

土の試料採取器具，中央に各種のソイルオーガーがみえる（アメリカ，オハイオ州道路局の例）

土の力學ないしは土の工學はこの 20 年ほどの間にめざましい發達を見せた新しい研究の分野であつて，土の試験方法についても今後の研究に待つ點が少なくないので，標準方法として廣く採用されているものは極く僅かである。およそ土ほど種類が多く又變化に富む材料はないと思われる。あるものは乾いた砂のようにさらさらした粒狀を呈し，あるものは水分を十分吸つた粘土のように粘りのある液狀に近く，又あるものは堅い岩のように固まつて弾性を示すばかりか，時には同一種類の土がそのふくむ水分の多少，締り方の如何によつてその外觀性狀を著しく異にすることがあり，又自然のままの土とこれをこねませたものでは全く性質が異なつてしまうことが多い。従つて土の種類により又試験の目的によつて試験の方法は全く異なつたものとなる。例えば道路材料として砂や時には大粒の砂利をふくむものを試験しようとする場合と沖積地帯の粘りの強い軟かな粒子の細かい粘土を試験しようとする場合には同じ目的の試験で容器の寸法を全く別なものとする必要の起ることがある。

しかしながら試験の結果を互いに比較し，それを廣く利用しようとするには，できるかぎり試験の方法を統一しておくことも又必要であるので，標準方法の制定に努力が拂われている。土を鑑別し分類するための基本的な試験方法は米國の ASTM* の決めた方法が一般に廣く用いられていて，わが國でもそれに準じて昨年 JIS** を作つた。すでに制定済みのものは次の 10 種である。

- 1) A 1201 土の粒度試験および物理試験のための試料調製方法
- 2) A 1202 土粒子の比重試験方法
- 3) A 1203 土の含水量試験方法
- 4) A 1204 土の粒度試験方法
- 5) A 1205 土の液性限界試験方法
- 6) A 1206 土の塑性限界試験方法
- 7) A 1207 土の遠心含水當量試験方法
- 8) A 1208 土の現場含水當量試験方法
- 9) A 1209 土の收縮常數試験方法
- 10) A 1210 土の突固メ試験方法

* ASTM (本文 23 頁参照)

** JIS (本文 22 頁参照)

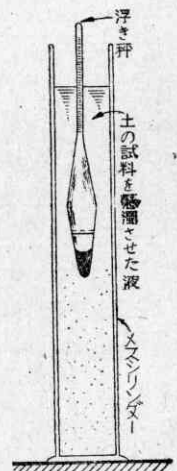
土の試験をする前にまず問題となるのは土の見本ないし試料の採り方である。自然の土は多く層狀を時に塊狀をなして，均質であることは少ない。代表となるような土をどの部分からどの位，又試験の目的にかなつた状態をくずさないで採り出すかを定めるのは経験がないとなかなか決めにくいことがある。又採取した土の見本を試験室まで運ぶ時に強く打撃を加えたり振動を興えたりすると性質が全く變つてしまうものもあるし，又保存の際密封して水分の蒸發を完全に防がないと乾いて全く別種の土のように性質が變るものもある。

土粒子のいろいろな大きさのものがふくまれる割合を決める粒度試験と土が水分によつて液性から塑性，粉狀と變化する限界をきめる稠度や比重などの物理試験に用いる土の試料は過大な粒子や有機物を除き調製されたものを用いる。

土粒子の比重はピクノメータで測る。試料は爐乾燥したものをを用いるが，粘りの強い粘土で乾かすと固まつて溶けにくくなるものは自然の含水量のまま測り，別に含水量を測つて補正する。試料をピクノメータに入れた時ふくまれる氣泡をのぞくためには減壓するか軽く煮る。

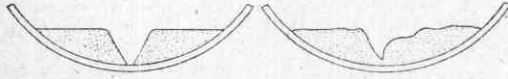
土の含水量は恒溫爐で 110°C に乾かして測る。

土の粒度の測定は 100 分の 5 mm 以上の粗い粒子は篩で區分するが，それ以下の微細な粒子いわゆるシルト分と粘土分の分析は粒子が水中を沈降する速度がその徑によつて異なること（ストークスの法則）を利用して行う。標準の方法はメスシリンダー中によく分散させた土の試料を入れかきまぜて沈降させ，一定の時間間隔をおいて浮き秤で液の比重を測り粒度分布を決定するが，土粒子の比重や水温の補正を要する。この試験で問題となるのは土の粒子を分散させる方法で，アムモニア，過酸



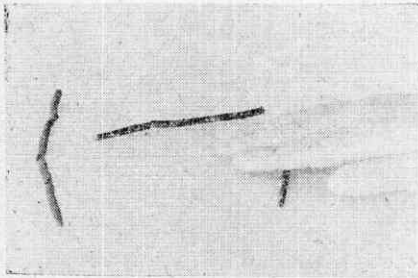
第 1 圖 浮き秤による土粒子の粒度測定

化水素、珪酸ナトリウムなどの添加が試みられている。
 土の液性限界、塑性限界、遠心含水當量、および現場含水當量は土が水分の變化に應じてその性状を變化する程度を示す重要な指數として廣く用いられており、とくに米國の道路方面でそれにもとづく詳しい分類が重用されている。土の乾燥に伴う收縮性の大小は堤防の土や埋立地の土などで問題となる點であるし、また土の突固め特性は土を構築材料として盛土や基礎の工事に用いようとする場合特に重要視されるようになってきている。



第2圖 液性限界の測定

皿に入れた土を左圖のように左右に溝でわけてから一定の方法で軽く衝動させるとき、ちょうど流れはじめて右圖のようになる場合の含水比を液性限界という。

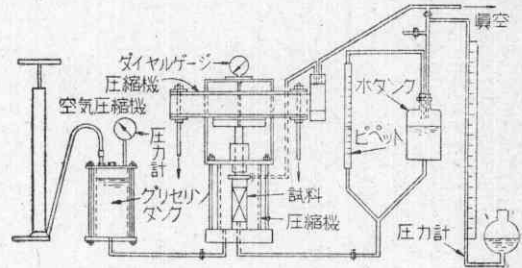


第3圖 塑性限界の測定

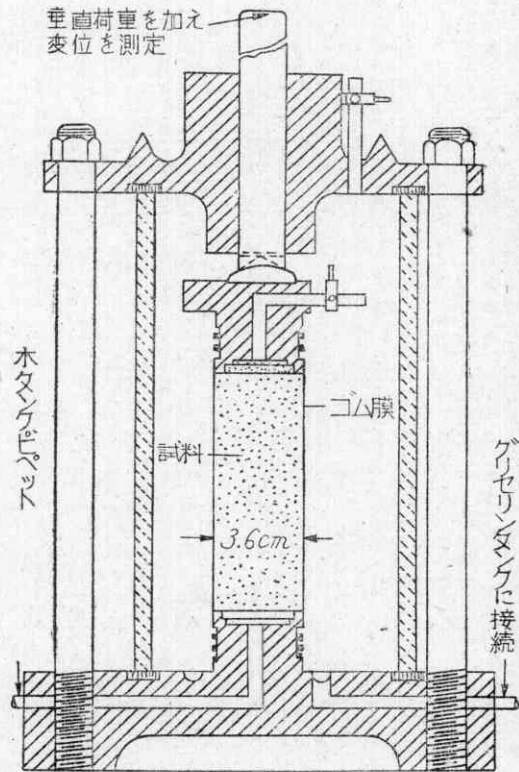
土を直径 3mm の紐状にしたときちょうどぎれぎれの状態になるような含水比を塑性限界という。

上以 JIS に定められた試験の他に透水性、毛管性の測定は築堤材料、路床材料に對して欠くことができない。さらに實際問題として盛土や切土の安定、基礎地盤の支持力、地這りの解析、あるいは土留め壁やトンネルにかゝる地壓を求めなどしようとするとき、土の力學的性質すなわち應力と歪との關係を實驗的に知る必要があり、いくつかの力學的性質の試験法が今日試みられているが、まだ標準方法は一つも定められていない。最も簡単な方法として、他の材料と同じく単純な圓筒柱を壓しつぶす方法は廣く用いられる(6月號 18 頁参照)。引張り強さはコンクリートの時と同じく圓筒柱を横にして壓裂させる方法が應用される。しかしながら土の安定は主に剪斷抵抗により左右されるとの考えから、剪斷試験が最も重要視されてきたし、又獨得の方法も考案されている。直接剪斷を行うもの、剪斷面が一面だけのものと二面のものがあり、又換る式のものもある。いずれも剪斷面に垂直な力を加え、その値をかえて剪斷力の變化を知りこれから土の力學的常數として粘着力 C と内部摩擦角 ϕ を決める(6月號 18 頁参照)。わが國では山口教授考案の二面剪斷式のものが最も廣く普及している。原理的に最も優れていて將來性があり、外國ではす

でに實用化している剪斷試験方法に三軸式と稱するものがある。ゴム膜をかぶせた圓筒狀の試験體に側面から水壓を加えながら、上下に壓縮して變形破損の状態を調べるもので、われわれの研究室でも目下テストを行つてい



(a) 装置の大略

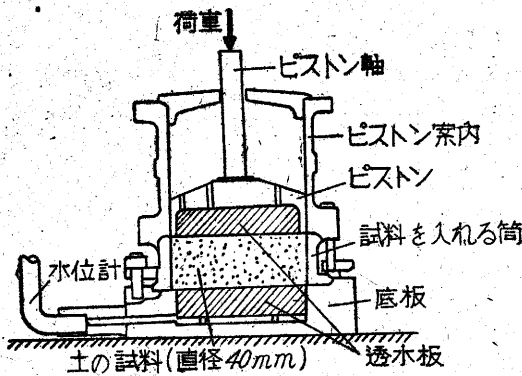


(b) 壓縮室の詳細

第4圖 三軸壓縮試験器

なお土の變つた性質として壓密性といわれるものがある。軟かい粘土層や新しい埋立地などが永年の間に少しずつ沈下して締つて行く時に起る現象で、容器の中に水分を十分にふくんだ土の試料を入れ透水性の板で挟み壓力を加えると空隙中の水分が押し出されて徐々に壓縮される。これを壓密透水試験という。

以上は大體土の力學的性質を調べる基本的な試験であ



第 5 圖 壓密透水試験装置

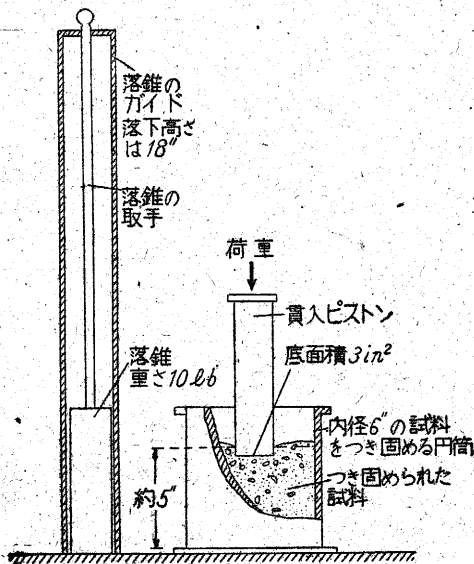
るが、その他に現場で起る現象を解析する手段として室内でやる小型の模型試験と實際の場所で測定を行う現場試験がある。土そのものの性質が複雑なことから理論的な解析がまだ不完全であることが加わつて、模型試験や現場試験の意義が重くみられる。例えば築堤の透水状態をしらべるためガラス箱の中に相似の模型を作って水圧を加へ、流線の形や透水量を測る。又 CBR(カリフォルニア ペアリング レジオ) 試験といわれるものは路床の築造に當り締固めの基準を興えるもので、容器の中で突固めた土にピストンをのせその貫入する工合を調べてその安定さの指數を求める試験であるが、一種の模型試験であり、それと實地の締固めの度合をくらべるための現場 CBR 試験も行われる。この試験は又支持力試験の一種であるが、普通の支持力試験は平らな圓板又は正方

形板にジャッキで壓力を加へ、その沈みをダイヤルゲージで讀む方法をとる(6月號 18 頁参照)。板の形や大きさが沈みの度合や極限の支持力に影響を興えるので、形や大きさの異なる數種の板が用いられることが多い。荷重の加へ方にも一定の制限が加えられる。又地盤の支持力を簡易な方法で判定する目的で、圓錐體を地中に押込み又は打込む方法が試みられている。普通の板に荷重をかける方法は、あるていど板の大きいことが精度を高めるため要求されるが、板が大きいかほど加へる荷重も大きくなり、數トンないし十數トンを要するから、試験に手間と暇がかかる。貫入試験はその點簡便で、かつある程度地中の深いところまで調べるのできる利點がある。たゞ貫入の度合を支持力に換算するところに難點がある。

土を利用しようとする目的の如何によつては物理的、ないし力學的性質の試験ばかりでなく、化學的試験や顯微鏡検査が併用される。土に石灰のような結合力のある材料を加へて安定させようとする時化學分析の結果が役立つ。

土はどこでも手がるに得られる極めてありふれた構築材料であるため、かへつてその使用法は亂暴で、これまであまり細かく研究されない傾きにあつたが、土木工事起る數多くの災害が土の問題に歸着することが多いので、近來深い關心が持たれるようになって、土の使用法にもやかましい規定が設けられるようになってきた。構築の目的に適つた良質な土の所在を知るためにも、地下の土層の厚さや配列状態をくわしく調べる必要があり調査はたて穴を掘つたり、ソイルオーガのボーリング又はコアボーリングなどを用いて行なわれる。また土層の厚みを測る方法として弾性波や電氣抵抗による測定が利用されている。

土の調査試験を十分行うには、多くの場合多數の試料を採取し、それを手順よく處理する工夫が必要であり、現場から遠く多量の土を運ぶことは、運搬中の變質などを考えれば望ましいことでもなくまた不可能に近いことが多い。長期の測定を要するところでは簡単な試験室を設けることができるが、短期の調査では移動式試験室があれば理想的であると思われる。米國あたりではトレーラバスに一切の試験装置を積み込んで現場を巡回して調査測定する方法が實施されている。わが國にも一臺位そのような試験車がほしいものだと思つている。試験器具もそのためには輕量な携帯式に近いものにする方がよい。今までの機器はむやみに重さを競う感があつて不適當なものが多い。輕くて便利な測定機器、簡易な測定方法の考案などが案外土質工學の發達と普及に大きな貢獻をするのではないかと考へている。



第 6 圖 CBR 試験装置

下の容器内に左の落錐を用いて土を各層 55 回の打撃を加へながら 5 層で高さ約 5 in につき固め、その表面中央にピストンを貫入させる。0.1 in の貫入量に對應する荷重を標準荷重と比較した値が CBR の値である。

× × × ×