会員 佐藤 研一 藤川 拓朗 古賀 千佳嗣
 (株)富士通交通・道路データサービス 北原 文章

1.はじめに 我が国の舗装管理における道路延長は120万kmを超え、膨大な舗装ストック量となっている。現在、各自治体は、厳しい財政状況にある中、舗装の計画的かつ効率的な維持管理の取り組みが進められている。舗装は供用直後から車両の通行や雨水、紫外線などの影響によって舗装表面にひび割れやわだち掘れ等が発生する。そのため、機能・構造の健全性の低下や劣化が進行する土木構造物の1つである¹⁾。特に、路床路盤の支持力の低下は、舗装の耐久性に大きな影響を与えるとされている。そこで本報告では、路床・路盤の支持力に着目し、1)路盤施工時における路盤材料の初期含水比の影響、2)供用中の交通荷重による路盤材の粒子破碎の影響について路盤材の粒径の違いから検討を行った結果について報告する。

2. 実験概要

2-1 実験に用いた試料 路盤材料として用いた試料は、最大粒径40mm以下に調整したクラッシュラン(略記:C-40)を用いた。今回の検討では、下層路盤材の粒度規格²⁾内(略記:中粒度)に加え、施工後の粒子破碎を想定し、粒度規格外(略記:細粒度、粗粒度)の3種類を用いた。図-1に実験で用いた試料の粒径加積曲線を示し、表-1に物理特性を示す。図-2に、締固め試験により得られた締固め曲線を示す。ここで、実際の施工現場における品質管理では、下層路盤において締固め度95%以上が要求される³⁾。このことから、最大乾燥密度が2.25g/cm³であるため、目標の乾燥密度は、2.25×0.95=2.13g/cm³以上となる。

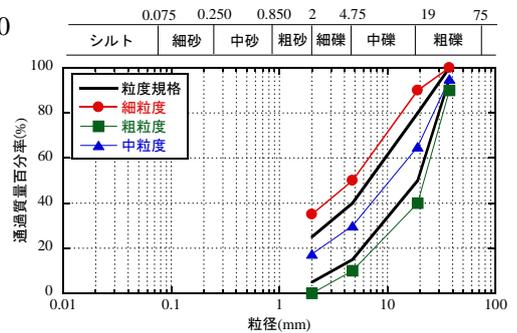


図-1 粒径加積曲線

表-1 物理特性

試料	均等係数U _c	曲率係数U _{c'}	細粒分含有率F _c (%)
C-40	9.23	1.54	5.19

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⁴⁾。所定の含水比に調整した試料を、3層92回に分けて突き固め供試体を作製した。表-2に実験条件を示す。今回は施工時の路盤材の初期含水比の影響として、締固め試験より求められた最適含水比w_{opt}=5.0%及び各含水比をw=2, 3, 4, 6, 8%に変化させ検討を行った。また、交通荷重による路盤材の粒子破碎を想定し、粒度分布の異なる3種類の試料用いて、供試体密度を一定にして検討を行った。さらに二つの条件下における雨水と地下水による浸透水の影響を明らかにするために、供試体の水浸期間を0, 4日と変化させ、路盤支持力に及ぼす検討を行った。路盤の支持力の評価としてはCBR試験(JIS A 1211)から検討を行った。

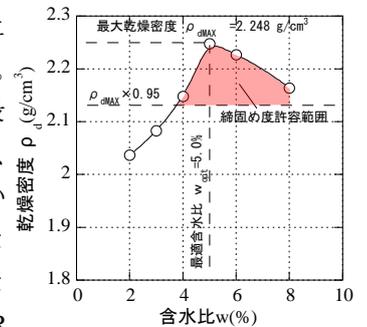


図-2 締固め曲線

表-2 実験条件

水浸養生(日)	粒度	含水比(%)	突き固め方法
0, 4	原料	2, 3, 4, 5, 6, 8	E-b法(92回) 密度一定 ρ _d =2.138g/cm ³
	細粒度	6(最適含水比)	
	中粒度	5(最適含水比)	
	粗粒度	3(最適含水比)	

3. 実験結果
 3-1 施工時の路盤支持力に及ぼす初期含水比の影響 図-3(a), (b)に、非水浸及び水浸条件における荷重強さ-貫入量曲線を示す。初期含水比に着目すると両条件において、最適含水比であるw_{opt}=5%時にも大きい荷重強さを示し、同程度の乾燥密度では、湿潤側のw=8%時より乾燥側のw=4%時の方が大きい荷重強さを示している。これは、含水比の増加に伴い、供試体のサクシオンが低下したためと考えられる。また、水浸条件に着目すると、貫入量10mmではいずれの含水比の条件とも荷重強さが約10MN/m²低下していることがわかる。図-4に各初期含水比におけるCBR値を示す。結果より、最適含水比であるw_{opt}=5%においては、水浸によるCBR値差はみられないが、その他の初期含水比では水浸によるCBR値の低下がみられる。図-5に水浸によるCBR値の低下率を示す。ここで、CBR値の低下率の算出に関しては、CBR低下率=(非水浸時のCBR-水浸時のCBR)/非水浸時のCBR×100(%)から算出している。この結果より、CBR低下率は、最大乾燥密度となる含水比5%時で最も低く、最大乾燥密度より乾燥側で低下

率が大きいことがわかる。図-2から先に述べたように、C-40の路盤材として要求される乾燥密度は、 2.13g/cm^3 以上である。図-4にこの乾燥密度を満足する領域($w=4\% \sim 8\%$ 間)を赤のハッチで示す。これより、最大乾燥密度より湿潤側でのCBR値の低下が大きいことが確認できる。このことから、乾燥密度の目標値を満足する初期含水比で施工しても、地下水の上昇や、As層のひび割れからの雨水の浸透の影響によりCBR値が低下すると考えられる。したがって、路盤の施工時の路盤材の初期含水比の調整は、乾燥側かつ、より最適含水比に近い状態であることが極めて重要であるといえる。

3-2 施工後の路盤支持力に及ぼす粒子破碎の影響 図-6(a), (b)に非水浸及び水浸条件における荷重強さ-貫入量曲線を示す。ここで実験の留意点として、CBR値は、供試体の乾燥密度に依存するため、本検討では、供試体内の試料の乾燥密度が一定になるように供試体を作製し、貫入試験を行っている。荷重強さの挙動としては、(a)非水浸条件に関しては、直線的な強度増加を示し、(b)水浸条件に関しては、水浸の影響を受け、同一貫入量にて強度低下を示している。また、(a)非水浸条件に関しては、粗粒度、中粒度試料の荷重強さは、ほぼ同様な荷重強さを示し、細粒度試料の荷重強さが他粒度と比較すると弱いことが確認できる。これは、粗粒度、中粒度試料に関しては、礫分主体で構成されていることから、粒径の大きな礫同士がかみ合い、安定して大きな支持力を発揮しており、単粒の剛性が高いためと考えられる。一方、細粒度に関しては、細礫以下の土粒子主体で構成されているため、骨格となる礫分が十分にかみ合わず、支持力を発揮できなかつたと考えられる。各条件において粒度の大きさに着目すると、中粒度、細粒度試料において水浸に伴う強度低下が著しいことが分かる。そこで、図-7に、5mm貫入時のCBR値を示す。粗粒度のCBR値の低下は、小さく、中粒度のCBR値の低下は大きいことが分かる。これは、中粒度は粗粒度に比べ細礫以下の土粒子を多く含んでおり、水浸により土粒子間の結合力が低下したことに起因すると考えられる。今回の検討により、水浸による路盤材の強度劣化は、同じ材質と密度一定の条件であっても材料の粒度が大きな影響を及ぼすことが明らかになった。特に、中粒度試料のCBR値の低下が最も大きいことが分かる。このように、交通荷重による路盤の粒子破碎後の粒度分布を想定した3種類の結果より、実路盤において供用中の路盤材の粒子破碎の影響により、路盤材の粒度の変化が生じることで、CBR値が小さくなることが推測される。

4. まとめ 1) 路盤の施工時における初期含水比の調整は、乾燥側でかつ、より最適含水比に近い状態に保つことが極めて重要である。2) 路盤施工後の交通荷重による路盤材の粒子破碎等による劣化は、初期の路盤材の粒度が小さくなり、水浸を受けることでCBR値が低下することが推測される。

【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) 社団法人日本道路協会：舗装調査試験法便覧[第4分冊], pp.288-289,2007 3) 国土交通省：土木工事施工管理基準及び規格値, II-7,2013 4) 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 5) 福本武明：不連続粒度を持つ道路路盤材料のCBR特性,土木学会論文集, No.666/III-53, pp.219-229,2000

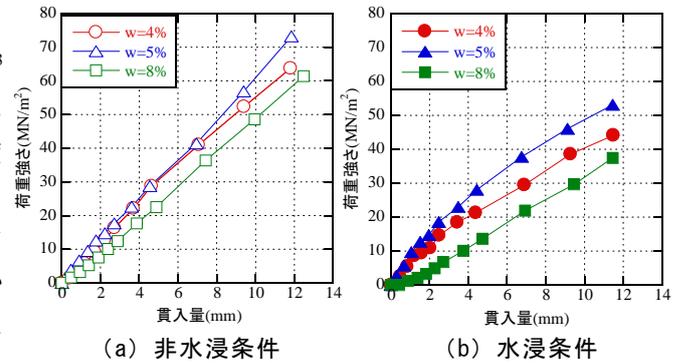


図-3 荷重強さ-貫入量曲線

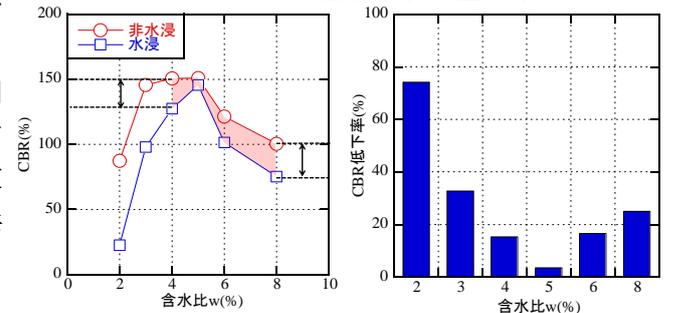


図-4 各初期含水比における CBR値

図-5 水浸による CBR値の低下率

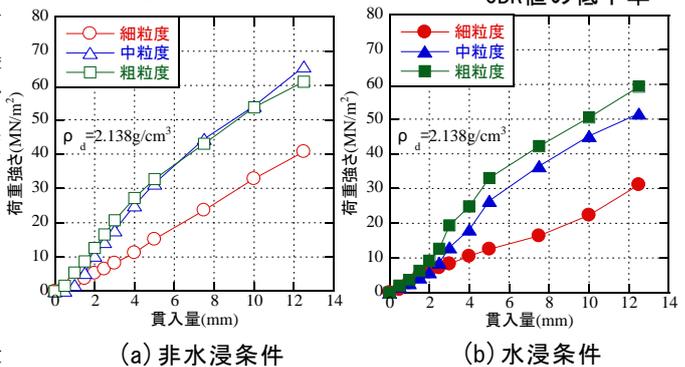


図-6 荷重強さ-貫入量曲線

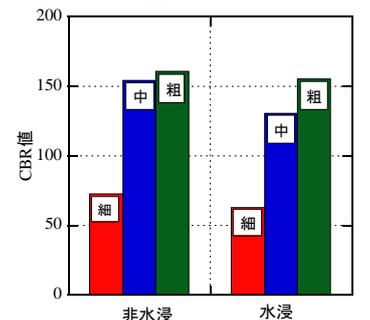


図-7 5mm貫入時における CBR値