

地震時における土構造物下の非塑性シルト地盤の変形解析

茨城大学	学 生 員	○ 宋 炳 雄
茨城大学	フェロー会員	安原一哉
茨城大学	正 会 員	村上 哲
茨城大学		坂本 渉

1. 始めに

最近、非塑性シルト地盤で地震による被害がしばしば報告されている。代表的に 1999 年トルコ地震¹⁾と 2000 年日本の鳥取県地震²⁾ではシルトやシルト質地盤で地震に従う液状化の発生による被害が大きかった。本研究では非塑性シルトを中心としてシルトのみの地盤から粘性土地盤と共存しているシルト地盤に対して、繰り返し荷重による地盤沈下と側方流動および過剰間隙水圧に及ぼす影響を調べた。

また、本研究では SADAP(Static and Dynamic Analysis Program)^{3), 4)}と呼ばれる建設および開発されたプログラムを用いて数値解析を行った。このプログラムで必要なパラメータを求めるためにベンダーエレメントを装着した単純せん断試験(DSST)を行った。

2. 供試体作成法

図 1. は本研究で利用した非塑性シルトの粒度分布である。シルト分が 95.6%、粘土分が 4.4%である。試験を行う際、毎回同じ供試体を作成するようにしなければならない。しかし非塑性シルトは供試体作成法の際に、供試体が自主しないため予圧密法では作成できない。また粉末状態であるため試料が飛散するので、自由落下させる方法も有用な供試体作成方法ではない。そこで、供試体を一定の間隙比に統一する方法で作成することにした。その際に試料を湿潤状態にすれば飛散する問題も解決される。

含水比 20%に調整し、ワイヤーメンブレインの中に同じ重さのそのシルトを入れて錘で静的に圧縮された供試体を作成した。最適含水比 21%で最大乾燥密度($\rho_{dmax} = 1.546\text{g/cm}^3$)が得られることが分かったので含水比 20%を基準として試料を作成した。

3. 試験条件と結果

単純せん断試験は拘束圧を 98kPa まで圧縮させた後、等体積条件でせん断試験を行った。繰り返し荷重は応力制御で加えた、静的および繰り返しせん断試験では、初期せん断力を考慮した。その大きさは $\tau_s=0.0, 0.49, 0.98\text{kPa}$ の 3 種類とした。

解析に必要な初期せん断剛性率 G_{max} はベンダーエレメント(Bender Element)を用いてせん断試験によって求めた。

図 2 はベンダーエレメントを装着して繰り返し単純せん断試験とひずみ制御による静的単純せん断試験から得たせん断剛性率と平均有効主応力の関係を示したものである。

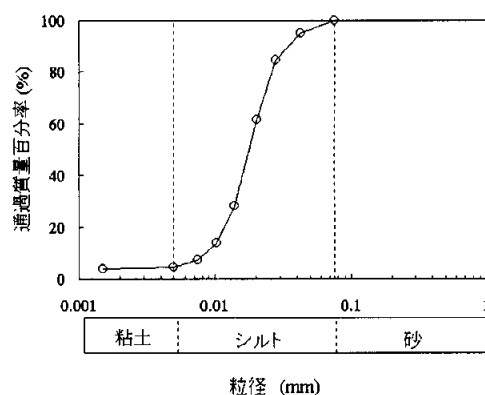


図 1. 粒度分布

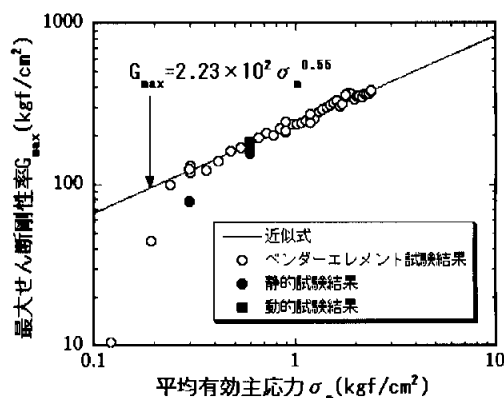


図 2. 最大せん断剛性率と平均有効主応力の関係

4. 数値解析

本研究で仮定した解析モデルは図3である。基礎地盤の形状を図4のように仮定して繰り返し荷重による地盤沈下と側方流動および過剰間隙水圧に及ぼす影響を調べた。入力波は 300Gal 1Hz の正弦波で 10 波で考えた。プログラムの入力パラメータは表1である。

図5は地震後の発生した沈下・側方流動を表す。粘土地盤よりシルト地盤が土構造物の直下にあるときに沈下量が大きかった。側方流動はケース3で一番大きかった。シルト地盤が粘土地盤より剛性が小さく、せん断

強さが少ないことに理由があると判断している。図6は過剰間隙水圧比の分布で

表1.パラメータ値

	Gi(kPa)	$\gamma t(\text{tf/cm}^3)$	$c'(\text{kPa})$	$\phi(\text{deg})$
粘土地盤	3,986.8	1.75	5.5	32.8
シルト地盤	1,158.7	1.75	0	22.9
盛土	29,430	1.83	0	20.9

ある。全ケースで非塑性シルト地盤は液状化が広く発生して分布している。粘土地盤はケース2を見るとあまり液状化が発生しなかったが、ケース1と4の場合では、粘土地盤上にあるシルト地盤が液状化されたのでそのシルト地盤も粘土地盤に荷重として作用したと考える。

一般的に土構造物の下にシルト層があるときの沈下量と側方流動は粘土層が存在する場合より多くなった。このような結果の理由の1つに基礎地盤の固有振動数が入力波の 1Hz 近い範囲 0.74~1.49Hz による影響が現れたものと判断される。

5. 結論

本研究ではいろいろな種類の非塑性シルト地盤に対して沈下量と測定流動を調べた。その結果、シルト地盤が粘土地盤より剛性が小さく、せん断強さが少ないことに理由があると判断している。

6. 参考文献

- 1) Earthquake Engineering Committee(1999), The 1999 Kocaeli Earthquake, Turkey – Investigation into the damage to civil engineering structures, Japanese Society of Civil Engineering, <http://www.jsce.or.jp/report/index.html>.
- 2) (社)土木工学会鳥取県西部地震調査団(2000), 2000年10月6日鳥取県西部地震被害調査報告、土木工学会, <http://www.jsce.or.jp/report/index.html>.
- 3) 建設省土木研究所動土質研究室(1981)、土構造物の非線型履歴特性を考慮した静的及び動的変形解析プログラム：SADAP-1、建設省土木研究所。
- 4) 建設省土木研究所動土質研究室、富士通エフ・アイ・ビー(株)(1986)、有限要素解析プログラム(SADAP)の機能追加業務報告書(その2)、建設省土木研究所。

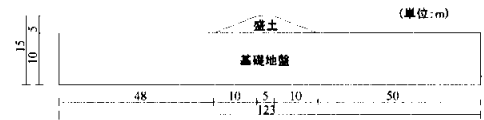


図3.解析モデル

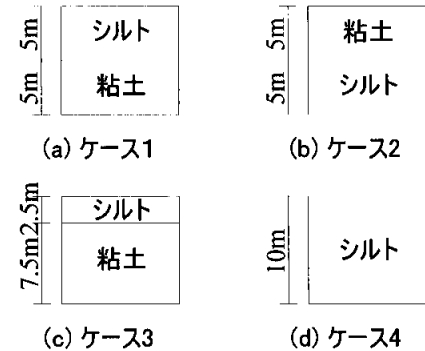


図4.解析に考慮した基礎地盤

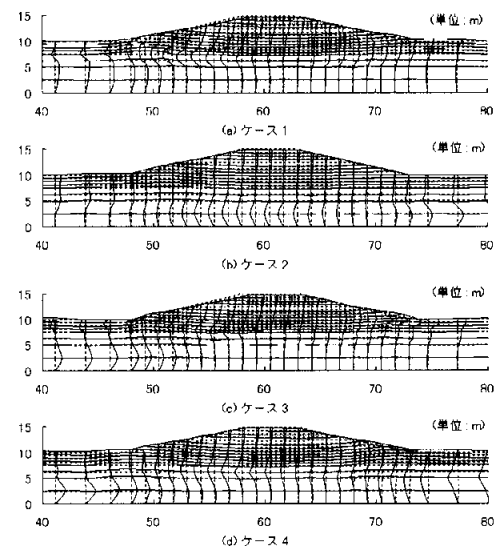


図5.繰り返し荷重後の地盤変形

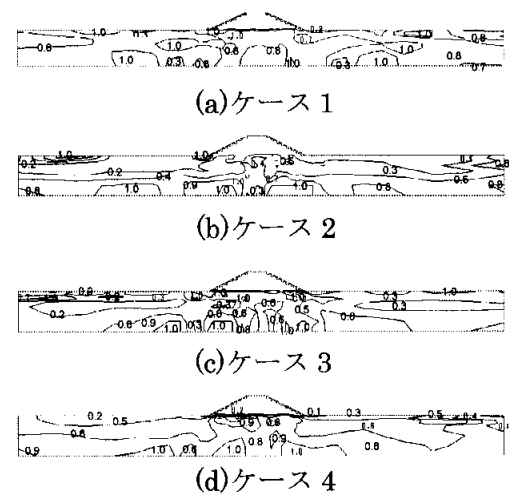


図6.繰り返し荷重後の過剰間隙水圧比