

洪積粘土の長期圧密沈下特性に関する実験的研究

京都大学工学部 嘉門雅史
 京都大学大学院 曾我健一
 同上 ○土居史和

1. 研究目的

大阪湾の沿岸部では増大する土地需要をまかなうため、埋立による土地造成が行われているが、埋立対象地域の水深が10m~15mとなるに従って、長期にわたる地盤沈下が問題となってきた。本研究では、圧密降伏応力近傍付近の埋立土荷重による洪積粘土層の長期圧密沈下特性の解明を目的とした。そこで埋立地のボーリング試料を用いて長期圧密試験を行うことにより、埋立に伴う長期圧密沈下挙動を検討した。埋立の過程として、まず沖積粘土上にO. P. -7.64mからO. P. +2mまで埋立てられた後、O. P. +5mまで埋立てられるとした。なお土質柱状図を図1に示す。沖積粘土層は正規圧密状態であるが、洪積粘土層は載荷による応力増加によっても正規圧密領域とはならない。OCR=1.1~1.7程度である。

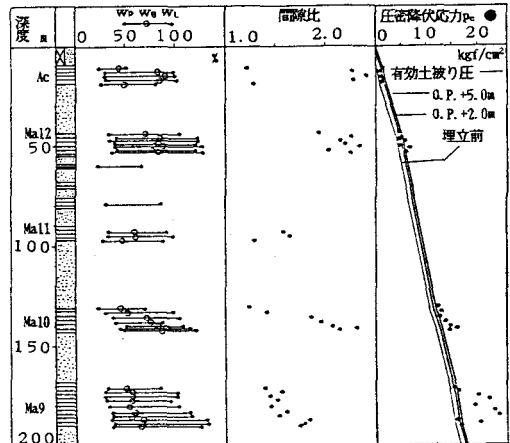


図1 土質柱状図

2. 実験方法

実験に用いた試料は、Ac層から (G. L. -17.50m~-17.70m・G. L. -17.90m~-18.10m)、Ma12層から (G. L. -48.20m~-48.70m)、Ma10層から (G. L. -140.28m~-140.48m)、Ma9層から (G. L. -175.25m~-175.45m) 採取した。表1に試料の物理的特性を示す。圧密器は側方拘束型であるが、内面がシリコンオイル加工された圧密リングを用いシリコンオイルを塗って、周

表1 試料の物理定数

試料	Ac	Ma12	Ma10	Ma9
w _L (%)	102.3	116.8	138.4	97.8
w _P (%)	39.4	41.4	56.3	40.7
I _p	62.9	75.4	82.1	57.1
w _a (%)	75.6	77.6	80.3	55.6
G _s	2.683	2.615	2.513	2.678
P _c (kgf/cm ²)	0.6	4.5	13.0	21.0
P _s (kgf/cm ²)	0.8	3.6	11.7	14.8

面摩擦の影響をできるだけ少なくした。また紙の代わりに厚さ20μmのナイロンメッシュを用いた。長期圧密荷重はO. P. +2mとO. P. +5mまで埋立てた時に相当する土被り圧とp_c以上の正規圧密状態となる荷重の計3種類を行う。繰返し長

表2 繰返し長期圧密試験条件

期圧密試験の載荷条件を表2に示す。なおMa11層は砂混りであったために、圧密試験用試料を採取できなかった。

粘土層	載荷時間	上載荷重 (kgf/cm ²)	試験条件
Ac	7日 (長期圧密期間) 120分 (その他)	0.1→0.8 (ΔP/P=1) -[除荷]- →0.1→0.8 (ΔP/P=1)	瞬時載荷 → 長期圧密 (1.7・2.1・3.2)
Ma12	7日 (長期圧密期間) 60分 (その他)	0.1→1.6 (ΔP/P=1) →3.6 [除荷]- →0.1→1.6 (ΔP/P=1) →3.6	瞬時載荷 → 長期圧密 (4.5・5.0・6.4)
Ma10	7日 (長期圧密期間) 60分 (その他)	0.1→6.4 (ΔP/P=1) →11.7 [除荷]- →0.1→6.4 (ΔP/P=1) →11.7	瞬時載荷 → 長期圧密 (12.5・13.0・16.5)
Ma9	7日 (長期圧密期間) 60分 (その他)	0.1→6.4 (ΔP/P=1) →14.8 [除荷]- →0.1→6.4 (ΔP/P=1) →14.8	瞬時載荷 → 長期圧密 (15.7・16.2・32.6)

3. 実験結果および考察

代表例としてMa10層粘土の結果を述べる。図2は、実験から求めたひずみ速度 $\dot{\epsilon}$ と時間 t の関係を示している。これらの $t=t_0 \sim 1440$ minの領域で線形回帰した結果を表3に示し、図3に図示した。この図において、傾きが-1であれば $C\alpha$ は時間と関係なく一定であることを意味しており、その値は $t=1$ での $\dot{\epsilon}$ の値と比例関係にある。傾きが-1よりも大きい場合は時間とともに $C\alpha$ は増加し、逆に傾きが-1よりも小さい場合は時間とともに

Masashi KAMON, Kenichi SOGA, Fumikazu DOI

に $C\alpha$ は減少する。長期圧密荷重が 16.5kgf/cm^2 の場合はMa10層粘土が正規圧密状態にあり圧密開始後1440minでのひずみ速度(図上の黒丸印)の点を通り傾きが-1の直線を、正規圧密領域へ移行後の粘土のひずみ速度と時間の関係と仮定し、表3にこの方程式を付記する。正規圧密領域では、この直線に沿って二次圧密が進行するものとする。

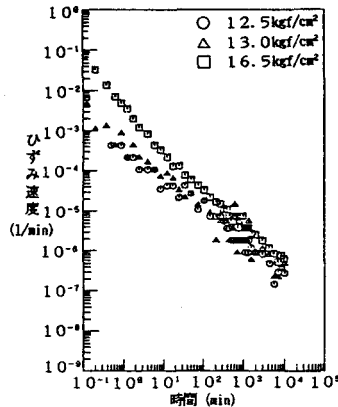


図2 Ma10層粘土の長期圧密中の $\log \dot{\epsilon} \sim \log t$ 関係

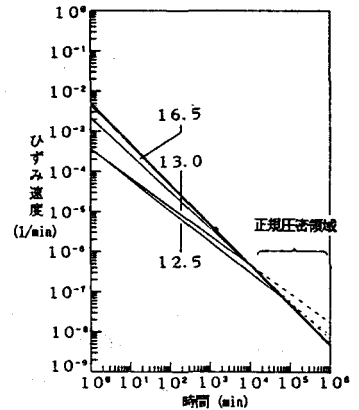


図3 Ma10層粘土の $\log \dot{\epsilon} \sim \log t$ 関係の線形回帰結果

従来の沈下の予測方法では、層厚二乗則を一次圧密だけでなく、二次圧密にも適用している(室内試験の沈下曲線を平行移動する)が、過剰間隙水圧が発生しないにもかかわらず二次圧密に層厚二乗則を用いるのは、矛盾がある。また網干らは、層厚を変えた一次元圧密試験を行い、二次圧密中の勾配は、層厚によらず同一に近いことを指摘している¹⁾。つまり一次圧密中の沈下は層厚二乗則に従うが、二次圧密中の沈下は層厚によらず同じ時間において同じひずみ速度を持っている。本研究では、一次圧密については、従来どおりに層厚二乗則を用い、二次圧密については、現場でのひずみ速度が一次圧密終了時点の室内実験から予想されるひずみ速度と同様であるとして算定する。言いかえると層厚一乗則が成立しているとして計算を行う。具体的には、線形回帰式の傾きが-1よりも小さい場合は、正規圧密領域での式を用いる。一方、線形回帰式の傾きが-1よりも大きい場合は、正規圧密領域での式と交差する点まで線形回帰式を用い、交差後は、正規圧密領域での式を用いる。なお、二次圧密の開始時刻は $t=t_{90}$ としている。

表3 ひずみ速度-時間関係

長期圧密荷重	線形回帰結果
12.5kgf/cm^2	$\log \dot{\epsilon} = -3.44 - 0.771 \times \log t$
13.0kgf/cm^2	$\log \dot{\epsilon} = -3.43 - 0.722 \times \log t$
16.5kgf/cm^2	$\log \dot{\epsilon} = -2.66 - 0.917 \times \log t$
	正規圧密領域での方程式
	$\log \dot{\epsilon} = -2.29 - \log t$

このようにして求められた沖積・洪積粘土層の全沈下量は、O.P. -7.64mからO.P. +2mまで埋立てたときでは、

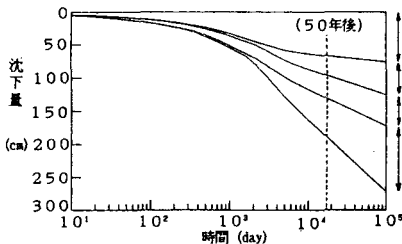


図4 O.P.+2mまで埋立てた際のAc層～Ma9層の沈下量

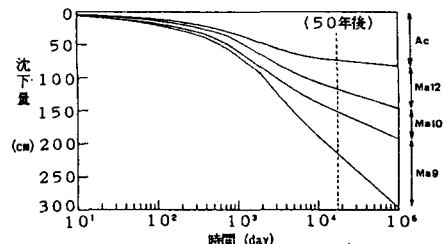


図5 O.P.+5mまで埋立てた際のAc層～Ma9層の沈下量

埋立てたときでは、

図5のように。Ma9層粘土の沈下を無視しているにもかかわらず、沖積・洪積粘土層の沈下量は約50年でO.P. +2mまで埋立てた際には約190cm、O.P. +5mまで埋立てた際には約215cm沈下することが予想される。

4. 結論

以上のことから過圧密比(OCR)が1～1.3程度の擬似過圧密粘土は、時間とともに正規圧密領域の二次圧密挙動に近づき、また、全沈下量も従来の方法で求めたものよりも、かなり大きくなることが予想される。近年は埋立時期と、埋立地盤上への構造物の建設時期がほとんど同時となる状況が各地でみられ、構造物完成後の沈下に対する慎重な配慮が以前より一層求められるものである。

参考文献

- 1) 網干寿夫、松田博：粘土の二次圧密と沈下解析、土と基礎、Vol. 29, No. 3, pp. 19-24, 1981.