

埋立人工島の残留側方変形について

大阪大学工学部 正 会 員 松井 保 阿部 信晴
 大阪大学大学院 学生会員 ○中谷 浩一 大野 真一

1. まえがき 埋め立てによる土地造成は、海洋空間の有効利用のためこれまでも盛んに行なわれてきており、今後もさらに大規模な埋立人工島の建設が予定されている。しかし、最近埋立人工島の不等沈下・側方変形に起因する構造物被害が報告されており、埋立人工島の残留変形挙動の解明とその予測が重要な問題となってきている。筆者らは、埋立人工島の残留変形挙動を把握するために一連の数値解析を行なっているが、本報告は、そのうち洪積層の圧縮性を考慮した圧密変形解析と、これまでの解析結果より明らかとなった側方変形の特性に着目し、その簡易予測手法について検討している。なお、本報告では側方変位・沈下量は埋立終了後に生じる残留変位を意味している。

2. 埋立人工島の圧密変形解析 解析対象モデル地盤を図-1に示す。海底地盤は厚さ44mの洪積粘土層、6mの洪積砂層、24mの沖積粘土層から構成されており、護岸下部はサンドドレーン工法によって地盤改良が行なわれている。そして護岸築造後、一般土砂によって深さ9mの埋立が順次等厚で施工されるものとする。洪積粘土と沖積粘土は弾塑性体とし、他は弾性体と仮定している。これらの材料定数を表-1に示す。サンドドレーン改良部については、サンドドレーンの圧密促進効果のみを考慮し、透水係数のみを変化させることにより評価している。解析は実際の造成過程を考慮し、サンドドレーン打設後の盛砂工、捨石工、ケーソン据付工、埋立工と一連の施工順序に従って行なわれている。なお、解析手法および弾塑性モデルについては文献¹⁾を参照されたい。

3. 解析結果と考察 図-2は、それぞれ埋立地盤表面、海底地盤面および洪積砂層上面の側方変位と沈下量を示している。海底地盤面では圧密の進行に伴って地盤改良域と非改良域における沈下量の差が大きくなり、改良・非改良域境界より少し陸側で沈下勾配が最大となることがわかる。この沈下性状のため埋立地盤表面では陸側の側方変位が生じ、その最大値は護岸より陸側で生じている。また、洪積砂層上面では側方変位・沈下量ともに小さく、残留変形は

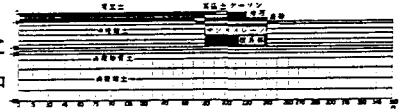


図-1

表-1

洪積粘土	圧縮指数	0.5
	割断指数	0.02
	割断力比	1.4
	割断比	1.7 ($p' = 1.0 \text{ tf/m}^2$)
	許容土圧係数	0.6
	透水係数	$0.5 \times 10^{-11} \text{ m/day}$
洪積砂質土	透水係数	6.0 tf/m^2
	透水係数	$0.5 \times 10^{-11} \text{ m/day}$
	水中単位体積重量	1.0 tf/m^3
沖積粘土	圧縮指数	0.4
	割断指数	0.05
	割断力比	1.4
	割断比	1.8 ($p' = 1.0 \text{ tf/m}^2$)
	許容土圧係数	0.5
	透水係数	$0.5 \times 10^{-11} \text{ m/day}$
サンドドレーン改良部	透水係数	$0.325 \times 10^{-11} \text{ m/day}$
	他の定数は沖積粘土と同じ	
埋立土	割断指数	8.0 tf/m^2
	透水係数	$0.1 \times 10^{-11} \text{ m/day}$
	水中単位体積重量	0.4 tf/m^3
良砂	割断指数	5.0 tf/m^2
	透水係数	$0.5 \times 10^{-11} \text{ m/day}$
	水中単位体積重量	0.8 tf/m^3
捨石	割断指数	16.0 tf/m^2
	透水係数	5.0 m/day
	水中単位体積重量	1.0 tf/m^3
真砂土	割断指数	5.0 tf/m^2
	透水係数	$0.5 \times 10^{-11} \text{ m/day}$
	水中単位体積重量	0.8 tf/m^3
ケーソン	割断指数	8.0 tf/m^2
	水中単位体積重量	1.0 tf/m^3

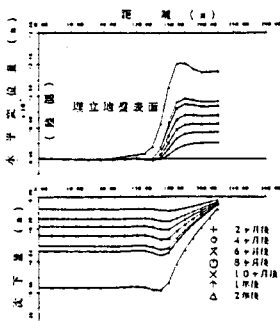


図-2 (a)

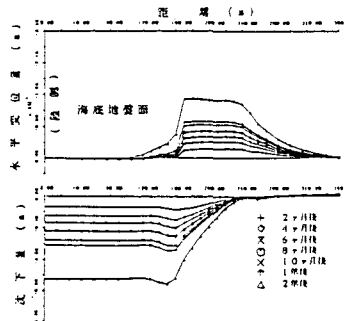


図-2 (b)

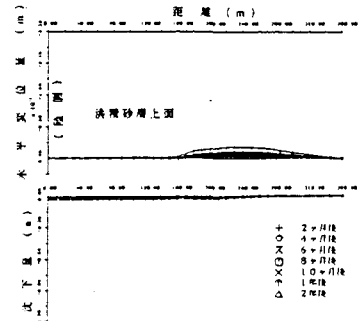


図-2 (c)

ほとんど生じていない。これは、埋立層厚が9mと荷重的にみて小さいため洪積層が埋立終了2年後の時点でまだ正規圧密領域に入っていないことが原因と考えられる。図-3は側方変位と沈下勾配を示している。埋立地盤表面と海底地盤面の沈下勾配はほぼ一致

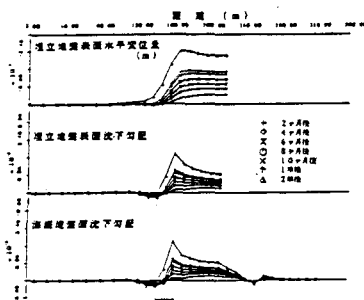


図-3

しており、埋立地盤表面の側方変位は沈下勾配が最大となる点の近傍で最大値をとることがわかる。図-4は高村²⁾によって示された埋立地盤表面における残留変位の実測結果であるが、解析結果と同様の傾向が認められる。図-5は深さ方向の側方変位分布を示したものである。改良域では埋立土・海底地盤ともに陸側への側方変位が生じているのに対して、改良域に近い非改良域では海底地盤、特に沖積層において海側への側方変位が生じており、複雑な変形挙動を呈していることがわかる。これまでの解析結果から、側方変位と沈下勾配の間には強い相関性があり、予測手法を考えるうえで沈下勾配が重要なファクターであることがわかっている。沈下勾配から側方変位を求める予測手法にLee³⁾が提案している手法がある。

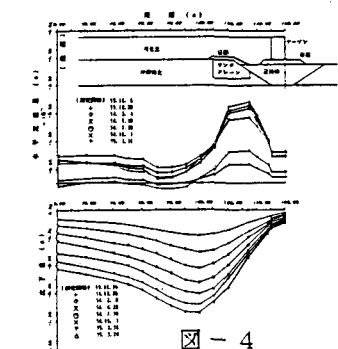


図-4

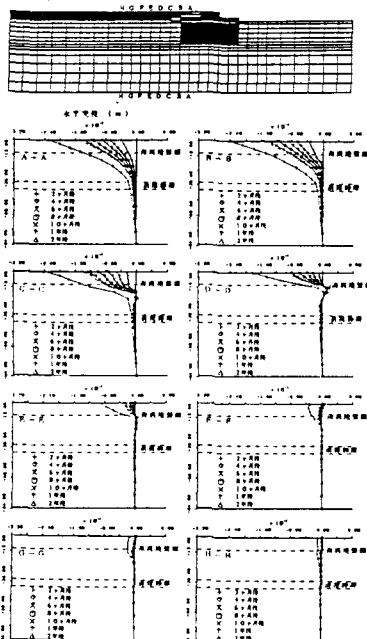


図-5

Leeは層厚Hの堅い土の層を想定し、その最下部が側方に変位しないとして沈下勾配 α で変形するとき、地表面での水平変位量 m が $m = KH\alpha$ で求められるとしている。ここで、Kはせん断の影響を示す係数である。これを今回の解析結果にあてはめて、解析結果と比較したものが図-6である。埋立中央部では一致しているが、護岸付近では大きく異なっている。これはLeeの予測手法が、層厚Hの最下部で側方に変位しないことを前提にしているのに対して、解析では海底地盤面に側方変位が生じていることが原因と考えられる。そこで、図-6の予測手法で計算したものに海底地盤で生じている側方変位を加えて、解析結果と比較したものが図-7である。ほとんどの地点で、両者はよく合致している。

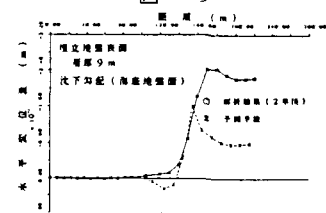


図-6

4. まとめ 洪積層の圧縮性を考慮した解析においても側方変位と沈下勾配は密接な関係があるといえる。また、簡易予測手法については今回はアプローチを示したに過ぎないが、海底地盤面の側方変位が予測できれば、かなり近い値が求められることが判明した。そのため今後、海底地盤面における側方変位の予測についても考えていく必要がある。

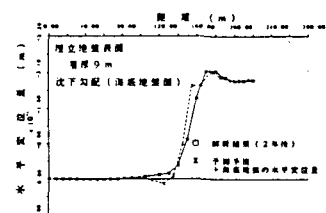


図-7

【参考文献】1) Matsui & Abe: Multi-Dimensional Elasto-Plastic Consolidation Analysis by Finite Element Method, Soils and Foundations, Vol. 21, No. 1, 1981. 2) 高村靖: 埋立地盤の側方変位と構造物に及ぼす影響, 土質工学会関西支部講話会資料, 1986. 3) Kenneth L. Lee & C. K. Shen: HORIZONTAL MOVEMENTS RELATED TO SUBSIDENCE, Journal of the Soil Mechanics and Foundations Division, ASCE, 1969