

たわみ性舗装の沈下について

神戸大学工学部 正員 西 勝

現在使用されているたわみ性舗装断面の設計法は、ほとんどすべてが設計交通荷重による塑性破壊に基準をおき、これにもとづいて敷設された大部分の舗装断面がその道路本来の機能を十分に發揮していることは周知の通りである。しかしながら、最近米国においては、交通荷重の繰り返しによる疲労破壊の現象がWASHOおよびAASHOテスト道路で確認され、近い将来この現象を阻止する規定が現在の設計法に加味されるべきであるという意見が強くなっている。この疲労破壊の現象を阻止する場合、規定基準を何にとるべきがまだ明確な結論は得られていないが、交通荷重による舗装表面の弾性的変位を一主要素と考えることは妥当であろう。したがって、この弾性的変位量をなんらかの方法で施工前に予知することがこの問題を解明する第一段階と考えられる。本文は筆者がカリフォルニア大学で研究助手として従事したその実験法および解析法を簡単に紹介するものである。

前述したように、現在たわみ性舗装断面は、設計交通荷重によって仮定される各断面部材への分布応力がそれらの極限破壊強度に比較して非常に小さくなるように、すなわち、交通荷重による舗装表面の変位は非常に小さく弾性的挙動の範囲内にあるように設計されていると考えられる。この観点のもとに、Burmisterによって提案された層状土に対する弾性理論式が検当されることになった。他の諸弾性理論式と同様に、この式も各断面部材のポアソン比および弾性係数の決定を必要とするが、断面部材およびそれらの状態によって変化するポアソン比の範囲は、弾性係数のそれに比較して非常に小さいのでポアソン比はすべて一定と仮定される。したがって、室内実験の主目的は、各部材の弾性係数を室内繰り返し試験によって現場でのそれらの挙動に応じて決定することである。次にこの解析法の妥当性を検当するために、室内実験で使用されたと同じ材料からなる一辺2.4mの正方形テスト舗装(表層厚10cm、路盤厚20cm)の中央で、交通荷重に対応する平板繰り返し荷重試験が実施され、その実測変位と計算から得られる値とが比較された。

実験装置は図-1に示す通りで、両装置とも載荷時間0.1秒、繰り返し回数20rpmの片振幅

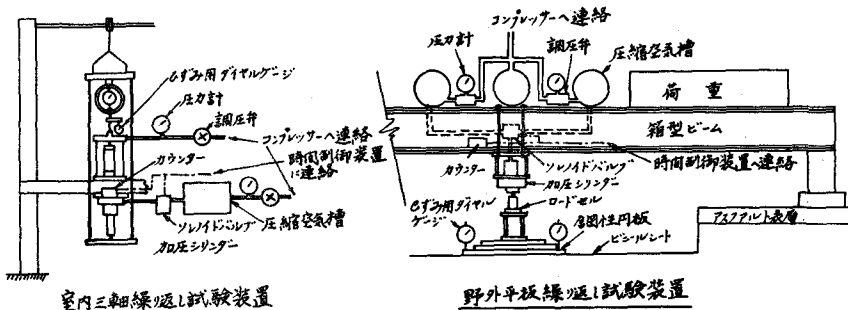


図-1

型の矩形に近い荷重軌跡が得られるように調整されている。

室内三軸繰り返し試験に使われた路床土の供試体寸法は直径5cm、高さ9cmで、テスト断面下の不攪乱試料から直接作成された。この路床土は約6%のCBR値を示す粘性土である。深さ30cm以下という路床土の原位置から判断して、舗装表面での載荷荷重強度の変化による路床土内部の水平応力の変動は非常に小さいと考えられる。この水平応力の微小変動は粘性土の弾性係数にほとんど影響を及ぼさないのですべての路床土試験において測圧は一定(0.1 kg/cm^2)とされた。しかしながら、路床面上での垂直応力は舗装表面での荷重強度および接地面積によってかなり変動するので、繰り返し軸応力と弾性係数との関係が求められた。この結果は図-2に破線で示されており、軸応力

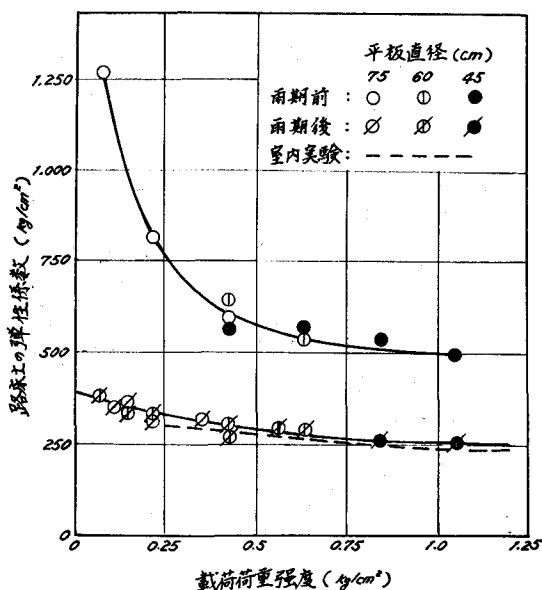


図-2

が増加するとともに弾性係数は小さくなり一定値に近づくことがわかる。なお、この試料に関しては、繰り返し回数1万回前後でその弾性変位は一定となるので、1万回後の弾性係数が対称とされている。つぎにこの室内実験に加えて、野外路床土上で直接平板繰り返し試験が平板の直径および荷重強度を変えて実施された。その実測変位から逆算される弾性係数と荷重強度との関係も図-2に示されているが、雨期後にとりわけ同試料についての室内実験結果に良く対応することがわかる。雨期前の含水比の比較的低い試料に対する室内実験は、上記予備実験(砂路盤が使用された)の結果および契約期間の関係から省略されたが、本実験の対象となった路床土の状態は雨期前のものであった。この雨期前の結果より粘性路床土の弾性係数は含水比および荷重強度によって大きく変動され、含水比が低い程荷重強度の影響が大きくなることがわかるであろう。現場平板繰り返し試験から得られるいま一つの重要な結論は、載荷板の直径の変化がその弾性係数にほとんど影響を及ぼさないことである。このことは、いろいろな接地面積をもつ交通荷重によって分布される路床面上の分布面積が粘性路床土の弾性係数にほとんど影響を及ぼさない、すなわち測圧の影響が小さいことを意味するであろう。

粘性路床土の弾性係数に関する次の問題は、その原位置での状態および挙動を室内実験においていかに再現するかということである。この問題は盛土路床土のように締めの固のを要する場合非常に複雑となるが、締めの固の法、締めの固の時の含水比および密度、締めの固の後のそれらの変化、養生期間、荷重強度、繰り返し回数等の諸要素を十分に考慮して室内実験を行うならばほとんど解決されることがあきらかとなっている。また当実験でどのように自然路床土から供試体を作成する場合には、その結果の精度は攪乱の程度に左右される

であろう。

路盤に使用された試料は富配合の切込砂利で、その有効径および均等係数はそれぞれ 0.3mm 、 2.5 であり、比重は 16.4 フリ通過分に対しては 2.65 、残留分に対しては 2.75 である。また、 CBR 値は 103% という大きな値が得られている。試料調整を容易にするため、試料は室内、野外の両実験とも空気乾燥状態(含水比約 1%)に維持された。野外実験でのこの状態は、路床土と路盤材とに間にビニールシートを敷くことにより確保された。

室内三軸繰返し試験用の供試体寸法は試料に含まれる最大礫の粒径が 19mm である

ので、直径 10cm 、高さ 20cm と定められた。したがってその実験装置には、大型の三軸セルおよび野外実験用加圧シリンダーが使用された。供試体は、三軸室の底板に締結された内径 10cm 、高さ 25cm のモールドに所定量の試料を二層に分けて入れ、所定の高さが得られるまで振動台上で振動を加えることによって作成された。この所定重量は、野外実験断面で得られる乾燥密度 (2.23g/cm^3) が上記供試体寸法に対して得られるように計量されている。いろいろな側圧と軸主応力との組み合わせのもとに、三軸繰返し試験が実施され、路床土の場合と同様繰返し回数 1 万回後の弾性係数が求められた。これらの結果を、全対数紙上で横軸に側圧、縦軸に軸主応力をとって図示すれば図-3 に示されるような直線関係が得られる。すなわち、当実験に使用された粗粒土のような場合、その弾性係数は軸主応力にはほとんど関係なく側圧だけに左右されることがわかる。さらにまた、路盤材のみが飽和された場合の影響を調べる実験もなされたが、確定した結論は得られず、ただ、今後この点に関する調査が続けられねばならないことが示されただけである。

表層に使用されたアスファルトコンクリート材に対しては、一辺 3.8cm 、長さ 38cm のビーム供試体を作成され、一種の曲げ試験によって弾性係数が求められた。野外テスト断面で生じるこの部材の曲げ引張り応力は 7 から 9kg/cm^2 の範囲にあると予期されるので、この室内試験においては、最小、最大の曲げ応力が供試体底部に生じるような

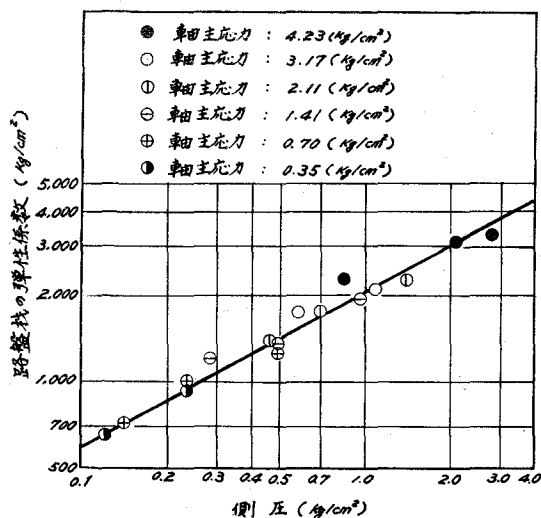


図-3

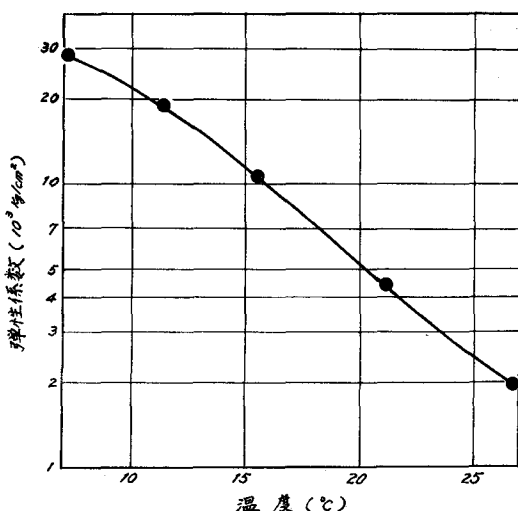


図-4

荷重を計算し、この二つの荷重が交互に30回ずつ300回まで繰り返して載荷された。この実験結果により、アスファルトコンクリート表層材の弾性係数は、荷重強度および繰り返す回数にはほとんど影響されないことが認められた。したがって、図-4に示される測定値は1個の供試体についての各種実験段階で計算される値を平均し、同じ状態で同様に実験された3個の供試体に対してこの平均値をさらに平均したものである。同図上、横軸にとられた温度変化の範囲はわが国のものに比較して小さすぎるようであるが、温度の上昇とともにその弾性係数は急激に減少することが認められるであろう。

以上の実験結果を野外実験が実施された状態のもとに要約すればつぎの通りである、

1. 路床土材の弾性係数は、載荷荷重によって伝達されるその面上の垂直応力のみに影響される、
2. 路盤材の弾性係数は、載荷荷重によって伝達されるその部材内での水平応力、および静止土圧のみによって影響される、
3. 表層材の弾性係数は、温度変化のみによって左右される。

野外舗装表面での繰り返す試験は、二種類の平板(直径20 cmおよび30 cm)に対しそれぞれ荷重強度を変えて行われた。したがって、これらの状態は別個に解析されている。この解析法は、まず野外実験がなされた平均温度に応じて表層材の弾性係数を図-4から決定する(当解析では $E_s = 17,600$ および $28,200 \text{ kg/cm}^2$ が使われた)、つぎに路盤材および路床土材の弾性係数を任意に仮定する。これらの弾性係数およびその野外実験状態のもとに、各部材接触面での水平および垂直応力は Jones の表(1962)によって計算され、それらの応力に対応する弾性係数が上記実験結果によって読みとられる。したがって、各種実験状態に対応する各断面の弾性係数は、この読みとられる値と仮定値とが一致するまで繰り返して試算することによって決定されるであろう。なおこの試算において、路盤内での弾性係数の変化は直線的であると仮定された。最後にこれらの最終決定値を使って、その実験状態に対応する弾性的変位が Peattie および Jones の表(1962)から計算される。

この計算値と実測値との比較が図-5および図-6に示されている。これらの図より、荷重強度および載荷板の直径が大きくなるにしたがいその差は大きくなるが、当実験で使われたような舗装状態に対してはこの解析法がかなり実用的であると考えられるであろう。

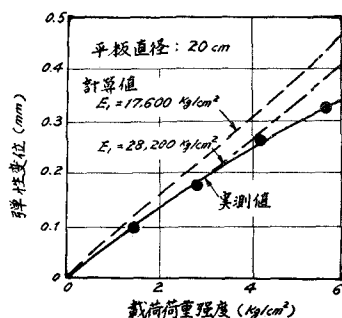


図-5

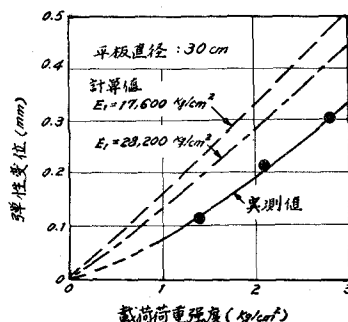


図-6