

茨城大学工学部 正会員 安原一哉
茨城大学工学部 学生員 ○松村康博

1. はじめに

宮城沖地震発生後数年にわたり、仙台市内の苦竹地区において、沈下が加速された例(図-1)やメキシコ地震後に粘性土地盤上の構造物が長期にわたって沈下した例などがある。本文では、繰返し単純せん断試験に基づいた鈴木ら¹⁾の方法にならって、室内土質試験結果と動的解析結果とを組み合わせ、地震後のピート地盤の沈下を予測するための簡便な方法を提案する。

2. 地震後の沈下予測法

地震後の軟弱地盤の沈下の予測のために、必要なパラメーターを得るため、本研究では繰返し三軸試験を用いている。本研究で用いた沈下予測法のフローチャートを図-2に示している。その手順は以下の通りである。

- ① 地震時の地盤内の応力状態を想定した繰返し三軸試験を行う。
- ② 繰返し载荷により累積した間隙水圧を消散させ、消散に伴う体積変化と間隙水圧の経時変化と体積ひずみ特性を調べ、地震後の地盤沈下に必要なパラメーターを求める。
- ③ ②で求めたパラメーターを用いて、次式のように体積ひずみを間隙水圧比の関数に定式化する。

$$\varepsilon_{vr} = \frac{c_r}{1+e_0} \log \left(\frac{1}{1 - \frac{u}{\sigma'_c}} \right) \quad \dots\dots\dots (1)$$

- ④ ③で求めた関数に地震時に発生した間隙水圧比を用いて、体積ひずみを求める。
- ⑤ ④で求めた体積ひずみから全沈下量を求める。
- ⑥ 再圧密時の時間・沈下曲線から吉国ら²⁾による圧密理論式

$$\frac{\partial u}{\partial t} - c_h \left(\frac{\partial^2 u}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \cdot \frac{\partial u}{\partial r} \right) = -\alpha \frac{du}{dt} \quad \dots\dots\dots (2)$$

におけるパラメーター α とポアソン比を決め、水平方向圧密係数 c_h を求める。

- ⑦ Terzaghiの一次元圧密理論式 $\frac{\partial u}{\partial t} = c_v \frac{\partial^2 u}{\partial z^2}$ $\dots\dots\dots (3)$

における c_v を $c_v = c_h$ とおいてTerzaghiの圧密理論の解から沈下時間曲線を求める。

3. 実験概要

宮城沖地震における事例ではピート質土の沈下が主な要因と考えられるので、本研究では宮城県仙台市苦竹地区で採取された不攪乱仙台ピート($G_u=1.598$, $w_u=200\sim400\%$, $c_u=3.59$, $c_h=0.37$)に対し非排水繰返し三軸試験を行った。とくに、繰返し载荷後の過剰間隙水圧の消散による体積変化特性を調べた。繰返し三軸試験における先行圧密荷重は 0.5 kgf/cm^2 、繰返し载荷においては振動数 0.25 Hz の正弦波载荷を行い、

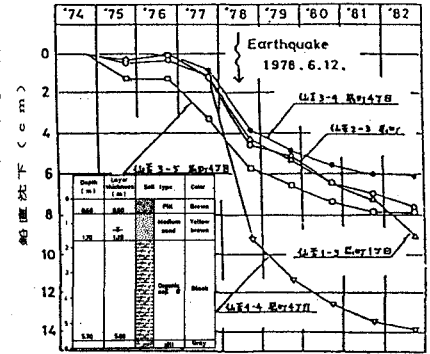


図-1 宮城沖地震の地盤沈下例 (鈴木(1984)による)

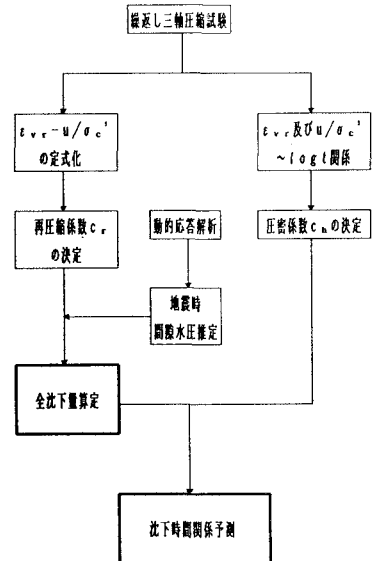


図-2 地震後沈下予測法のフロー (構造物がないとき)

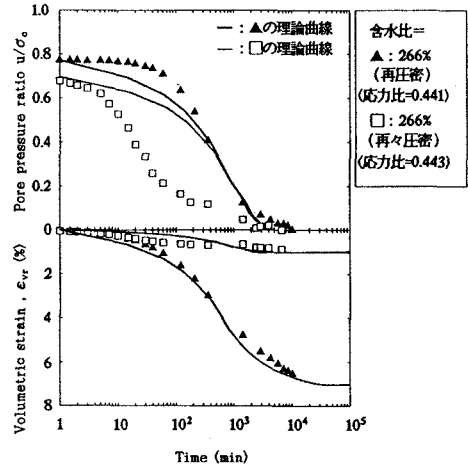
載荷回数が1000回に達するか、もしくは両振幅幅ひずみが10%に達するまで載荷を行った。

4. 実験結果

図-3は繰返し三軸試験における間隙水圧消散過程の間隙水圧比及び体積ひずみの経時変化である。この結果に吉国らの理論解を適用して、水平方向の圧密係数 c_h を決めた。これによると、ピート質土の平均値として $c_h=0.00394\text{cm}^2/\text{min}$ となった。これから $c_v=c_h$ と仮定して、5.に述べる一次元圧密沈下計算を行った。また、体積ひずみと間隙水圧比の関係は図-4に示す通りである。実線は式(1)における c_r を $c_r=0.225c_v$ と仮定して求めた計算曲線である³⁾。これを用いて、所定の間隙水圧に対する全沈下量を求めることができる。

$$\varepsilon_{vr} = 0.225 \frac{c_v}{1+e_0} \log\left(\frac{1}{1-u/\sigma'_c}\right) \dots\dots\dots (1)$$

図-3 間隙水圧比及び体積ひずみの経時変化



5. 沈下予測法の適用

1) 以上の結果を用いて、図-1に示した仙台市苦竹地区における地震後の沈下計算を試み、実測値と比較を行った。このためにまず、鈴木¹⁾による応答解析より得られた宮城沖地震時のピート地盤内の間隙水圧比 $u/\sigma'_c=0.3$ を式(4)へ代入して、 ε_{vr} を求めると $\varepsilon_{vr}=1.68\%$ になる。ピートの層厚は4mであるから全沈下量 $S_t=6.72\text{cm}$ となる。

2) 次に、2.で示した手順にしたがって、計算沈下曲線を求めると、図-6の実線が得られる。実測値と比較してみると、両者は傾向は類似しているものの計算値は実測値を過少評価している。これは、計算では図-1におけるピート層下の砂質シルト層の沈下を無視しているためと思われる。

6. 結論

- 1) 発生間隙水圧の消散に伴うピート質土の体積ひずみの大きさは、発生間隙水圧に影響される。
- 2) 地震後の沈下の考え方を示し、宮城沖地震におけるピート地盤の沈下予測を行った結果、予測値は実測値を過少評価しているが、沈下・時間関係の傾向は予測できることがわかった。

今後は地震による地盤全体の応答解析を行って、地盤内の間隙水圧分布と消散による詳細な沈下解析を行う必要がある。また、構造物のある場合についても沈下計算法を考えて行きたいと考えている。

〈参考文献〉

- 1) 鈴木猛康：動的応力履歴を受けた飽和粘性土の沈下挙動：応用地質，25巻3号，pp.21-31，1984。
- 2) Yoshikuni, H. and Nakanodo, H. : Consolidation of a Clay Cylinder with External Radial Drainage, Soils and Foundations, Vol.15, No.1, pp.17-27, 1975.
- 3) 安原・Andersen(1991)：長期繰返し荷重を受ける乱さない粘土の挙動，土木学会論文集，No.439/III-17，pp.9-16。

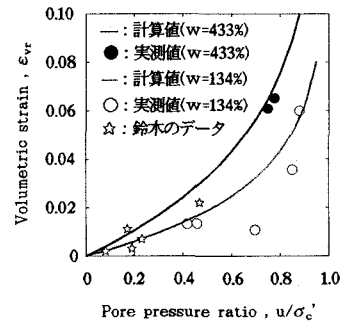


図-4 体積ひずみと間隙水圧比の関係

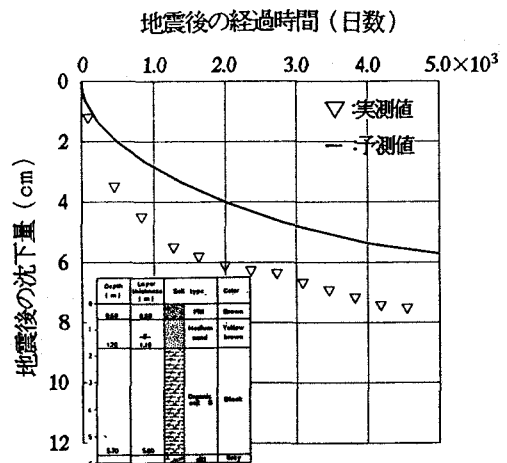


図-5 計算沈下曲線