

「土の話」

—— その1 粘土について ——

野島 宏 二

今から数年前に土質関係の仕事をしていた時のことです。名古屋の南山大学の建設現場に土質調査の打合せにいきました。その広い敷地ではブルドーザーやダンプカーが整地作業をしているところでした。この付近は名古屋市の東部丘陵地帯であり、近くには名古屋大学、東山動物園があります。そこは比較的ゆるやかな起伏をもつ洪積台地であり、地層は八事層とよばれるやや固結の進んだ粘土・砂・砂礫層がほぼ水平に発達しています。また、このやまつちは全体に風化が進んでいるため赤土（茶色土）となっているのが特色です。

さて、そのとき敷地内の工事事務所にいく道が粘土のひどいぬかるみで困ってしまったことを覚えています。「この数日間雨が降ったことはなかったのだが、はてな？ なぜ雨も降らないのにこのようにぬかった粘土ができたのかな」ということになりました。このことは次のように考えられます。ここの洪積粘土が、ブルドーザーやトラックによりこねかえされた結果、くちゃくちゃの粘土に変化したのだらうと。

たしかにそうだったのです。ここの建築物の基礎粘土をスコップやその他の道具で注意しながら50 cm立方ほどのブロックサンプルとして採取し、これを土質試験室に持ち帰りあらゆる土質試験を実施してみました。このなかに稠度試験というブルドーザーやトラックがこねかえしたと同じ

ような内容の試験があります。その結果はうまく一致していました。すなわち、スコップやつるはしなどで切り取れるほど固結の進んだ固体状の洪積粘土が物理的な力のためその土粒子の組立が破壊され液状を示す粘土（くちゃくちゃの粘土）に変化したのです。

次に、どうしてこのように粘土をこねかえすとその土質力学的性質が変化する



図1. 愛知県知多半島衣浦湾の埋立地

かを含めて、粘土の一般的な性質および力学的性質を述べたいと思います。これについては、道路公団からお借りした東名高速道路の地質調査資料のうち静岡県愛鷹山南麓（沼津市・富士市）の愛鷹ロームの土質柱状図と土質試験結果資料を加えて話を進めていきます。

高校地学の教科書によりますと堆積物の分類は粒径により、礫 $>2\text{ mm}$ 、砂 $2\text{ mm}\sim 1/16\text{ mm}$ 、粘土 $<1/16\text{ mm}$ と示されています。このうち粘土には次のようなおもしろい性質があります。乾燥させると固まって固体になり、自然に存在するときには一般に塑性をしめし、水を加えてこねるとどろどろになって液体に近い状態になるのです。図1をみて下さい。これは愛知県知多半島衣浦湾の埋立地の写真ですが、ここは工事の手ちがいで水のような浮泥が厚く浚渫されてしまっています。さながら底なし沼のようです。ただ岸に近いところの表面粘土のみが乾燥し亀甲状に割れ固体状を呈しているのです。これからも粘土はその含水量の変化で固体 \leftrightarrow 塑性体 \leftrightarrow 液体となることがわかります。

では次に粘土の構成を模式的に示します。その構図は図2のように負に帯電している土粒子があ

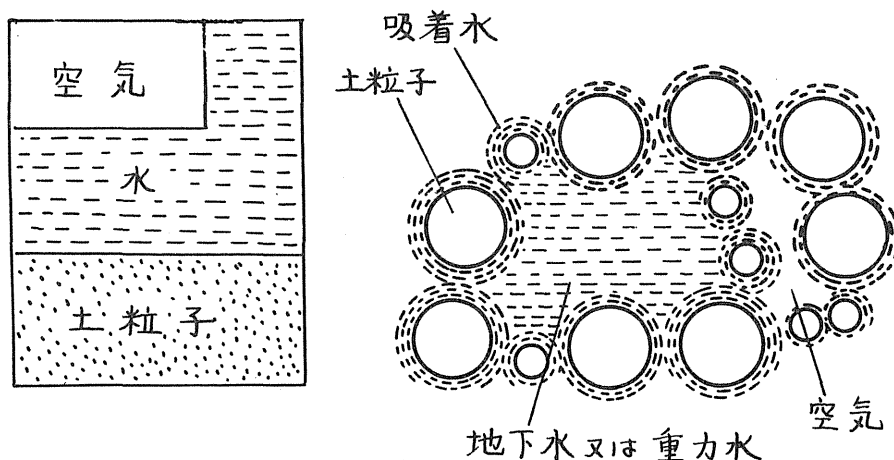


図2. 粘土の構成図

り、そのまわりには吸着水がつき、吸着水がついた土粒子が鎖の輪のようにつながっています。そしてその鎖の輪の中には水または空気が入りこんでいるのです。ですから粘土は土粒子と水ないしは空気から構成されているといえます。自然の粘土のなかには土粒子の重量よりも含まれる水の重量のほうが多いばあいがあります。前述の南山大学敷地の洪積粘土は、こねかえされることにより土粒子の鎖の輪が切れて中の多量の水が外に出てしまい、その水でこねかえされくちゃくちゃの液状粘土になり同時に地耐力を失ってしまったのです。ですから、この粘土の中の水分の量は変化していないこととなります。

また、このことを愛鷹ロームの地質調査のうちのある土質試験結果資料にもとづき説明します。

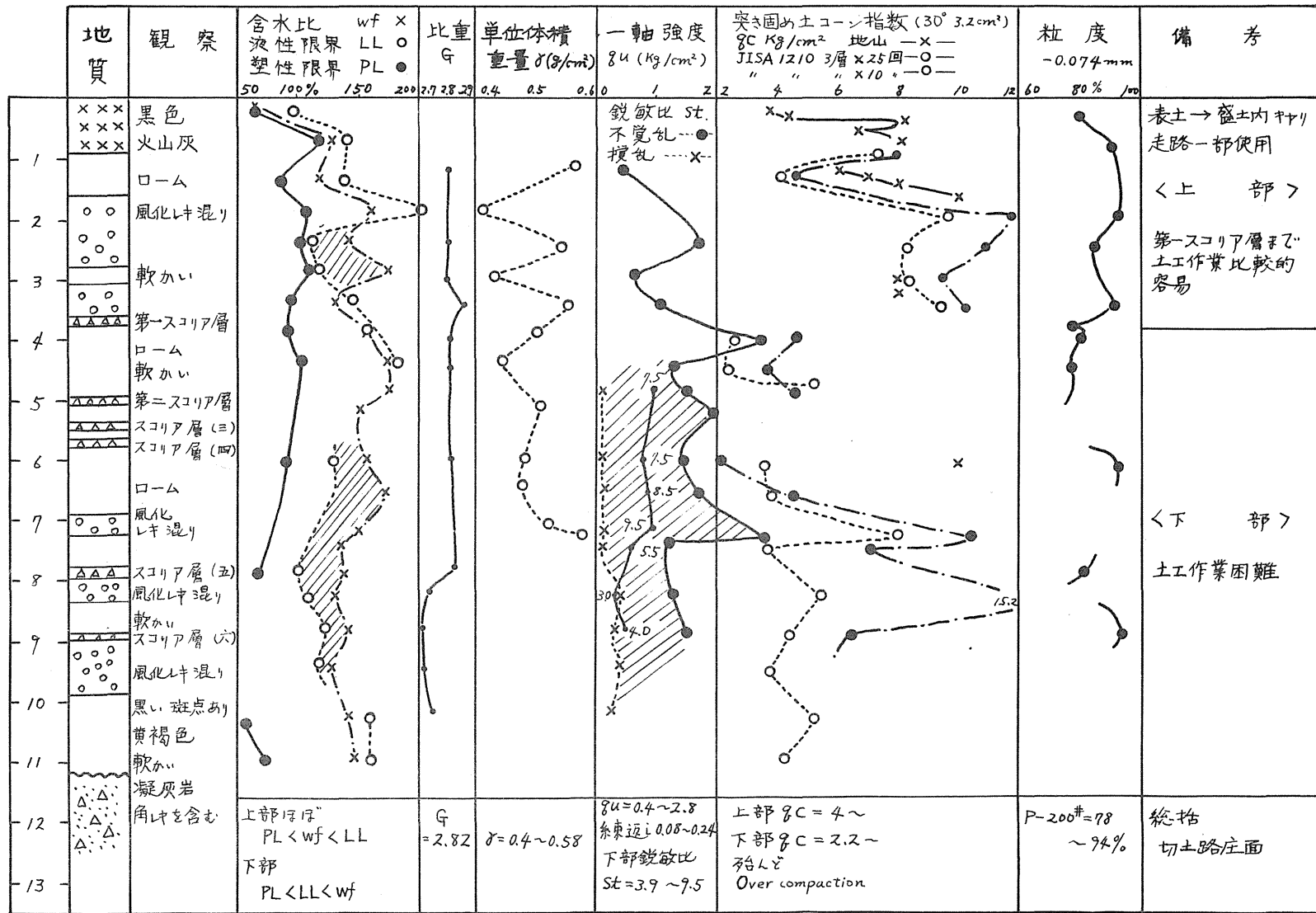


図 3. 東名高速道路愛鷹山地区駿東郡南一色地内 (STA 621) の Testpit における地質柱状図・土壌試験結果 (道路公団)

この資料を得た調査はテストピット方法で井戸状に地中に穴を掘り，そこに人が入って各地層を乱さないように試料をブロック状に採取することと地質柱状図を作成することを目標としたものです。原始的ではありますが，土が乱れることがなくいちばん確実な調査方法です。

愛鷹山南麓には洪積時代の愛鷹山などの火山活動による火山灰層（関東ロームと対比されるもの）が数 m から 10 数 m 厚く堆積しています。この火山灰は，一部スコリア層を含みますが，土の分類からいえば粘土です。ここの東名高速道路工事では，施工に際しこの粘土層のうちのある種の粘土層の始末に大変な苦勞をしたのです。道路公団の人の話では世界一土工作がやりにくい土だそうです。すなわち，この粘土をブルドーザーで切りくずして盛土に使用したばあい土が液状に近くなると同時に地耐力が低下してしまうのです。ですから，施工のときアースなどを間にはさむか，または土を大きくブロック状に切りとるかしてできるかぎり乱さない土のまま盛土に使用したのです。

この地層を図 3 の地質柱状図および土質試験結果からみますと深度 5 ～ 10 m 付近にあたります。まず，自然含水比のところを参照して下さい。130 ～ 170 % と非常に大きい値を示しています。含水比とは土の水の量 / 土の乾燥重量ですから，この粘土は土粒子のみの重さより水のほうが 1.3 ～ 1.7 倍もあるわけです。いかに土粒子間の隙間が大きいかがわかります。このことはこの粘土の単位体積重量が 0.4 ～ 0.6 g (0.4 ～ 0.6 ton / m^3) で普通の粘土 (1.2 ～ 1.5 g / cm^3 前後) に較べてはるかに軽いことからもうなずけます。つまり，これは火山灰由来の粘土鉱物の粒子間の隙間が大きく，そこに水と空気が多量に入っていることを示しています。

今度は一軸圧縮強度の項をみて下さい。乱されてない土は 1.5 Kg / cm^2 (15 ton / m^2) 前後の一方から加えた圧縮力で破壊しますが，乱された土の値は 0.1 Kg / cm^2 (1 ton / m^2) で地耐力の低下がいちじるしくなっています。

次にこの粘土の液化の原因を稠度試験（含水比，塑性限界，液性限界）から説明します。塑性限界，液性限界とは粘土が水の変化により固体 \leftrightarrow 塑性体 \leftrightarrow 液性体と変わる際そのそれぞれの境界の自然含水比をいうのです。ですから，含水比，塑性限界および液性限界の 3 者の関係がその粘土の性質を示すこととなります。まず，新第三紀鮮新世のうち 100 ～ 200 万年前の泥岩などは続成作用のため圧縮が進み，なかの水分がしぼり出されたために，含水比 < 塑性限界 < 液性限界の関係を示してもう固体になっているのです。乱されてもやはり固体です。名古屋駅付近の地下には熱田層とよばれる洪積世末期の地層が発達しています。そこのある工事現場のボーリングおよび土質試験結果資料によりますと，深度 18 m 付近の粘土は塑性限界 (17 %) < 自然含水比 (29 %) < 液性限界 (40 %) と安定した値を示しています。つまり，乱されても液性を示さないこととなります。ところが，29 m 付近の粘土は塑性限界 (18 %) < 液性限界 (43 %) < 自然含水比 (53 %) ですから，乱されれば不安定になることを示しています。前述の愛鷹ロームの粘土は塑性限界 (50 ～ 80 %) < 液性限界 (120 ～ 130 %) < 含水比 (130 ～ 170 %) の値を示し，地表から深度 5 m 間の粘土の安定値 塑性限界 < 自然含水比 < 液性限界 と異なり非常に不安定なことを示しています。何回も書きますけれど，これは，固体 \leftarrow (塑性限界) \rightarrow 塑性 \leftarrow (液性限界) \rightarrow 液性の関係のうち自

然含水比が液性限界をはるかに越しているのです、乱されなければ安定している固体状の粘土も一度乱されれば液性になることを示しているのです。ですから、この土を盛土に使用するとき土工困難となったことがうなずけます。

このことは突き固め土のコーン指数のらんにも示されています。この試験は、道路盛土に際しローラーでどの程度展圧したときいちばん土が締め固まるかを調べるものです。この資料によりますと、突き固めるための打撃を加えれば加えるほどその地耐力が減ずるというオーバー・コンパクション現象が起こっています。なんとも始末の悪い粘土だということがわかります。

次には沖積平野の下の粘土および粘土の圧密などについて述べたいと思います。

(引佐郡三ヶ日高等学校)

交換雑誌の紹介

最近本部にとどいた雑誌は下記のとおりです。読みたい方は本部までお出かけ下さい。

郷土の科学	No. 63 (69-7)	北海道地学教育連絡会
秋田地学	No.12 (68-10)	秋田地学教育学会
平地学同好会会報	No.10 (69-12)	平地学同好会
石と川	No.26 (69-8)	石川県地学教育連絡会
地理学研究報告	X III (69-3)	東教大, 地理学教室
理科教育新聞		日本理科教育協会
大和地学	No. 15 (69-5)	奈良県地学教育研究会
Nature Study	Vol.15, No.9	大阪自然科学研究会
地学教育	22巻 3号 (69-8)	日本地学教育学会
愛媛の地学	No. 6 (69-9)	愛媛地学会
長崎県地学会誌	No.13 (69-8)	長崎県地学会
鹿児島県地学会誌	No.33 (69-9)	鹿児島県地学会
京都地学	No.1 (69-3)	京都地学教育研究会