

地震時、シルト質ローム地盤内の間隙水圧

山口大学工学部 正会員 大原資生  
 山口大学工業短期大学部 正会員 山本哲朗  
 山口大学工学部 正会員 松田 博  
 復建調査設計(株) 正会員 ○今岡 靖

1 まえがき：本研究は砂の液状化と似た破壊を生じる飽和シルト質ローム<sup>1)</sup>からなるモデル地盤の地震時応答解析を行い、地盤内に生じる間隙水圧の計算を行った結果を述べている。計算には、振動台実験からえられた間隙水圧蓄積量が用いられた。

2 間隙水圧蓄積量：実験には、繰り返し三軸試験機および振動台に固定したケルマン型のせん断箱をもつ単純せん断試験機を用いた。図-1は繰り返し三軸試験機によってえられたシルト質ロームの繰り返し回数(N)と間隙水圧比(u/σ<sub>3</sub>)の関係を示す。ここで、

u：間隙水圧比、σ<sub>3</sub>：側圧、σ<sub>d</sub>：軸差応力である。図中に示す一点鎖線は、u/σ<sub>3</sub>とNの関係を直線で近似したものである。この近似直線すなわち間隙水圧蓄積量(u<sub>m</sub>)/σ<sub>3</sub>とNの関係は式(1)で与えられる。

$$u_m / \sigma_3 = (-0.03059 + 0.30541 \sigma_d / 2\sigma_3) N \quad (1) \quad (\text{三軸})$$

振動台実験によってえられた同様な関係すなわち間隙水圧蓄積量(u<sub>m</sub>)/σ<sub>v</sub>'とNの関係を式(2)に示す。

$$u_m / \sigma_v' = (-0.01835 + 0.11910 \tau / \sigma_v') N \quad (2) \quad (\text{振動台})$$

ここで、τ：せん断応力、σ<sub>v</sub>'：有効鉛直圧である。三軸試験の供試体に作用する応力状態を振動台実験の場合に変換するために、式(3)、(4)の関係をを用い、式(5)がえられた。

$$\sigma_3 = (1 + 2k_0) \sigma_v' / 3 \quad (3) \quad k_0 = 0.95 - \sin \phi' \quad (4)$$

ここで、k<sub>0</sub>：静止土圧係数、φ'：内部摩擦角である。

$$u_m / \sigma_v' = (-0.01618 + 0.13054 \tau / \sigma_v') N \quad (5)$$

図-2は式(2)、(5)からえられた応力比(τ/σ<sub>v</sub>')が0.2および0.3の場合のu<sub>m</sub>/σ<sub>v</sub>'とNの関係を示す。

3 解析モデル地盤および入力地震波

解析モデル地盤およびシルト質ロームの物理定数などは図-3に示す。地盤の厚さは2.0mとし、地下水位は地盤表面に一致させた。入力地震波は表-1に示す5種の既往の地震波と模擬地震波である。

Earthquake wave	Date	Component	Max. Acceleration(gal)
El Centro	5.18.1940	N-S	326.0
Taft	7.21.1952	N21E	152.7
Hachinohe	5.16.1968	N-S	232.7
Niigata	6.16.1964	E-W	156.9
Kaihokubashi	6.12.1978	Tr	286.8

表-1 入力地震波

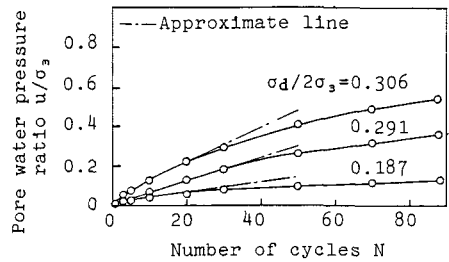


図-1 間隙水圧比上昇曲線

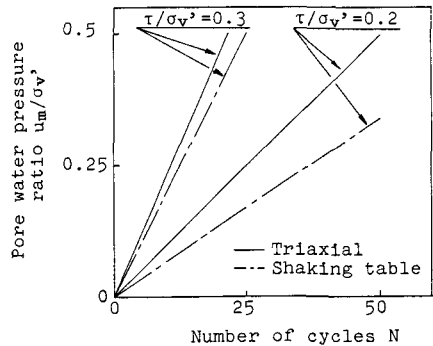


図-2 間隙水圧比上昇近似直線

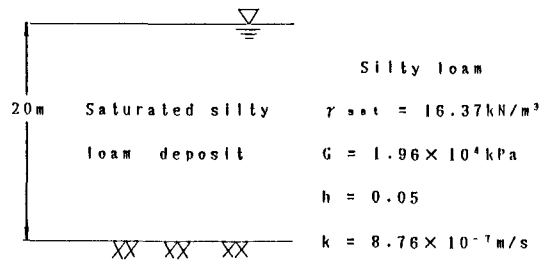


図-3 解析に用いたシルト質ローム地盤

4 解析手法<sup>2)</sup>：地盤内のせん断応力は次式の地盤を集中質量系モデル置き換えてえられる運動方程式から求めた。

$$[M] \cdot \ddot{u}(t) + [C] \cdot \dot{u}(t) + [K] \cdot u(t) = - [M] \cdot \ddot{u}_g(t) \quad (6)$$

ここに、 $[M]$ ：質量マトリックス  $[C]$ ：減衰マトリックス  $[K]$ ：剛性マトリックス

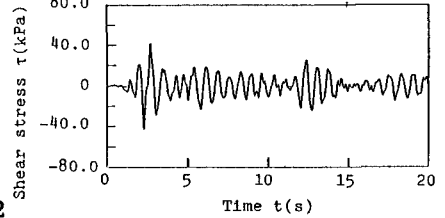
$u$ ：地動変位ベクトル  $\ddot{u}_g$ ：地動加速度ベクトル  $t$ ：時間

運動方程式はNewmarkの $\beta$ 法を用いて解いた。地盤内の間隙水圧は、せん断応力がゼロクロスする毎（半周期に相当する）にせん断応力の最大値を求め、それを式(2)に代入してえられた値の1/2が求める間隙水圧となる。

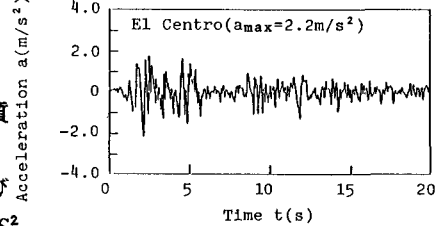
5 解析結果：入力地震波がエルセントロ波の場合に地盤内に生じる間隙水圧上昇について調べた。図-4は最大加速度 $2.2 \text{ m/s}^2$ をもつエルセントロ波の入力加速度時刻歴および深さ5mにおけるせん断応力時刻歴を示す。図-5はエルセントロ波の最大加速度振幅( $a_{\text{max}}$ )と地盤に生じる間隙水圧比の最大値( $u/\sigma_v'$ ) $_{\text{max}}$ の関係を示す。なお振動台実験により、シルト質ロームが破壊ひずみを生じる時の間隙水圧比は0.4~0.8であることがわかっている。そこで、間隙水圧比が、0.4および0.8となるエルセントロ波の最大加速度は図-5より $1.5 \text{ m/s}^2$ および $2.2 \text{ m/s}^2$ となることがわかる。図-6はエルセントロ波の最大加速度が $1.5 \text{ m/s}^2$ および $2.2 \text{ m/s}^2$ の場合の間隙水圧比上昇曲線を示す。図-7は他の地震波について、最大加速度を $2.2 \text{ m/s}^2$ としたときの間隙水圧比上昇曲線を示す。

6 まとめ：(I)エルセントロ波の最大加速度振幅を $2.2 \text{ m/s}^2$ とした場合、深さ5mの地盤の間隙水圧比は0.8となり、地盤は破壊を生じる。(II)入力地震波の違いにより地盤に生じる間隙水圧の上昇量はかなり異なる。

参考文献：1)大原ら：繰り返しせん断応力によるシルト質ロームの破壊、土木学会中国四国支部研究発表会、投稿中  
2)山本ら：液状化防止対策としてのグラベルパイル工法に関する基礎的研究、九大工学集報、第58巻、第3号、1986



(a) Shear stress (Depth(z)=5m)



(b) Base motion

図-4 入力波および応答時刻歴

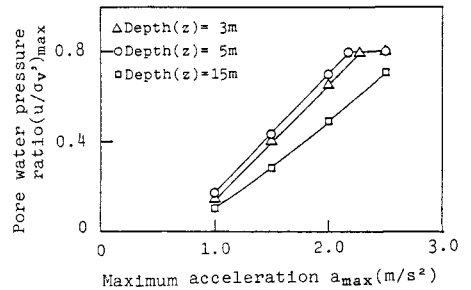


図-5 入力波の最大加速度と最大間隙水圧比の関係 (エルセントロ波)

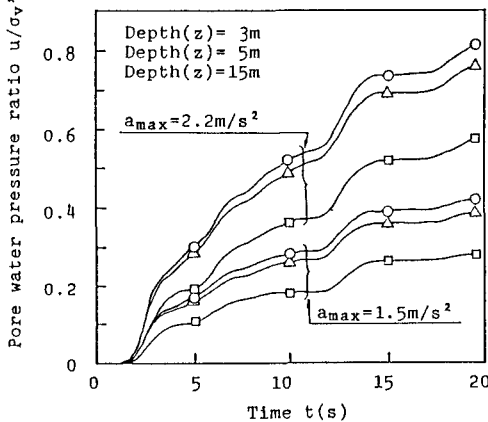


図-6 間隙水圧比上昇曲線 (エルセントロ波)

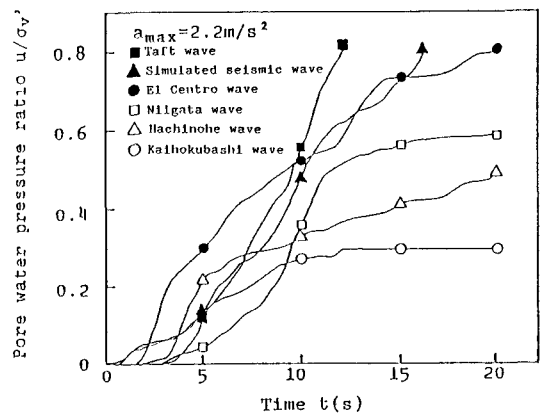


図-7 間隙水圧比上昇曲線 ( $a_{\text{max}}=2.2 \text{ m/s}^2$ )