

地盤沈下に及ぼす地下水位変動の平滑化の影響

佐賀大学 理工学部 学○中野 純平
正 坂井 晃

1. まえがき

佐賀平野のような、軟弱な沖積粘土層が厚く堆積している地盤沈下地帯では、地下水揚水に伴う季節的な地下水位変動によって生じる広域地盤沈下が問題となっている。またその沈下特性は、静的な荷重によって生じる沈下特性と異なり、繰返し効果によって沈下が進行していくことが知られている。本解析では、地下水位変動を受ける佐賀平野を対象に有限要素法による繰返し一次元圧密解析を行い、地下水位変動の平滑化による沈下への影響について検討した。

2. 解析手法と解析条件

本解析は、Terzaghiの一次元圧密方程式を基本に用いたもので、載荷時と除荷時の体積圧縮係数及び圧密係数の比 m_{vs}/m_v 、 c_{vs}/c_v を任意に設定することによって繰返し荷重下における沈下と過剰間隙水圧を算出している。ただし、体積圧縮係数は有効応力と間隙比の関数 $m_v=0.434c_c/(1+e)\sigma'$ を用いた。繰返し圧密に伴う長期的な沈下を表現するために、過圧密状態における再載荷時の体積圧縮係数比 m_{vs}/m_v を実測値との比較によって決定し、その値を用いて地下水位の位置及び変動幅の影響について解析的検討を行った。

解析地盤は図-1に示す佐賀平野(白石地区)の沖積粘土層(1.4~23.4m)であり、この地区より採取した有明粘土の標準圧密試験結果より表-1に示す解析設定値を定めた。深さ3.6m~23.4mの有明粘土層を第一層と第二層にそれぞれ分割し、上下排水条件のもとで、有限要素法を用いた繰返し一次元圧密解析を行った。

透水系数は、載荷時と除荷時の値が等しいものとし、 $m_{vs}/m_v=0.3$ 、 $c_{vs}/c_v=3.33$ とした。過圧密状態における再載荷時の体積圧縮係数比は0.3~0.54の範囲の間で変化させた。

図-2は本解析に用いた地下水位変動であり、夏に地下水位が低下し、冬に回復する1年周期を示している。解析開始時点の昭和52年6月の地下水位位置は3.6mであり、初期の2年間を除けばそ

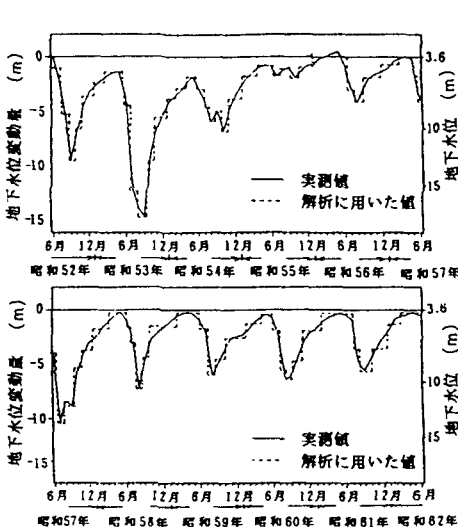


図-2 地下水位変動量(観測井(有明D-1))
(昭和52年6月~昭和62年6月)

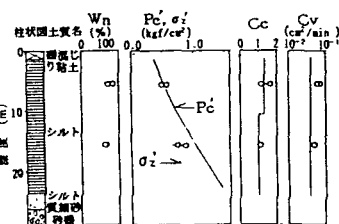


図-1 解析地盤の地盤特性

	第一層	第二層
深度	3.6~10.0m	10.0~23.4m
圧縮指数 c_c	1.300	1.000
静的圧縮時 圧密係数 c_{vs}	86 cm ² /day	86 cm ² /day
繰返し圧密時 圧密係数 c_v	0.1 c_{vs}	0.1 c_{vs}
初期間隙比 e_0	3.50	3.00
m_{vs}/m_v (初期値)	0.3	
c_{vs}/c_v (初期値)	3.33	
過圧密状態における 再載荷時 m_{vs}/m_v	0.3 ~ 0.54	
計算時間刻み	1.0 day	
分割要素数	16	30

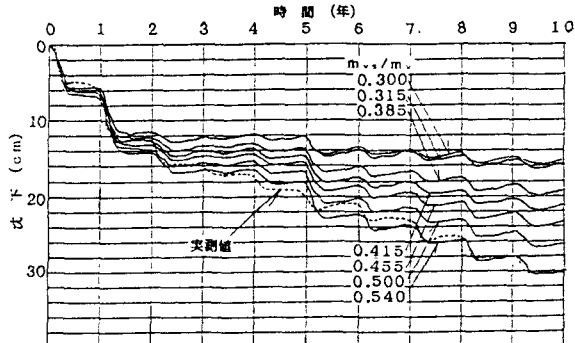


図-3 地表面に於ける沈下曲線 (m_{vs}/m_v 変化)

れ以降の10年間はほぼ同じ水位の高さまで回復している。

3. 解析結果及び考察

(1) 沈下に及ぼす体積圧縮係数比 m_{vs}/m_v の影響

図-3は、各 m_{vs}/m_v を用いたときの地表面の沈下曲線を比較したものである。沈下の傾向は、全体的に見て地下水位低下が激しい最初の2年間に大きな沈下を示しているが、その後の沈下の変動は、初期の約半分程度の地下水位変動を受けているにもかかわらず小さな値を示している。この図より過圧密領域における再載荷時の体積圧縮係数比の値が大きくなるほど沈下量も大きくなっているが、これら沈下場合への影響を明らかにするために、解析年数6年目から10年目の年間平均沈下量を各 m_{vs}/m_v ごとにプロットしたものが、図-4である。実測による年間平均沈下量は1.9cmであり、この値は沖積層の有明粘土層だけでなく厚く堆積している洪積層の沈下も含んでいるが、有明粘土層の沈下は、洪積層を含めた沈下全体の5割程度であると推定されている。したがって、有明粘土層の年間平均沈下量は実測値の約半分にあたる0.95cm程度と考えられ、そのときの m_{vs}/m_v の値は約0.4に相当していることが分かる。

(2) 地下水位のレベル・変動幅の影響

(1)の結果より過圧密領域における再載荷時の体積圧縮係数比 $m_{vs}/m_v=0.4$ と設定し、図-5に示すモデル波形を用いて、地下水位のレベル(1.4~5m)・変動幅(1~6m)の影響について検討した。地盤内の初期水位レベルは3.6mを基準とする。図-6は、その結果であり、水位位置3.6mを基準に水位を上昇させた場合、沈下量は僅かながら大きくなるものの大きな差異は見られないが、地下水位位置が低下した場合には沈下量は大きくなっている。

一方、初期水位3.6mのもとで水位変動幅が大きくなると沈下量も大きくなり、初期水位レベルの影響よりも沈下に及ぼす影響は大きいことが分かる。単年当りの沈下量のコンター図を図-7に示す。これらを見ても分かるように基準とした初期水位3.6mより水位を上昇させてもそれほど沈下に影響はなく、水位変動幅を小さくすることによって、より効果的な沈下低減が可能である。

4. おとがき

以上なことから、季節的な地下水位変動による地盤沈下は、地下水位変動幅の影響を大きく受けることが分かった。今後、地下水位の変動パターンについても検討していく予定である。

なお、これらの研究成果は、環境庁水質保全局の委託研究によって実施した成果の一部である。

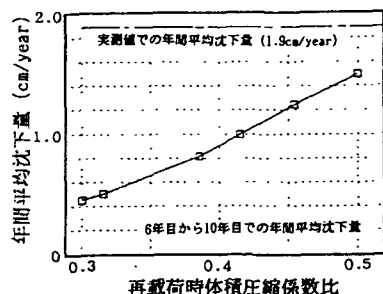


図-4 地表面の沈下曲線に及ぼす再載荷時体積圧縮係数比の影響

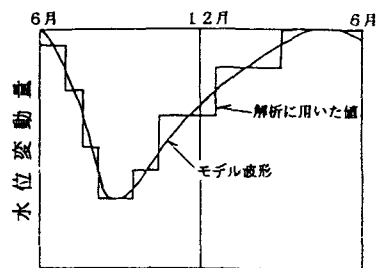


図-5 平滑化に用いた1年分のモデル波形

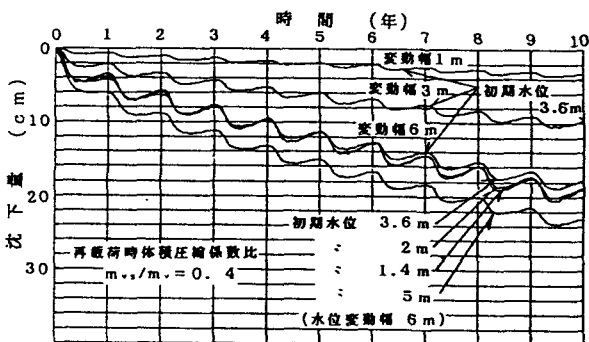


図-6 地表面の沈下曲線に及ぼす水位変動幅及び水位位置の違いの影響

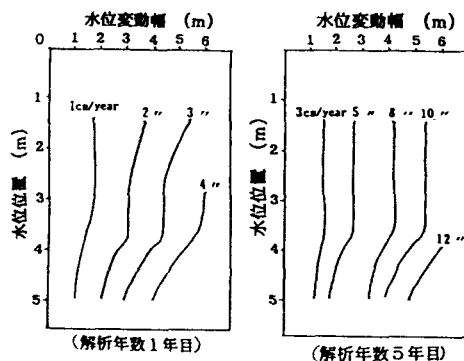


図-7 単位年当りのコンター図