

たわみ測定と平板載荷試験の進捗調査による層構造の検討

日本道路公園札幌建設局 正会員の真島 光保
同 上 正会員の山中 治

1. 緒言および調査の目的

日本道路公園の施工する道路工事は、一般に土工工事と舗装工事に分離して施工する。高速道路の道路構造は、図-1に示すものが、その典型的なものであるが、そのうち上部路床までを土工工事、下層路盤以降を舗装工事として施工するのを通例としている。従って土工工事が完了した路面から舗装工事へ引き継がれることになるが、ここではこの引き渡しに関し、基準があいまいでありトラブルの原因となっていた。昭和52年4月に改訂された道路公園の新規建設様式には、この引き渡し基準となるものとして、上部路床面上でのたわみ量を5mm以下とすることと明記され、トラブルはめり解消されるものとして予想される。しかし北海道では、上部路床がいわゆる凍上抑制層となるため、路床材等の関係から、上部路床を舗装工事として施工する場合がある。この場合、引き渡しに関して、上記の新規様式の項目と適用することができず、新たな問題となると考えられる。

この問題に対する方針を得るため、現場試験を行ない検討を行なった。また現場試験を各工区毎に実施し進捗してゆくことにより、層構造としての検討を加えたので報告する。

2. 調査の方法

2-1. 調査場所

調査を実施している箇所は、道央自動車道千石1.0~苫小牧東1.0、間、約10kmの区間で5ヶ所選定しているが、データの欠測・バラツキを考慮し、1ヶ所につき18点(路肩、片側車線中央部、中央付近各6点)の測定点をとっている。5ヶ所の選定箇所の構造的な内訳は、切土部1ヶ所、低盛土部(1m程度)1ヶ所、普通盛土部3ヶ所である。道路構造は全区間にわたって同一断面構成をしており、図-2に示すとおりである。なお現在の工事状況は土工工事が一昨年末しゅん切し、舗装工事の上部路盤完了までの進捗をみている。従って今回の報告は、下部路床より上部路盤の一部までデータを基づいている。

2-2. 調査の方法

工事の進行に合せ、下部路床より表層まで、各層面上同一地点で、たわみ量、地盤の変形係数、現場密度(下部路床より下層路盤まで)を測定し、それぞれの関連について考察する。またこのデータをもとに各層毎の変形係数を計算し、たわみに関する検証を行う。また材料特性をもとに変形係数を推定し、荷重条件に依ったたわみ量と求め、両者について比較する。

2-3. 現場試験について

試験法については「日本道路公園土工工事試験方法」に詳細に述べられているが、その概略以下の通りである。

①たわみ試験(KODAN 102)(図-3 4)

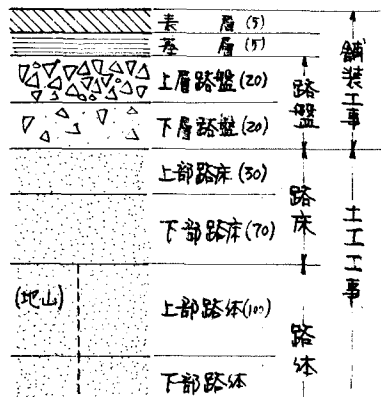


図-1 一般時の道路構造

表層	5cm	アスファルト
基層	5cm	砕石
上路盤	20cm	40-0 切込砕石安定処理
下層路盤	20cm	40-0 切込砕石
上路床	30cm	15cm 40-0 切込砂利 15cm 砂
下部路床	70cm	30cm 砂 40cm 支所火山灰
上部路体	100cm	ロ-△等混合物

図-2 調査区間の道路構造と構成材料

トラックの軸荷重によるたわみをベンゲルマンビームにより測定するもので、下部路床・上部路床・下層路盤については普通たわみ法により、最大たわみ、弾性(復元)たわみの両者を測定する。上層路盤以降は、復元たわみ法により弾性(復元)たわみを測定する。測定における荷重条件は表-1aとくりである。

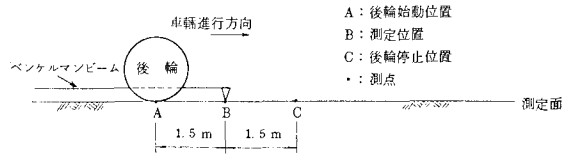


図-3 普通たわみ法

②くり返し半積載荷試験 (KODAN 103)

この試験は、路床・路盤等の変形係数を求めるために、同一地点で荷重強度を段階的に変え、各荷重段階で5回載荷をくり返すものである。この時の積荷・載荷の持続時間は30秒程度である。荷重条件は表-2aのとおりである。

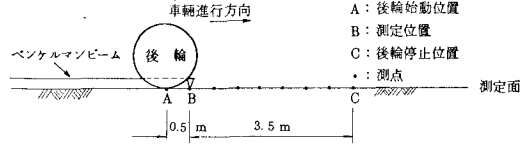


図-4 復元たわみ法

③現場密度試験 (KODAN A 1214)

いわゆる実効法と呼ばれるものである。

3. 結果と考察

①たわみ試験

下部路床より下層路盤までは、最大たわみと弾性たわみを測定しているが、その関係は図-5.6.7に示す通りである。下部路床ではバウンスが大きくネス変形量が大きいことが解る。デー9を整理する際、弾性たわみのみにこだわると、その量が小さく、みかけ上非常に堅固な地盤と錯覚する恐れがある。これは材料が砂であるため、粒子の塑性流動が含まれるを考えられるが、軽圧不足も同様な状況を示すはずである。従ってたわみについては最大たわみのみならず、弾性たわみ残留たわみにも留意してゆく必要がある。なお、上部路床より下層路盤の方が大きなたわみとなっているのは前節に述べたように荷重条件が異なるためである。以後たわみは最大たわみを取り扱うこととする。

②半積載荷試験

半積載荷試験結果の一例を示すと図-8の通りである。半積載荷試験より変形係数を求めることが出来るが、図から解るように荷重段階でその勾配すなわち変形係数が異なる。たわみより得られた変形係数と半積載荷試験で3段階荷重により得られた変形係数は、図-9のよりな関係にあり、式回のデー9と1とは第3段階荷重による変形係数を用いることとした。

③現場密度

下層路盤まで現場密度を測定したが、締固め度とたわみ量、変形係数ともに明確な相関は得られなかった。これは、変形係数・たわみ量はともに地盤全体の特性値として表れるのに対し、現場密度はその層固有の特性値であるためと考えられる。これらの関係を導くには、層毎の特性値を、層理論から解析により可能とすると考えられる。従って今回のデー9の整理からは除外した。

④たわみと変形係数

半積載荷試験より得られる変形係数とたわみの関係は図-10.11の通りである。半積載荷試験による変形係数

表-1 複輪荷重とタイヤ空気圧

測定面	複輪荷重	タイヤ空気圧
上部路体面	5 ton	7.0 kg/cm ²
下部路体面		
上部路床面	8 ton	
下層路盤面		
上層路盤面		
表層面		

表-2 繰り返し荷重強さ

載荷段階 載荷面	第一段	第二段	第三段
上部路体面	0.1 kg/cm ²	0.4 kg/cm ²	1.6 kg/cm ²
下部路床面	0.2 "	0.8 "	3.2 "
上部路床面	0.4 "	1.6 "	5.6 "
下層路盤面	0.8 "	3.2 "	7.0 "
上層路盤面	1.6 "	4.0 "	7.0 "
表層面	1.6 "	4.0 "	7.0 "

は、試験面以下を均一な地盤とした場合の等値変形係数であると考えられる。とすると等値変形係数とたわみの関係は、弾性論によりば次式で与えられる。

$$\Delta = \frac{z(1-\mu^2)}{E_{eq}} p a \dots (1)$$

p : 荷重強度
 a : 荷重半径
 z : 試験面深さ

たわみ試験における荷重条件を(1)式に代入すると図-8, 9中に示した実線と破線の結果が得られる。

図-10, 11から上層が形成されてゆくにつれ、支持力(等値変形係数)の増加とたわみの減少がうかがわれるが、(1)式によりば二者は反比例する。得られた結果もおおむねその傾向を持っていると判断できる。また、下部路床・上部路床の載荷試験における荷重強度がたわみ試験のそれと同じであれば、変形係数はより少し大きな値が得られ更に良い対応を持つと考えられる。

⑤層構造による検討

舗装構造と層理論による検討を行おうとする試みはBurmister以来古くからなされているが、その複雑さゆえに一般に受け入れられにくい。従って層理論による合理的設計法が待ち望まれている。

今回は近似計算法を用いて、現場試験の層理論の適用性を念めて検討した。その手順は次の通りである。

- 1) 平板載荷による等値変形係数をNascimento法により各層の変形係数を求める。
- 2) 各層の材料特性より変形係数を推定する。
- 3) Barberによる二層構造として、上層の変形係数を用い、たわみを計算する。
- 4) 変形係数、たわみを比較する。

以上のことをまとめると表-3に示す通りである。

表によると、上層路盤以外は両層の変形係数は近似し

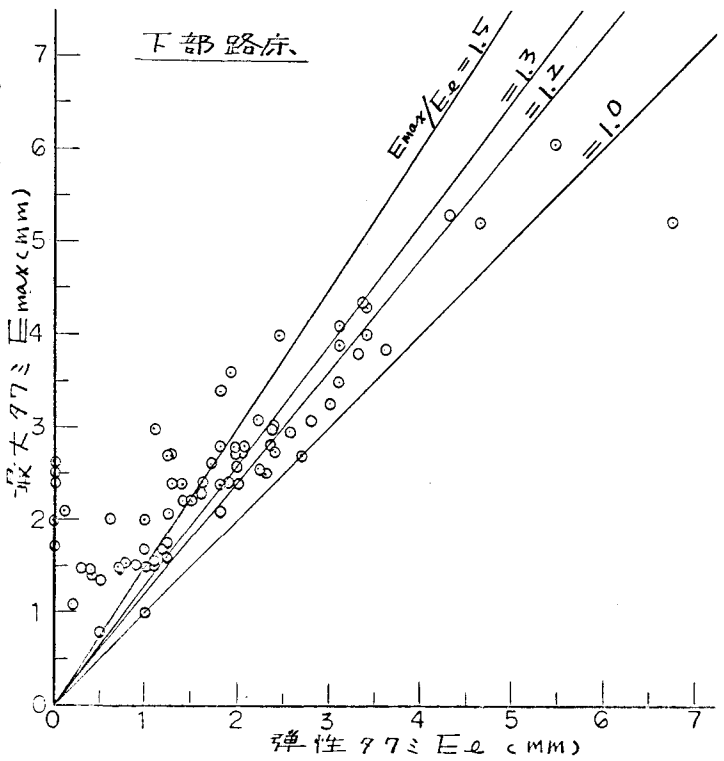


図-5 最大たわみと弾性たわみ

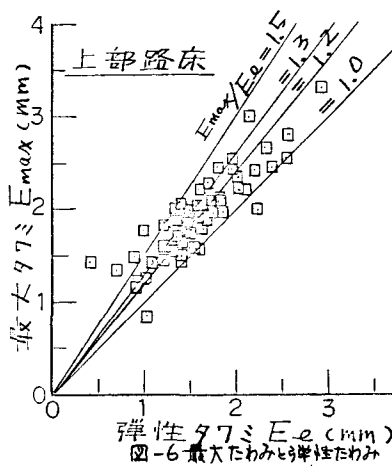


図-6 最大たわみと弾性たわみ

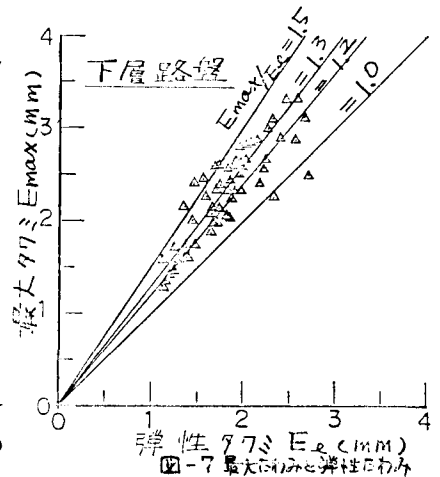


図-7 最大たわみと弾性たわみ

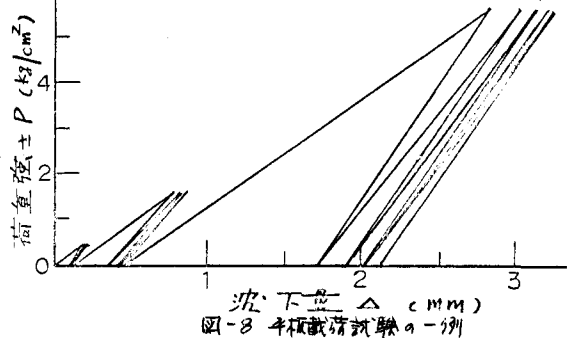


図-8 平板載荷試験の一例

ている。またこれにより計算した、たわみ量が実験の値と近似しているといえる。上層路盤は、アスファルト混成物であり、変形係数は条件により大きなバラつきがある。今回求めた数値は、ともに妥当なものであり、どちらの方が真値に近いかは判断出来ない。しかし以後の測定と検討に当っては重要なポイントと捉えらるるため、この点については今後の課題としたい。

5. おまけ

以上の調査結果、考察として次のことが結論される。

- ①層構造として、各層の変形係数を求めた結果は、妥当な範囲として許容される数値であり、平板載荷試験および、ベンデルマンビームによるたわみ量は、層構造全体をあらわす一つの指標となり得る。
- ②たわみ量と等値変形係数が反比例することは、理論式・実験値の両者から明らかである。従って①層と併せて考慮すると、層を構成する材料、支持力、および層構造によって変化するのは当然であり、たわみ量の規定は、鋼鉄構造全体より決定されるべきでない。
- ③現場試験データより層構造理論の導入は可能である。従って表面たわみ規定より各層面のたわみ量を計算し、施工管理に反映することも可能である。また層構造の設計も可能であろう。
- ④たわみの規定は、これまで最大たわみのみが規定されているが、残留たわみ、弾性たわみについても規定値が必要であろう。

表-3. 変形係数・たわみ一覧表

	変形係数		たわみ (cm)		
	平板載荷試験による	材料特性試験による	平板載荷試験による	材料特性試験による	実験値 (最大～最小)
上層路盤	15,000	5,500	0.099	0.151	0.110 (0.073～0.158)
下層路盤	3,000	4,000	.182	.185	230 (.120～.332)
上部路床	1,200	2,000	.197	.166	.190 (.102～.380)
下部路床	500	1,200	.312	.218	300 (.260～.790)
路床		200	—	.795	—

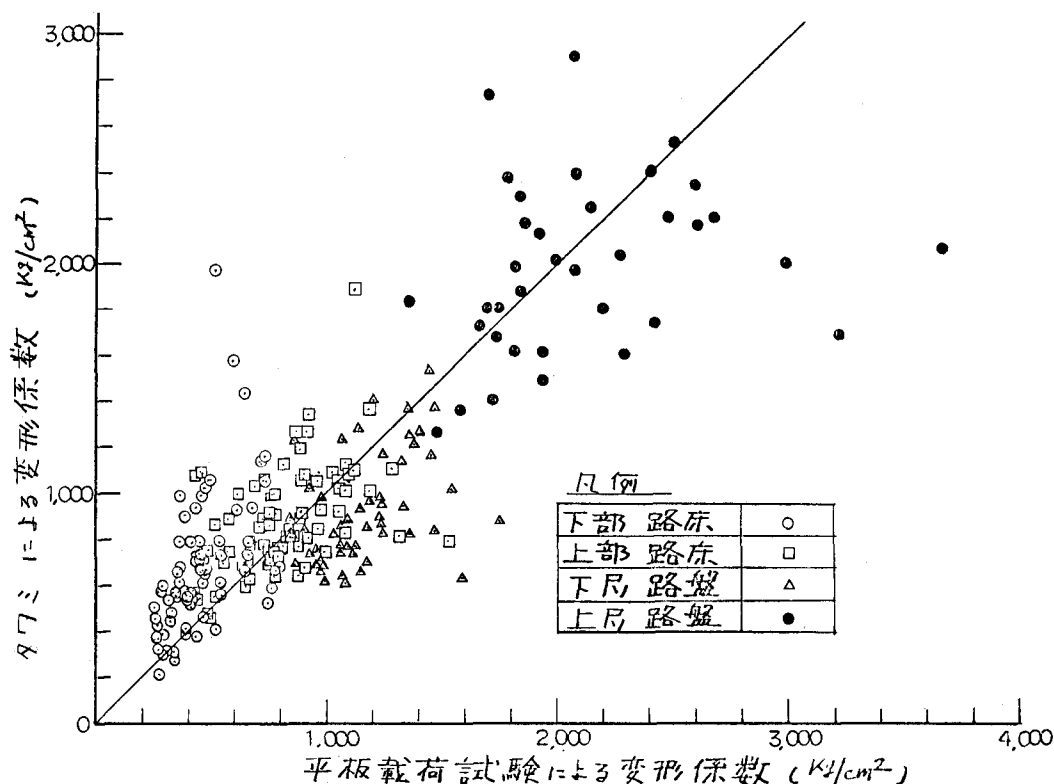
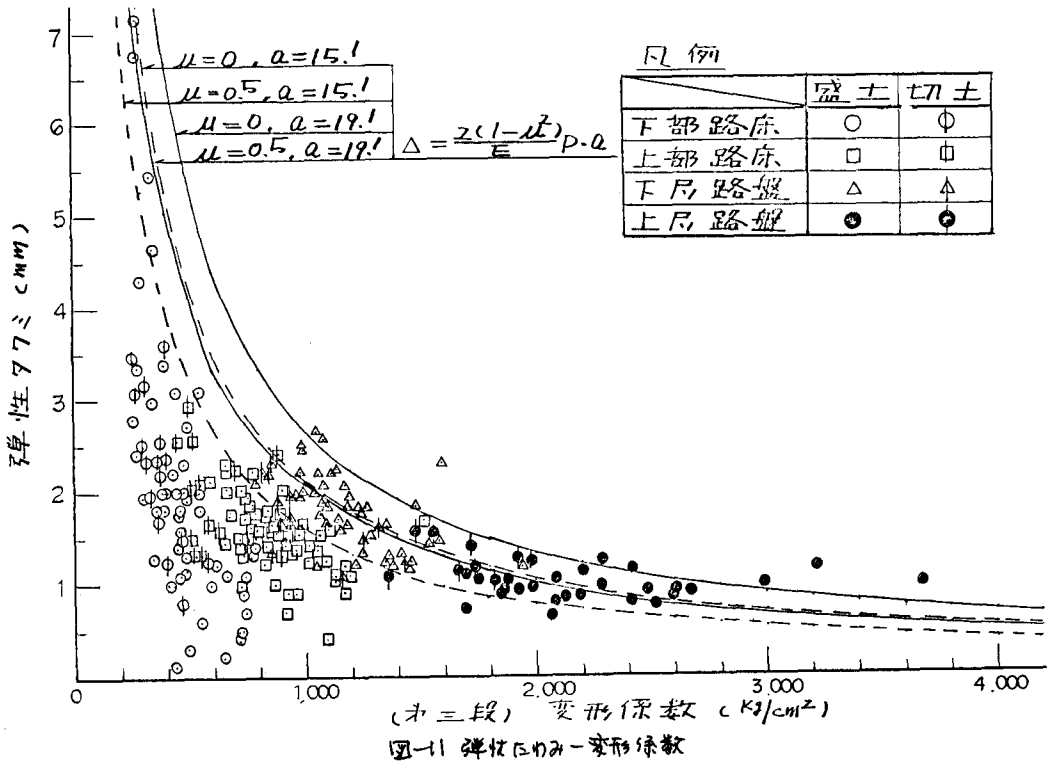
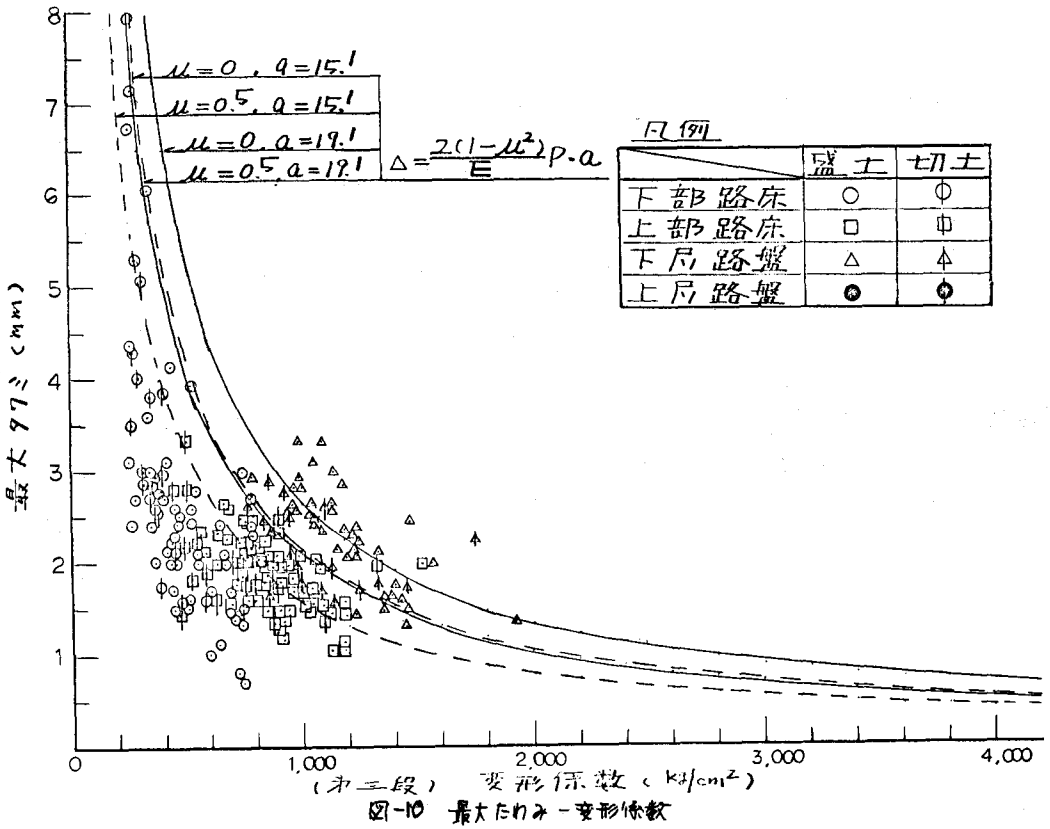


図-9 変形係数の相関



今回の道路調査で問題となった点は、平板載荷試験とたわみ試験において路床の荷重条件が異なり、同一の判断が出来なかった点にある。これは当初、調査の計画した時、内容を吟味せず単に試験法どおりに実施することにしたためである。また同様に、構造的な検討を行わず、工種のみにとらわれ、下部路床の上部30cm、上部路床の下部15cmが同一材料であるにもかかわらず、この中間面でのみ調査を行い、材料的に異なる面での調査を行っていない点である。従って下部路床・上部路床がともに、現実には層構造を持つにもかかわらず、感覚として一層構造と考えている矛盾がある。

今回の結果は上層路盤の一部でのデータしか収集しておらず、数値的な結論は行われなかった。今後、今春の工事再開とともに、残余のデータを収集し、解析を遂行するつもりである。またできれば、層構造に関する厳密な解析を行い、現場試験と対応させ、たわみの伝播についても検討を加えたいと考えている。諸賢の御教示を戴ければ幸いである。

ら、参考文献

- 植下 隆，平板載荷試験結果から鋼鉄各層の変形係数を計算する方法，舗装，vol6 No1，1971.1，pp13~15.
遠藤 靖，アスファルト舗装の計算（連載），道路建設，1962.7~63.2.
上田嘉男，西中村和利，積み重ね舗装に対する層構造の考え方，第17回日本道路会議論文集，1963