

「道路の改良」附録

第八回道路職員講習會講演集

(十六)

道路改良會

土性論 (第二講)

東京帝國大學助教授 野坂孝忠

四、土の粒子

次に土の分類として、土の粒の大小から見た分け方がある。

1、土粒子の分類

土は粗い砂のやうなものから、非常に細かい、粘土、更にコロイド(膠質物)のやうな、大小の粒子の集まつたものであつて、其の粒子の大小が土の物理的性質、特に力學的性質に影響する所甚だ大きいものがある。故にこの見方は、土壤力學(Soil mechanics)には重要な分け方である。

土粒子の分け方は、學者・學會に依つて違ふが、今其の二、三の主なるものを擧げると第四表である。

此の表で普通一ミリよりも大きなものを礫(Gravel)と呼び、小さい方は、(人に依つて多少違ふが)一、〇〇〇分の五ミリ、乃至一〇〇分の一ミリより小さい粒子を普通粘土(Clay)と名付けてゐる。一〇〇分の五ミリより大きいものを砂(Sand)といふが、更に粘土と砂との間に、(これも人に依つて多少違ふが)例へば一〇〇分の五と一、〇〇〇分の五の

間に沈泥 (Silt) と S 部分を置してゐる。

第 四 表

學會 文 著 者	粒 徑 mm															
	10	5	3	2	1	0.5	0.25	0.2	0.1	0.05	0.02	0.01	0.005	0.002	0.0015	0.001
鐵道省 土質調査委員會	礫 Gravel															
	石礫 Gravel															
日本農學會	礫及角礫 Gravel & debris															
	粗砂 Coarse Sand															
Asterberg (International)	Kies	粗砂 Coarse Sand										粘 土 Clay				
		粗砂 Coarse Sand										粘 土 Clay				
Die Preussische Geologische Landesanstalt	Grand	粗砂 Coarse Sand										粘 土 Clay				
		粗砂 Coarse Sand										粘 土 Clay				
Bureau of Chem & Soil U. S. A.	Fine Gravel	粗砂 Coarse Sand										粘 土 Clay				
		粗砂 Coarse Sand										粘 土 Clay				
Ries (半國式)	Gravel	粗砂 Coarse Sand										粘 土 Clay				
		粗砂 Coarse Sand										粘 土 Clay				
Der Verband der Landwirtschaftlichen versuchsstationen im deutsche Reiche	Streu Gruud (Kies)	粗砂 Coarse Sand										粘 土 Clay				
		粗砂 Coarse Sand										粘 土 Clay				

此の分け方は有意義で、例へば二ミリから〇・一ミリ乃至〇・〇五ミリといふ砂の示す性質と、一方一、〇〇〇分の五

んだものを粘土と言ふ。(前述のは粒の大きさの粘土であるが、こゝで言ふのは土の種類としての粘土である。)それから沈泥の粒子を七五%以上含んだものを沈泥と言ひ、砂の粒子を七五%以上含んだものを砂として、それから粘土と沈泥と砂とが略等量で混合して出来てゐる土をロオム (loam) と呼ぶ。其の間を、例へば此の表で見ると、沈泥の混つた粘土を沈泥質粘土、粘土の混つてゐる沈泥は粘土質沈泥といふ如く此の中を種々小さく分けてある。

此の三角標に依る分類の面白いことは、此の中の土の分布が、粒の大きさに従つて分けたものであるから、土の物理的性質並に力學的性質を支配してゐる點である。例へば茲に粘土を五〇%以上含む土は、大體に於て粒子が細かく、水に依つて強度が弱くなる性質がありますから、アメリカの道路局では、五五%以上の土を悪質路盤土壤 (Bad subgrade soil) と稱して居る。それから沈泥が四五%以上の土は之より少し粗い粒子が入つてゐるから、これを中質の路盤土壤 (During ubgrade soil) としつて、幾らか改良を施せば路盤として利用が出来る。更に砂が三〇%以上含んで居るものを良質の路盤土壤 (Good subgrade soil) と呼んでゐる。

これが土の粒子の大きさから見た土の分け方で、第五表のやうな座標に表はすと、此の座標の中どの位置に土が存在するかといふことが、其の儘其の土の性質を表はす利點がある。

3. 土の機械的分析

土を斯ういふ粘土、沈泥、砂に分析するにはどういふ方法を用ひるか、土の機械的分析法を述べる。

a. 土粒子の分離

土の大きさを粘土・砂・沈泥に分けるには、先づ土のサンプルを採つて之を粒子毎に分離する。それには普通一リット

ル入のビーカーに水を入れて、其の中に五〇グラムの土を入れ、アンモニアを數滴加へて約一時間煮沸して、互に粘着してゐた土の粒子を個々に分離する。尙ほ此の煮沸の代りに、土をガラス若くは金屬の容器に入れ、水を加へて振盪させる、即ち振盪法もある。

b、篩 分

次に分離した土の粒子を大きさの順に分けるには、粒徑の大きな砂、例へば一〇〇分の二ミリ以上の程度のもは、セメント試験に使ふ標準篩を使つて、例へばタイラーの標準篩で篩ひ分けることが出来るが、極く小さな一〇〇分の二ミリ以下の粒子になると、篩の目に附着して了ふから、これは水を使つて、水の中を沈澱する速度が粒子の粒徑に依つて違ふ性質を利用する。

c、水を用ひる方法

此の方法にも二通りあつて、靜水の中に沈澱する速度が粒子の大きさに依つて違ふといふ點を利用する方法（沈澱分析法）と、今一つは下から上に向つて流れて居る水の中に浮遊^{フスイ}して居る粒子と、其の流水の速度に打勝つて下に沈んでしまふ粒子、これが粒子の比重を一定と考へると粒徑に依つて違つて來るから、或る流速に依つて洗ひ出される粒子と下に沈積する粒子とに分ける方法（淘汰分析法）とがある。

此の兩法の理論はストオクス (Stokes) の法則に依り、流れる水の中で球形の粒子が示す抵抗が式に依つて與へられてゐる。即ち土の粒子が水の中を沈澱する時の抵抗、若くは流水の中に粒子が留まつて居る時の抵抗 (R) は、次の式で表はされる。

$$R = 6 \pi \mu r \beta \dots \dots \dots (1)$$

0.01792 at 0°C

μ : 水の粘性係數
0.00723 at 30°C

r : 粒子の半径

β : 沈澱の速度 (又は流水の速度)

其の抵抗と、水の中で粒子の示すところの重さとが釣合つた時に、粒子が等速運動を以て沈澱するか、若くは水の中に浮遊して居ることになる。次に水の中の球體の重量 (W) を式で表はすと

$$W = \frac{4}{3} \pi r^3 (d - d_w) g \dots \dots \dots (2)$$

g : 重力の加速度

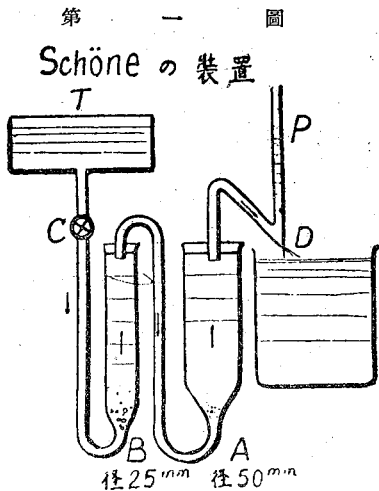
d : 粒子の比重

d_w : 水の比重

となる。此の R 即ち水中をぬる速度で進行するときの抵抗と、 W なる重さとが釣合つた時に、粒子が等速運動を行ふ、若くは R と W とが等しい時に、粒子は流水の速度に堪へないで外へ流れ出してしまふ。其の關係から(1)の式と(2)の式とを等しく置くと

$$\beta = \frac{2}{9} \frac{d - d_w}{\mu} r^2 g \dots \dots \dots (3)$$

β : 流速或は沈降速度



となる。此の中で一定の數と考へられるものは、土の比重 (d_w) これは粒子を構成して居る礦物が違ふとか、有機物が入つてゐるとかで種々違ふが、此の比重を一定と考へると、水の比重 (d_w) も一定である、水の粘性係數 (μ) も溫度が一定であれば一定、重力の加速度 (g) も一定と考へられるから、つまり粒子の半径 r と沈降の速度若くは水の速度 v との間には、 r の自乗に或る係數をかけたものが速度になるといふ簡單な關係が成立つ。

そこで豫め土の粒子を形作つてゐる材料の比重、水の粘性係數、水の比重等を測つて置くと、一定の速度を與へれば、(3)の式で r なる粒子の大きさを分けることが出来る。つまり或る流速で水を流すと、其の速度に打勝つだけの抵抗を有する大きな粒径の粒子は下に沈澱してしまふし、それよりも抵抗の小さな粒径のものは水に依つて流し出されてしまふ關係になる。

d、シエーネの淘汰分析裝置

之を實際に如何なる裝置に依つて測るかといふと、第一圖に示すやうなガラス管の中に或る流速で水を流して、AとBの管の中に沈澱するものに依つて粒径の大小を分ける。

これはシエーネ (Schöne) の裝置といつて、二つのガラス管が直列に結ばれて居る。Tはタンクで、これから水を流せばBなる細い管からAなる太い管を通つてDの方に水は流出する。Cのコックを加減して流速をいろいろに變へることが出来る。此の流速を前式で與へる譯

であるが、此の式は、第一に理論的に求めたものである上に、實際の土は球形でなく、又土の比重が種々異つて一定でない。従つて前式で得た γ と γ' との關係を其の儘用ひると幾分の誤差があることを免れないから實際には、此の流速と粒径の關係を實驗的に求めて、豫め表を作つて置く。第六表がそれである。

第六表

Schöne 淘汰流速

流速mm/sec	流出粒径mm
0.2	<0.01
0.5	0.01—0.02
2.0	0.02—0.05
7.0	0.05—0.10
25.0	0.10—0.20

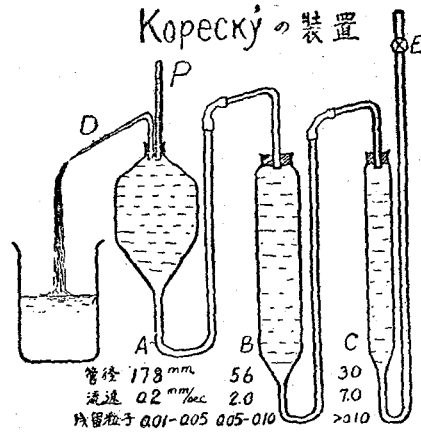
例へば流速が毎秒〇・二ミリの時には粒径一〇〇分の一ミリ以下のものは、此の流速に堪へずして流れてしまふ。それから毎秒〇・五ミリの流速を與へると、一〇〇分の二ミリ以下の微粒子は流れ出てしまふ。斯くして此の表を使つて、第一圖の裝置で土を分析することが出来る。

シェーネの裝置は、細い方のBのパイプが直径二・五糎、太いAの方が五糎硝子管であつて、B、Aの胴を相當長く細くしてあるのは、成るべく流水を均等にする爲である。先づA管の流速を毎秒〇・二糎にすると、第六表に依つて、一〇〇分の一糎以下の小さな粒子は其の流速に堪えずして、Dの方に流れ出てしまふ。更に流速を〇・五糎に上げると、一〇〇分の二糎以下の粒子はDの方にでて、それ以上の大きなものはAの中に沈溜する。斯くして次第に流速を上げ、大きな流速はBの細い管で與へる。例へば毎秒七糎の如き大きな流速はB管で分析する。Pは壓力計で、此の高さを一定にして常に流速を一定にする裝置である。

e、コベツキーの淘汰分析裝置

同じ原理でコベツキー (Kopecky) の裝置がある。

第二圖に示すやうに三つの圓筒を直列に列べて、同時に三段の流速を與へる、一時に水を通すと流速はパイプの徑に依



として、一〇分の一耗以上の大きなもの、一〇分の一乃至一〇〇分の五耗の間のもの、一〇〇分の五耗乃至一〇〇分の一耗の間のもの、それより更に小さなもの、といふやうな部分に分析出来る。

f、沈澱分析

今一つの水を用ふる沈澱分析法では、ピーカーを用意すれば宜いので、現場で簡単に分析する場合には非常に便利である。ピーカーの中に一定の水の深さを限つて、其の中に土のサンプルを入れ、一定時間の後其の中を一定の深さ沈澱する

つて違ふことを利用して、C管、B管、A管の中に沈澱するものに依つて一時に三つの土を篩分ける。これは大體形は同じであるが、一番細い管の径が三糎、次が五・六糎、一七・八糎となつてゐて、一番太い管の流速を毎秒〇・二耗に加減すると、B管の流速は二耗、C管の流速は七耗になる。隨てC管では粒徑一〇分の一耗よりも小さな粒子は、毎秒七耗の流速に堪へずBの方へ流れ、Cには一〇分の一以上の大きな粒子が残る。Bでは更に流速が二耗に減るから、一〇〇分の五耗より大きな粒子はBに残つて、それ以下の小さな粒子は此の流速に堪へずして流されてしまふ。次のAになると又流速が〇・二耗に減るから、此處で一〇〇分の一耗以下の粒子は流されて、それより大きな粒子はAに残る。それで例へば砂と沈泥と粘土

部分と、溷濁して居る部分とに依つて、粒徑がきまる。其の關係は、やはり前述のストークスの法則から、 r^2 (粒徑) と v (沈降速度) との關係を利用した、アツターベルグ (Atterberg) の實驗の結果がある。(第七表)

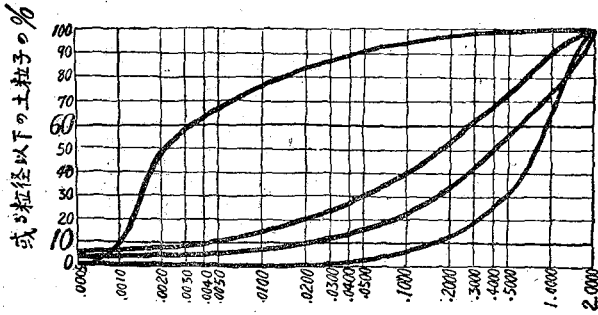
第七表
Atterberg の沈澱分析時間

沈澱の深さ	沈下時間	粒徑
10cm	8時間	<0.002mm
10	1時間	0.006—0.002
10	7 $\frac{1}{2}$ 分	0.02 —0.006
10	50秒	0.06 —0.02
30	15秒	0.20 —0.06

ことが出来るから、豫めビーカーの中に一〇糎の目盛を附けて置いて、それと時計を持合せれば、明確に土の粒子を選り別けることが出来る。實際には〇・〇〇五糎を以て粘土と砂との境にして居るので、ビーカーの底から一一糎水を入れて、其の中に土を溷濁さして置き、上から八糎の深さを五十八分間(約一時間)溷濁して居るか否かに依つて、粒徑〇・〇〇五糎のものを分けて居る。

たゞ此の方法を用ひると、一旦溷濁したビーカーの中には、更に細かい粒子が溷濁液として残つて居る、それを分析して、更に其の中から次の粒子を選り出して其の重量を量らなければならぬので、少し時間を要する。之を極く簡單に行ふには、比重計を用ひる。これは土の粒子が一定の比重を有つ、土の粒子の比重は一定であると假定して、或る溷濁液を

分析結果の Accumulation Curve



一定の時間放置してから比重計を差込んで、其の中の一定粒径の粒子の量を、比重計を以て直接量る方法である。

g、機械的分析結果の記載

以上の方法で土の機械的分析を行った結果を如何に記載するか。一番簡単で、普通に行はれて居るのは、恰度砂利や砂の篩別試験と同じやうに表に書込む方法である。いま一つは先程の三角標を使つて、此の中に一點として表はす。第五表の實例で云へば其の點の位置が右上に寄つて居れば粘土が多く、左下に寄つて居れば沈泥が多く、中央の位置にあれば三者が略々等量に混つた土であるといふことがわかる。

いま一つは accumulation curve なる一つの曲線に表はす方法である。

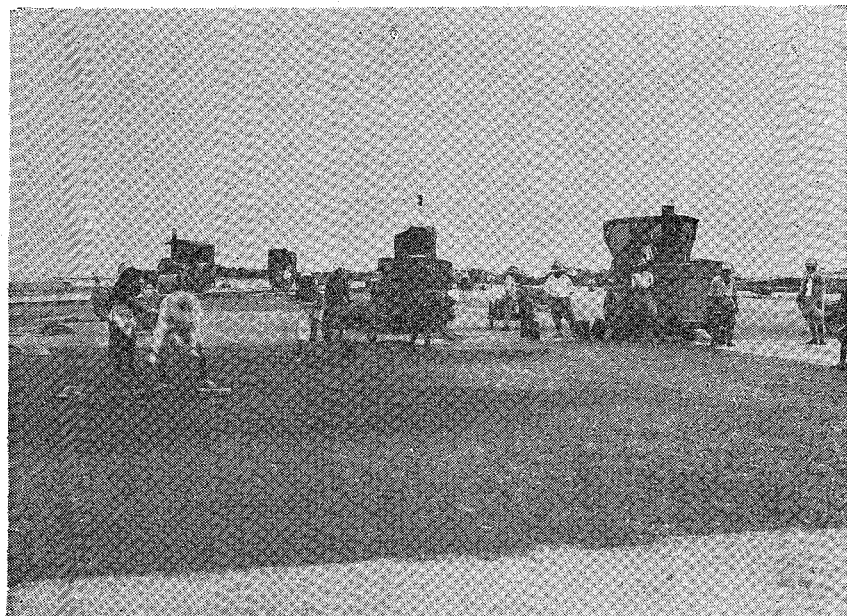
(第三圖)

横の方に粒径を取り、(これは廣い範圍に亘るから、セミログ方眼紙を用ひて對數目盛に粒径を取る) 縦の方にパーセンテージを表はす。例へば圖の一番上の曲線に就ていふと、○・○一耗の篩目を通る粒子が約七七%あるといふことを示して居る。つまり或る粒径よりも小さな微粒子

のパーセンテージを縦軸に取り、横軸に粒径を取ると、一つの連続した曲線が出来る。此の曲線に依れば、例へば圖の左

方の粒径の小さい方ですぐに上つて居る曲線と、粒径の小さい方が平らで、粒径の大きい方になつて急に上る曲線と、此の二つに依つて土の粒度が明瞭にわかる。すぐ上る曲線は細かい粒子が非常に多く、圖の一番上の曲線では一・〇〇〇分の二耗の粒子が五〇%もある。一番下の曲線で見ると、五〇%を占めるものは〇・七耗位の粒子である。前者は細かい材料が多く、後者は粗い材料が多いことがわかる。

そこで此の曲線が適度の勾配を有するやうな土（實際には土の物理的性質及び化學的性質をすべて試験して或る曲線の勾配の範圍に納まる土）は良い土である。丁度前の三角標で、粘土の多い材料、沈泥の多い材料、砂の多い材料に依つて、路盤土壤としての悪質・良質を區別したのと同じやうに、曲線に或る範圍をきめる。例へば米國の道路局できめて居る範圍は、第三圖の四本の曲線の、中の二本の曲線で表はした範圍がそれである。此の二つの曲線で示される範圍に納まるものは路盤土壤として、支持力を相當有つた良い材料である、又之に近い曲線を有つ土は大體良く、遠く離れる曲線を有つ土は良くない土である。



館山航空隊飛行場鋪裝工事狀況

營業科目

瀝青乳劑鋪裝工事請負
 加熱式瀝青鋪裝工事請負
 瀝青乳劑製造販賣

東洋鋪裝株式會社

東京市麴町區丸ノ内一丁目二番地仲二十八號館

電話丸ノ内三〇五九番

專務取締役 牛島航

同 橫濱工場

橫濱市神奈川區北幸町 電話本局二一六三番

昭和十一年五月二十五日印刷納本（每月一回）
 昭和十一年六月一日發行



日本石油株式会社

東京市麹町区丸の内二丁目

道路鋪裝工事請負
 瀝青乳劑製造販賣

出張所
 大阪・名古屋・金澤・高松・門司・青森・札幌
 工場
 〔横濱市中區中村町五ノ三六・電話本局西五・四〇〕
 〔大阪市大正區小林町九五・電話櫻川六一七九〕
 〔朝鮮馬山府本町一ノ四・電話〕

