

神戸大学工学部 正 西 勝
 神戸大学工学部 学 ○白石良三
 神戸大学工学部 学 江原 章

1. まえがき

実際の舗装の挙動を充分に把握するためには、その構成材料の弾性的特性について詳しく研究する必要がある。現場での挙動を室内実験で観察する場合、いかにして現場状況を忠実に再現するかということが重要な問題になってくる。そのための適切な室内試験方法、特に粒状材料に対する試験方法について、実験結果に基づき考察しさらに気乾路盤材に対する適切な室内繰返し三軸試験結果から得られた弾性的定数を用いて有限要素法による数値解析を実施し、平板載荷試験の実測値と比較することによりその妥当性を検討し、最後に試料の含水比(飽和度)状態の変化が粒状材料の弾性的挙動に及ぼす影響について調べた。

2. 粒状材料の応力-ひずみモデルについて

道路工学の分野においては、繰返し荷重を受ける土の挙動に関する研究の多くは弾性変形係数に基づいて実験的な土の応力-ひずみ関係を決定することに向けられてきた。今日まで発表されてきた研究の多くは軸ひずみだけを測定することにより、それを2つの三軸応力成分すなわち偏差応力と側圧によって関係づける手法がとられてきた。応力-ひずみモデルとしてすでに報告されてきたものを紹介すると、まずMonismith¹⁾らは粒状材料に対して繰返し三軸試験を行ない、弾性変形係数 M_r を拘束圧 σ_3 の指数関数で表示し、($M_r = k_1 \sigma_3^{n_1}$ をモデル(a)とする)またBiares²⁾らは砂を用いた等方圧縮試験結果から弾性変形係数を平均主応力 σ_m の指数関数で表示した。($M_r = k_2 \sigma_m^{n_2}$ ……モデル(b))ここで k_1 , k_2 , n_1 , n_2 は実験定数である。

3. 室内繰返し三軸試験の適用

以上粒状材料の挙動の特性を示すために提案された2つのモデルの適用性について述べる。この問題については、平均主応力 P を偏差応力 δ に対してプロットした図-1に示される応力経路を用いることによりうまく説明できる。実際の交通荷重によって路盤層内のある要素に引き起こされる実際の応力経路はいろいろ考えられるが、それらを図に示した直線ABによって代表させる。また他の直線CDはABをシミュレートして一定拘束圧により室内三軸試験で生じる応力経路を示している。B点D点の相違は考えている点での上載荷重による初期偏差応力を意味し、もし必要であればCDに平行な経路CBは静的偏差応力を加えることにより容易に得られる。図示のためBDの長さは拡大してあるが、この初期応力の大きさは交通荷重により生じるものよりはるかに小さい。したがってABのような実際の応力経路は一定の拘束圧を用いた簡単な試験方法により得られるC D C' Bのようなもので近似される。この試験方法の簡略化はつぎの2つの仮定を含んでいるように思われる。すなわち、経路ABに沿って生じる軸ひずみあるいは横ひずみは、A C', C' B経路に沿う両方のひずみの和にほぼ等しい。また拘束圧による増加を意味するA C'に沿ったひずみ成分はC Dに沿った他の成分と比較すると無視しうる程小さい。そのような仮定を認めるとB点における平均主応力により定義されるモデル(b)はC点におけるそれあるいは拘束圧によって定義されるモデル(a)よりも合理的な応力-ひずみモデルを与えるであろう。これらのことは後述する実験結果によっても確かめられた。

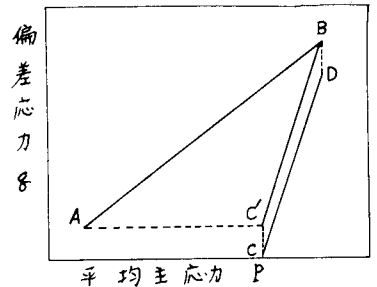


図-1 応力経路の模式図

粒状材料(豊浦標準砂)に対する拘束圧一定の実験結果の一例を弾性変形係数と拘束圧を両対数紙上に示したものが次ページの図-2である。図の2本の直線の幅で示されるように広い散らばりが生じている。つまり、モデ

ル(α)だけで粒状材料の弾性的特性を表わすには不充分であることを示している。この広い散らばりが生じる原因として応力履歴の影響が考えられる。そこで平均主応力を一定にして偏差応力を増加させる試験と偏差応力を減少する試験を行ない、応力-ひずみ関係に及ぼす平均主応力の影響を図一に示した。図より偏差応力減少試験では応力-ひずみの線形関係が認められるが偏差応力増加試験では低応力レベルで非線形関係が認められる。これは、密な砂では初期構造を破壊するにはある応力レベルが必要であることを示しており、このある応力レベル以下での非線形性が散らばりの原因となる。したがって、実際の舗装での応力履歴も考慮して、粒状材料の弾性的特性を調べるには、平均主応力を一定として偏差応力を減少させる実験によりモデル(b)のような形で表示するのが妥当であると思われる。なお、拘束圧を一定とする偏差応力減少試験結果から、応力-ひずみ関係に及ぼす拘束圧の影響を調べたが、やはり応力-ひずみの非線形性が認められ、モデル(α)で粒状材料特性を表示するのは不適当であることが認められる。

図一は以前報告した模型舗装地盤に関する平板载荷試験結果の表面変位の実測値と有限要素法による解析結果を示したものである。気乾路盤材に関して上述したような平均主応力を一定として偏差応力を減少させる実験を行ない、その結果得られた弾性変形係数を用いて同様の数値解析を実施したが、図の解析結果の上限値とほぼ等しくなり上述の試験方法の妥当性が認められる。

4. 弾性的定数に対する含水比(飽和度)状態の影響

豊浦標準砂に対する上述した室内繰返し三軸試験を飽和度をパラメーターとして弾性変形係数と平均主応力の関係を両対数紙上にプロットしたものを図一に示した。飽和試料に対しては瞬時的に発生する間げき水圧を測定し表一に示した。表中の上段の値は排水状態で、下段は非排水状態で得られたものである。図一より明らかなように偏差応力減少試験結果に関しては、不飽和、飽和試料の弾性変形係数は全応力表示では気乾試料のそののほぼ % ~ % の範囲に入る。図中の飽和試料と気乾試料に対する両者の差は偏差応力増加試験では表の間げき水圧より有効応力表示すれば両者の値はほぼ一致するが偏差応力減少試験では一致しない。これは間げき水圧だけでなく構造変化によるものであると思われる。

おわりにポアソン比に関しては紙面の都合上省略したが、応力比の二次関数で表示できることが認められている。

5. 参考文献

- 1) Monismith, C. L., Seed, H. B., Mitry, F. G., and Chan, C. K., "Prediction of Pavement Deflection from Laboratory Tests," Proc., 2nd Int. Conf. on the Structural Design of Asphalt Pavements, 1967, pp. 109-140
- 2) Biarez, J., "Contribution à l'Etude des Propriétés Mécaniques des Sols et des Matériaux Pulvérulents," D. Sc. thesis, University of Grenoble, France, 1962.
- 3) 西, 佐々木, 井出, "粒状路盤の挙動について" 交通工学学会論文講演集, Ⅲ-68

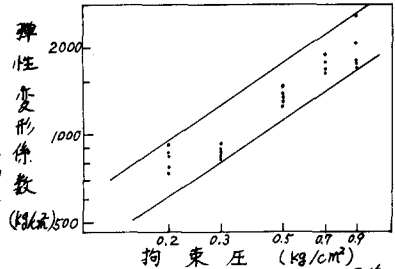


図-2 弾性変形係数と拘束圧の関係

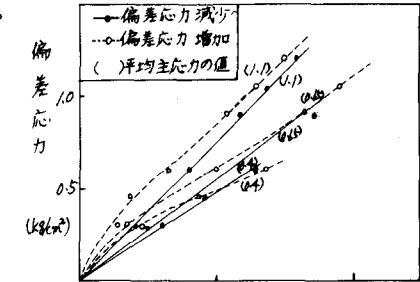


図-3 応力-ひずみ関係に及ぼす平均主応力の影響

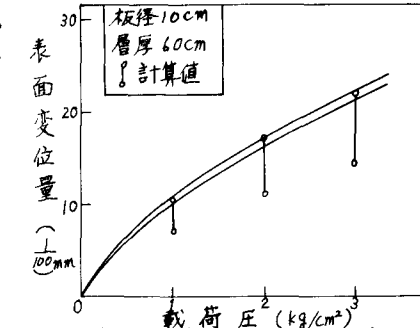


図-4 計算値と実測値の比較

表-1 発生する間げき水圧 (kg/cm²)

側圧 (kg/cm²)	偏圧 (kg/cm²)	偏差応力増加	偏差応力減少
1.0	0.3	0.0087 0.013	0.011 0.012
0.9	0.6	0.019 0.030	0.020 0.023
0.8	0.9	0.027 0.050	0.030 0.038
0.7	1.2	0.030 0.074	0.037 0.048

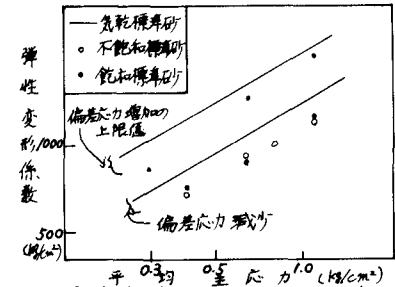


図-5 弾性変形係数と平均主応力の関係