

地震後に生じる粘土層の沈下過程に関する考察

山口大学工学部 正会員 松田 博
山口大学大学院 学生員 財満 英希
山口大学大学院 学生員 河原 慎一

1. まえがき 繰返しせん断が軟弱な粘土地盤に作用すると粘土層内の過剰間隙水圧の上昇のため有効応力が減少し、擬似過圧密状態となる。そのため、粘土地盤は一時的に強度低下し、その後、砂層に比べると非常にゆっくりとした速度で過剰間隙水圧の消散を生じる。それに伴って徐々に地盤は沈下し、強度は回復してゆく。このような繰返しせん断によって生じる粘土層の過剰間隙水圧の消散に関する定性的傾向は現在においては十分把握されているとはいえない。そこで、ここでは動的単純せん断試験機を用い、種々の繰返しせん断ひずみ振幅を与えた供試体の圧密特性の変化について調べた。又、粘土地盤に地震力が作用したときに生じる沈下量をポートアイランドの地盤を例にとって推定した。

2. 実験方法 実験で使用した試料は小野田粘土($G_s=2.63$, $w_L=81.10\%$, $w_p=52.90\%$)と柳井粘土($G_s=2.66$, $w_L=77.40\%$, $w_p=28.90\%$)である。実験では供試体に鉛直圧 $\sigma_v=49\text{KPa}$ を加えて9時間の圧密を行い、その後鉛直方向変位を拘束し繰返しせん断を行った。繰返し回数は200回とし、ひずみ振幅 γ_{dyn} は0.05-2%で変化させた。繰返しせん断後は一次圧密が終了するまで鉛直荷重を約10時間負荷し、沈下量及び過剰間隙水圧の消散過程を調べた。

3. 実験結果 繰返しせん断後の再圧密中における沈下挙動は繰返しせん断中の有効応力減少量によって決まる。有効応力減少は繰返し回数、ひずみ振幅で表され、次式のようになることが分っている。

$$\Delta \sigma_v' / \sigma_{v0}' = n / \{ A \cdot (\gamma_{dyn})^m + \{ \gamma_{dyn} / (B + C \cdot \gamma_{dyn}) \} \cdot n \} \quad (1)$$

又、応力減少比SRRを次式で定義すると、

$$SRR = 1 / (1 - \Delta \sigma_v' / \sigma_{v0}') \quad (2)$$

図-1の様に、間隙比変化 Δe とSRRの関係は直線で近似できることから、この直線の傾きを C_{dyn} とおくと沈下ひずみ ε_v は

$$\varepsilon_v = (C_{dyn} / (1 + e_0)) \log SRR \quad (3)$$

で与えられる。ここに、 e_0 は繰返しせん断直後の間隙比である。又、再圧密中の間隙水圧の発生も有効応力減少量が強く依存しており再圧密中の圧密係数 C_v は繰返しせん断中の応力減少比SRRによって次式のように表わされる。

$$C_{vd} / C_v = a \cdot SRR^b \quad (4)$$

C_{vd} / C_v とSRRの関係を示したものが図-2であり、表

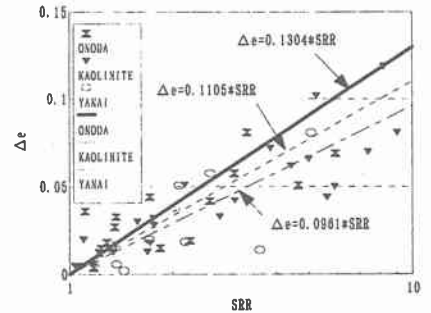


図-1

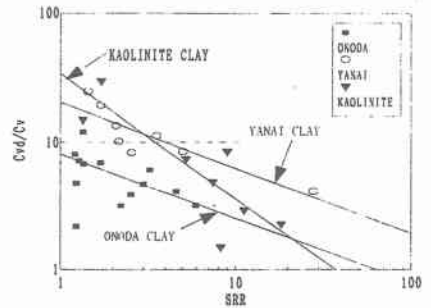


図-2

表-1

	IP	a	b
Kaoline	16.4	24.35	-0.970
Onoda Clay	53.9	8.05	-0.503
Yanai Clay	48.4	20.22	-0.512

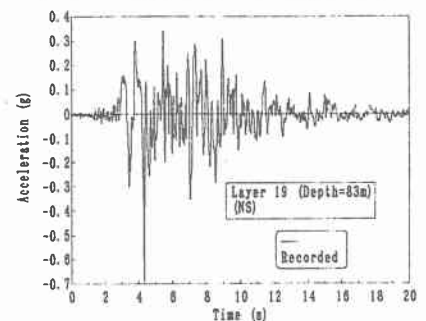


図-3

ー1に小野田粘土、柳井粘土及びカオリン粘土について求めた定数 a , b の値を示す。

4. 応答解析による粘土層の沈下予測 ここではポートアイランドの地盤を対象とし地震後の沈下計算を行った。同地点では土層中の異なる深さの4点で地盤内加速度が測定されており、その内深さ83mで測定された加速度波形(EW, NS成分)²⁾を用いて応答解析を行った。応答計算にはSHAKE¹⁾を用いて図-3に示した地震波を入力した。図-4は実測された加速度波形及び計算で得られた結果を示したものである。図-5は計算によって得られた沖積粘土層内のせん断ひずみの時刻歴を示したものである。同図より、粘土層内部においてはかなり大きいせん断ひずみが生じていることがわかる。ただポートアイランドでの土質特性については限られたデータしかなく不明確な点が多い。そこで、地震によって生じる過剰間隙水圧及び沈下量を求めるために必要とされる土質定数は、既に得られているカオリン粘土の定数を当てはめることにした。従ってここで求まる結果は実際の過剰間隙水圧あるいは沈下量とは異なることが予測されるが粘土層の地震後沈下特性を把握する上で有用であると思われるので、その結果を示す。

図-6は過剰間隙水圧の地震後の消散過程を差分法によって求めたものであって、沖積粘土層に対する結果である。圧密係数 C_v については、沖積粘土層は $22.2\text{cm}^2/\text{d}$ 、洪積粘土層は $50.1\text{cm}^2/\text{d}$ とし、 C_v —SRRの関係より各粘土層の C_v を求めた。両図より過剰間隙水圧の消散にはかなり長時間を要することがわかる。

以上のように粘土層の沈下量及び過剰間隙水圧の消散過程が求まったので、沈下の経時変化を求めることができる。図-7はその結果を示したものであり、NS成分を用いた場合の結果である。この図より、沈下はかなり長時間にわたって生じることがわかる。

5. あとがき ここでは、ポートアイランドの地盤を例にとって地震後の地盤の沈下特性を応答計算により試行的に推定した。その結果、沖積粘土層だけでも10cm程度の沈下を生じることがわかった。また、地震後に生じる粘土層の沈下—時間関係について定性的な傾向を知ることができ、地震後の沈下量の推定が可能であることがわかった。

参考文献:1) Schnabel et al, SHAKE a computer program for earthquake response analysis of horizontally layered sites, EERC Reports, 1970.

2) 関西地震観測研究協議会(CEORKA), 1995.

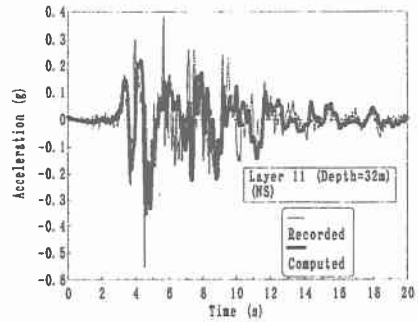


図-4

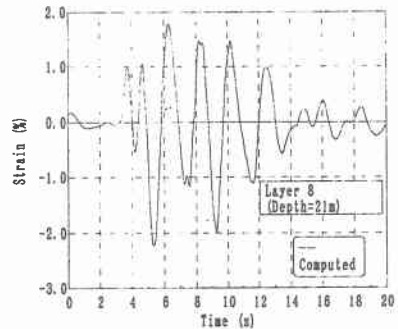


図-5

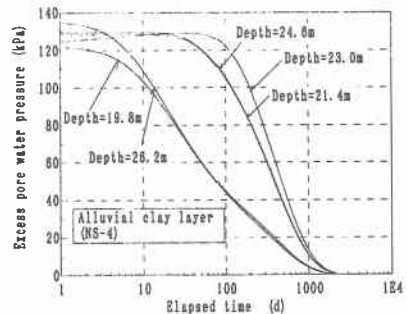


図-6

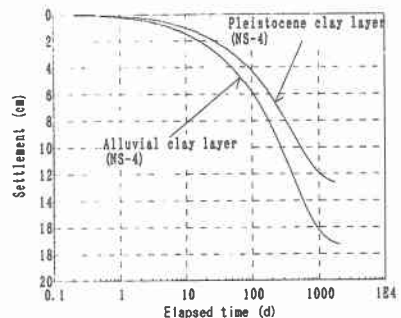


図-7