

### III-119 溶脱作用を受けた関東ロームの土性変化

日本大学・交通工学科 正員 浅川 美利  
 " " " " 〇宮森 建樹

#### I. まえがき

エー水系におけるリーチングの機構、リーチングを受けた粘土の性質の変化、およびリーチング作用を室内で再現するのに電解透析の原理による類似的な方法が用いられることなどについては昨年度の年次講演会にて報告した。今回の報告は、具体的な問題として、「東京レキ層上にある灰色粘土が、その直上の褐色ロームと地質学的に同年代の堆積物であるのに著しく土性を異にする」という青木滋氏(新場大学)の報告をもとにし、その灰色粘土がリーチングを受けた粘土という想定で検討してみた。地下水の浸透する土層あるいは貯水したアースダムが、リーチングを受けることは当然のことであるが、地表からの雨水浸透によってもリーチングされるので、粘性土で造られた一般の土構造物の場合もその影響は考えられ、施工当初の安定条件はその影響を受けて経時的に変化するだろうことが予想される。すなわちリーチングの問題は、地下水の浸透を受けている地盤土だけのことでなく、盛土等一般土構造物の安定を考える場合にも関連性のあることである。

関東ローム層の一部にリーチドクレーがあることを確かめること、リーチングの影響で「いわゆる関東ローム」がどんな土性変化を示すかを目標にして行なった研究である。

#### II. 東京レキ層上に見られるリーチングを受けた関東ローム層

##### II-1. 東京レキ層のすぐ上に存在する灰色粘土の特徴

武蔵野台地においては、地下水面下に関東ローム層(武蔵野ローム層)のあるところがかなり広く分布し、このようなところではもともと褐色である関東ローム層が灰色を呈するところが知られている。このような灰色粘土層とものすぐ上部に存在する褐色の粘性土層の堆積年代は、地質学の立場からはほぼ同一であるといわれているが、これらの粘性土の土質工学的な性質には著しい差異がある。その一例を示すと表-1の通りである。

表-1. 褐色粘性土と灰色粘性土の性質

| 土の種類  | 粒度組成              |                     |                    | w <sub>n</sub><br>(%) | e    | コンシステンシー                      |                               |      | 強さ特性                                 |                                      |                         | C <sub>c</sub> | C <sub>r</sub><br>$\times 10^{-3}(\text{cm}^2/\text{sec})$ | $k$<br>$\times 10^{-7}(\text{cm}^2/\text{sec})$ |
|-------|-------------------|---------------------|--------------------|-----------------------|------|-------------------------------|-------------------------------|------|--------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------|----------------|------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|
|       | 砂分 <sup>(%)</sup> | シルト分 <sup>(%)</sup> | 粘土分 <sup>(%)</sup> |                       |      | w <sub>L</sub> <sup>(%)</sup> | w <sub>p</sub> <sup>(%)</sup> | IL   | $f_u$ <sup>(kg/cm<sup>2</sup>)</sup> | $C_u$ <sup>(kg/cm<sup>2</sup>)</sup> | $\phi_k$ <sup>(°)</sup> |                |                                                            |                                                 |
| 褐色粘性土 | 43                | 35                  | 22                 | 127.6                 | 3.54 | 103.7                         | 76.9                          | 1.89 | 1.04                                 | 0.36                                 | 21                      | 1.3            | 0.17<br>~1.6                                               | 0.46<br>~3.32                                   |
| 灰色粘性土 | 41                | 40                  | 19                 | 118.5                 | 3.28 | 67.2                          | 26.7                          | 2.27 | 0.31                                 | 0.14                                 | 10                      | 0.81           | 2~9                                                        | 0.5<br>~6.12                                    |

また、これらの粘性土の圧密時の安定性を調べるために、 $e-\log p$  の関係を整理したのが図-1の  $IL-\log p$  曲線である。これらの土の採取付近の土層断面を図-2に示した。最上層が褐色の粘性土層であり、レキ層と接する斜線部分が灰色粘土層である。

##### II-2. リーチングを受けた粘土の特徴

リーチングを受けた粘土の特徴として、L. Bjerrum<sup>2)</sup> がノールウェーのクイッククレイについて示したことがらを要約するとつぎの通りである。a) リーチングを受けた粘土の塑性は低下する。

たとえば液性限界は48%から37%に低下している。

b) 液性限界の低下によりこね返した粘土の強さは低下し、鋭敏比が著しく大きくなる。 c) 非排水せん断強さが低下する。 d) 圧縮性が增大する。

これらのリーチングを受けた粘土の特徴を念頭におき表-1を検討してみよう。褐色粘性土と灰色粘性土とは粒度、含水比および間隙比はほとんど等しいが、液性限界、塑性限界は灰色粘土で著しく小さな値を示しており、また一軸圧縮強さおよび三軸圧縮試験の結果も灰色粘土の方が小さな値を示している。

以上の灰色粘土の性質は、褐色粘性土の性質と比較したとき、上記のリーチングを受けた粘土の特徴に合致する点が多く、また堆積状況から見ても灰色粘土は滞水層（東京レキ層）直上に位置し、地下水の浸透を受けていると見られるので、この粘土層がリーチングを受けていると考えることができる。

筆者らは、灰色粘土は褐色粘性土がリーチングを受けることによって変質したものであるという想定に立ち、それを確認するために筆者の1人が考案した電解透析法を利用したリーチング装置を用いてある種の関東ローム（立川ローム）に対してリーチングを行ない、リーチングを受けた関東ロームの土性の変化を追跡してみた。

### Ⅲ. 装置、試料および実験方法

#### Ⅲ-1. 類似的方法（電解透析法）による粘土のリーチングの原理および特徴

電解透析法を利用したリーチングの方法および特徴については、すでに第22回および第24回の土木学会年次学術講演会の講演概要に詳しく述べてあるので、ここでは簡単に説明しておく。

原理：自然界における粘土のリーチングは新鮮な水の浸透による自由水中の塩類および土粒子表面に固着したカチオンの溶脱作用と説明される。電解透析法では、純水を満たした水ソウの中央に粘土供試体を入れ、それに電場を与え電離したイオンを強制移動させると同時に常に新しい純水を供給することによって塩類ヒイオンを溶脱する（図-3参照）。

特徴：a) リーチングを迅速に行ないうる。

b) 電解透析時間を制ぎやすることによって希望するリーチング度が得られる。

c). 粘土の透水性に影響されない。

d). 土粒子の破壊も少ない。

e). 乱されない粘土に対し、任意の鉛直方向条件でリーチングを行ないうる。

#### Ⅲ-2. 装置、試料および実験方法

(1) 装置：電解透析によるリーチング装置の概

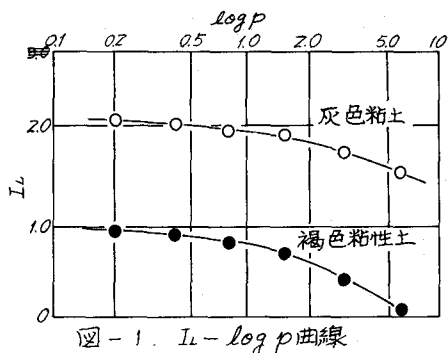


図-1.  $L_L - \log p$  曲線

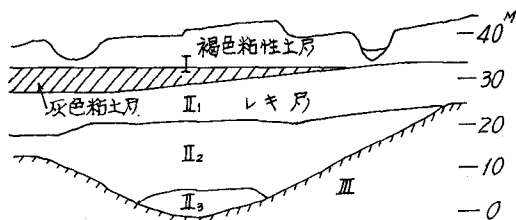


図-2. 土層断面図

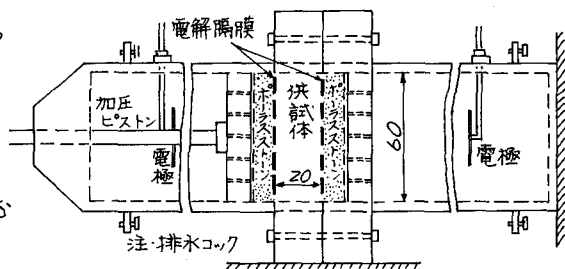


図-3. リーチング装置概略図

略は図-3に示す通りである。この装置は陽室、中室、陰室の三つのチャンバーから成り、中室には全60mmの圧密試体が入り、その両側には極性に依じた特別な電解隔膜が入れてある。陽室、陰室には課電するための白金電極と常に新鮮な蒸留水を供給するための注・排水口が設けてある。

(2) 試料: 実験に用いた関東ロームは江川ローム(千葉県・習志野)で、試料ヒシはつぎの2種類を用意した。

試料A: リーチングを受けた自然状態の関東ロームの土性を調べるための乱さない試料。

試料B: リーチングの影響をよりあきらかに定量するために人為的に処理した試料で、74μフルイ通過分の懸濁液中に水素飽和樹脂(IR-120)を入れ種々のカチオンを取り除いた後に懸濁液が1/2 NになるようにNaClを加え、水分を取り除いたもの。

(3) 実験方法: 電解透析は0.6kg/cm<sup>2</sup>の水平圧密荷重を加えた状態でD.C. 200Vを課電し、指定時間(4, 8, 24, 48, 96および120hr)に達するまで行ない、また通電中にはチャンバー内の水を常に新しい蒸留水と交換した。リーチングを受けた後の土性を調べるために各種の試験を行った。

#### IV. 実験結果と考察

まずにII-2で述べたようにリーチングを受けた粘土はコンシステンシー、強さが著しく低下し、圧縮性が増大する性質を有するので、実験結果も主としてこれらの項目に関して整理した。

IV-1. リーチングに伴なってコンシステンシーがいかに変わるか。

図-4には指定時間電解透析後の試料-Bと、その他の試料のNa<sub>2</sub>OとK<sub>2</sub>Oの変化を示してあり、これから電解透析時間がリーチングの程度を示すひとつの指標になることがわかる。図-5は電解透析時間とコンシステンシーの変化を示したもので、試料-A, Bともに透析時間の増加とともにw<sub>L</sub>, w<sub>P</sub>は低下する傾向を示している。リーチン

グに伴うコンシステンシーの低下の要因としては、他の工学的性質の変化の要因にも関連するが、(a)土粒子表面に吸着するカチオンの種類の変化に伴う吸着水膜の低減および(b)土粒子を取り巻く水分構造の変化と破壊が挙げられる。

IV-2. リーチングに伴なって圧縮性がいかに変わるか。

リーチングを受けた土においては、含水比の変化はほとんどなく、LL, PLが著しく低下するので粘土は不安定化する性質をもっている。図-6には関東ロームの圧密時のIL-log p曲線が示してある。試料-A, Bともにリーチングを受けたものの方が大きなILを示しており、リーチングの影響が如実にわかる。この傾向は図-1に示した灰色粘土と褐色粘性土にも顕著に見られ、灰色粘土が褐色粘性土のリーチングを受けたものであることを示すか

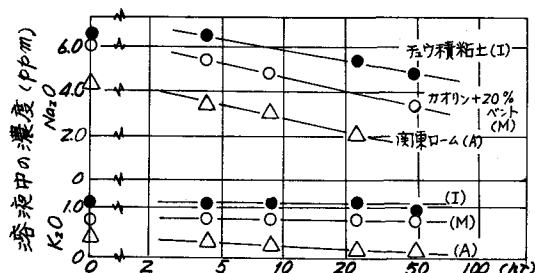


図-4. リーチング時間と溶液中の塩類濃度。

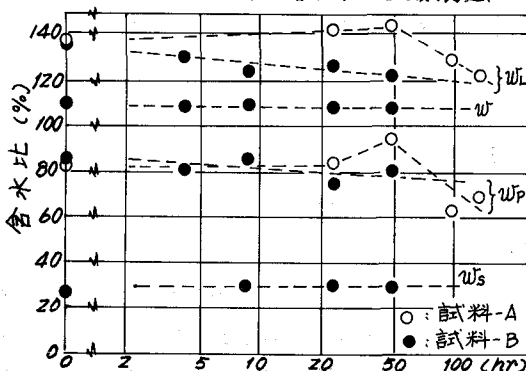


図-5. リーチング時間とコンシステンシーの変化

の根拠となっている。図-7には図-6に示したと同じ供試体の  $m_v$ - $\log \bar{p}$  (平均圧密荷重) の関係を示した。この図から、リーチングを受けた上では圧密荷重が小さいところでは  $m_v$  が大きい、圧密降伏荷重付近から収束する傾向にあり、リーチングを受けることにより荷重が小さい範囲において圧縮性が増大することがわかる。

Ⅱ-3. 透水性、土粒子構造はいかに変わるか。

リーチングを受けた粘土の特性を前述したが、そのほか粘土構造の変化も見逃すことのできない特性のひとつである。透水性の変化と「構造項」の変化を調べた。図-8には  $e^3/(1+e)$  と透水係数(圧密試験から求めた)の関係を示した。リーチングを受けることにより透水性の増大することがわかる。

図-9には Kozeny - Carman の式の  $\sqrt{K_0} \cdot S$  と間隙比の関係を示した。ここに  $K_0$  は毛管形状係数、 $S$  は土粒子の比表面積である。関東ロームにおいてはリーチングを受けることにより  $\sqrt{K_0} \cdot S$  は減少する傾向を示している。また圧密降伏荷重の前後で  $\sqrt{K_0} \cdot S$  の傾向が変化していることもわかる。

#### Ⅶ. むすび

東京、善福寺川周辺の灰色粘土がその直上にある褐色粘性土(武蔵野ローム)のリーチングされたものであるという想定を検討し、各種特性からみてその予想は正しいものであると思える。関東ローム(自然試料と調整試料)がリーチングを受けるときに起る土性変化を類似の方法によってしらべてみた。

#### 参考文献

1) 青木 滋, 「砂並区, 善福寺川流域の地質調査報告」, 都土木技研資料, S-39-4.

2) L. Bjerrum "Engineering Geology of Norwegian Normally-consolidated Marine Clays as related to Settlements of Buildings". Géotech. 1967.

3) 浅川, 他, 第22回年次学術講演会, 4) 浅川, 他, 第24回年次学術講演会.

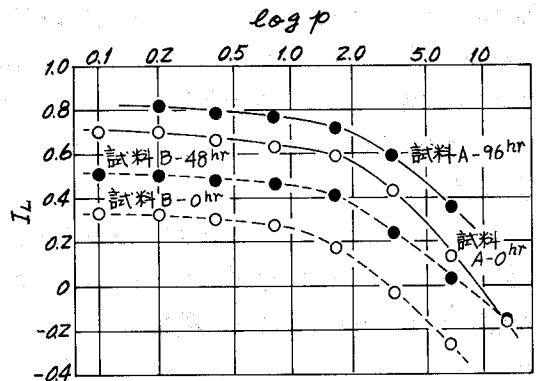


図-6.  $I_L$ - $\log \bar{p}$  曲線

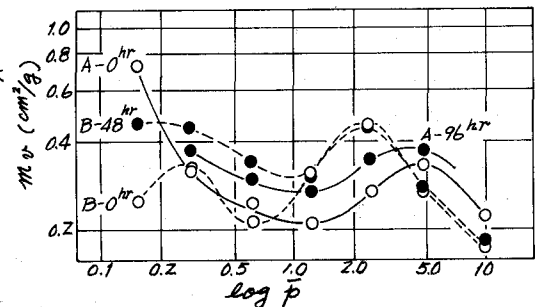


図-7.  $m_v$ - $\log \bar{p}$  の関係

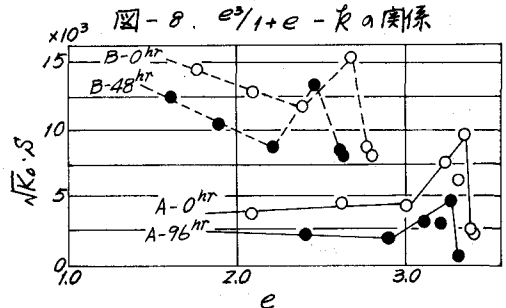
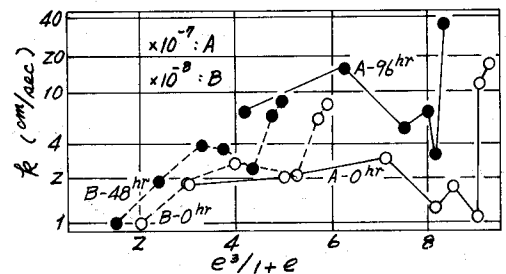


図-9.  $e$ - $\sqrt{K_0} \cdot S$  の関係