

九州大学工学部 正員 山内 豊隆

九州大学工学部 学生員 〇巻 功全

1. まえがき

海水中の塩分濃度の異なる条件において、堆積した粘土粒子の構造は著しく異なってくる¹⁾。すなわち、塩分濃度の低い環境において沈降堆積した粘土粒子は配向構造をなし、高い環境では綿毛構造をなす。粘土の構造形成過程において、土粒子のもつ静電気ポテンシャルが大きな働きをなし、塩分濃度が異なると、静電気ポテンシャルも変化し粘土構造が異なってくる。一方、いわゆる超軟弱粘土ともいうべき高含水比の粘土の自重圧密現象を考えると、圧密以前の土構造の違いにより、違った圧密挙動となすことが考えられる。ここでは、粘土の物理化学的観点から、塩分濃度の違いに間接的に水中の土粒子のもつ界面動電位(ζ電位)を測定し、それが粘土構造および圧密現象におよぼす影響について報告することにする。

2. 試料

博多湾香椎埋立地におけるシャムセフヘドロを用いた。これは緑泥石(クロライト) および海緑石からなり、多量の微粒子を含むシルト質粘土である。埋立時における含水比は200~220%であり、本実験で用いた試料も同程度の含水比か、もしくはそれよりやや低い含水比をもつ。表-1、図-1にその物理的性質を示す。

表-1 試料の物理的性質

粒子の比重	自然含水比	液性限界	塑性限界
2.74	214%	72%	34%

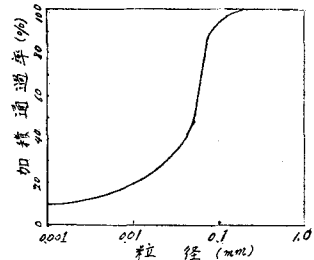


図-1 粒径加電曲線

3. 実験方法

i) 試料を清水で約1ヶ月水洗し、塩分濃度がそれぞれ0.01N, 0.1N, 0.5N, 1.0Nの食塩水および清水中に、同量の試料を入れ十分かく乱した後静置し、沈下量と時間を測定した。ii) 次に0.01N, 0.1N清水中の試料のζ電位を測定した。ζ電位測定のため、Briggs型セルをもつ顕微鏡式ゼータ電位測定装置を用いた²⁾。これは閉じたセル中に一定の電場を加え、負に帯電した土粒子の個々の泳動速度を測定し、式(1)よりζ電位を計算するものである。1回につき10個の粒子の泳動速度を測定し、その平均をとった。

$$\zeta = 9 \times 10^9 \times \frac{4\pi \cdot \eta \cdot K \cdot l}{D \cdot t \cdot i \cdot A} \quad \dots \dots \dots (1)$$

ここで、ζ(mV):ゼータ電位, η(Pa・s):粘性係数, K(Ω⁻¹cm⁻¹):比電導度, l(cm):泳動距離, D(無次元):誘電定数, t(sec):lの距離を泳動するのに要した時間, i(μA):セルに流れた電流, A(cm²):セル断面積である。iii) 圧密試験における供試体は、特殊なサンプラーで採取したすかぐ乱試料を、普通の圧密試験器の試料リングに静かに流し込んだものである。乱した試料も同様である。試料採取日は昭和46年6~7月と昭和47年3月の2回である。iv) 埋立地のヘドロ中の塩分濃度は、ほぼ1ヶ月間隔で現場試料

を採取し、円心分離機にかけ分離した間げき水中の塩分量(CL)を求め、Krusden の式を修正した[S]= $1.80655 \times [CL]$ により塩分量[S]を求めた。

4. 結果および考察

図-2は1)の試験結果得られたものである。初期の含水比は58.4%と非常に大きく、沈降と圧密の区別が不明確であるが、このような状態も一応圧密と考えるので、ここでは約1日以後の沈下について考察する。図-2から明らかなことは、間げき水中の塩濃度が小さいほど、自重圧密による沈下量が大きく、より長い時間になつて沈下が進むということである。圧密沈下は土の骨格構造の変化として捕えられるが、土構造を形成する要因として土粒子の界面電気現象があげられる。Gouy-Chapmanの式よりカクオンイオン濃度の拡散二重層におよぼす影響について式(2)が与えられる。すなわち、濃度および原子価が小さくなると拡散二重層の構造が変わり、より広がった状態となる。表-2に示した電位の値より、拡散二重層の構造

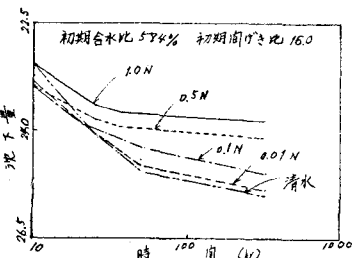


図-2 塩濃度の異なる溶液における時間沈下曲線

表-2 ヘドロ粒子の電位

塩濃度(N)	0.01	0.1	純水
電位(mV)	3.11	0.35	15.0

$$n_1 = n_0 \coth \left(\frac{x}{2} \sqrt{\frac{8\pi e^2 \epsilon^2 C_0 N}{\epsilon k T}} \right) \quad (2)$$

の一部が推定できるが、濃度の大きな間げき水中の土粒子の持つ電位が小さくでていることは、上記の理論と一致している。電位が小さいと反発力が小さくなり、粒子相互間の距離も小さくなることから、土粒子は綿毛化すると考えられ、自重圧密による沈下量が小さくでるものと思われる。また、低濃度の間げき水を有する土の圧密終了時間が遅れるのは、その土が配向構造をもつことから、土粒子相互間の距離がより長時間になつて縮められるためと考えられる。

1)の試験より得られた図-3は、埋立地のヘドロの間げき水中の塩分量が雨水等により溶解されて徐々に減少していく事を示している。図-4は現場のヘドロの圧密試験結果であるが、7ヶ月後の圧縮指数がやや大きくなっている。図-3と図-4の試料採取位置は完全に同じではないが、同一の埋立地内であるから、これは塩分濃度の減少から生じた土構造の違いに起因していると思われる。すなわち、一定荷重に対する両者の間げきの変化率は、綿毛構造の場合が、粒子間接点数が多く、かつその点におけるエネルギー消費が大なることから圧縮指数が小さくでるものと思われる。

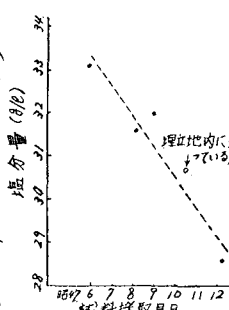


図-3 埋立地ヘドロ中の塩分濃度変化 (福岡市若尾埋立地)

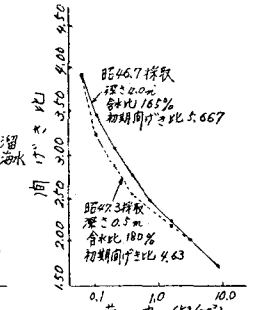


図-4 埋立地ヘドロの間げき圧密荷重曲線

5. おわりに

埋立地のヘドロのような超軟弱粘土の圧密において、間げき水の塩分濃度の違いにより、異なった土構造が形成され、それが圧縮指数に影響してくることがわかった。埋立土工として用いられた海成粘土の塩分濃度を低下させることによって、自重圧密量を増大させることが予測される。

6. 参考文献

- 1) 山内重昭(1953);いわゆるヘドロの特性について(その1), 九大工学集報, vol.26, No.1.
- 2) 上田鶴夫, 渡辺昌; 実験化学講座7, 第9章 界面電気現象, 日本科学会編,
- 3) 三笠正人; 軟弱粘土の圧密, 鹿島出版会,