

小規模建築物の地盤における不同沈下のリスク評価技術の研究(その3:長期載荷試験)

小規模建築物 長期載荷試験 造成宅地地盤
圧縮沈下 圧密沈下

正会員 ○渡辺 佳勝*1 同 二川 和貴*2
同 高田 徹*3 同 佐々木 修平*4
同 酒匂 教明*5 同 若井 明彦*6

1. はじめに

小規模建築物の沈下事故は、約7割が造成地盤にて発生している。沈下事故がなくなる原因は、SWS 試験結果から支持力評価だけを行って、沈下リスクを予見出来ていないことが要因と考えられる。造成地盤における沈下リスクの大半は、盛土地盤や埋土地盤の圧密沈下と圧縮沈下^りである。圧密沈下は、計算手法が確立されていることから評価しやすいが、圧縮沈下については、明確な計算手法が無い。圧縮沈下の発生要因は、盛土や埋土の土質、締め固め具合、水の浸透、造成してからの経過年数など多岐にわたるため、判断をより難しくしている。

そこで、小規模建築物で行われている造成地盤を模擬的に作り、住宅程度の荷重を長期間載荷し動態観測することで、造成状況が地盤沈下に与える影響について調査を行った。

表1 白石試験場地盤調査結果および各種試験結果

深度 (m)	SWS				換算 N値	SPT N値	各種試験結果										圧密試験結果		
	W _{sw} (kN)	N _{sw}	土質	水位			ρ _t g/cm ³	含水 W _n %	液性 W _L %	塑性 W _p %	液指 I _L	塑指 I _p	q _u kN/m ²	C _c	P _c	m _v 上:①③④ 中:② 下:⑤			
0.25	0.25	0	s		0.50														
0.50	0.50	0	s		1.00														
0.75	0.25	0	s	0.75	0.50	1.60													
1.00	0.25	0	s		0.50														
1.25	0.15	0	c		0.45	2.0													
1.50	0.25	0	c		0.75														
1.75	0.25	0	c		0.75													0.00052	
2.00	0.15	0	c		0.45	1.31	173	139	59.1	1.43	79.6	15.2	2.24	60.3				0.00052	
2.25	0.25	0	c		0.75	0.0												0.00082	
2.50	0.25	0	c		0.75														
2.75	0.25	0	c		0.75														
3.00	0.25	0	c		0.75														
3.25	0.25	0	c		0.75	0.0													
3.50	0.15	0	c		0.45														
3.75	0.15	0	c		0.45														
4.00	0.15	0	c		0.45														
4.25	0.25	0	c		0.75	0.0													
4.50	0.25	0	c		0.75														
4.75	0.15	0	c		0.45														
5.00	0.15	0	c		0.45	1.34	142	117	47.6	1.36	69.0	18.2	2.04	36.6				0.00205	
5.25	0.15	0	c		0.45	0.0												0.00130	
5.50	0.15	0	c		0.45													0.00239	
5.75	0.15	0	c		0.45														
6.00	0.25	0	c		0.75														
6.25	0.25	0	c		0.75	0.0													
6.50	0.25	0	c		0.75														
6.75	0.25	0	c		0.75														
7.00	0.25	0	c		0.75														
7.25	0.25	0	c		0.75	0.0													
7.50	0.25	0	c		0.75														
7.75	0.25	0	c		0.75														
8.00	0.25	0	c		0.75														
8.25	0.25	0	c		0.75	0.0													
8.50	0.25	0	c		0.75														
8.75	0.25	0	c		0.75														
9.00	0.25	0	c		0.75														
9.25	0.25	0	c		0.75	0.0													
9.50	0.25	0	c		0.75														0.00107
9.75	0.25	0	c		0.75														0.00044
10.00	0.25	0	c		0.75														0.00337

2. 実験概要

実験を計画するに当たり、早期に大きく地盤沈下が発生することを考慮して佐賀県白石町の干拓地を選択した。地盤調査結果と物理試験および力学試験結果を表1に示す。

比較する造成地盤は、表2および図1に示す5種類とした。載荷荷重は、鉄板の上に土砂を充填したフレコンバッグを積み重ねることで確保した。地層境界位置には、沈下版を設置することで、沈下が下部地盤の圧密沈下によるものなのか、それとも盛土や埋土自体の圧縮沈下によるものなのか把握出来るようにした。また、埋土部分の旧盛土層は、粘土質砂質礫 (F_c=45%) であり、新規盛土は、細粒分まじり砂質礫である。

表2 造成地盤の概要と検討項目

No.	概要(載荷位置)	検討項目
試験①	旧盛土に直接載荷	旧盛土の影響
試験②	下部地盤に直接載荷	先行荷重(プレロード)の影響
試験③	新規埋土地盤に載荷	締め固めの影響(巻き出し厚30cm)※
試験④	新規埋土地盤に載荷	締め固めの影響(巻き出し厚50cm)※
試験⑤	新規埋土地盤上の盛土地盤に載荷	盛土の影響(巻き出し厚30cm)※ 締め固めの影響(巻き出し厚50cm)※

※締め固め機は、500kgクラスの振動ローラーを用いた。

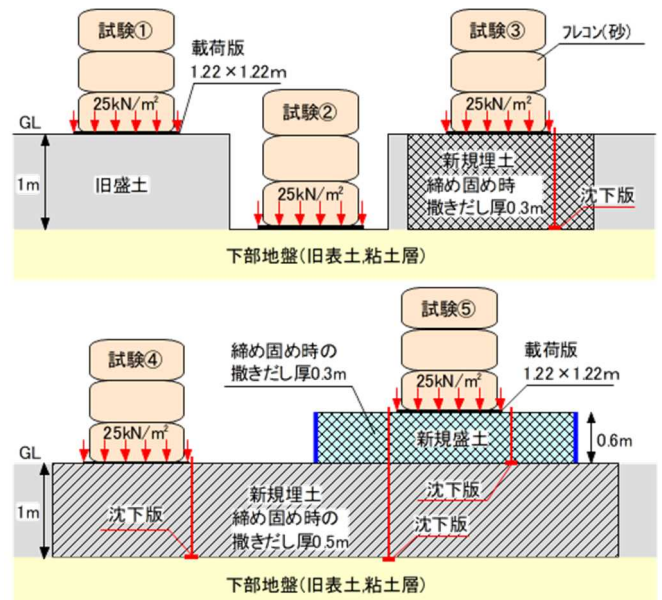


図1 実験概要図 (立面・断面状況)

Study on the risk assessment of differential settlement in the ground for small buildings (Part3. Long-term loading tests)

WATANABE Yoshikatsu, NIKAWA Kazutaka, TAKATA Toru
SASAKI Syuuhei, SAKO Noriaki, WAKAI Akihiko

3. 長期載荷試験結果

長期載荷試験を実施するにあたり、不動点となるBMには、Nsw400以上の地盤に1m以上貫入させた(先端深度21m程度)SWS試験のロッド天端を用いた。各試験体の沈下状況と降雨量を図2に示す。沈下量の大きい順に整理すると、試験④>試験③>試験⑤>試験①>試験②となり、特に締め固めが不足している試験④が顕著であった。試験④と同じ地盤に盛土を行った試験⑤の沈下量が小さい理由としては、盛土を30cm毎に締め固めて造成する際、盛土荷重と振動ローラーの影響で、埋土部分が締め固まったものと思われる。沈下量が60~90日付近で一旦落ち着いた後に再度進行した要因は、130~280日(試験①の場合210~360日)の期間で降雨量が多く、水浸沈下の影響が大きく寄与しているものと考えられる。

また、沈下版のレベル測定結果から全体沈下と圧密沈下と圧縮沈下を整理し、試験体毎にまとめたものを図3に示す。試験①については、旧盛土の圧縮沈下と下部地盤の圧密沈下の累積沈下量であるが、そのほかの試験体については、黒色を全体沈下、青色を下部地盤の圧密沈下、赤色を埋土部の圧縮沈下、紫色を盛土部の圧縮沈下とした。沈下量の大きい試験③④では、圧密沈下に対して圧縮沈下が3倍から4倍程度と高い割合を示している。試験⑤の盛土地盤では、地中増加応力が最も大きいにもかかわらず、全体沈下量が小さく、圧密沈下と圧縮沈下の割合が逆転している。この結果は、盛土・埋土造成時における締め固め管理の重要性を示唆している。

4. 圧密沈下量の解析結果

圧密沈下量の検討は、表3に示す6種類とし、比較検討したものを表4に示す。当該地盤は、圧密試験を行った3深度全てにおいて、過圧密領域であることが確認されたため、 $C_c①$ では、再圧縮指数 C_r を用いて検討した。

$e-\log P$ では、試験③と⑤にて S/S_a が2.76、3.54とばらつきは見られるものの、 S/S_a の平均が1.72と比較的再現出来ている。

$C_c②$ では、バラツキは見られるが、 S/S_a の平均が1.48と比較的再現出来ている。 $C_c②$ では、

表3 圧密沈下量の検討手法一覧

検討手法	記号	用いるデータ
圧縮曲線法 ²⁾	$e-\log P$	圧密試験
C_c 法 ³⁾	$C_c①$	圧密試験
	簡便法 ⁴⁾ $C_c②$	含水比試験
M_v 法 ⁴⁾	$M_v①$	圧密試験
	簡便法 ⁵⁾ $M_v②$	SWS試験+含水比試験
	簡便法 ⁴⁾ $M_v③$	SWS試験

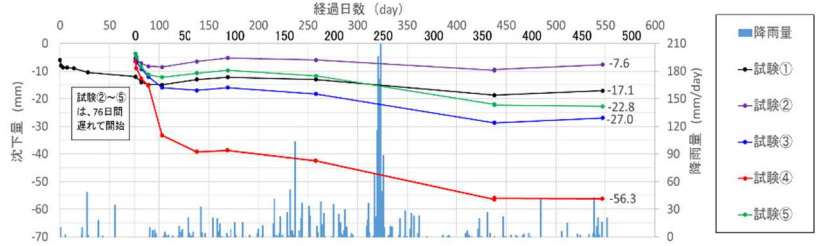


図2 各試験体(敷き鉄板天端の平均沈下量)の沈下状況と降雨量

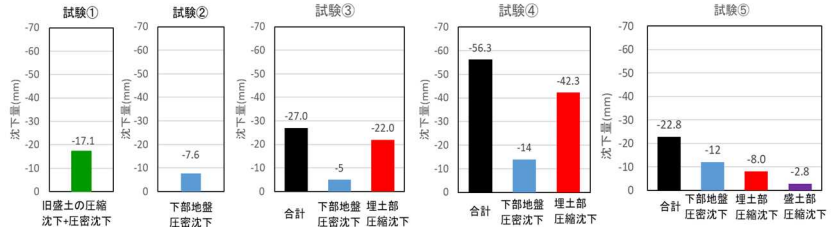


図3 各試験体の沈下種別

表4 圧密沈下量の検討結果一覧

試験No	長期載荷試験実測値 S_a	圧密沈下量 S (mm)											
		圧縮曲線法		C_c 法				M_v 法					
		圧密試験		圧密試験		含水比試験		圧密試験		SWS+W _n		SWSのみ	
		$e-\log P$	S/S_a	$C_c①$	S/S_a	$C_c②$	S/S_a	$M_v①$	S/S_a	$M_v②$	S/S_a	$M_v③$	S/S_a
試験①	17.1	13.8	0.81	9.4	0.55	65.9	3.85	8.3	0.49	10.9	0.64	21.9	1.28
試験②	7.6	3.9	0.51	17.5	2.30	8.7	1.14	5.5	0.72	10.9	0.85	12.9	1.69
試験③	5.0	13.8	2.76	9.4	1.88	65.9	13.18	8.3	1.66	10.9	2.18	21.9	4.39
試験④	14.0	13.8	0.98	9.4	0.67	65.9	4.71	8.3	0.59	10.9	0.78	21.9	1.57
試験⑤	12.0	42.5	3.54	24.1	2.01	167.9	14.00	25.5	2.12	30.5	2.54	62.3	5.19
平均	11.2	17.6	1.72	14.0	1.48	74.9	7.37	11.2	1.12	13.9	1.40	28.2	2.82

試験②以外の S/S_a が3.85~14を示し再現出来ていない。

$M_v①$ と $M_v②$ では、バラツキは見られるが、 S/S_a の平均が1.12、1.40と比較的再現出来ている。 $M_v③$ では、試験③⑤で S/S_a が4.39~5.19とバラツキの大きいですが、試験①②④では比較的再現出来ている。

5. おわりに

造成地盤では、圧密沈下の検討だけではなく、圧縮沈下(水浸沈下)の影響が大きいことが確認出来た。今後、どのように評価していくかが課題である。

圧密沈下の検討については、圧密試験結果から求めた $e-\log P$ 、 $C_c①$ 、 $M_v①$ とSWS+W_nで行った $M_v②$ では、比較的再現出来ていた。含水比試験結果から求めた $C_c②$ とSWS試験結果のみで行った $M_v③$ では、再現性が低かった。

今後も他の地盤について検証を積み重ねていきたい。

参考文献

- 二川和貴・他：小規模建築物の地盤における不同沈下のリスク評価技術の研究(その1：研究の概要)、2022年度日本建築学会大会(北海道)(投稿中)、2022.9
- 日本建築学会：基礎構造設計指針、pp44-45、2019.11
- 日本建築学会：基礎構造設計指針、pp137-138、2001.10
- 日本建築学会：小規模建築物基礎設計指針、pp49-52、81-85、2008.2
- 日本道路協会：道路土工軟弱地盤対策工指針、p47、S61.11

*1 トラバース

*2 積水化学工業

*1 Travers

*2 Sekisui Chemical

*3 設計室ソイル

*4 住友林業

*3 Soil Design

*4 Sumitomo Forestry

*5 日本大学

*6 群馬大学

*5 Nihon University

*6 Gunma University