

関東ロームの地盤特性に適合した 土木地質研究法について

尾原 信彦

I. 序……関東ロームの一般的認識と土木地質研究の 必要性

火山爆発により打ち上げられた火山性細塵<火山砂・火山灰>が 偏西風により関八州の上空に運ばれてのち地表に降下して いわゆる関東ローム層を形成している。とくに相模野・多摩丘陵・武蔵野・下総台地・比企丘陵・両毛台地・常陸台地の地表には 河川などにより削り去られることなく 降下当時そのままの状態でも相当の厚さを保っている。関東ローム層の地質学的研究は中尾・西尾氏などにより戦前から行なわれてきたが戦後とくに最近10年間に 関東ローム研究グループの新進エキスパートによる総合研究が実を結びその成果は名著にまとめられ昨年3月出版されるに至った(関東ローム研究グループ「関東ロームその起源と性状」pp.378, 昭和40年3月築地書籍刊)。一方 最近における関東一円の地域開発が異常なまでの急進展を見せるのに伴い 重要産業施設・高層ビルの建設 地下鉄・高速道路・各種用水排水路の敷設 工業用地・住宅用地の造成などが 日夜を分たず進められている。それら土木建設工事の実施に当り 関東ロームと取り組まない場合は ほとんど絶無といってもよく ブルドーザー・パワーショベル・スクレーパー・エクスカベーターなどの大型重土木機械を駆使して 地面をきり地下をえぐり 低地に盛土するといった明け暮れが続けられている現状である。

関東ロームは一見単なる赤土ではあるけれども 水底に沈積した砂や粘土などとはその本質を異にし 含水比の高い鉄礬土珪酸塩類の風化物でもあるため 土質工学的性状において未知の分野が意外に多く とくにこね返された場合には 異常な超軟弱地盤に変貌することがあり はなはだしい場合には 流動性すら現われることもある。したがって各種工事の実施段階において まことに取り扱いに苦勞する「土方泣かせ」の地層であることが多い。

また自動車工場の付設テストコースとか 高速度ハイウェイあるいは空港滑走路のように 超高速機種の走行安全性を保つための条件としては 路盤に動的な歪の起こらないことが不可欠なのである。関東各地のロームが果たしてそのような条件をみたすものであるか否かということも 未だよく判っていない。

また関東平野内陸部の大半が 最近首都圏に編入され

交通網の整備に並行して 公共投資を通じて工業団地の造成が盛んとなり 一方江東・墨田・蒲田・川崎地区のような低温狭陰な悪条件地区から地方分散を望む企業も目に見えて多くなりその結果として関東内陸部に各種の工場が用地を求めて移動する傾向が強くなった。しかし鉄鋼・石油精製・石油化学・火力・造船など重化学エネルギー工業のように 臨海部でなければ立地に著しく不利な業種以外の工場ならば 内陸部でも十分有利に存立できるから 金属加工・精機・車輛・電機・繊維・窯業・食品・薬品など消費製品の工場の進出は近年とみに盛んとなっている。それらの多くは中規模程度とはいえ やはり施設としてプレス・精密工作機械・キルンなどをすえ付け 用地の地盤が強固であり 耐震力に富み水はけの良い場所を好むので 用地一帯の土木地質的知識が事前に明かにされることが望ましく 況して立地後に及んで地盤・施設双方の補修などに余計な支出増を招くようなことは 極度に嫌われる。したがって火山灰地盤の特性究明は 大なる便益を進出企業に対し与えることとなる。

II. 関東ローム層に関する既往研究成果の展望

1. ま え が き

関東ロームの土木地質的なとらえ方として 土質工学的な方法手段をいきなり適用して行く在来の様式をしばらく差し置いて 関東ロームの本質をもう一度地質鉱物的側面と 物理的側面と 化学的側面の3方から振り返ってながめ ある種の概念に達してのち「地盤工学」とでもいった行き方を新しく展開しても 決して徒勞ではなく むしろ色々の問題点解決のいとぐちを見出す契機となるのではあるまいか? 少なくとも各分野ではすでに多くの専門家によって かなりの研究成果が挙げられており それらをもう一度現段階において受止めて 関東ロームの本質をそれぞれ ありのままに写し出しておき つぎに工学的応用の段階に発展させることを考え出すのが筋道であろう。

しかし 応用的段階に発展させるに際しては 何か新しい技術を導入開発するか さもなければ独創的な着想 特異な技法が生れない限り 実質的な進歩はあり得ないことを ここに改めて強調しておきたい。

2. 地質鉱物的特性

関東ローム研究者の一群が 多摩川流域での野外研究から出発し 約10年の歳月をかけて現地調査を関東各地に波及させ そのデータを持寄った上 tephrochronology (火山灰による編年)の方法で対比総括を行なった。こうして得られた最終結論は 関東各地第四紀層序区分として標準的なものとされている。その概要の紹介を試みよう。

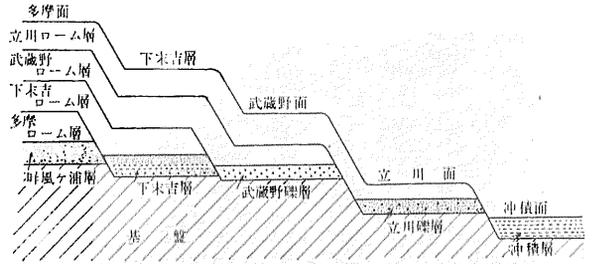
段丘と火山灰

まず多摩川の沿岸に発達する段丘群に着目し 下方より上方に向け 沖積面・立川段丘・武蔵野段丘・下末吉段丘・多摩段丘の地形面を設定した。沖積面を除きこれらの4段丘はいずれも火山灰を被っており またその直下には河または海の堆積物が認められた。一方この水成堆積物上に重なる火山灰の層中には ときに粗粒の軽石層を挟むことが多く その露頭所見から大体において空中より降下した風成層と認定され 層厚は高位段丘ほど厚いことが判った。段丘の古さに応じて 古い火山灰層が下方に累加し 4つの段丘に対して4つの火山灰層が識別され 古い段丘ほど火山灰層の重なりが多くなっている。

各段丘堆積物(水成層)とその直上の火山灰層とは整合関係にあるとされるが より上位の火山灰層への境は不整合の場合があり その間に侵蝕を受けたことが認められるから 古地形の解析を行なう際のより所とされた。

火山灰層

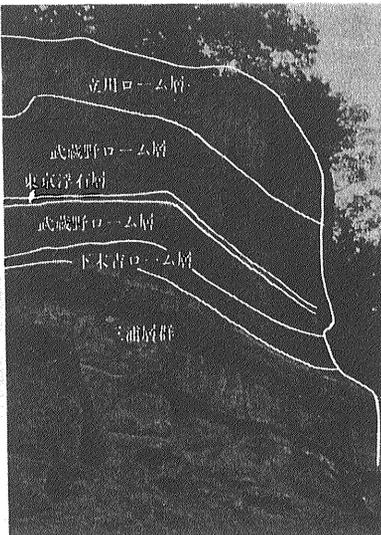
立川ローム層は 立川段丘に降下して堆積し 厚さは2~5 mくらいあって 鮮かな橙褐色を呈し 俗に「赤



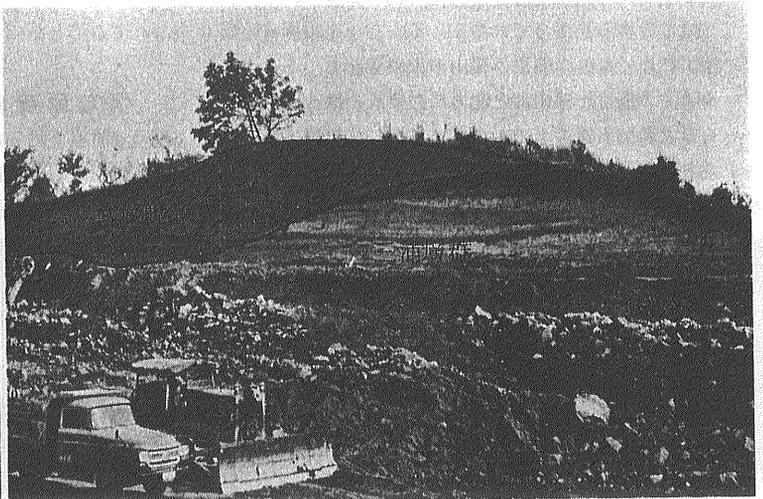
F-1 関東ローム層と段丘との関係概念図

土」と呼ばれ 関東各地の台地に最も普遍的に分布し 各段丘の最表層となっている。立川段丘の形成中に降下したものであるから 立川ローム層の全層厚は 武蔵野段丘またはそれより上位の段丘において始めて見られ 立川段丘上には上半分(約2 m)しかのっていない。

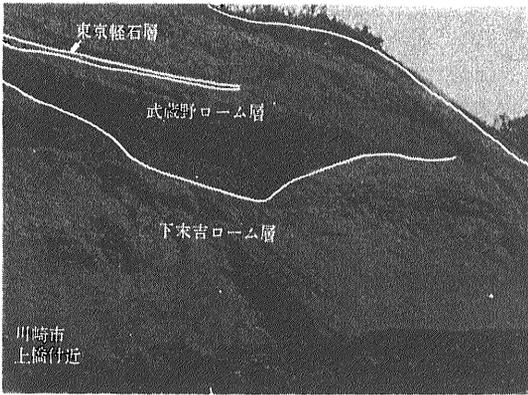
武蔵野ローム層は 立川ローム層の下に約5 mさらに付加された やや古いローム層で 武蔵野礫層を被覆し 武蔵野段丘に載る。下限より1 m上方に「東京軽石層」と呼ばれる key bed を挟む。やや茶褐色を呈し 東都西郊の武蔵野に顕著な発達を見るが 関東西部に向けて厚さを増すのに対し 東部に行けば2 m以下の薄層になる。下末吉ローム層は 上記2種の火山灰層の下位に堆積する厚さ5 mばかりの古い火山灰で より高位の下末吉段丘を構成する下末吉層の上に降下してこれをおおい 色調は灰褐色で著しく粘土化が進み 関東中部北部では灰色粘土層に替わり 層厚も薄くなる。下末吉層は古東京湾の海底堆積物であって 地域ごとに成田層あるいは東京層などと呼ばれ 砂・シルト・粘土からなり 多く貝殻 時に有機質を混入する青灰~暗灰色の海成層である。多摩ローム層は 屏風ヶ浦層と呼ばれる海成層で構成された多摩段丘に降下した火山灰で 引続き下末吉ローム層がその直上に重なっている。この



F-2 川崎市梶ヶ谷付近



F-3 横浜市港北区荏田町付近



F-4 川崎市土橋付近

ローム層は厚さ20~30mにも達する厚い火山灰層で、色調はイエローオーカー(黄土色)を呈し、時に灰色粘土に変貌する。その分布範囲は多摩丘陵の発達に伴われるほか、狭山・入間付近と大磯近傍に見られるのみで、関東中北部にはその発達は認められない。多摩丘陵は年代の古さのために削り去られる場合が多く、丘陵の平頂部・山裾のほかは、立川以下4種のローム層の累積が見られる露頭に乏しい。

火山灰の供給源

さきに関東ロームが火山性の風成層であることにふれたが、さてその供給源となる火山はどこかということになると、偏西風の関係で当然西方に指向される。そして露頭試料を採って検討すると、南関東と北関東との間に、次のように著しい差異が認められた。

南関東の立川ローム層および武蔵野ローム層上半はおおよそ古富士火山からの橄欖石粒を多く含み、紫蘇輝石・輝石・磁鉄鉱粒をも混じえており、武蔵野ローム層下半は箱根中央火口丘系のもと考えられ、橄欖石粒が少なく、輝石粒が多くなっている。下末吉ローム層も南方に厚くなり、箱根外輪山の火山が起源である。多摩ローム層は、狭山など北方に在るものは八ヶ岳方面からきた角閃石質のものが卓越するが、相模野・三浦半島北部・相模湾沿岸にかけては、箱根の古期外輪山または湯ヶ原火山など北伊豆方面からの輝石・橄欖石質火山灰

が多く、両者の中間領域である多摩川沿岸あたりでは、両系統が入り混っている。

北関東の火山灰については、立川ローム層に対比される上部ローム(群馬) 田原ローム(栃木・茨城)がそれぞれ浅間山・男体山を供給源としていることを、紫蘇輝石・輝石の卓越から知らされ、また武蔵野ローム層に対比される中部ローム(群馬)では湯ノ口軽石層、また宝木ローム(栃木・茨城)では鹿沼軽石層<角閃石・紫蘇輝石・磁鉄鉱>という絶好のkey bedの介在により、赤城火山中央火口丘の噴出物であることが確かめられている。鹿沼軽石層はとくに顕著なので太平洋岸にまで追跡されている。

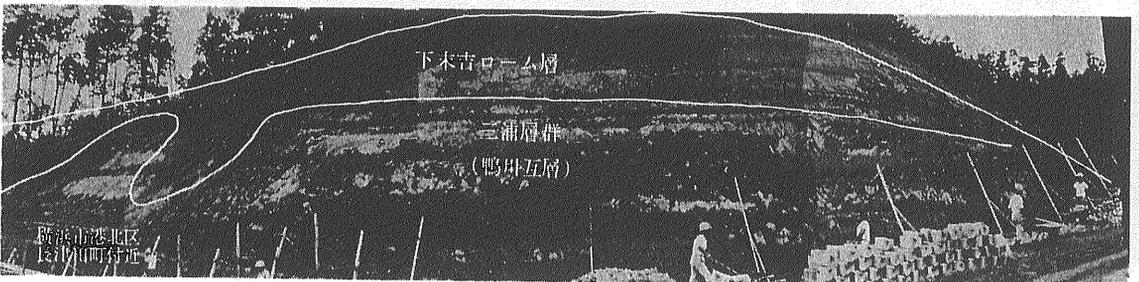
ところで武蔵野ローム層のkey bedである東京軽石層と宝木ローム中の鹿沼軽石層とが、茨城県南部の鹿島台地で、約1mの水準差を以て、前者が後者の下位にあることが判明し、また湯ノ口軽石層と東京軽石層とがほぼ同じ層準に来ることが確かめられたので、関東ローム層の南北対比がきわめて容易となったわけである。

火山灰の風化と粘土鉱物

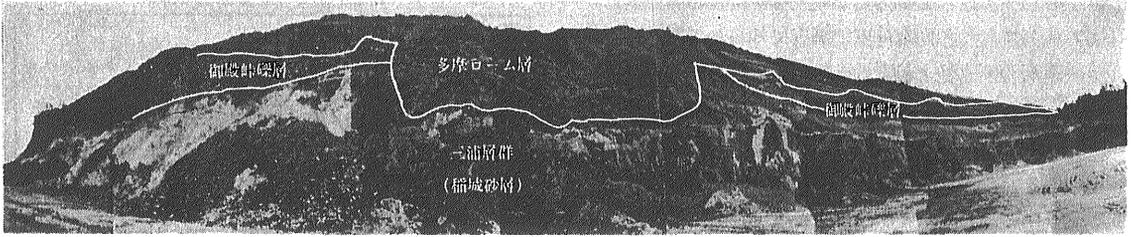
関東ローム層の風化の進行を、粘土鉱物の変化系列の形で考究すると、火山灰中の玻璃質が分解して、アロフェンを生成する初期段階で、立川ローム層の粘土化がこれを代表し、つぎにアロフェンの一部が凝集し、球状粒子<加水ハロイサイト>に変化する段階で、武蔵野ローム層上部がこれに該当する。さらにアロフェンが全て加水ハロイサイトに変化する段階で、武蔵野ローム層下部乃至下末吉ローム層の粘土化がこれを代表する。最後に加水ハロイサイトの結晶度が高まった段階で、多摩ローム層がこれに当る。このように原岩から粘土鉱物に変貌する過程に従って、上位から下位へと各段丘を被うローム層が、一つの時系列をなしている事実を確認することができた。

3. 物理的特性

前項で明らかにしたように、立川ローム層が関東一円に広く分布し、武蔵野ローム層以下は立川ローム層下に伏し、侵蝕された個所とか大工事の現場など以外には



F-5 横浜市港北区長津田町付近



F-6 多 摩 町 連 光 寺

余り地表に現われない。そんなわけで物理的・化学的分野の調査研究は 社会開発に最も関係の深い土木とか農業とかの分野が 必要に迫られて漸次明らかにして行なった関係で 地表ないし表層に限られたものであることが多く 中下層のロームについては殆んど明かにされていないようである。したがってこれから記述する物理及び化学の分野は おおよそ表層を構成する立川ロームと武蔵野ローム層の上部における諸元から帰納されたものとして考えられる。以深のことは今後の研究を待たねば 確実なことは判らないと考えなければならない。

比 重

関東ロームの物理的性質の第一の特色は 仮比重が真比重に比べきわめて小さく その数値は0.5以下を示すので感触は著しく軽鬆で通気性がよい。この仮比重をもとにして孔隙率に直せば 82~83%と大きな値となりこの点に関東ロームの顕著な特異性がある。とくに粒子が細かく 表層が腐植に富み 毛管孔隙が多いためである。

真比重は2.8前後を示す場合が相当に多く 通常の沖積土の2.6~2.7より少し大きい。この原因としては塩基性火山岩(玄武岩など)よりなる富士・箱根の火山活動のために降下した火山灰中に比重の大きい橄欖石・輝石が多く含まれるからである。また 乾燥密度が0.6~

0.7 g/cm³ と小さいので 早天の時節には細塵または埃となって空中に舞い上り とくに季節風のすさむ冬季には黄塵万丈の空模様をしばしば現出する。

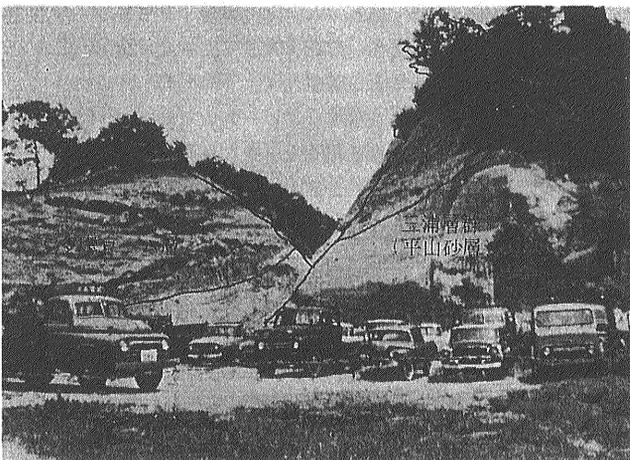
粒 度

アロフェンは陽性コロイドであるから 粒度分析の予措として用いられるアルカリ性分散剤(NaOH, NH₄OH 珪酸ソーダ)では 綿毛化現象を起こして 分散しがたく その際粘土分が30%以下という誤った値となる。日本農学会法・土質工学会のJIS規格の方法でも 粘土の正しい値が出てこない。あらかじめ H₂O₂ で有機物を分解してのち 塩酸を用い ピペット法・ピーカー法などにより粘土・シルト分の定量を行ない あとで溶出した R₂O₃ を定量して粘土分に加算する。

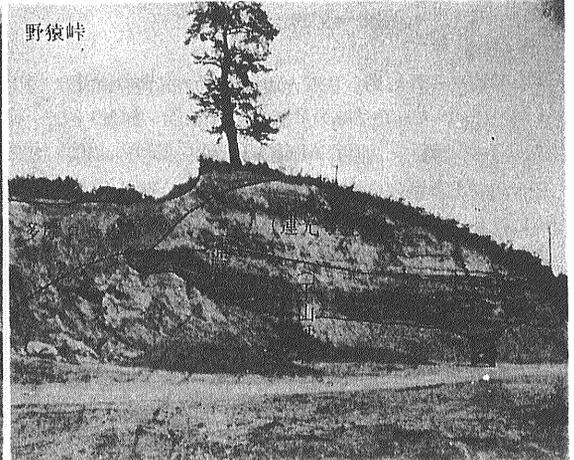
酸性分散剤を用いて正しい粒度分析が行なわれた例

	深 度	粗 砂	細 砂	シルト	粘 土
A 千葉	35~55 cm	2.7%	26.1%	32.3%	38.1%
	55~90	2.3	24.6	34.8	38.1
B 茨城	37~90	1.8	13.5	22.4	54.6
	130~150	2.5	11.8	16.9	62.5

A B両試料とも粘土分が著しく大きいことが判る。このように粘土分が50%前後も示すのは 降下後の粘土化作用が激しかったためであり それが土の粘性・可塑性などに著しい影響を与えるので 粘土量の大きいこと



F-7 野 猿 峠



F-8 野 猿 峠

は注目に値する。しかもこの粘土分がかなり物理的に下方に向かって動く傾向も 実地調査で知られており 関東ローーム層の透水性・粗鬆性という特色の一つの原因でもある。

間隙比 e (土中の孔隙量を土粒子の体積の倍数で表わした値) 関東ローームの e はきわめて大きく 2~3 の範囲にある。これを孔隙率に直すと 約70~80%となる 腐植土とか珪藻土の桁である。アロフェンが加水膨潤した際の値に当り 土の骨格構造が複雑であり 断面が円・楕円状の毛管空隙があるので このような大きな間隙比となる。通常の沖積粘土の e は 1.5~2.5 位である。

含水比 w (含水量を土粒子の体積の倍数で表わした値) 関東ローームの特徴は W が大きく 80~180%の範囲にあり これを含水率に換算すると44~64%となる。不飽和な土であって 自由水のほかに拘束水(とくに膨潤水)が多く含まれており 関東ローームの特異な点である。含水比は 両者を区別しない限り 土の性格を表わす指標となり得ないから 土中の水分定量的方式に色々問題が起こってくる。

4. 化学的 特性

関東ローームに関する化学的なデータは ほとんど農芸化学系統の膠質化学者の業績に負う所が多であるが 土壌学では地表から僅々数mの薄層しか扱わないから 当然立川ローーム層の性状しか判っていないはずである。したがって武蔵野ローーム以深のことは今後の調査研究を待たねばならないが 立川ローームの性格からそんなに逸脱するほど異質なものではないから おおよその見当は十分につけることができよう。

化学組成

関東ローームに見られる火山灰土は 現世の新鮮な火山灰に比べ $CaO \cdot Na_2O$ が著しく減少し $SiO_2 \cdot MgO \cdot K_2O$ も少なく 他方 $Al_2O_3 \cdot Fe_2O_3 \cdot TiO_2$ は相当に多い。この原因は物理的特性に基づき 粒子がばらばらに散乱したまま 集積しているために 空気や水に触れる表面積が異常に大きく また孔隙に富み したがって透水性が大きいため化学的風化の速度が速く かつ全層に及ぶからである。風化により溶け出した $SiO_2 \cdot Na \cdot K$ などは離脱する一方 $Al_2O_3 \cdot Fe_2O_3$ は集積する。なお南北性の指標として MgO が南部にまさるのは 橄欖石が多く含まれる富士・箱根火山系の火山灰のためである。

T-2 関東ローームの化学分析表

地 点	火 山 灰 原 土			火山灰土の粘土分 (<2 μ)
	北多摩郡砧村	千葉市若松町	茨城県鹿島	千葉市若松町
深 度		-0.9~-1.4m	-0.8~-1.0m	0.90~1.40m
灼熱残渣	16.01	14.91	13.19	16.84
SiO ₂	16.88	35.21	46.73	27.65
Al ₂ O ₃	23.81	27.78	33.82	38.08
Fe ₂ O ₃	17.68	14.82	13.47	14.17
TiO ₂	—	1.08	1.73	1.66
MnO	0.26	0.22	0.28	0.10
CaO	0.62	0.93	0.76	0.70
MgO	2.33	2.60	0.57	0.81
K ₂ O	0.10	0.54	1.22	0.33
Na ₂ O	0.07	0.49	0.41	0.17
P ₂ O ₅	0.09	0.32	0.10	—
SO ₃	0.22	0.95	0.41	—
計	—	99.85	99.92	100.51
SiO ₂ /Al ₂ O ₃ (分子比)	1.20	2.15	2.35	1.23
pH	6.0	6.2	5.9	—
P ₂ O ₅ 吸収係数	—	4.690	2.464	—

化学的 風化の過程

細粒・粗鬆な火山灰は透水性に富むため 温暖多雨な気象環境下では風化が促進されやすい。火山玻璃と斜長石は分解して シリカゲルとアルミナゲルを生成し 両者の等量の共沈によりアロフェンを生成し シリカは溶脱されて河水に除き去られる。Fe₂O₃ は含水酸化物として着色料(褐橙)の役を演ずる。

腐 植

関東ローームの表層の黒っぽい土 あるいはローーム層内に挟まれている黒色帯は クロボクなどと呼ばれ その本体は腐植であることは すでに万人の知るところであるが 実例として鹿島台地で19% 那須野大田原で23% 千葉市付近で13%という測定値が得られ これら黒土中には20%内外という世界でも珍しい腐植の集積が示された。色調は黒褐または暗黒であって 炭素の含量が高く たとえば鹿島で11% 大田原で13% 千葉市で7%という測定値が示され 重縮合の進んだフミン酸を生成している。温暖多雨季節風気候下で 禾本科植物の遺体が分解して多量の腐植を生じ アロフェンと結付いて 集積しながら非毛管孔隙を増やし その結果として 空気量・容水量を増加させる。腐植質アロフェン土と称せられる所以である。

土 壌 反 応

関東ローームの pH は 日本の他の火山灰土に比し 酸性が弱く とくに南関東はその点が著しい。原石である橄欖石からの Mg また灰長石輝石からの Ca がやや多目に供給されるための影響であろう。燐酸と結合しやすいアロフェンの存在のために 燐酸吸収係数が2,000

～4,000(単位mg/100g)という大きな値を示し 非火山灰起源土の平均値の3倍ないし6倍に当る。

III. 火山灰層の地盤工学的試験研究

1. 研究の趣旨

応用地質学会・土質工学会ならびに一般産業界・土木建築業界などから「関東ローム層に関し 土地質学もしくは地質工学の観点に立ち 既述したような問題点を究明すると共に さらに新規分野を開拓し 且つ応用方面を充実して欲しい」旨の要請を耳にすることが最近きわめて頻繁であり またその勸奨方も積極的である。これらの世論を受けて われわれは前向きの姿勢でこの方面の立遅れの回復をはかり 進んで国土の開発保全・土地災害の防除などに適合した試験研究および対策研究に乗り出そうと 長期的計画の下に具体的な方針・方法・対象を掲げ その準備段階の第一歩の踏み固めを開始した。

2. 原位置試験の必要性

原位置試験を立前として 関東ロームの動的性質を究明することである。すでに詳述したように 関東ロームは一般の沖積土 すなわち未固結状態にある河成・海成・湖成の粘土・シルト・砂類とは全く異質の火山灰風化土<<アロフェンないし加水ハロイサイト>>である。しかも著しい特徴は 腐植に富み 粒径がきわめて微小であり その孔隙率は高く 孔隙は大気と連続し 一般的に粗鬆である。そのうえ水分の含まれた状態においては 物理的にみて 自由水(毛管水・重力水・膨潤水)と拘束水(化合水・吸着水)とが一定の比率に置かれることが少なく 状況に応じて変動性に富み しかも多くの場合 地表からかなりの深度まで不飽和の状態にある。また大量の水が供給された場合には 孔隙を通じて 水がすみやかに透過移動し しかも土そのものの物性を極

度に変化させてしまう。 はなはだしい場合には 膨潤または流動化など特異の現象をしばしばひき起こすことがある。

このようなわけで ローム地盤を通例の標準規格で判定しようとして シンウォールサンプラーを用いて不攪乱試料を採り 室内実験を施してみても 適格な測定値の得られるはずがなく 各種の試験は現位置において特殊の工夫の下に然るべき方法を以てしない限り 真に信頼性のある値を得ることは不可能である。

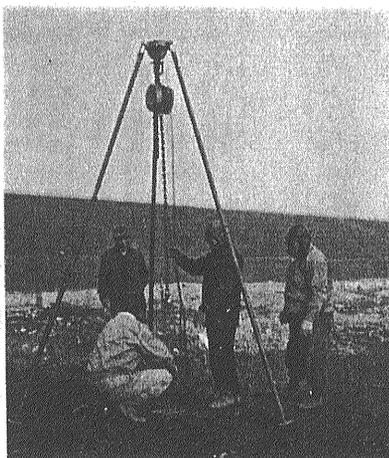
実例を挙げると 簡単な地盤支持力を知る方法である標準貫入試験を ある地点で実施し 同じ孔でほぼ同一の層準から不攪乱試料を採出して 室内に運び 剪断試験または圧密試験を行ってみても 全くN値とは途方もなく乖離した数値が出てしまって 解釈に苦しむような場合に出くわすことがある。 すなわちN値で2～3という値が得られ 当然軟弱地盤のはずなのに 一軸圧縮試験では q_u で 1.4 kg/cm^2 という桁ちがいの硬質粘土地盤の値が出て 土建技師は判断に窮し 実施設計の立てようがなかったという話を聞いたことがある。 この場合の原因を探れば 土中にあった水分中の溶存イオンが 実験室に運ばれる間に 土粒子に荷電したイオンと塩基交換を行なって 土の性格を変貌させ 思いもよらぬ測定値を正直に表わしたのに過ぎないのかも知れないが それでは高価な試験費が無駄な浪費に過ぎなかったことになる。 とくに関東ロームの場合に こんな馬鹿げた失敗をし出かすことがよくあるので どうしても精密な現位置試験法を導入するか 新規な装置を考察するかして正確な値を得たうえ 考察を行なわなければならない。

3. 研究対象の紹介

さし当り目下手掛けている二三の研究対象について述べることにする。 第一は地盤の強度ならびに弾性変形の



F-9 a. スウェーデン式サウンディング法の野外作業状況 回転貫入を行なって地耐力を測っている



F-9 b. 測定が終って本格とチェンブロックによりロッドを引き抜く

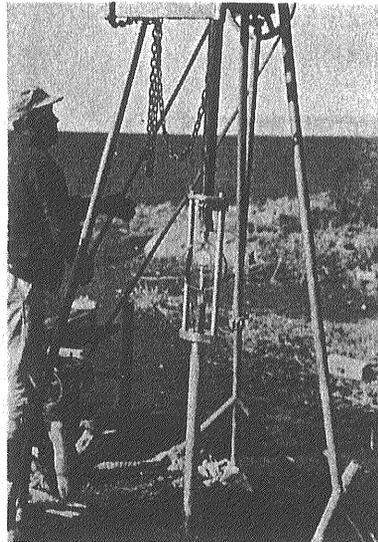
の原位置測定試験について これまで実施し これから開発しようと考えていることを記し 第二は土中水分の原位置測定ならびに間隙水圧の測定の諸問題に触れ 最後に軟弱地盤の化学的処理法に関する見解を述べることにする。 関東ロームの本質を知り



F-10
改良型二重管
コーンペネト
ロメーターの
野外作業状況

← a.
貫入させてい
るところ

→ b.
ダイヤルゲー
ジに地耐力を
表示させたこ
ろ



を自動化する考案が最近における唯一の改良であった。また深度にも約50mという限界があり 深度0~20mと30~50mでは ロッドのたわみによる測定誤差があり その更正式も絶対正確とはいいがたく そこらに大きな欠陥が指摘される。 サウンディング法という地盤強度の現位置測定方法があつて これは一種のオ

それに対処するための一連の技術研究開発を目標としていることはいうまでもない。

地盤強度

そこでまず地盤の強度の現位置測定の方法であるが 前述の標準貫入試験(N値)は甚だ雑把な簡易試験法であるから 近頃は全国各地のボーリング業者にあまねく流布され どこでもいつでも請負工事で実施させることができる。 ただし試験そのものの精密さが不足する上 技工の個人差があるので 測定値がバラ付き 信頼度が薄く おおよそ地耐力の見透しをつけるのに利用されるに過ぎない。 しかもこれ以上精度を高めるための改良の余地は不可能であり モンケン(重錘)の落下装置

ーガー法により地耐力が精密に測定できる。 ただし一般業者は 労務費がかかり過ぎることとデータの解析に専門的知識を必要とするので 引受けたがらないようである。 それに測定深度に15m位という限界があつて また超軟弱地盤(N=0~2)では静貫入という甚だ蕪雑な数値(定性的に近い!)しか得られないが 関東ロームに適用して 相当有効な成果が得られるので便利な器械といえる。

二重管式コーンペネトロメーターというオランダで開発されたもつぱら超軟弱地盤用の測器があつて サウンディング法を補うのに適し 地質調査所で改作を手掛けている。 とりあへず動力化による能率向上に成功したが目下粘土中の夾み(砂層)を抜く装置を考案中である。

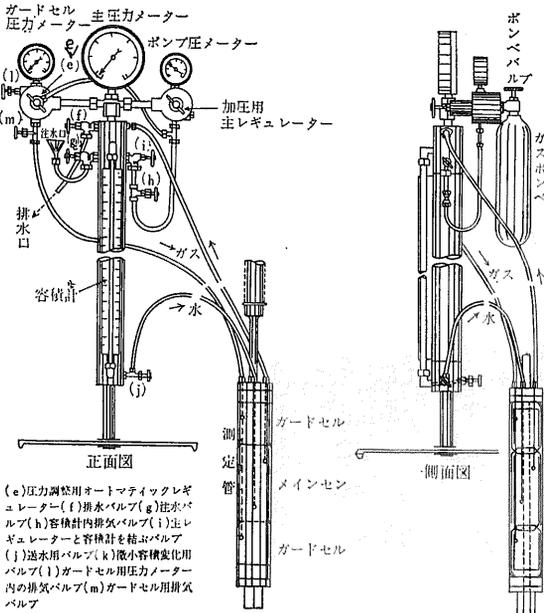
プレシオメーター (F-11 a 図参照)

本器は仏国 Louis Ménard 氏の発明にかかり 図F-11 a に示すような構造をもつ。 円筒状の測定管(ゴムチューブ)をボーリング孔内に挿入し 地上よりガス圧力を介して これに水を圧入し ゴムチューブを膨脹させることによって ボーリング孔の側壁に圧を加える荷重試験器である。 測定管は上・中・下3つのセル(房)に分けてあり 上下のガードセルは土の上下方向の変形を防ぎ 中央のメインセルの外側で圧力の分布が均等な二次元の放射状分布を示すように工夫されている。 加圧によって生ずる孔径の変化は送水量の計測によって読み取る。

試験は一定圧力を段階的に加圧し その各段階の圧力は2分間一定に保ち その間の体積変化を記録する。 こうした測定を繰り返かえて F-11 b 図に示す圧力容積 圧力クリップ曲線図をつくる。 このようにしてこの図を読解して F-11 c 図に示すような(実例 関東ローム)圧力ヒズミ関係図が得られる。 地盤の変形係数Eは弾性理論を応用して プレシオメーターの場合次式である。

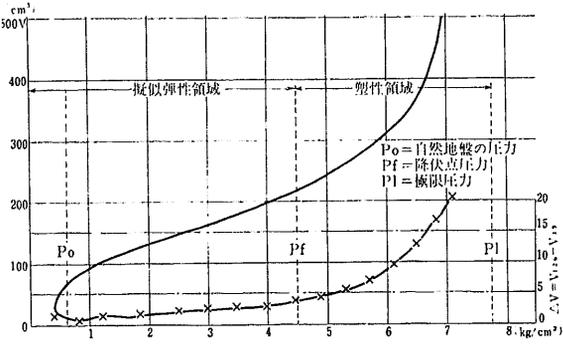
$$E = A \frac{dp}{dv} \dots P-V \text{ 曲線の傾斜}$$

A...セルの幾何学的サイズで表される定数



F-11 a. プレシオメーター

(e) 圧力調整用オートマチックレギュレーター (f) 排水バルブ (g) 注水バルブ (h) 容積計内排気バルブ (i) 主レギュレーターと容積計を結ぶバルブ (j) 送水バルブ (k) 微小容積変化用バルブ (l) ガードセル用圧力メーター内の排気バルブ (m) ガードセル用排気バルブ

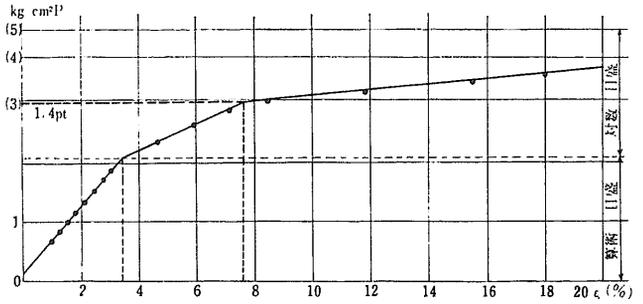


F-11 b. プレシオメーターにより得られた 圧力容積圧力 クリブ

これが成功すれば 関東ローム層に有効に適用できるものと期待している。

地盤の弾性変形

室内実験によらずに 原位置でこれを測定することを念願としている。まず大型載荷試験機がすでに市販されているので これを利用して 45cm²の載荷板に対し油圧ジャッキによる加圧を行ない 荷重量に対する沈下量を測定し 地盤の沈下特性を定量的に知りた。ただ荷重が50t/m²という大きなものを野外で実現したいと考えており その反力に耐え得るクロスビームを考案中である。この装置一式を関東ローム層に適用することができるようになれば 同層の土質力学的性状を究明す

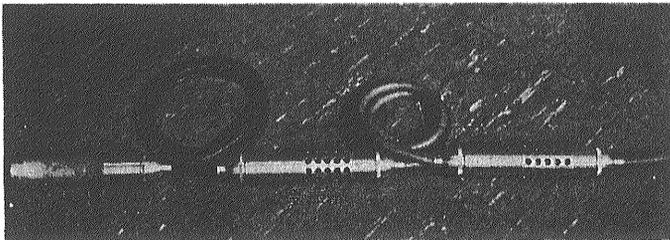


F-11 c. 曲線プレシオメーターによって判明した圧力ヒズミの関係 (関東ローム)

る有力な武器となるであろう。

なおローム層の弾性変形係数 Es を原位置で測定する別の器械として フランスで開発されたプレシオメーターがある。これはボーリング孔内で水平方向に孔壁を圧す力(送水管で計量)を加え その歪(孔径の変化で計測)を測ることにより 任意の深度ごとに Es が測定できるので 関東ロームの深層に向っての未知の分野にメスを入れることが可能となる。

これとよく似た剛性検層器というのものも 最近開発され 市販されている。これはボーリング孔内で超音波を発受させ 孔内の水の音速が孔壁の性質により変化を受ける現象を利用して Es を正確に計測できるから 発受装置を上下に移動させることにより Es の垂直変化を知ることができる。



F-12 a 剛性検層器

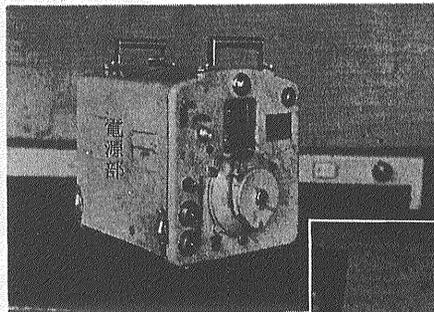
なお上記の両器を使用するに際しては GR 型穿孔機(アースオーガー)によって 試験孔を無水状態で掘るものとする。本機は油圧式の 5 HP 動力を装備し 口径 150mm の孔を10mの深さまで楽に掘ることができる上 車載式なので機動性に富み ローム層の穿孔にはきわめて重要な工具である。

MIN-1125-W型 剛性検層器 (F-12図 参照)

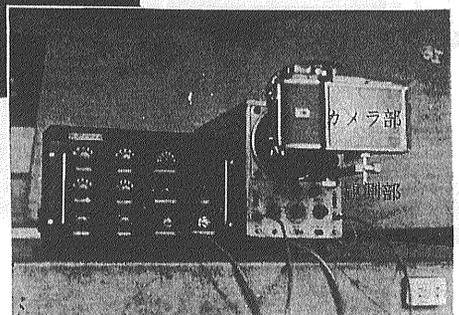
本装置は ボーリング孔周辺における 土質の弾性変形係数 Es を測定するものである。そして各層ごとに測定できる利点がある。また同時に音波速度の測定すなわち速度検層装置としても使用可能である。

本装置はピックアップとしてF-12 a 図に示す発振部(電磁式で衝撃性を発生)と受振部(圧電素子……チタン酸ジルコン酸鉛)とからなる部分と別に測定装置として F-12 c 図のような増幅 観測 カメラおよび F-12 b 図に示す電源部およびコードの各部よりなる簡易携帯式のものである。

弾性変形係数 Es 測定の場合には ボーリング孔中に発振器と受振器2個を挿入し 発振器より発生させた振動が水中を伝播して第一及び第二受振器に到着する時間差を観測して 剛性率を求めるものである。すなわちボーリング孔内の水の音速が孔壁の性質により変化を受ける現象を利用したものである。



F-12 b



F-12 c

$$\mu = \frac{\kappa \left(\frac{v_1}{v} \right)^2}{1 - \left(\frac{v_1}{v} \right)^2}$$

μ ・・・剛性率 κ ・・・水の体積弾性率
 v_1 ・・・ボーリング孔中の水の音速
 v ・・・水の音速

土中水分量および間隙水圧

関東ローム層は 土中水分のあり方が決定的な役割を演じているので ローム中における水分量と水圧の原位置測定を行なわなければ 片手落のそしりを被むる恐れがある。その点について 次のような計画を用意している。

水分量のローム層内原位置測定には 日立式中性子水分計を利用することにして、この器械はすでに鹿島にて実験を行ない なお焼砂を入れたドラム缶に 水を段階的に混ぜて カリブレーションを行なったところ 精度の高い水分測定ができることが判った。そこで関東ロームの土質学的測定に際し その従属的パラメーターである土中水分量の測定を迅速に行なわねばならないので この器械を並行的に使用することとしたい。

またローム層中の水圧も ローム層そのものの性格を左右するほどの重要なパラメーターであるから 同時穿孔の際には 打込式間隙水圧計を以て水圧を測定しておき地盤の安定度の判定に利用するかたわら ローム層の力学的測定値解析の際の重要データとして利用する。

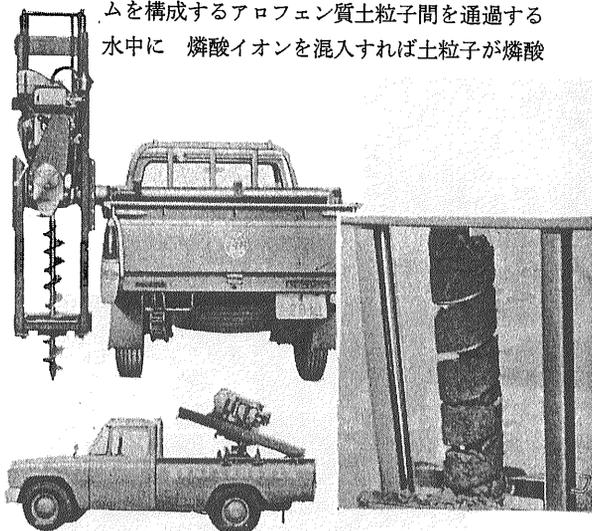
軟弱地盤の化学的処理法

関東ローム層は水を加えて転圧すると 地盤があべこべに弱くなるという奇異な性質があり またやや深層において地下水の存在のもとで 超軟弱層の伏在する場合もある。これらを半永久的に固めてしまうような技術が開発されれば きわめて有益な研究として 高く評価されることであろう。

前章で関東ロームの化学的特性にふれた際に その一つとして 燐酸吸収係数が他の一般沖積粘土の全国的平均値 (682・単位mg/100g) に比べ 3 倍～6 倍に達することを述べておいた。これは要するに関東ロームを構成するアロフェン質土粒子間を通過する水中に 燐酸イオンを混入すれば土粒子が燐酸

イオンを掴まえて離さずもし過剰の燐酸イオンを速かに加えれば 化学変化のために不溶解となる物質を生じ 純化学的作用により土中に固定される。そこで新しい現地試験として 次のようなアイデアを考慮して見た水によく溶ける燐酸一石灰 $[\text{CaH}_4(\text{PO}_4)_2 + \text{H}_2\text{O}]$ が土中の CaCO_3 のために燐酸二石灰 $[\text{Ca}_2\text{H}_2(\text{PO}_4)_2 + 2\text{H}_2\text{O} \cdots \text{有機酸に少し溶けるが 水には溶けにくい}]$ または燐酸三石灰 $[\text{Ca}(\text{PO}_4)] \cdots \text{有機酸にも水にも溶けない}]$ になってしまう化学変化であるから この反応が現地実験で簡単に遂行できれば 軟弱地盤の固化にあるいは役立つかも知れないと考えられる。そこで過燐酸石灰 (前記の一石灰が主成分の市販肥料) を水溶液にしておいて 一定の面積を限りローム層中に圧入する試験を綿密な計画の下に実施し しばらく時日を措いてのち コーンペネトロ法もしくはサウンディング法を以て 地盤強度の変化を実測してみても 地盤固化の効果が顕著なようであれば 軟弱地盤対策研究技術として提唱したい。

なお引続いて 同じ趣向の実験ではあるが クイックライム(生石灰を主成分とする薬液)・アスファルトエマルジョン・アクリル樹脂などを次々に投入することとし 最終的には経済コストの比較にまで持って行き その得失が論じられるような資料をこしらえて見る所存である。このような地盤工学的な実験研究は やはり火山灰土である西南日本のシラスなどにも適用が可能と考えられるから 山崩れなどの対策などに応用して十分な効果を発揮するに至るかも知れない。 (筆者は産業地質課長)



F-13 車載式油圧アースオーガー



F-14 日立式中性子水分計の野外作動状況