

土質の違いが路床土の変形特性へ及ぼす影響に関する実験的研究

東京農業大学 学生会員 ○小田喜隆二
 東京農業大学 正会員 竹内 康
 東京農業大学 非会員 岡澤 宏

1. はじめに アスファルト舗装に生じるわだち掘れは主要な破損形態の一つであり、その原因の究明と予測手法の確立が求められている。わだち掘れ深さは舗装を構成する全層の永久変形の総和であり、農道のような比較的舗装厚の薄い軽交通道路では、特に路床の永久変形の影響が大きいことが知られている。そのため、軽交通道路では路床の変形特性を把握することが設計および維持修繕を行う上で重要である。

舗装標準設計方書では、以下に示す弾性変形量 w と載荷回数 N を用いた路床の永久変形量 δ の予測式が示されているが、土質の違いや支持力変化にどの程度対応し得るかは明確ではない。なお式(1)において $\beta = 0.25$ である。

$$\delta = w \cdot N^{\beta} \quad (1)$$

そこで本研究では、異なる種類の路床土を用い、静・繰返し三軸圧縮試験によって CBR が変化した場合の永久・復元変形特性について検討するとともに、粘着力や内部摩擦角といった土質定数と CBR の関係について検討した。CBR を用いたのは、 T_A 法で設計された多くの舗装断面の破損データを理論的に検証することを視野に入れたためである。

2. 使用材料 本研究は、粘性土(細粒分 90%以上)、砂質粘土(細粒分 48%, 砂分 43%, 礫分 8%), まさ土(細粒分 1%, 砂分 56%, 礫分 43%)を使用した。基本的物性を表 1 に示す。

3. 間隙比と CBR の関係 本研究は、CBR 試験と三軸圧縮試験を結びつけるために、土質材料の強度に関する間隙比を 2 つの試験の共通の指標とした。任意の間隙比で

の CBR 試験結果を図 1 に示す。この結果より、粘性土、砂質粘土、まさ土の 3 種類とも CBR と間隙比には相関が見られ、間隙比が大きくなるにつれ CBR が小さくなる傾向が見られた。また、砂分が増加するに従い、 e -CBR 曲線の勾配が大きくなることがわかった。

3. 三軸圧縮試験 CBR 試験の結果を基に、間隙比をコントロールした供試体を作成し、静的および繰返し三軸圧縮試験を行った。供試体は、粘性土で $e=1.15\sim 1.35$ 、砂質土で $e=1.05\sim 1.17$ 、まさ土で $e=0.34\sim 0.38$ となるように含水比を調整して作成した。この間隙比は各材料とも CBR=2~8% に相当する。静的三軸圧縮試験からは土質定数を求め、繰返し三軸圧縮試験では、永久・復元変形特性を検討した。静的および繰返し試験条件を表 2 に示す。

3-1. 静的三軸圧縮試験結果 応力-ひずみ曲線より求めた粘着力 c 、内部摩擦角 ϕ および初期接線弾性係数 E と CBR との関係を図 2~4 に示す。この結果より、各材料とも CBR と各パラメータには相関が見られ、CBR が大きくなるにつれて全てのパラメータが増加することがわか

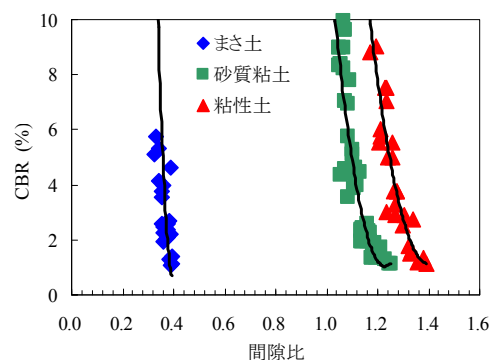


図1 CBR と間隙比の関係

表2 三軸圧縮試験条件

表1 使用材料の物理的特性

	記号	まさ土	砂質粘土	粘性土
最適含水比	w_{opt}	13.5 %	41.3 %	41.5 %
最大乾燥密度	ρ_{dmax}	1.89 g/cm ³	1.22 g/cm ³	1.24 g/cm ³
土粒子の密度	ρ_s	2.65 g/cm ³	2.61 g/cm ³	2.77 g/cm ³
液性限界	w_L	NP %	54.4 %	58.4 %
塑性限界	w_P	NP %	49.6 %	45.5 %

	静的試験	繰返し試験
試験条件	CD (圧密排水) 条件	
供試体寸法	$\phi 50 \times 100$ mm	$\phi 100 \times 200$ mm
CBR (間隙比で調整)	2~8	4, 8
拘束圧	$\sigma_3 = 40, 60, 80$ kPa	
軸応力	単調載荷	$\sigma_1 = 98$ kPa
載荷速度	0.5 %/min	1Hz (ハーバーサイン)

Key Words : CBR 試験, 三軸圧縮試験, 舗装設計, 路床, 間隙比

連絡先: 〒156-8502 東京都世田谷区桜丘 1-1-1 東京農業大学 TEL: 03-5477-2342 FAX: 03-5477-2620

った。このことより、間隙比を共通の指標とし、CBR から土質定数を推定することが可能であることがわかった。また、CBR が同じでも土質の違いにより、各パラメータに変化が生じることがわかった。

3-2. 復元変形特性 繰返し載荷回数とレジリエントモジュラス(Mr)の関係を図 6 に示す。CBR が大きくなると Mr の値が大きくなった。また、土質の違いにより、繰返し載荷初期で大きな差が見られるが、繰返し載荷回数が増加するに従い土質に関係なく、一定の値に近づく傾向が見られた。

3-3. 永久変形特性 繰返し載荷回数と軸方向塑性ひずみの関係を図 7 に示す。各材料とも CBR が大きくなると、軸方向塑性ひずみが小さくなった。各条件において、粘性土と砂質粘土の間では、弾性応答に収束する値は砂質粘土の方が大きかったが、その差は 0.1%-0.2% 程度であったためほぼ同じ挙動を示したと言える。しかし、まさ土は、軸方向塑性ひずみの進行、収束する値ともに他の路床土より非常に小さい値を示した。

この結果を基に、永久変形量の予測式の適用性を検討するために、式(1)の弾性変形量を弾性ひずみ ϵ_e に、永久変形量を塑性ひずみ ϵ_p に変換し、 β の値について検討した。

表 3 に計算結果を示す。 β は拘束圧が大きくなると大きくなり、CBR が大きくなると小さくなった。また、砂分が増加すると β は小さくなる傾向が見られた。このことから、 β は地中の応力状態、CBR、土質の違いの影響を受け変化することがわかった。

4. まとめ 本研究は、粘性土、砂質粘土、まさ土の 3 種類の土床材料を用い、CBR が変化した場合の永久・復元変形特性について検討するとともに、粘着力や内部摩擦角といった土質定数と CBR の関係について検討した。その結果、土質定数は土質の違いによって差が生じるものの、CBR と相関が見られた。復元変形特性は、CBR に依存する傾向が見られ、永久変形特性は、土質や違いや CBR の変化により違いを生じることがわかった。また、永久変形量の予測式中の β は、拘束圧や CBR の変化や、土質の違いにより変化することがわかった。

今後は、弾性構造解析により路床に作用する拘束圧や軸方向応力を確認するとともに、粘着力や内部摩擦角といった土質定数を用いた弾塑性解析を行い、路床材料の永久変形について検討する予定である。

参考文献 1) Takeuchi, Y., et al., : Influence of Progressive Plastic Deformation of the Subgrade on Rutting on Lightly Trafficked Asphalt Pavement, Advanced Characterisation of Pavement and Soil Engineering Materials, Vol.2, pp1275-1284, 2007.

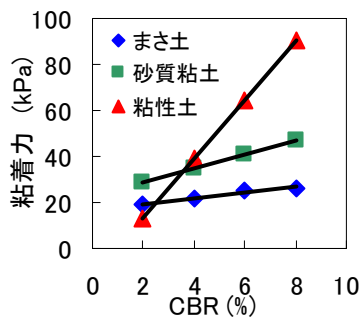


図2 CBR と粘着力の関係

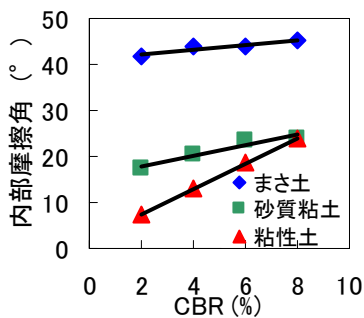


図3 CBR と内部摩擦角の関係

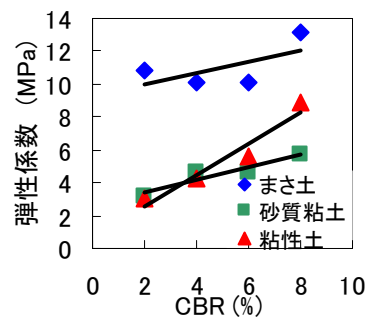


図4 CBR と弾性係数の関係

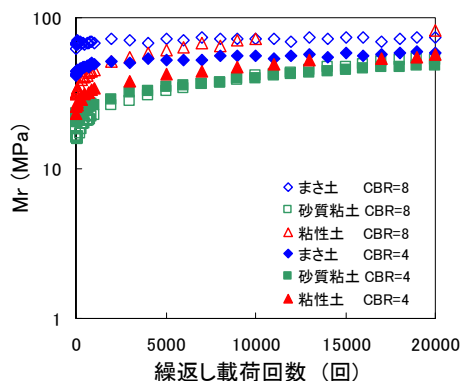


図6 各路床土の復元変形特性($\sigma_3=40\text{kPa}$)

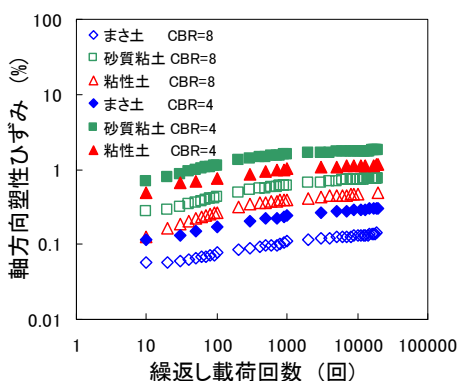


図7 各路床土の永久変形特性($\sigma_3=40\text{kPa}$)

表3 β の変化(予測式 $\beta=0.25$)

σ_3	土質	β	
		CBR4	CBR8
40kPa	まさ土	0.11	0.06
	砂質粘土	0.28	0.15
	粘性土	0.24	0.20
60kPa	まさ土	0.06	0.08
	砂質粘土	0.30	0.22
	粘性土	0.24	0.22
80kPa	まさ土	0.21	0.20
	砂質粘土	0.39	0.32
	粘性土	0.33	0.28