

路盤内の地下水位が路盤支持力特性に及ぼす影響

福岡大学大学院

学生会員

中牟田 慎一朗

福岡大学工学部

正会員

佐藤 研一

藤川 拓朗

古賀 千佳嗣

1. はじめに 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、わだち掘れ、たわみが発生する。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つとされている。本研究では、舗装の劣化の原因の一つである路盤の支持力に着目し、路盤支持力低下の主要因である地下水の影響について明らかにする。既報¹⁾によると、路床、舗装内に水が浸入して湿潤状態となった状態で交通荷重が繰り返され加わると、路盤が早期に劣化し、路盤内が滞水した状態で交通荷重を受けると、舗装構造全体に損傷が生じることが明らかとなっている。そこで本報告では路盤支持力と地下水位の関係について、1)路盤内に地下水が滞留し、地下水位が生じる影響、2)降雨等の影響により路盤内の地下水位が変動する影響について報告する。

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の新材(以下、C-40)と再生路盤材(以下、RC-40)を用いた。表-1 に物理特性、図-1 に実験で用いた試料の粒度分布を示す。図-2 に、C-40 の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²⁾。

このことから、最大乾燥密度が 2.248g/cm^3 であるため、目標の乾燥密度は、 $2.248 \times 0.95 = 2.136\text{g/cm}^3$ 以上となる。今回用いた C-40 に関しては、目標乾

燥密度を満たす含水比は、 $w=4 \sim 8\%$ の範囲であることが分かる。

2-2 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⁾。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。支持力の評価は、CBR 試験 (JIS A 1211) にて検討を行った。

2-3 滞留地下水の影響 本検討では、地下水位が路盤支持力に及ぼす影響を明らかにするために、降雨や地下水位等による路盤内の滞水を模擬した検討を実施した。供試体作製後の CBR モールドを容器内に

入れ、所定の水位で水浸させた。この際、路盤への雨水等による水浸の影響を把握するために表-2 に示すように供試体の水浸期間を (a) 0 日、(b) 4 日と変化させ、水浸が路盤支持力に及ぼす検討も行った。また、(c) 供試体作成後、水浸水位を維持した状態(水浸水位 $H=0, 4, 8, 12.5\text{cm}$ の 4 条件)の 3 パターンの試験を行った。ここで、(c) のパターンについては、写真-1 に示すように水浸容器に入れたままの状態で行った。また、施工時の路盤材の初期含水比の影響の把握として、締固め試験より求められた目標乾燥密度を満たす含水比から $w=4, 5, 8\%$ と変化させ検討を行った⁴⁾。

2-4 地下水位の変動の影響 路盤内の降雨等による地下水位の上昇と降下の繰返しの影響を模擬し、水槽とポンプを用いて供試体に乾湿繰返しを与え、路盤支持力への影響を調べた。実験は、24 時間供試体を完全に水浸させた後、24 時間脱水させる条件を 1 サイクルとし、最大 180 日間 (90 サイクル) の乾湿繰返しに伴う路盤支持力の変化についての検討を行った。なお、貫入試験は、表-3 に示す所定の日数で行った。

表-1 試料の物理特性

試料	土粒子密度 $\rho_s(\text{g/cm}^3)$	均等係数 Uc	曲率係数 Uc'	細粒分含有率 Fc(%)	すり減り減量 R(%)	吸水率 (%)
C-40	2.955	9.23	1.54	1.24	19.81	7.26
RC-40	2.848	16.38	0.83	1.05	45.4	20.79

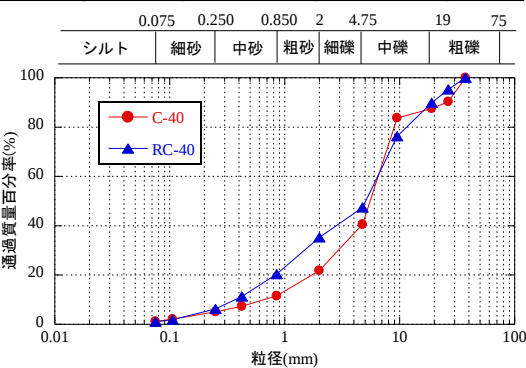


図-1 粒径加積曲線

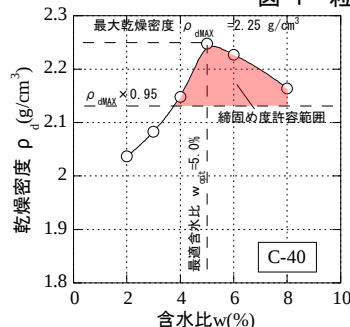


図-2 締固め曲線



写真-1 水浸 CBR 試験

表-2 地下水位変動についての実験条件

試料	初期含水比 (%)	突き固め方法	水浸養生 (日)	(c)水浸水位(cm)
C-40	4, 5, 8	E-b法(92回)	(a) 0 (b) 4	0
				4
				8
				12.5(完全水浸)

表-3 繰返し飽和についての実験条件

試料	含水比(%)	乾湿サイクル	日数(日)	締固め方法
C-40	最適含水比	24h毎	30	E-b法 (92回)
RC-40			60	
			120	
			180	

3. 実験結果

3-1 滞留地下水の影響 図-3(a)に非水浸条件、(b)に4日水浸後脱水し、貫入試験を実施した条件(JIS A 1211)、(c)に4日水浸後、水浸状態のまま貫入試験を実施した条件(H=12.5cm)についての荷重-貫入量曲線を示す。締固め時の初期含水比に着目すると、

それぞれの条件において、 $w_{opt}=5\%$ 時に最も大きい荷重を示し、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を示している。これは含水比の増加に伴う、供試体のサクシジョンの低下によるものと考えられる。また、(a)の非水浸条件と(b)の水浸条件(4日水浸、脱水後貫入)を比較すると、貫入量10mmでは各含水比で荷重が10~20kN程度低下しており、水浸により路盤材が支持力低下を引き起こすことが分かる。図-4に水浸水位(H)の違いに着目した10mm貫入時の荷重を示す。水浸水位(H)の違いに着目すると、どの初期含水比においても、4日水浸後脱水した条件から、水位の増加に伴い荷重の低下が確認できる。これは水位の上昇に伴う、供試体内のサクシジョンの消失が原因と考えられる。また、水位の上昇によりサクシジョンの消失が発生する体積がさらに増加することで支持力が低下していると考えられる。図-5に締固め時の初期含水比の違いが10mm貫入時の荷重に及ぼす影響を示す。いずれの初期含水比においても水浸状態のまま貫入試験を行った供試体の方が、荷重が小さいことが分かる。また、各初期含水比における荷重低下率は乾燥側の方が大きいことも分かる。

3-2 地下水位の変動の影響 図-6に24時間サイクルで水浸と脱水を繰り返した供試体の荷重-貫入量曲線を示す。C-40に関しては、供試体の水浸、脱水のサイクル数の増加に伴い、荷重が低下していることが確認できる。RC-40は、C-40に比べると大きな変動は見られなかった。図-7に5mm貫入時のCBR値を示す。この結果からもC-40に関しては、日数の経過に伴い、CBR値が、徐々に低下していることが確認できる。図-8に経過日数と貫入試験時の供試体含水比の関係を示す。C-40に関しては、日数の経過に伴い、供試体含水比が上昇していることが分かる。よって、C-40は、RC-40と比較して透水性が良く、供試体内部に水が浸入する影響によりCBR値が低下したと考えられる。このように透水性の良い路盤材が繰り返して地下水の変動の影響を受けると徐々に路盤材内の含水比が上昇し、CBR値の低下に影響を与えると考えられる。

4. まとめ 1)締固め度95%以上の同程度の乾燥密度であっても、締固め時の含水比が湿潤側であるほど、路盤材の荷重強さは低下する。2)地下水位の上昇に伴い、路盤材の荷重強さの低下が確認された。3)C-40の供試体は、水浸と脱水のサイクル数の増加に伴い荷重の低下傾向を示した。路盤は、地下水位の上下変動に伴い、路盤内部まで地下水が徐々に浸透し、路盤全体の含水比の上昇に繋がることが予想され、路盤支持力の低下に影響を与えると考えられる。よって、健全な路盤を保つためには地下水や雨水等の侵入水を滞水させないことが重要だと考えられる。

【参考文献】1) 運輸省港湾技術研究所:高地下水位下における航空アスファルト舗装の構造設計,港湾技研試料 No.875, pp4-11.1997
2) 国土交通省:土木工事施工管理基準及び規格値,II-7,2013 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)中牟田慎一郎:路盤締固め時の含水比と地下水位変化に着目した支持力特性,第73回年次学術講演会論文集,V-711,2018. 5) 高橋茂樹,小野義道,佐藤正和: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.

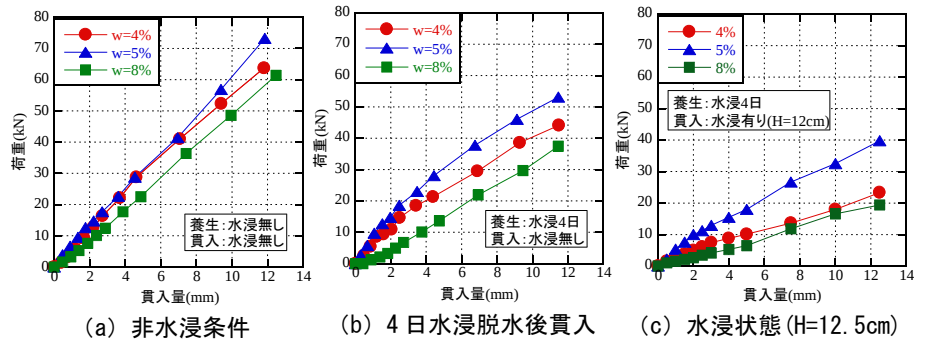


図-3 荷重-貫入量曲線

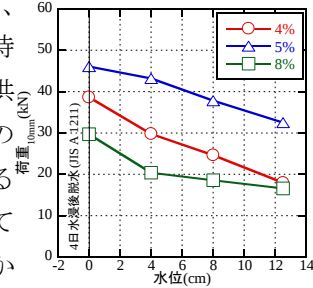


図-4 10mm 貫入時の荷重と水位 (H) の関係

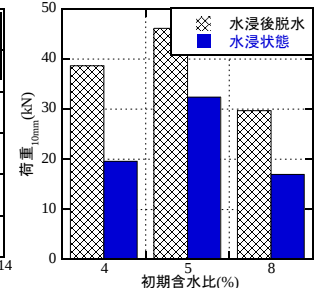
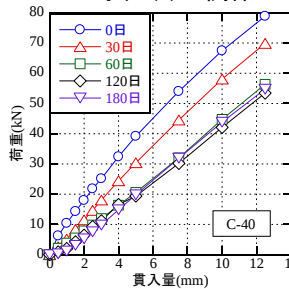
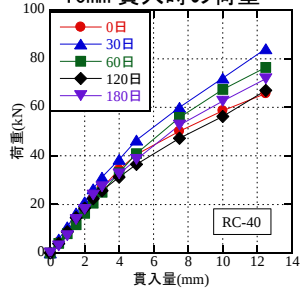


図-5 貫入状況の違いにおける10mm 貫入時の荷重



(a) C-40



(b) RC-40

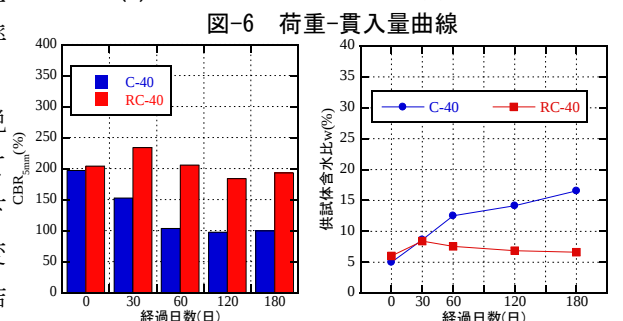


図-7 5mm 貫入時 CBR 値

図-8 貫入試験時の含水比

