

I-22 多層地盤の弾性的変位について

名古屋大学 正員 植下 博

名古屋大学 学生員 渡辺 建蔵

新潟県 正員 近藤 昌泰

名古屋市 正員 横田富士夫

1. 概説

道路には、砂利道や舗装道路がある。その応力やヒズミを解析するためには、粘弾性や弾塑性的挙動をも、考慮に入れたものでなければならぬのであるが、それはきわめて困難な操作である。

しかしながら、道路の各層が入念に施工されたとか、道路開通後、交通車により十分締め固められた後には、弾性体と考えても十分その性状が表現されるので、舗装構造の力学的解析の場合にも、各材料が弾性体であるとして、弾性論にもとづいて解析されている。Hogg や Bernister の理論などがその例である。

通常、舗装厚の設計や締め固め作業のめやすとして、地盤係数 K 値が測られている。 K 値を平板荷試験で求め、舗装厚の決定に利用しようとする試みは、諸外国においてもわが国においてもいくつか発表されている。われわれの研究では材料を弾性体として扱うために、荷重を取り除いたときの、もとり量に注目してみた。

路盤、路床が弾性的であれば、加えられた荷重は広く分散される。したがって、路床面上の単位面積あたりの圧力は、小さくなる。すなわち、路床面上に路盤を敷くことにより、道路の支持力が増す。これを路盤を敷いたことによる荷重分散効果、または路盤効果という。路盤効果は路盤上で測定した地盤係数を K_1 、路床上で同じ載荷板を使用して測定した地盤係数を K_2 とすると $\frac{K_1}{K_2}$ であらわされる。

実際の道路では、特に高級な道路になるほど、表層、基層、路盤、路床と多層になっている。しかし多層問題をとくのは、かなりに複雑で困難なことである。また、アスファルト舗装では、舗装は主に路盤をおさえたり、摩耗を防いだりする役目に使われて、応力状態は近似的に路床と路盤の2層だけがある場合と考えられる。本研究では、将来の多層問題への第一段階として、路床と路盤の2層までを取扱える層問題としては弾性理論による計算とその近似計算との比較を行なった。

2. 実験材料および器具

路盤材料としてはソイルセメントと碎石、路床材料としては砂(三角座標分級では砂、統一土質分類では SP-SM)を用いた。路盤材料に用いた碎石は、粒径 $10 \sim 20 \text{ mm}$ のものが 95% を占めるものである。ソイルセメントのセメントには普通ポルトランドセメントを使用、セメント量は、重量比で 8% とし、路床に使用した砂と共に混合! 最適含水比とした。

実験土槽は、幅 15 m 、長さ 2 m 、深さ 2 m のコンクリートボックスで、この中に深さ 1.5 m まで路床となる砂をつめ、この上に路盤を敷いた。載荷板は円形であり、その直径は、 $10, 20, 30, 40 \text{ cm}$ の4種類である。

3. 実験方法

器具はJISの平板载荷試験法に準じてすえつけた。载荷は油圧ジャッキによって行なった。

各段階の荷重増加方法は、荷重一定のもとで、沈下の増加が減り、1分間の沈下が全沈下の1/4以内になったとき、沈下はとまったものとして、荷重を除去する。荷重を除去すると、地盤はある程度復元する。復元が落着いたら、ダイヤルゲージを読み、荷重増加と同じように、1分間ごとの復元量をもとめ、1/4以内になったときの読みを最終値とする。これを3回繰り返して次の荷重段階に進む。

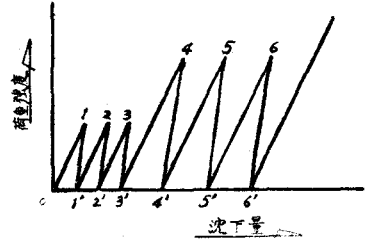


図-1 荷重増加方法

4. 実験結果

(1) 処女载荷による沈下-荷重強度関係

各荷重段階の第1回载荷沈下量(図-1の0-1, 3-4などの沈下増分)を縦軸に、荷重強度を横軸にプロットしてみた。1例として、载荷板の直径が30cmの場合を図-2に示す。どの载荷板でも沈下量は砂(路床のみ)、砕石(路盤-砂路床)、ソイルセメント(路盤-砂路床)の順に小さくなる。沈下防止という面から、これを見れば、路盤としては砕石よりもソイルセメントの方がすぐれている。

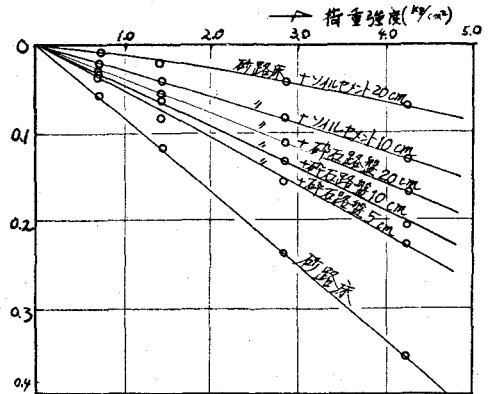


図-2 载荷板径30cmの沈下量-荷重強度曲線

砂のみの地盤よりも砕石を路盤にしたもの、さらには、砕石よりもソイルセメントを路盤とした方が、沈下量-荷重強度関係がより直線的になることもこの図からわかる。

(2) 弾性変位量

除荷時の復元量が地盤の弾性的性質を表わすとして、これを弾性変位量として扱った。すなわち、本実験では図-1に示す1-1', 2-2', 3-3'が弾性変位であるとした。図-3に示すように、3回のくり返して復元量すなわち弾性変位量は、ほぼ一定であった。

1例として载荷板の直径が30cmの場合の、弾性変位量(3回の平均値)-荷重強度の関係を図-4に示した。縦軸に弾性変位量、横軸に荷重強度をとっている。地盤が本当の弾性体ならば、直線になるはずであるが、実験結果は、载荷板の相違にかかわらず、全部下に凸のゆるい曲線になった。これは荷重を増すことにより、地盤の高密度化が起りE値が増加し

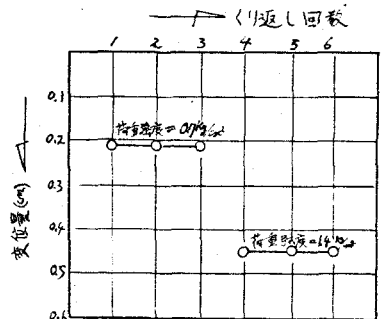


図-3 繰り返し荷重に対する地盤の弾性変位量。

たためと思われる。

5. 2層弾性体理論値との比較

円形等分布荷重が作用したときの沈下 w は、つぎの式によって表わすことができる。

$$w = \frac{2PQ}{E_s} (1 - \mu_s') F_w$$

P : 荷重強度

a : 円形等分布荷重の半径

E_s : 下層地盤の弾性係数

μ_s' : 下層地盤のポアソン比

F_w : 変位係数

変位係数 F_w は、上層と下層の弾性係数比、上層厚の載荷板半径に対する比によって求まるもので Burmister, Odemark らによって2層の場合が計算されている。また K 値との間には、弾性理論では、 $F_w = K/k_s$ なる関係がある。すなわち路盤効果は K/k_s である。ここで K は2層地盤の K 値であり、 k_s は下層だけの K 値である。

図-5 には E_1/E_s が 2, 5, 10, 20 の場合の K/k_s - T/a 理論曲線と、実験にもとづく路盤効果 K/k_s をプロットした。

路床の弾性係数 E_s の値は 625 kg/cm^2 でありソイル

セメントの弾性係数 E_1 は 12600 kg/cm^2 である。ゆえに $E_1/E_s = 12600/625 = 20$ である。図-6 は実験値が $E_1/E_s = 20$ の曲線にかなり合っていることを示している。碎石路盤は $E_1/E_s = 2$ の線に乗っているようである。

6. 変位係数の厳密値と近似値

変位係数を求めるための色々な近似式があるがここでは Odemark の近似法を厳密計算結果と、2層、3層地盤について比較してみた。

ポアソン比をある値に仮定した場合、2層地盤の変位係数を求めるためのパラメータは、上層と下層の弾性係数比 E_1/E_s 、上層厚さと載荷板半径の比 T/a で表わされるが、3層地盤の沈下係数のパラメータは E_1/E_s , E_2/E_s , t/a , c/a の4つである。図-6 にはポアソン比 $\mu_1 = 0.2$, $\mu_2 = 0.4$ の場合の変位係数を、

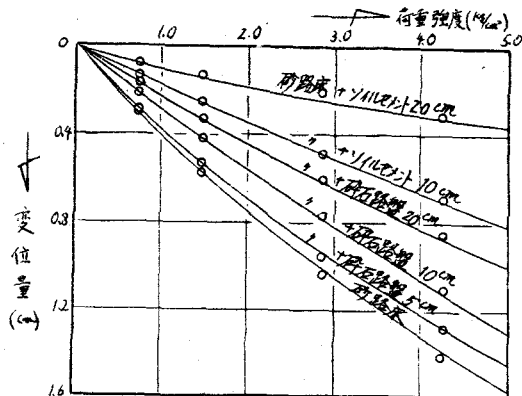


図-4 載荷板径30cmの弾性変位量-荷重強度曲線

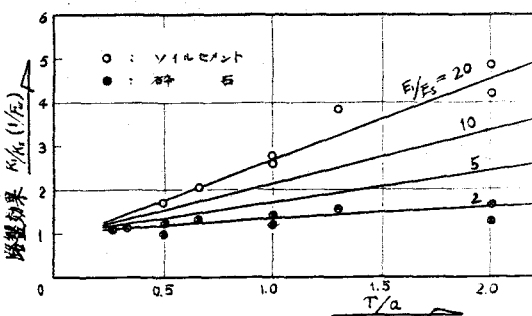


図-5 路盤効果の実験値と理論値

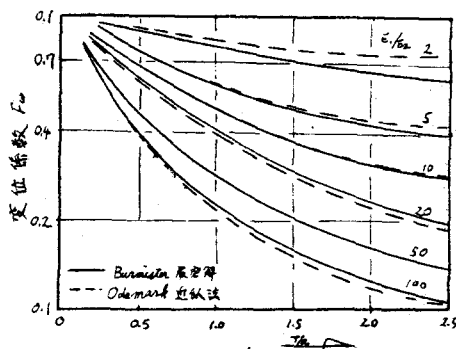
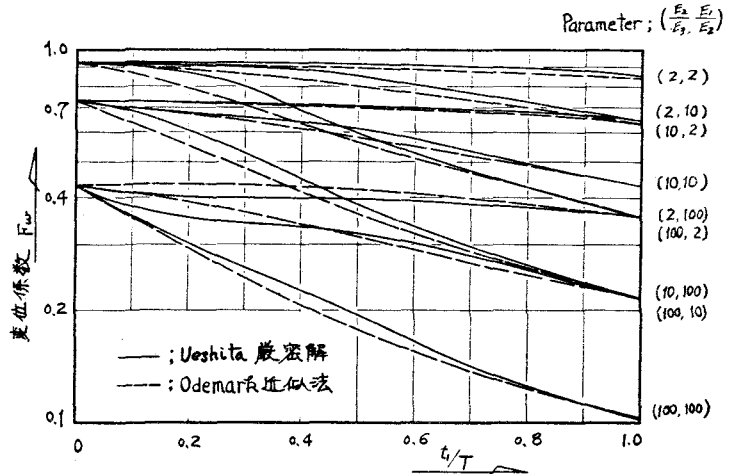


図-6 Odemark 法とBurmister 厳密解の比較

図-7には $\mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = 0.5$ $T_A = 0.5$ の場合の変位係数を示した。

グラフ中の実線は、厳密結果、点線は Odemark の近似法から求めたものである。これらによれば、Odemark 法は概してよい近似値を与えることがわかる。



参考文献

図-7 Ueshita 厳密解と Odemark 法との比較

Burmister, D.M.: Applications of Layered System Concepts and Principles to Interpretations and Evaluations of Asphalt Pavement Performances and to Design and Construction, Proc. Int. Conf. Structural Design of Asphalt Pavements, Univ. of Michigan, 1962, PP. 441~453.

Ueshita, K. and Meyerhof, G.G.: Deflection of Multi-Layer Soil Systems, NUCE Research Report No. KU-1 Dept of Civil Eng. Nagoya University, July, 1966.

植下協, 近藤昌泰: Odemark 法による三層舗装構造の沈下係数, 第8回日本道路会議論文集, 昭和40年, PP 404~406.

梶田富士夫: 層状地盤の97ミについて, 名大土木研究報告書 No. 6602, 昭和41年2月。