

大林道路技術研究所正員 ○ 石 川 健
全 上 正員 伊 吹 山 四 郎
日本大学 理工学部正員 三 浦 裕 二

1. ま え が き

現在の舗装設計は、設計から建設、供用、償却に至るまでを1つのシステムとしてとらえ、合理的かつ科学的に取扱おうとする方向にある。この場合、舗装構造の設計、解析にあつて重要なことは、環境等現状に促した舗装各層構成材料および路床の力学的性質を正確に把握することである。ここでは、路床あるいは下層路盤を意識して山砂を選びその変形挙動を知るために、CVT試験、3軸試験およびサクシオン条件下での1軸試験を、それぞれ繰返し載荷条件下で行ない、その変形係数について比較検討を行なった。

2. 材料及び実験方法

実験に用いた砂質土は、成田層山砂でありその一般性状は表-1に示す通りである。

試験方法はその概要をとりまとめ、表-2に一括した。

3. 実験結果について

3-1 CVT試験結果；繰返し荷重によつて生ずる変形は、回復性の変形（弾性変形とよぶ）と非回復性の変形（塑性変形とよぶ）に区別記録され、一般に繰返に繰返し荷重が小さく、よく締固められた山砂であれば100回から1,000回の間で共に一定の変形量に収束する。

図-1はその一例を示したものである。今回の実験においては、いかなる条件においても5,000回以内で一定の弾性変形に収束したため、繰返し回数5,000回での弾性のひずみに注目し変形係数を求めた。

表-1 山砂の物理試験結果

粒 度 組 成			比 重	最適含水比	幹大乾燥密度
砂 分	シルト分	粘土分			
92%	6%	2%	2.665	15.25%	1.645 g/cm ³

表-2 試験方法の概要

	載荷荷重強度	載 荷 時 間	供試体条件	供試体作成方法	使用装置
繰返し0V T試験	$\bar{\sigma}_v = 2.0 \sim 6.3 \text{ kg/cm}^2$ サーチャージ5 kg	載荷時間 0.1~0.3 秒 除荷時間 0.9~0.7 秒 周 期 60回/分	$w = 10 \sim 18.2\%$ $\bar{\gamma}_d = 1.52 \sim 1.80$	所定の条件となるように 静的締固めによりCVT モールド内に作成	CVT試験装置 繰返し載荷装置
繰返し三軸 圧縮試験	$\bar{\sigma}_1 = 1.5 \sim 4.2 \text{ kg/cm}^2$ $\bar{\sigma}_2 = 0.5 \sim 3.3 \text{ kg/cm}^2$	載荷時間 0.1 秒 除荷時間 0.9 秒 周 期 60回/分	$w = 15.2\%$ $\bar{\gamma}_d = 1.48$	所定の条件となるように 静的締固めにより5×10 cmモールド内に作成	三軸圧縮試験装置 繰返し載荷装置
サクシオン条件 下での繰返し 一軸試験	$\bar{\sigma}_1 = 1.3 \sim 2.6 \text{ kg/cm}^2$ h (PP: 2.6~3.0 相当) $= 0.4 \sim 0.9 \text{ kg/cm}^2$	載荷時間 0.1 秒 除荷時間 0.9 秒 周 期 60回/分	$w = 15.2\%$ $\bar{\gamma}_d = 1.48$	所定の条件となるように 静的締固めにより5×10 cmモールド内に作成	三軸圧縮室、繰返し 圧縮試験装置、水銀 マンローメータ、真空ポンプ

図-2は、変形係数と含水比および乾燥密度との関係を示したものである。図からも知られるように、ある含水比より乾燥側にあっては、乾燥密度の増大に伴って変形係数は増大し、また湿潤側にあっては、乾燥密度あるいは飽和度の増大に伴って逆に変形係数が減少する。このように限界含水比ともいふべき含水比状態が存在することは、粘性土については竹下によつて、砂質土については著者の1人によって指摘されている。

実験によりあげた山砂の最適含水比および最大乾燥密度の9.0%の条件における変形係数(RM)は1.100~1.200 kg/cm²であり、同一条件下における修正CBRが10%であることから、両者にはRM=100×CBRに極く近い関係のあることが知られる。また、種々の条件下で求めたCBRと変形係数(RM)の関係を比較したのが図-3である。これよりRM=70~150×CBRとバラツキがあるものの、一般によい相関があるとされているRM=100×CBRの関係に近い結果が得られている。

3-2 繰返し3軸試験結果；図-4は、試験結果の1例を示したものである。一般に塑性変形は主応力比が小さい場合、比較的初期の繰返し回数で一定値をとるが、主応力比が2.5以上と大きくなると変形繰返し回数に応じて漸増し、通常2,000~4,000回程度で一定値に収束する傾向にある。なお主応力比で4以上とすると、変形は一定値に収束することなく累積的に増加し、流動破壊を呈する。

弾性変形に注目した場合、通常5,000回以内で一定値に収束する。そこで繰返し回数5,000回での弾性変形から求めた変形係数(RM)と拘束圧($\bar{\sigma}_3$)との関係を示した

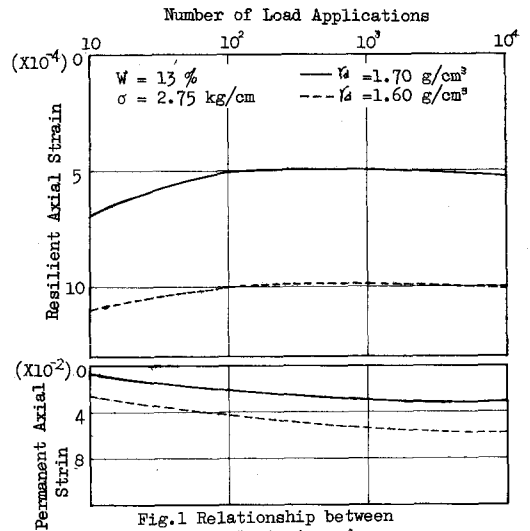


Fig.1 Relationship between axial strain and number of load applications

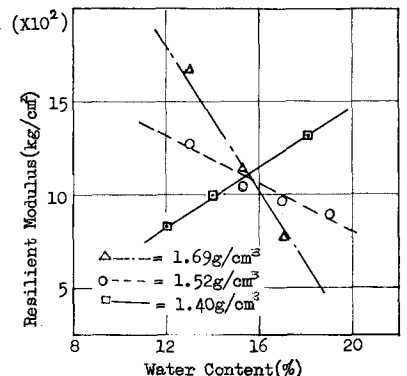


Fig.2 Resilient modulus in relation to water content and dry density

のが図-5である。若干バラツキはあるものの、荷重強度 ($\bar{\sigma}_v$) に無関係に $RM = K \cdot \bar{\sigma}_v^m$ なる関係があるものと認められる。ここで指数 m は、Jakobson が砂に対して理論的に求めた値である $1/3$ に極く近い値となっている。なお図中の点線は Seed 等が行なった砂についての実験結果であるが、係数 K の差は材料の違いによるものと思われる。

3-3 サクシオン条件下における1軸試験結果； 繰返し荷重による変形の様相は、3軸試験と同様の傾向を示す。図-6は、変形が一定値に収束したときの弾性変形から求めた変形係数 (RM) とサクシオン (h) の関係を示したものである。両者の関係は、3軸の場合同様荷重強度に無関係に $RM = K' \cdot h^m$ なる関係で示すことができそうである。このことは、路床土等のサクシオン変動が把握されれば、容易に路床土の変形係数の変動の推定が可能となることを示唆するものである。しかしながら土の種類および状態変化に伴ない係数 K および m の値は変動するため今後多くのデータ集積が望まれる。

4. 実験結果の比較検討

竹下によれば、CVT試験より求めた変形係数は、3軸試験において拘束圧を 1 kg/cm^2 としたときの変形係数に等しいとしているが、繰返し荷重条件下においてCVT試験と比較した結果、3軸試験において拘束圧が 1.1 kg/cm^2 のときに得られる変形係数と大略等しいことがわかった。一方サクシオンを土粒子間に働く結合力とすると、この結合力は土粒子を外部から拘束する力と同じものと考えられる。これまでの実験では、同じ変形係数を与えるサクシオンと拘束圧の大きさは一致していない。この差異は最適含水比から平衡含水比への含水比低減によるものと思われる。なお、3種の試験方法で得られた変形係数を比較したのが表-3である。

5. あとがき

日大習志野キャンパス内にテンションメーターを埋設し、サクシオン経時変化に関する測定を行なった。その結果年間を通し夏期および冬期にピークを持つ周期的変動をすることが認められた。したがって路床の力学的性質の年間変動もサクシオン場における力学試験から推測可能となり、合理的舗装設計にあたって重要な役割を占めることが予想される。

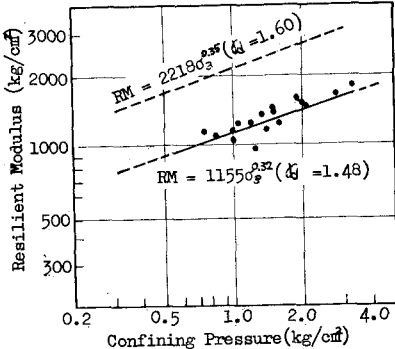


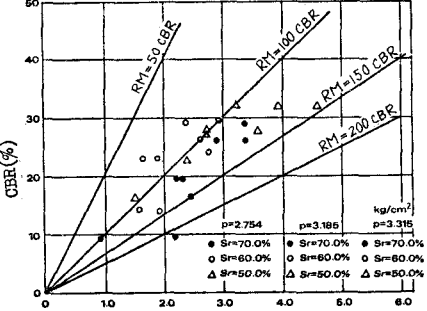
Fig.5 Relationship between resilient modulus and confining pressure

参考文献

1) H.B. Seed, T.G. Mitry, C.L. Monismith And C.K. Chan "Prediction of Flexible Pavement Deflections from Laboratory Repeated Road Tests", National Cooperative Highway Research Program Report 35 By highway Research Board ,1967, pp50-

58

2) 竹下春見、新編道路工学、PP 42~74



Resilient Modulus(kg/cm²)
Fig.3 Relationship between resilient modulus and CBR

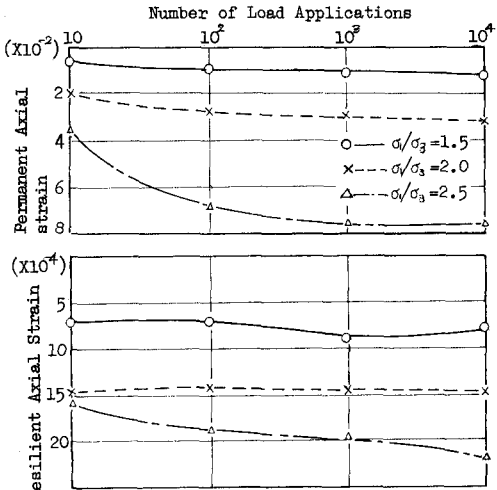
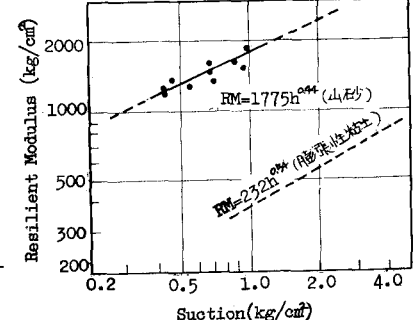


Fig.4 Relationship between axial strain and number of load applications



Suction(kg/cm²)
Fig.6 Relationship between resilient modulus and suction

表-3 変形係数の比較

	変形係数 (K_p/cm)	$\bar{\sigma}_v$ (K_p/cm)	供試体条件
繰返しCVT試験	1000~1200, $RM=1150$	2.0	$w=15.2\%$ $\bar{\sigma}_v=1.50$
繰返し三軸試験	890~1400, $RM=1090$	1.5~2.5	$w=15.2\%$ $\bar{\sigma}_v=1.48$
サクシオン条件下での繰返し一軸試験	1140~1960, $RM=1140$	1.5~2.5	$w=12.5\sim14.0\%$ $\bar{\sigma}_v=1.48$