

## 路床土の試験法とその意義に就て

正員 谷 藤 正 三\*

まへがき 土質力学に関する問題も最近はややと應用方面に實を結んで特に米國に於ては全國的な道路土質の調査も完了し所謂ホーグントグラの分類法に従つて土性と道路工法との連關性が膨大な統計的資料によつて確立され土質安定工法へと進展して行つたことは衆知の通りである。更に最近に於てカサグラント氏が極めて現場的で取扱ひも直感的に判定し易い方法で土質分類を完成し對應土工法及路盤工法も直ちに決定しようとする段階に迄到達してゐる。<sup>1)</sup> 我々も今其の方向に前進しつゝあるのであるが目下の經濟事情に於てはなかなかかはかばかしくない状態にある。以下道路に於ける土質試験の意義の概要と最近の土性試験法及力学試験法について述べる。

路床土として最も理想的なものとしては其れ自身も路面材料としても又舗裝基礎としても安定であることであるが其れがためには (1) 内部摩擦角大きく凝集力も相當大きい、(2) 氣象に左右されず感濕性が少ない、(3) 毛管性、弾力性が小さい、(4) 膨脹收縮性少ない、(5) 排水性が良好である、等が考へられる。交通の磨耗抵抗は No. 10 篩以上の粒度を有するものによ

つて得られ、剪斷強度の増加には No. 10～No. 200 篩の砂粒系のもの又填充材として又水分が多くて粘土が凝集力を失つたときでも安定に必要な毛管結合力を與へるのは沈泥及砂 (0.074～0.005 mm) で又逆に乾燥時に安定度を保持して行くのは粘土であるから之等が適當に混合されてゐることが必要である。

路床土として必要な性質は結局凝集力、内部摩擦力、壓縮性、弾性、毛管性、透水性、しめ固め性等であつて其の連關性を求めてみると次の如くなる。

地耐力——凝集力、内部摩擦力、壓縮性、弾性

膨脹收縮——凝集力、毛管性

凍上——毛管性、透水性

壓密度——毛管、透水性、剪斷力 (粘着、凝集、摩擦角)

之等の諸性質を表現する手段として含水量、比重、間隙率、機械分析、液狀限界、塑性限界、塑性指數、遠心含水當量、現場含水當量、收縮限界、容積變化、透水性、毛管性等の物理試験及びしめ固め、壓密、剪斷、壓縮、支持力等の力学試験が行はれてゐるのであるが今其の關係を表にすると次の如くである。(表—1)

表—1.

| No. | 基本的性質                | 物理的性質                        | 力學的性質           |
|-----|----------------------|------------------------------|-----------------|
| 1   | 凝集力 } 安定性<br>内部摩擦力 } | 液狀限界、收縮限界                    | 剪斷試験、壓縮試験、支持力試験 |
| 2   |                      | “                            | “               |
| 3   | 壓縮性                  | 遠心含水當量                       | 壓密試験、壓縮試験、支持力試験 |
| 4   | 弾性                   | “                            | “               |
| 5   | 毛管性                  | 液狀限界、塑性限界、遠心含水當量、現場含水當量、收縮限界 | 壓密試験            |
| 6   | 透水性                  | 塑性限界、遠心含水當量、現場含水當量、收縮限界      | “               |
| 7   | しめ固め性                |                              | しめ固め試験          |
| 8   | 膨脹收縮性                | 收縮限界、遠心含水當量、現場含水當量           |                 |

\* 總理廳技官 建設院第一技術研究所

1) Arthur Cassagrande "Classification and Identification of Soils" Proc. A. S. C. E. June 1947.

此等の諸性質の中物理的性質及力學的性質の持つ意義及び其の相互關係については衆知の如くであるが特に道路に於て一般的に使用されてゐるのは比重、機械分析、塑性指數、しめ固め試験、現場密度、支持力試験、載荷試験等である。以下最近特に道路方面で使用されてゐる簡易試験法及力學的試験法の若干について紹介する。

#### A. 現場試験

1) 振動試験 充分水を含ませた試料で饅頭をつくつて掌の中で平に揺り動かすと典型的な無機質の沈泥では水が表面に浮び、輝いた光澤を有し軟かに見え、指の内で試料を壓すると水は表面からなくなり硬くなり遂に龜裂を生じて来る又こごごになる。

2) 破壊試験 試料を塑性限界位の土にして塊にしそのかたまり具合を見る又指の間で潰してみる。沈泥では乾いたら粘着性が殆どなく滑らかな感じを與へる。粘土のときは破壊にくい。

3) リボン試験 必要あれば水を加へて試料を練り人指指と拇指の間で練り延してリボンを作る。粘土ではその自重で切れないで長く細いリボン状に延ばすことが出来るが沈泥では出来ない。

#### B. 實驗室試験

物理試験の個々の技術的操作には慣習と訓練の程度に於て相當の差異を生ずるので其の結果に對しては試料調製法試験操作を明記しておかなければ同一種類の試験でも比較にならぬものが甚だ多いので目下試験所に於て規格統一に着手してゐるが決定までに到つて居らない。

力學的性質を定めるための試験方法中最も廣く使はれてゐるのはしめ固め試験と支持力試験及載荷試験であるが之も目的は夫々同じでも型枠の寸法、操作に於て數多くのものがあり統一されてゐるわけではない。

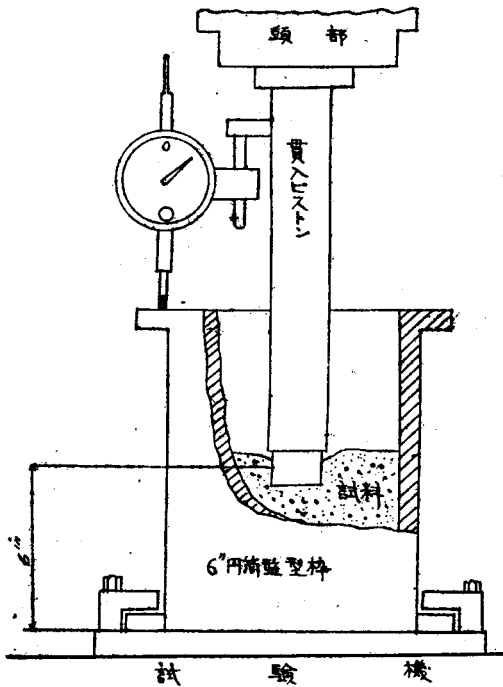
1) しめ固め試験 盛土をしめ固める場合、適當の水分を持つてゐると粒子間の間隙水の毛細管力を弱め、剪斷抵抗力が小さくなつてプラスチックになりしめ固めによつて最大密度が得られると云ふ理由からシープフートローラーでしめ固めるときに其の土壤の最適含水量を見出すために行ふものであるが試料の量及しめ固め棒の重量はいろいろあつて一定されてゐない。操作はブロック法として一般に知られてゐる通りであるが従來内務省土木試験所に於ては内徑 10 cm 高さ 10 cm に試料が出来上る様にし底面直徑 5 cm 全重量 2.5 kg の鐵棍を 30 cm 高さより 25 回つき固

め 3 層に填充してゐたが最近 A S T M (新 A A S H O 法) では直徑 4.0 in, 内容積 1/30 立方呎に應ずる高さ 4.59 in になる様になつて居り、つき固め棒は底面 2 in, 重量 5.5 lbs (10 lbs), 落下高さ 12 in (18 in) とし 3 層 (5 層) に填めてゐる。しめ固め試験は同一材料を使用して一連の實驗を行ふものであるが試料に加水後試験を行ふまでの時間の長短によつて土粒子表面に對する水の親和力が違ふから加水混合後現場に於て起ると同じ時間丈放置してから試験を行ふべきであらうと思ふ。之を考慮なしに短時間に行つたとすれば同一試料について全然異つた値が出て來ることを覺悟しなければならぬ。

2) 支持力試験 (C. B. R. 試験) 此の方法はカリフォルニア道路局で最初靱性鋪裝厚の設計基準法として採用され十數年間鋪裝状態を調査して發達して來たものであるが未處理の基礎、基盤及路盤材料について最適含水量即ち最大密度の状態に於て或は其の試料を 4 日間浸漬した後に於て支持力比を求め同時に又浸漬期間に於ての膨脹程度を決定するために行ふのである。この操作法もいろいろあるが一例を示すと直徑 6 in, 高さ 7 in の型枠を用ひしめ固め棒は直徑 2 in, 落下高 18 in, 重量 10 lbs としてゐる (新 A A S H O 法)。

試料は 3/4 in 篩に残つた材料及同量丈を 3/4 in 篩を通り No. 4 篩に残つた材料で入れかへしたものを使用し交通荷重で容易にしめ固まる非粘着性土壤では新 A A S H O 法でしめ固め試験を行つて最適含水量を求め其他の土壤では新 A A S H O 法で得た最適含水量の密度の 95% 密度を求め其の状態になる様に供試體を作製して貫入試験を行ふ。供試體は底面を上にし 3 平方時のピストンを中心にあて、最初 10 lbs の荷重をかけてダイヤルゲージの目盛を零に合せ貫入速度を毎分 0.05 in (1 mm) の割合で動かし貫入量 0.025 in, 0.05 in, 0.075 in, 0.10 in, 0.2 in, 0.30 in, 0.40 in, 0.50 in のときの荷重のよみをとる。次に荷重を弛めて 1 分間ピストンを其のままにしておく。ダイヤルゲージを讀んで土の戻りを讀む。(装置は圖一) (尙試料作製法には新 A A S H O 法の外に靜荷重によつて行ふ方法もある。此のときには型枠の周邊効果を少くするには層厚は薄くすることが望ましいが普通は 5 層しめ固めとする)。C. B. R. 試験は一試料について一試料宛行ふが供試體作製はしめ固め試験同様の着意を必要とすることを再記しておく。

圖-1. 支持力試験装置



・膨脹試験

貫入試験を終つた供試體を試験機から取除いてピストンで押された部分を掻き起し之を再び詰め直しを1次に型枠と底板との間に網紙と濾紙を入れ、轉倒して新しい頂部に濾紙を敷き多孔板と 10 lbs 荷重（兩者が大體 5 in 厚基礎と鋪裝版の重量に相當する）を載せて其の高さをおさへて置き之を水中に4日間浸漬したときの膨脹量を測定してゆく。水量は型枠の頂部より1或は2 in とし出来る丈一定にする様に心掛ける。測定は膨脹量と平均含水量を測定する。更に貫入試験を行つて前同様に記録し供試體の頂部中心及底部から試料をとつて含水量を決定する。

表-2.

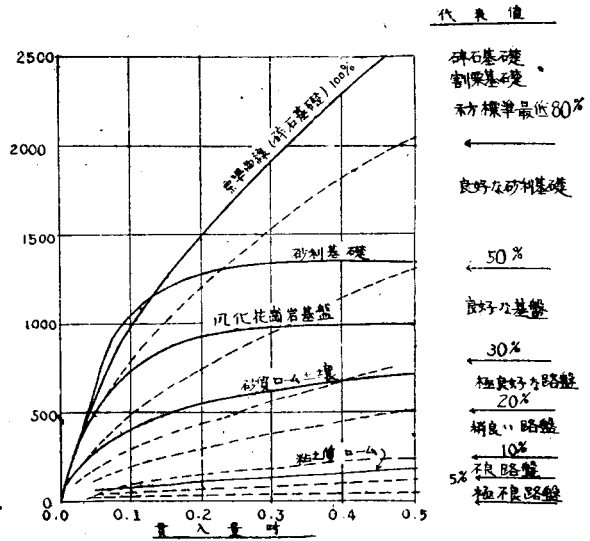
| 貫入量 | 標準荷重<br>lbs/in <sup>2</sup> | かくしてしめ固めた材料及浸漬した材料の支持力比(表-2の碎石基礎層の標準貫入量に對する支持力との相對強度比)を比較する。一般には浸漬した供試體について 0.1 in の貫入量に於ける支持力比を採る。 |
|-----|-----------------------------|---|
| 0.1 | 1000                        |   |
| 0.2 | 1500                        |   |
| 0.3 | 1900                        |   |
| 0.4 | 2300                        |   |
| 0.5 | 2600                        |   |

又良質の碎石で粒度配合の良い路盤材料(基礎土部

6~9 in 部分及鋪裝の場合に使用される)の場合には通常最小値 0.5 in におけるものを採る。

大抵の場合は浸漬した供試體が最小値になるから路床土のときは浸漬前の操作を略して試験結果を求める

圖-2.



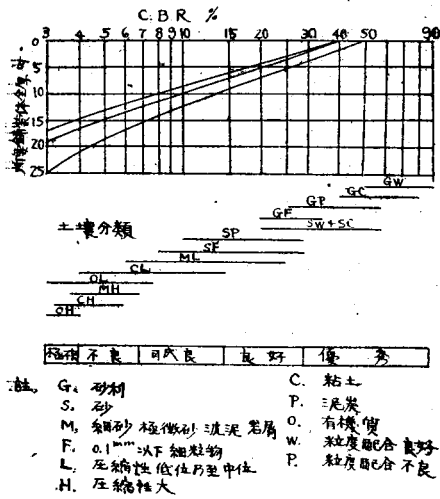
築堤材料などでは浸漬しない供試體の値を考へる。結果を圖表にすると 圖-2 の如くなる。試験結果はこの表と比較して判定すれば良い。

・載荷試験

從來路床或は路盤の支持力度(地耐力係數 kg/cm<sup>3</sup>)を求めめるために一般には自動車後車輪軸を反力に利用し直徑 20 cm の載荷板を利用して測定し靱性鋪裝基礎としては 20 kg/cm<sup>3</sup> 以上あれば極良好であるとされて來たのであるが最近では自動車2臺を後向に並べ其れをビームで連結して反荷重に使用し載荷板は 30", 20", 12", 8" 等空氣入タイヤの接觸面積に應ずる大きさにして載荷板の周圍には砂とかコンクリートブロックとかの鋪裝板に應ずる様な荷重 (1 lbs/in<sup>2</sup>) を載せて出来る丈實際の路體に於ける状態に接近した状態で荷重試験が行れる様になつて來た。此の際沈下量 0.05 in のときの荷重を採つて支持力を試め Housel の公式で路盤(或は路盤及靱性鋪裝の厚さ)を決定してゐる。

以上の各種の試験結果を綜合して靱裝の厚さ(路盤も一體と考へてゐる)を決定したときの一例を示すと 圖-3 の如くである。使用する Housel の公式は地

圖-3.



盤反力と路盤の破壊剪断力から静力學的に決定するのでかなりの安全率を含むものであるが氣象的、地質的各種の要素を直略するとすれば今の段階では止むを得ない所であらう。

**あとがき** 以上路盤工或は舗装工に先立ち最近實際に行はれてゐる各種試験の概要を述べたが現在の我國の現状を見るとき徒らにコンクリート或はアスファルトの華かな時代のことを忘れかねて地方材料の活用に對して極めて消極的な態度をとつてゐるの感がないでもない。地方資材を代用品よばりすることは止めて補修限界の適正な判断と共に砂利道一つでもつと合理的に設計施工に當られることを切望するものである。

—完— (昭 22. 12. 18)

### 瀬田川橋梁の橋脚變狀に就いて

瀬田川橋梁は東海道線草津～石山間にあつて、琵琶湖から宇治川の流れ出る處、即ち瀬田川に架設せられてゐる鐵道橋である。これは明治 33 年の築造であり、徑間 21 m 34 の單線式上路鉸桁 19 連よりなり、橋梁の延長 440 m である。橋脚の基礎は、煉瓦造り(目地はモルタル)井筒で、橋脚は、アーチ型石積で、上下線を連続してゐる。

早くも大正 13 年に變狀を發見し、以後數回の補強も、完全にこの變狀を防止することが出来ず今日に及んで居り、列車の運行上に大きな支障を來してゐる。

#### 1. 現在までの経過

(イ) 大正 13 年御召列車運轉の際、橋脚の振動が大きいので詳細に検査した處、橋脚及井筒に、夫々斜と豎方向に龜裂のあるのを發見したので、井筒に古軌條にてバンドをかけ、補強した。

(ロ) 大正 14～15 年に亘つて、石積橋脚全體全部を撤去して、これをコンクリートの橋脚に改築し、又井筒は、古軌條を入れた厚さ 40 cm の鐵骨コンクリートで外巻きして補強した。

(ハ) 昭和 15 年水中の井筒補強の外巻コンクリートの一部が剥落してゐるのを發見し、且つ又橋脚の振

動が次第に顯著になつて來たので、特に振動の大きい第 10, 12, 13 號橋脚に對して、ステーヂングを構築して、橋脚の荷重を輕減し、又列車には速度制限を加へた。

(ニ) 昭和 20 年上記ステーヂングが腐朽して來たので稍橋脚寄りへ更新した。

#### 2. 現在迄に實施した調査

(イ) 井筒内調査 昭和 16 年 4 月下り線第 4 號上下線第 12 號橋脚の井筒に對しボーリングをなし、調査した。その結果井筒内は砂利、砂の混合物か、或は骨配合のコンクリートで充填せられてゐることが判明した。

(ロ) 振動試験 昭和 17 年 1 月から昭和 21 年 8 月迄 6 回に亘つて振動試験を行つた。結果を比較すると、ステーヂングを構築し、列車速度を制限するまでは、振動は次第に増大してゐる結果となつた。

(ハ) 地質調査 昭和 21 年 11 月第 4, 10, 12, 13 號橋脚の下流地點(橋脚より約 4 m 下流)で、深さ 20 m までの地質調査を行つた。その結果、河底より約 17 m 附近、砂又は砂利層の存在が認知された。

(ニ) 井筒變狀調査 昭和 21 年 11 月第 5 號井筒