

宅地緩斜面における地震後の残留変形量に関する一考察

神戸大学大学院

学生会員○亀川恵子

神戸大学都市安全研究センター

正会員 吉田信之

神戸大学工学部

正会員 西 勝

1. はじめに

兵庫県南部地震以降、耐震設計において考慮される地震動が大きくなるにつれ、従来土構造物の耐震設計で用いられている震度法にかわり、地震後の残留変形量と許容変形量との関係から安定性を判断する方法が議論され始めてきている。そこで本稿では宅地緩斜面に対する二次元有効応力解析に基づく地震応答解析を実施し、結果より得られた残留沈下量と建築基礎構造設計指針¹⁾にある許容沈下量との比較考察を行った。

2. 許容沈下量

表-1 許容沈下量の一例

宅地造成において問題となる沈下は主に不同沈下であり、建築基礎構造設計指針では不同沈下量にあたる相対沈下量と変形角に対する許容値の一例を表-1のように与えている。

支持地盤	構造種別	基礎形式	変形角 θ ($\times 10^{-3}$ rad)		相対沈下量 S_{Dmax} (cm)	
			下限	上限	下限	上限
風化花崗岩 (まさ土)	鉄筋コンクリート造 (ラーメン構造)	独立	0.6	1.4	1.5以下	2
	鉄筋コンクリート造 (壁式構造)	布	0.7	1.7	1.5	2以上

下限とは有害なひび割れが発生するかしないかの境界の状態に対応している。
上限とは有害なひび割れが発生する率がきわめて高い状態に対応している。

3. 解析対象斜面の概要

解析対象とした斜面は西宮市内の宅地緩斜面である。その断面図を図-1に、地盤データを入力データとともに表-2に示す。この斜面は基盤層と考えられる大阪層群の上に沖積層が堆積しており、その上に盛土による宅地造成がなされている。斜面は平均傾斜角 5° の緩斜面であり、地下水位は比較的浅く地表面下 $2\sim 8$ mである。また、この斜面は兵庫県南部地震の際、長さ 220 m、幅 45 mにわたって地すべりの的に変形し、地表面で $0.3\sim 0.7$ mの変位が報告されている。

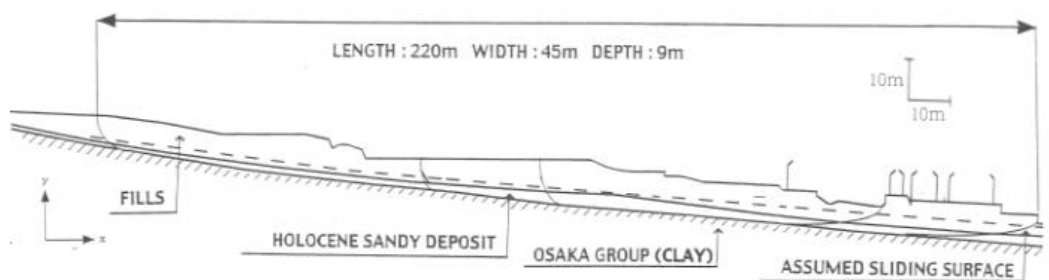


図-1 解析対象斜面の断面図

表-2 地盤データおよび入力データ

	盛土	沖積層	大阪層群 (粘土)	大阪層群 (砂)
N値	7	12	30	50
細粒分含有率(%)	30	15	—	—
γ (kN/m ³)	18.0	19.0	20.0	20.0
G_{ma} (kPa)	55329	83986	163944	231323
K_{ma} (kPa)	179160	271953	530863	448626
σ_{ma} (kPa)	43.0	90.1	117.7	147.1
ν	0.36	0.36	0.36	0.28
ϕ_f (deg.)	30.6	32.9	30.0	38.6
c' (kPa)	0	0	184	0
h_{max}	0.20	0.20	0.12	0.15
ϕ_p (deg.)	地下水面下 0	地下水面下 25.0	25.0	0
S_1	0	0.005	0.005	0
w_1	0	9.5	12.1	0
p_1	0	0.8	0.7	0
p_2	0	0.95	0.95	0
c_1	0	2.5	2.5	0
V_s (m/s)	175	210	286	340
V_p (m/s)	375	450	612	615

4. 解析手法

解析は既報²⁾と同じ二次元有効応力解析プログラム FLIP³⁾で行った。地盤データおよび入力データを表-2に示す。また解析メッシュを図-2に、入力加速度を図-3に示す。

キーワード 宅地緩斜面, 残留変形量, 不同沈下, 有効応力解析, 地震応答解析

〒657-8501 神戸市灘区六甲台町 1-1 神戸大学都市安全研究センター TEL078-803-6031 FAX078-803-6394

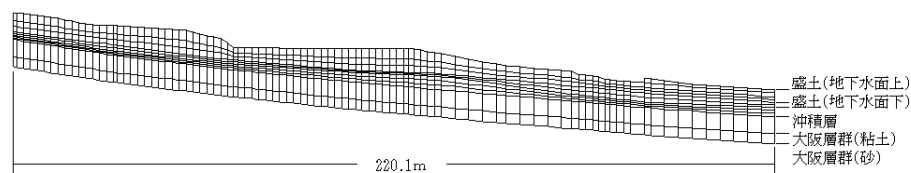


図-2 解析メッシュ(節点数 1056、要素数 1723)

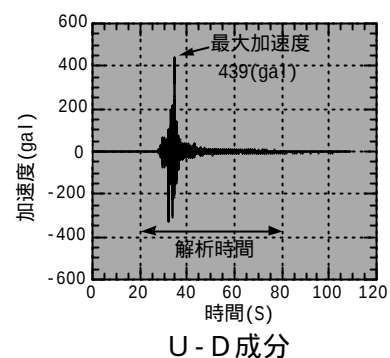
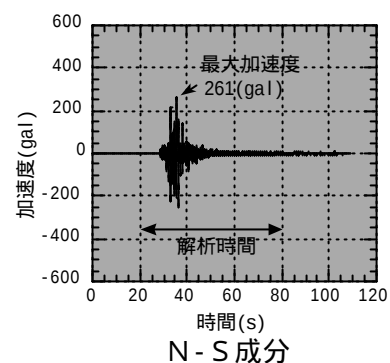


図-3 入力加速度

5. 解析結果と考察

許容沈下量との比較のため、地表面上の各節点より得られた残留変位量のうち鉛直成分のみに着目し、鉛直変位量を図-4にベクトルで表した。さらに図-4に示すA～Jの10区間に幅約6～8mの構造物を想定し、各区間内の3～4つの節点を測点とみなし相対沈下量 S_{Dmax} 、変形角 θ を求めた。表-3に結果を示す。A～C、H区間では S_{Dmax} 及び θ はほぼ許容値以内に収まっており、上部構造への被害は少ないと考えられる。斜面中央のほぼ水平な地盤上のD～G区間では、 S_{Dmax} は許容値以内であるが θ は許容値を超えている。これは不同沈下がジグザグに生じているためといえる。斜面下方のI、J区間では、沈下量にばらつきがありかなりの不同沈下が生じているため、 S_{Dmax} 、 θ ともに許容値を超え、上部構造に壁面のひび割れ等かなりの被害が生じると考えられる。

表-3 各区間における残留沈下量

6. まとめ

本稿では宅地緩斜面における地震後の残留沈下量と許容沈下量の比較を行った。地表面の傾斜が急なほど総沈下量は大きくなるが、不同沈下量を考慮すると、上部構造への被害は総沈下量の小さい緩斜面において逆に大きくなることもあり得ることが分かった。今後、実被害との対応を調査し、解析アプローチの妥当性を検討する必要がある。

区間	節点番号	幅(cm)	沈下量 (cm)				両端の差 S (cm)	相対沈下量 S_{Dmax} (cm)	変形角 θ ($\times 10^{-3} \text{rad}$)
A	953-956	607	7.9	8.6	9.5	9.7	1.8	0.396	1.490
B	963-966	602	3.5	4.1	4.1	4.5	1	0.266	1.661
C	973-976	601	4.9	5.2	5.2	5.4	0.5	0.134	0.832
D	990-993	599	0.7	0.6	1.3	1.1	0.4	0.334	2.850
E	997-1000	600	1.6	2.0	1.7	2.0	0.4	0.267	2.167
F	1004-1007	602	2.9	2.7	3.7	4.0	1.1	0.565	3.148
G	1020-1022	800	4.1	3.1		4.0	0.1	0.950	2.375
H	1026-1029	559	3.7	2.4	3.1	1.9	1.8	1.944	0.280
I	1049-1051	801	4.6	0.2		3.9	0.7	4.051	10.153
J	1053-1055	801	5.0	3.0		9.1	4.1	4.053	10.131

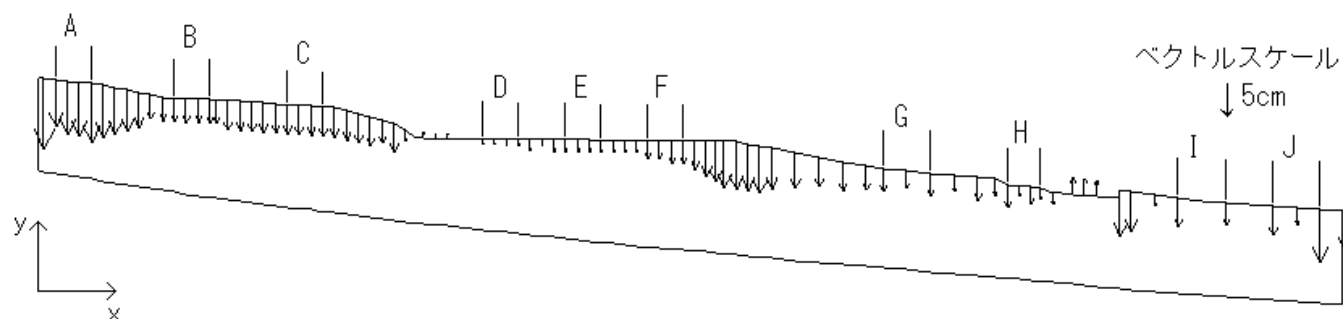


図-4 残留沈下ベクトル図

参考文献 1)日本建築学会; 建築基礎構造設計指針, pp156-163, 1988 2)青森ら: 阪神・淡路大震災における宅地緩斜面の液状化による残留変形に関する一考察, 土木学会第54回年次学術講演会講演概要集, 1999 3)森田年一, 井合進, Hanlong Liu, 一井康二, 佐藤幸博: 液状化による構造物被害予測プログラムFLIPにおいて必要な各種パラメータの簡易設定法, 港湾技研資料 No.869, 運輸省港湾技術研究所, 1997