

# 講 座

UDC 625.7/8.001.4

## 道 路 工 学 特 論 IV

### 材 料 試 験 並 び に 施 工 試 験

正 員 工 学 博 士 谷 藤 正 三\*

道路工事が実施に入る前に、使用されるすべての材料は試験が行われなければならない。試験という言葉を知ると、とかくぞつとする方々がある。それにもかかわらず採取材料を使って仕事をしている。工事をするには設計示方書が要る。設計書をつくるにはある規準を定めて造らなければならない。規準を定めたからには材料がそれに合わなければならない。示方書通りの材料が入り、施工が出来るか否かは試験しなければわからない。だから試験を行わずに仕事が出来ること自身が甚だおかしいのである。ここでは是非実施してもらいたいことについて述べることにしたい。

#### I. 土工および路盤工

道路工事を施工するに当つて最も重要視しなければならないものは土である。いかなる種類の土と取組んでいるかということがわかつて始めて舗装の設計が可能になる。最近の土質工学の発展は道路工学の主幹となつて展開されたものであることは既に土質力学の講座(昭和25年、学会誌35巻1号~6号参照)において繰返し強調されている通りである。

土を調査する目的を大別すれば次の如く云えよう。

(a) 自然土の種々の構成状態およびそれぞれの土の掘がつている範囲、および予定路線の附近で在来道路、切取箇所などについて道路の構築工法ならびに完成後の耐久性に影響する土の性状を調査すること。

(b) 代表的な資料を採集してその試験を行い、その結果並びに経験から、その土をいかなる処理をして、どこに利用するかをきめる。

(c) 予備調査と工事報告、完成した道路の記録などから、類似の土を使つた道路の寿命の研究を行い、また同一の土および類似の地域条件に将来出会う場合を考えて設計の基礎として利用出来るように資料を調べる。

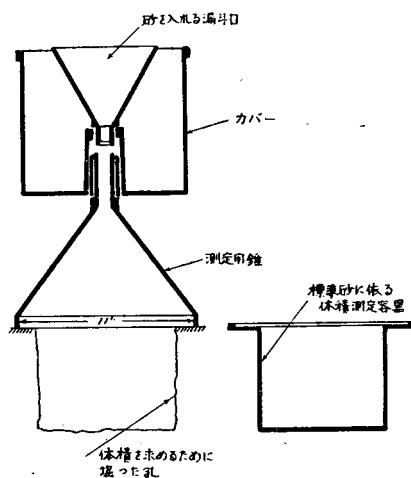
現場で採取した土は実験室で、機械分析、比重、液

性限界、塑性限界、塑性指数、締固め試験、C. B. R. 試験、三軸圧縮試験、圧密試験、透水試験、膨脹収縮試験、遠心含水当量、野外含水当量等の試験を行つて土の分類、使用場所、使用工法、舗装の厚さが決定される(詳細は土質力学講座参照)。ここで使用場所と言つたのは、舗装路盤、盛土材料、基礎材料、路肩材料、法面材料、結合材、安定処理基層材料としての土のそれぞれ適した場所ということである。また使用工法としてはその材料の良否によつて、経済限度内において最も安定した盛土や路盤が出来るようにするための処理工法ならびに維持費を最少にする処理工法で、時には締固め機械も変り、土の置換も行われなければならない。

とは云え、予備調査でどんなに詳細に試験をやつたつもりでも現場作業が始まれば所々に試験もれの土が現われて来る。これらは建設省の場合では土木研究所、地建の材料試験所で行われるかまたは京浜工事事務所や鹿児島国道工事事務所のように現場に簡単な試験器具があれば現場だけで必要な最小限の試験を行う。

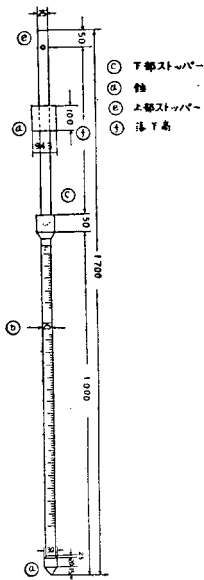
(1) 土工 土工が始まつてから実際に現場で行

図-1



\* 建設技官 建設省土木研究所

図-2



う試験は予備実験で定められている所要の含水量で輾圧が行われているかどうか、所要の締め固め密度が得られているかどうかの2点である。

含水比を求めるには乾燥器(5000円程度)があれば良いがなければ電気パン焼器があつてもことたりる。

現場密度(乾燥させたときの単位体積重量)を求めるには水や油を用いまたは砂を用いて試料を採取した孔の体積を計り、試料を別にスプリングまたは台皿天秤で重量を計つて計算で求める<sup>2)</sup>。図-1は砂を使う場合の器具の一例を示す。試験は午前午後少くとも各1回実施することが望ましい。所要時間はせいぜい1回に30分とはかからない。また均一な細かい土だけのときは貫入試験機によつても一応の目安がたてられる<sup>2)</sup>。

(2) 路盤工 路盤工の場合には含水比、密度の外に材料の粒度を調べる必要がある。特に地盤が悪くて路盤上に基層工を行つて舗装をするような工事では安定処理を行う基層の粒度は十分に慎重を期し、時々節分け試験を行う必要がある。施工上、実験室密度に達するように現場の土を締め固めるためには各種のローラーの中で最もその土に適したものを選ばなければならない。しかしローラーの種類を変えただけで示方密度にならないような例えば過水分の場合には、しかも舗装後もその状態が続くとしたら、速かに設計変更により、締め固めの示方書を改めると共にそれを現場に適するように舗装厚を変更しなければならない。特に北海道、東北の如き凍上を起し易い場所では土の試験を厳重にすることが必要である。

II. 舗 装

(1) コンクリート舗装

(i) 路 盤: コンクリート舗装を設計するにはI.で述べた土質試験によつて土の性質がわかると、それをもとにして路盤仕上げをしたときの支持力を仮定し、交通調査の結果得られた資料から将来の交通車輛の種類、荷重増加量を仮定し、舗装の有効使用年数を考えに入れて舗装厚が決められる<sup>3)</sup>。仮定する支持力係数は大体次の標準による。

粒度の良い砂利-砂-土混合物 11~20 kg/cm<sup>2</sup>

粒度の悪い(特にシルト分の多い)

砂利-砂-土混合物	6~15 kg/cm <sup>2</sup>
砂分の多い砂利-砂-土混合物	7~15 "
砂-粘土混合物	4~10 "
圧縮性の小さい細粒土	3~ 8 "
圧縮性の大きい細粒土	1.5~4.5 "

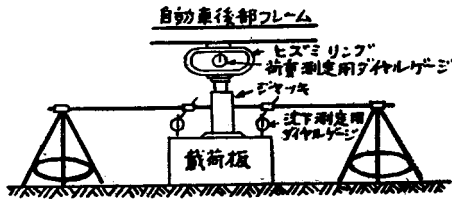
上の値は粘土分が多いと思われるほど下位の値を採用するようにする。

コンクリート舗装では単に路盤を丈夫にすることが最良の条件ではない。むしろある程度支持力係数が少くとも一様な強度と弾性を持つ路盤にすることが大切である。路盤の支持力が厚さの節約に影響する範囲には限界があり、コンクリート舗装という相対的に非常に広い外の気象に曝される表面を持つ割合に厚さの薄いものでは、路盤がいくら良くても薄く出来る厚さには限りがあるし、といつても路盤が弱くて1cmの厚さを増しても、全工費におよぼす影響は極めて大きいので、大体適当な支持力というものが生じて来る。普通は7 kg/cm<sup>2</sup>の支持力係数を標準にしている。しかし地方的に降雨量が多く、また粘土とかロームの多い所ではこの値まで上げるのに、地山にない砂利、砂類が相当多く要ることになり、その運搬を考えると、コンクリートの厚さを増した方が経済的な場合もあるので現在の所、4 kg/cm<sup>2</sup>位まで下げて設計している所もある。この位の値を用いても普通の重交通ではコンクリート版の厚さが20~24 cm位でとまる。

さて、かく設計され、示方書に支持力係数が記されてあれば、路盤工の仕上面における支持力係数はそれに該当する値もしくはそれ以上でなければならない。それを調べるには現場載荷試験が行われる。荷重には自動車後輪部のシャッシー・フレームにジャッキをあてて、自動車自身を反荷重として利用する。ジャッキには荷重をよむ歪リング(或いは荷重計の附属したジャッキではそれだけで良い)を付ける。載荷板はなるべく自動車のタイヤの接地面積に同じなものがよいので普通直径30 cm, 40 cm, 50 cmを用いる。あまり小さい載荷板では土の均一性つまり砂利1粒の位置でも影響が大きく、全体の平均状態がわかりにくく、また径が小さいと下層の影響範囲も小さいのであまり推奨出来ない。とかく現場では小さいものを使ったがるが最小直径30 cmとしたいものである。載荷される面を水平にするために乾燥砂を5 mm以下の厚さに撒いて、その上に載荷装置を載せ、予備荷重0.35 kg/cm<sup>2</sup>をかけて載荷板を落着かせてから本試験を行う(図-3)。

(1) 最初0.365 kg/cm<sup>2</sup>の荷重をかけて、沈下の

図-3



とまるのを待つ。もし沈下が少しづつ現われるならば、5分間の沈下量が荷重による沈下量の3%になるまで待てばよい。以下この荷重割合で同様に増加してゆく。

(2) 普通は沈下量 0.125 cm のときの荷重を読み、荷重-沈下曲線から路盤の支持力係数  $K$  を決める。

(3) 設計荷重に対する沈下量からその荷重に該当する支持力係数も求めておくと参考になる。

もし輾圧を十分にしても所要の支持力が得られなければ、砂質土または砂利質土を補充して安定度が高くなるように改良しなければならない。適当な土の材料が高価になるとすれば設計変更により舗装厚を増す一手あるのみである。

(ii) コンクリート：コンクリートに要求するスランプ、強度等は示方書に明示されているのでその規格に適するかどうかを決めるために現場試験を行う。試験方法については今更駄文を長くする必要もない。ただコンクリート舗装は他の構造物と異なり、外気象を上下から受ける広い表面を持ち、厚さが極めて薄く、しかも繰返し荷重は極めて大きく、回数も頻繁であるという悪条件の構造物であるので、試験は極めて厳格にしても他の構造物と比べて安全率は十分とはいえないのであるから施工はより一層の綿密さが要求

図-4

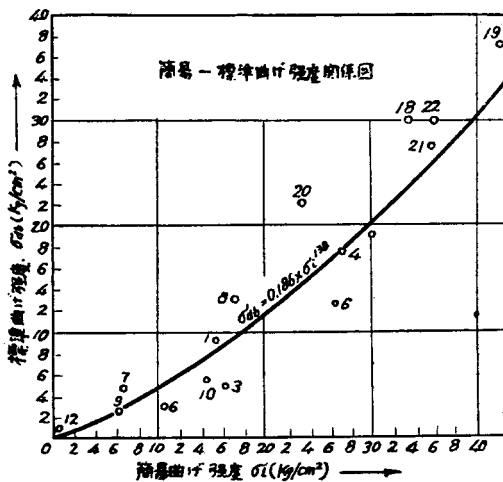
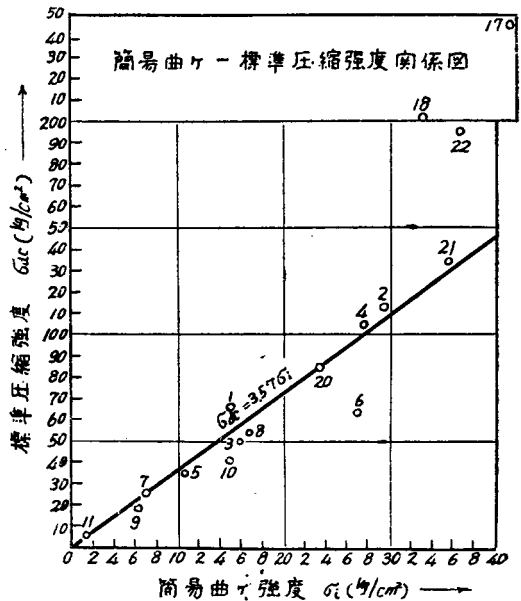


図-5



される。

道路用コンクリートには曲げ強度が大切で山田抜官は巾 7 cm、高さ 10 cm、長さ 75 cm のハリ供試体を作り、スパン 60 cm にして中央に吊し荷重をして現場で簡単に曲げ強度を調べる方法を考案したり。土木研究所の標準試験法に対して図-4, 5 の関係があることが調べられたので、試験機械を持っていない現場でも簡単に試験する便利が得られるようになった。

(2) アスファルト舗装

(i) 路盤：アスファルト舗装はコンクリート版のように自身の剛性は殆んど期待出来ない。従つて交通荷重による変位は主に路盤の剛性度によつて左右される。従つて最近のように軟質アスファルト、液体アスファルトが主材料になると、この舗装の耐久度は路盤と一体とみなした耐荷力を調べて始めて決定出来る。

アスファルト舗装の設計は路床に対する既に述べた C. B. R. 試験、三軸圧縮試験によつて得られた指数によつて統計的に路盤と舗装を含めた厚さが決められる。また時には支持力を載荷試験によつて求めて決める場合もある<sup>5)</sup>。支持力係数を求めて行う場合にはアスファルト舗装の自癒性を考えに入れて、硬質のときは沈下量 5 mm、軟質のときには 10 mm 位の値を採るのが適当である。

アスファルト舗装には、工法や材料の得易さなどによつて自ら経済的な厚さがある。例えば浸透式アスファルト・マカダムは 5~8 cm、アスファルト・コンク

リートでは粗粒式では 5~8 cm どり、トベカでは 3~5 cm 位、路上混合式では 2.5~8 cm 位がよく、表面処理は大体 2 cm 以下がよい。

最初舗装の種類を選定し、路床が弱いときには、まずこれを改善し、それでも支持力が不足する時は路盤を増強する以外に手が無い。一般には路床支持力を増す方が安価に出来る。

路盤面の出来上りに対して現場では載荷試験で支持力係数を試験する。一般には硬質舗装で 14 kg/cm<sup>2</sup> 以上、軟質舗装で 20 kg/cm<sup>2</sup> 以上あればまず心配はない。

(ii) アスファルト混合物：瀝青材の試験は既に標準試験法があり、検収の際に実施されるので、ここではふれない。

プラント混合を行う場合には計量装置、時計および温度計、節目、調整弁などを常に調整しておいて出来上つた混合物が示方書通りの配合になつているかどうかを調べる必要がある。また強度試験は普通ハート・テストを行うか、三軸圧縮試験を行うが、現場でそれ

らの試験器具機械がないときには買入試験を行つてもよい。

買入試験<sup>6)</sup>は建物内の柱材の張出し部を反荷重に利用して、載荷試験のときの装備を利用して 3 in<sup>2</sup> のプランジャーの

供試体への貫入抵抗を調べるものでその抵抗量(安定度)が 450~700 kg 内にあれば大体間違いがない。なお安定度が良好であつて

も瀝青分が多くてまたは空隙量が非常に小さいと夏、瀝青分が湧き出る心配があるので普通次の標準に従つて調整する(表-1 参照)。

図-6

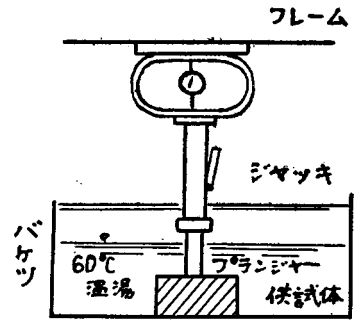


表-1

空隙安定度	2% 以下の 場合	5% 以上の 場合	2~5% の 場合
満足な場合	1. ファイラーまたはアスファルトまたは両方減らす 2. 空げきが大きくなるように細、粗骨材の比率を変え	1. ファイラーまたはアスファルト、または両方を増す(ある種のスラグや石灰岩のような多孔質の骨材では、アスファルトの示方の最大限まで必要とする) 2. 空げきが小さくなるように細、粗骨材比を変え	
低すぎる場合	1. ファイラーを増してアスファルトを減ずる 2. 粗骨材を増す	1. ファイラーを増す 2. 空げきが小さくなるように細、粗骨材の比率を変え	1. アスファルトが規格の最大限に近いとき: 粗骨材を増して、アスファルトを減じてみる 2. アスファルトが規格の最低限に近いとき: 骨材が不安定であることがあるから、細骨材あるいは粗骨材を他の産地のものと変えてみる必要がある 粗骨材が砂石の場合は欠陥は細骨材にあるのが普通である 粗骨材が砂利の場合はそれが安定度の低い原因かも知れない いずれにしても細、粗骨材のどちらも廃棄する前に、粗骨材を規格の最高、最低限を用いて試験する
高すぎる場合	1. 粗骨材の位置の具合で高い安定度が出たと思われるときは供試体を他の混合物からとつて試験する。 2. 骨材の角張り方により噛合せの良いためかどうかをみるには示方に示す最低の細骨材量と平均より少し多いアスファルト量で混合物をつくつた供試体で試験して同様に高い安定度のときには、初めの試料の高すぎるのは大いに望ましいものである。 3. 骨材密度が大きくて空隙の少ないときは積層地でもおそれがあるから、細骨材とファイラーの量を減じて、空隙量を増すようにする。		

III. 現場備付器具および試験回数

(1) 現場試験の装置 今後の現場に備えつけてほしいと思うものを若干あげてみると次のようになる。

1. タイラー篩 (No. 4, 10, 40, 200) および網篩 (5 cm, 10 cm, 15 cm, 25 cm)

2. 締固め器具一式
3. 現場密度測定器具一式
4. 乾燥器
5. 天秤 (スプリング・バランス) 2 台
6. ソイルオーガー 1 個

- 7. メッシリンダー 2 個
- 8. 混合鍋 1 個
- 9. 試料入罐(袋) 若干
- 10. 液性限界, 塑性限界測定器具 1 組
- 11. 骨材を乾かす皿鉛引鉄板 1 枚
- 12. アスファルト採取罐 (1/4 ガロン) 2 個
- 13. 瀝青混合物採取用木箱 若干
- 14. 温度計 (100~200°C) 若干
- 15. パケツ 数個
- 16. ペンキ 若干

その他のものは状況に応じて備えつければよいし、またいろいろのもので代用も出来る。

(2) 試験回数 出来れば現場事務所の傍に 1 坪の仮小屋でも建てて試験が一般事務と分離することが望ましいがやむを得なければ従来通り、倉庫か事務室の一部を区切つて試験する。要は示方書通りに現場が完成するかどうかにあるわけであるから、いたずらに繁雑化することは避けなければならない。次表に掲げた回数は必要の最小限と、最低要求の試験であるので要すれば適当に加減することが望ましい。

結 語

現場試験もようやく軌道につつて建設省では各地方建設局に材料試験所が出来て活潑に動き出しているし、現場も簡単な試験器具を用いて一通りの示方試験が行われるようになって来たことは誠によるこびに堪えない。示方書をろくに読まずに入札が行われ、工事

表-2

現場試験	土 処理	セメント 路盤	アスファ ルト舗装	コンクリ ート舗装	回 数
フレイ分析	×	×	×	×	1 日 2 回
洗い分析		×	×	×	必要あるとき
含水比 (乾燥法)	×	×			1 日 1 回, 必要あ れば午前, 午後 各 1 回
現場密度	×	×	×	×	毎日 2 回
締固め試験	×	×	×		土に變化があつ たとき
安定度			×		材料に變化があ つたとき
スランプ				×	毎日 1 回以上お よび強度試験の 供試体をつくる とき
曲げ試験				×	示方書により
最低最高気温	×	×	×	×	毎 日

が完成出来るような形式的工事が一日も早く消え去る日を望んでやまない。

参考文献

- 1) 著者, 現場土質試験法, 全国建設業協会
- 2) 著者, 最近土質力学, 土木研究所報告 84 号 (昭和 26 年)
- 3) 著者, 土木研究所概報 79 号 (昭和 25 年), 樽井常忠, コンクリート道路 (昭和 26 年)
- 4) 山田順二, 土木研究所報 79 号 (昭和 25 年)
- 5) 道路協会, アスファルト舗装要綱 (昭和 25 年)
- 6) 著者, 土木研究所報告第 83 号 (昭和 26 年)

最新刊

# 土木工学 實用便覧

編集委員

- 建設省水道課長・工博 岩井 四郎
- 東大教授・工博 本間 仁
- 東京鉄道管理局長 大石 重成
- 日本大学教授 成瀬 勝武
- 経本・開発課長 新井 義輔

内容特色

土木工学の最近の進歩に順応出来る最も新しい内容を盛り、簡潔で能率的な表現形式と一千個以上の図表を駆使して、多数技術者が真に必要とする資料の最大公約数をわかり易く系統的に解説した。現場技術者は勿論学生、国家試験受験者の最適、必携の便覧である。

B6判 上製函入・1090 頁  
定価 1000円 送料 50円  
7月31日迄申込者  
特価 850円

コ ロ ナ 社

東京都文京区鴛籠町 11  
振替 東京 14844