

III-341 地震によって生じる地盤沈下の予測に関する研究

山口大学工学部 正会員 松田 博
 山口大学大学院 学生員 星山 英一
 宇部工業高等専門学校 正会員 大原 資生

1. まえがき

著者らは、地盤中の応力条件の再現性が優れていること、供試体の厚さが大きくないために、過剰間隙水圧の変化を良い精度で測定できるということから、動的単純せん断試験機を用いて実験を行っている¹⁾。それによると、繰返しせん断によって生じる粘土層の沈下は二次圧密等による沈下に比べると大きく、せん断ひずみ振幅、繰返し回数、過圧密比の大きさ等によっても異なるが、沈下ひずみであらわすと10%にも達することがある。軟弱な粘土地盤が地震後に沈下したという事例は、実際メキシコやわが国においても認められており、また近年は、埋設管をはじめとして都市機能に直接かわる構造物が多く築造され、かつそれら構造物自体も精密化していることから、地震に起因した地盤の沈下について明確にしておく必要がある。

そこで、ここでは従来より得ている実験結果をもとに、粘土地盤に地震力が作用したとき生じる沈下量を予測する一手法を示した。また、メキシコシティのモデル粘土地盤について地震によって生じる沈下量を計算によって求め、その結果を1985年のメキシコ地震による沈下実測データと比較した。

2. 地震に起因した粘土層の沈下予測手法

地震に起因した沈下の予測計算を行う手法の概略は次のとおりである。まず、地盤を n 層に分割し弾性定数 G 、密度 ρ および減衰定数 h を決定する。次に基盤層に所定の地震加速度を与え、モデル地盤内の応答ひずみ量を一次元応答解析によって求める。そして各層ごとに得られるランダムなひずみの時刻歴と等価な一様振幅のひずみ γ_{dyn} および繰返し回数 n を求める²⁾。得られた γ_{dyn} と n を実験式¹⁾に代入して各層の沈下ひずみを求め、さらに各層毎に得られる沈下量を総和することにより粘土層全体の沈下量が求まる。以上の過程をフローチャートに示したものが図-1である。

3. モデル地盤の沈下量予測

モデル地盤としては、図-2に示したようなメキシコシティの湖床地の地盤を考え、地盤定数を図中のように設定した。またこの地盤を図中に示した15節点からなる集中質量系モデルであらわして応答計算を行った。なお地震加速度は第IV層の下部境界に入力させることとした。

計算で用いた地震波は1964年新潟地震波、1978年宮城県沖地震波(石巻市の開北橋)、1968年十勝沖地震波(八戸)、1940年El Centro地震波、1952年タブト地震波、および乱数を用いて発生させた模擬地震波である。これら地震波について加速度波形を示したものが図-3である。

そしてこのような地震波によってモデル地盤内に生じる応答変位量を先述した集中質量系モデルを適用した一次元応答解析

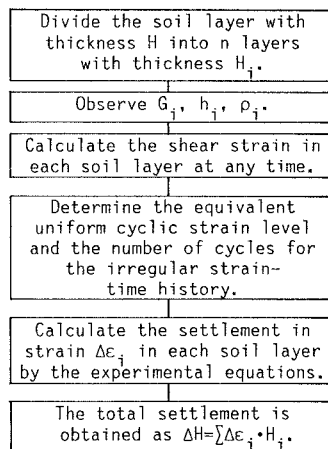


図-1

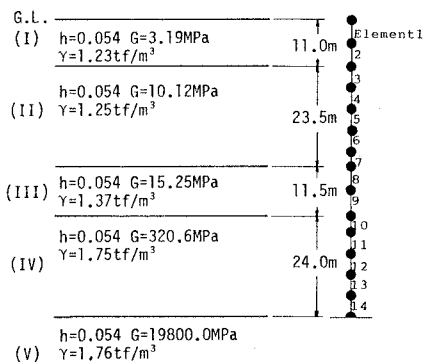


図-2

によって求めた。なお、ここでは入力加速度の最大値はそれぞれの加速度波形に対して34.4gal、341.7galとして計算を行った。この内、34.4galという値は、メキシコ地震の際に得られた強震記録をもとに決めた。

まず、応答計算によって得られる不規則なせん断ひずみの時刻歴をもとに、等価な一様ひずみ振幅 γ_{dyn} および等価な繰返し回数 n を求め、その値から繰返しせん断後に累積する過剰間隙水圧の大きさを求めた。そしてその消散によって生じる沈下ひずみから粘土層の沈下量を計算した。その結果を示したものが表-1である。同表より、最大加速度が34.4 galのとき、沈下量はEl Centro地震波で0.3cm、新潟地震波で3.0 cmとなっている。

一方、メキシコシティの粘土地帯では、1985年9月19-20日の地震によって多くの被害が生じたが、湖床域の一区画では1985年5月から地盤沈下の測定が行われ、ちょうど測定から5ヶ月後に地震が発生した。そして、地震後も測定が続けられたということで、その結果がJaime (1987)によって報告されている³⁾。その結果によると、地震後0-3 cmの沈下が生じており、図-2のモデル地盤はJaimeの報告にある測定箇所と異なるものの、近い結果が得られている。一方、最大加速度を341.7galとした場合では、約50cmの沈下を生じることとなる。

ただ、ここで示した沈下予測手法は、粘土層のみを対象としており、図-2での下層部のせん断剛性

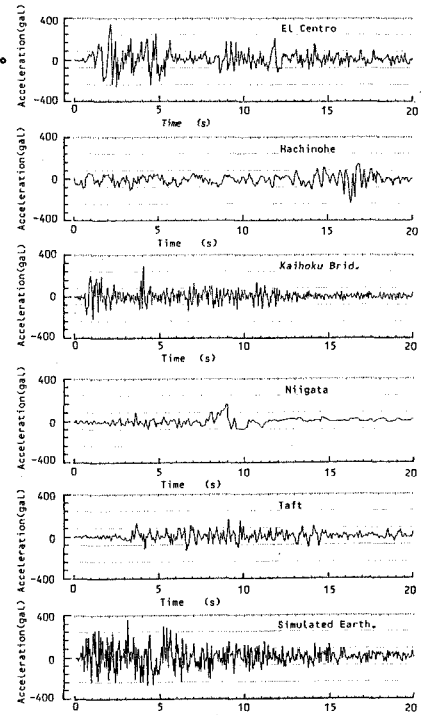


図-3

表-1

			El Centro (NS) 5/12/'40	Hachinohe (NS) 5/16/'68	Kaihoku Brid. (Tr) 6/12/'78	Niigata (EW) 6/16/'64	Taft (N21S) 7/21/'52	Simulated
Input Max. a= 34.4 gal n=30	h=0.054 n=30	ΔH (cm)	0.32	2.83	0.18	3.00	0.75	0.85
Input Max. a= 341.7gal	h=0.054 n=30	ΔH (cm)	52.52	48.77	25.98	63.25	41.47	49.67

率が高い箇所に対して適用するには多少問題も含まれる。しかし、ここで示した地盤を例にとると、下層部のGの大きい層の沈下を無視したとしても、沈下量の大きさに大きい誤差を生じない。

4. あとがき

粘土層に地震力が作用することによって生じる沈下を予測する手法を示した。ここでは特に従来の方法に加えてひずみ波形の不規則性の影響を考慮した手法を新たに導入して沈下の予測計算を行った。その結果、メキシコシティのモデル粘土地盤について得られた沈下量は約0-3cmであって、1985年のメキシコ地震での実測沈下量と近い値を示した。一方、最大加速度340gal程度の地震波が作用したときは約50 cmの沈下を生じることがわかった。

参考文献:

- 1) O-hara S. and Matsuda H., "Study on the Settlement of Saturated Clay Layer Induced by Cyclic Shear", Soils and Foundations, Vol.28, No.3, 103-113, 1988.
- 2) 松田博、星山英一、田中智也、大原資生、「地震に起因した粘土層の沈下予測手法」、第25回土質工学研究発表会、1990.
- 3) Jaime A. P., M. P. Romo et al., "Seismic Induced Settlement in a Building", 8th Pan-American Cong. on Soil Mech. and Found. Eng., 257-275, 1987.