

動的間ゲキ水圧を考慮した地盤の地震応答解析

東北大学大学院 学生員 ◦西尾 若志
東北大学工学部 正員 柳沢 栄司

1° はじめに

耐震工学の面から、地震時の地盤の震動特性を明らかにすることは、極めて重要な課題である。特に、飽和砂質土に対しては、土の非線形応力-ひずみ関係とともに、動的間ゲキ水圧の発生に伴う有効応力の減少が問題となる。本研究は、構造物を載せた地盤、斜面を持つ地盤などのように、初期主応力方向が一定でなく、地盤要素の変形が任意に生じるような飽和砂質土を対象とし、動的間ゲキ水圧を考慮した2次元地震応答解析を行ない、こうした地盤の地震時の挙動を推定したものである。

2° 地震応答解析手法

地盤材料の非線形応力-ひずみモデルとして、Modified Hardin-Drnevichモデル¹⁾を用いている。このモデルにおいて応力-ひずみ曲線の形状を決定する、初期最大せん断定数 G_{mo} 、及び破壊することなく得られる初期せん断応力 τ_{mo} は、次式によ、て与える。なお τ_{mo} の意味は、

〈図1〉に示すとおりである。

$$G_{mo} = 326 \frac{(2.97 - e)^2}{1 + e} \sqrt{\sigma'_{mo}} \quad (\% \text{km}^2) \quad (1)$$

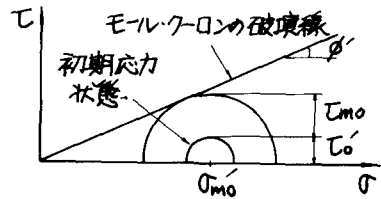
$$\tau_{mo} = \sigma'_{mo} \sin \phi' - \tau_0 \quad (2)$$

ここに、 σ'_{mo} ；初期平均有効主応力、 e ；間ゲキ比、 ϕ' ；有効応力表示による内部マツ角、 τ_0 ；静的初期最大せん断応力。

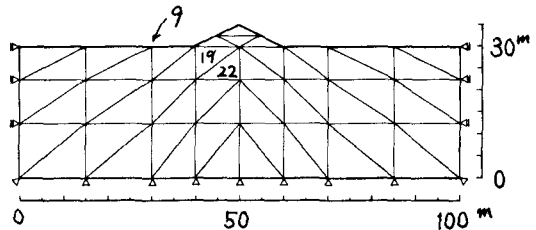
動的相当せん断応力、及びせん断ひずみとして、それぞれ、要素の最大せん断応力、及びひずみを用いている。

地盤は飽和砂質土であるとして排水は考えない。動的間ゲキ水圧発生モデルとしては、Sherif²⁾のモデルを用いている。

解析は平面ひずみ条件の2次元問題として有限要素法を用いた。静的初期応力解析により、初期平均有効主応力を求め、これにより G_{mo} 、 τ_{mo} を決め動的解析を行なう。各タイムステップごとに、定めた応力-ひずみ関係を満たすま

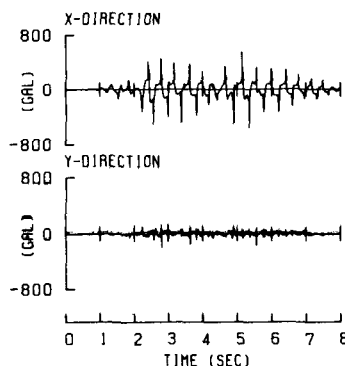


〈図1〉 τ_{mo} の定義

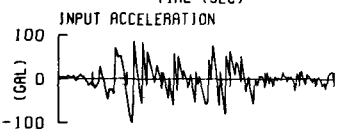
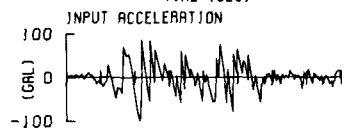
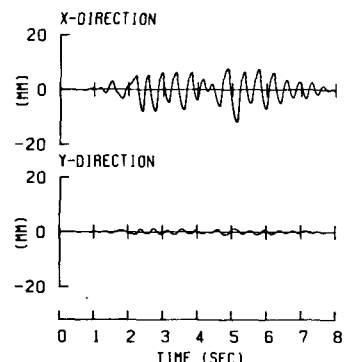


〈図2〉 モデル地盤

〈図3〉 ACCELERATION RESPONSE AT GROUND SURFACE (POINT NO. 9) CONSIDERING P.W.P. GENERATION



〈図4〉 DISPLACEMENT RESPONSE AT GROUND SURFACE (POINT NO. 9) CONSIDERING P.W.P. GENERATION



で剛性マトリクスを組み換え計算を繰り返す。要素のせん断応力応答の半周期が終了したときには、直ゲキ水圧発生モデルにより、発生直ゲキ水圧量を求め、 G_m , τ_m を定義しなおし計算を続行する。

3° 解析モデル及び解析例

上に提示を載せた地盤モデルとし、地震応答解析を行なった。このモデルの形状、及び有限要素分割を<図2>に示す。地盤の物性は、 $G_s = 2.67$, $e = 0.72$, 内部摩擦角 30° , ポアソン比 0.48 とした。直ゲキ水圧発生モデルにおける材料パラメータは、 $C_1 = 6.13$, $C_2 = 1.77$, $C_3 = 0.46$, $\alpha = 2.40$ とした。

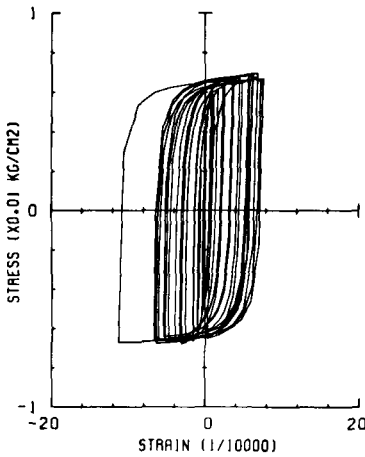
EL CENTRO, N-S成分を最大加速度100ガリに縮小した波の初めの半周期を基礎入力として水平方向に入力した。このときの地表面の応答加速度及び変位を<図3><図4>に示す。浅い位置及び、比較的深い位置の要素の応答履歴曲線を<図5><図6>に、これらの要素のせん断ヒズミ、せん断応力及び直ゲキ水圧の時刻歴を<図7><図8>に示す。

これらの図から次のようなことがわかる。直ゲキ水圧が発生するとその影響で剛性が低下し、有効応力は減少する。従って、応答履歴曲線は次第にねどきこれる。地盤の地表面に近い位置では、有効拘束圧が小さいため、せん断応力応答が非準に小さい。このため、発生する直ゲキ水圧はごくわずかで、これによる剛性低下、有効応力減少の影響をほとんど受けない。

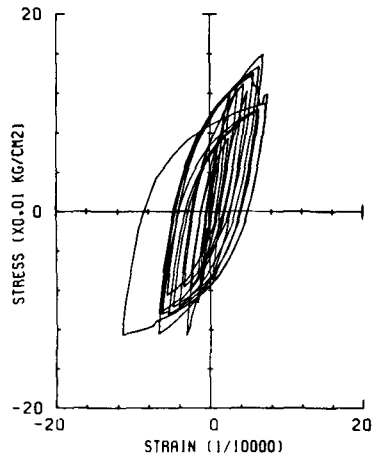
今後、地震時における実際の地盤での測定、実験室での模型による非動試験、より基本的実験による直ゲキ水圧発生メカニズム究明などにより、解析手法の検証を行なう必要がある。

<参考文献> 1) 国生, 桜井, 「Modified Hardin-Drnevich モデルについて」, 工学会会誌45回年講
2) Sherif, Ishibashi, Tsuchiya, "Pore-Pressure Prediction during Earthquake Loadings" Soils and Foundations, Vol. 18, No. 4, 1978, pp.19~30

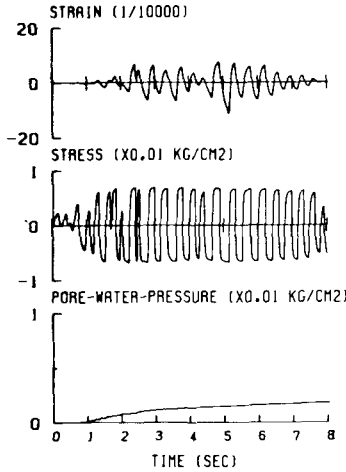
<図5> RESPONSE HYSTERIS LOOP ELEMENT NO.19 CONSIDERING P.W.P. GENERATION



<図6> RESPONSE HYSTERIS LOOP ELEMENT NO.22 CONSIDERING P.W.P. GENERATION



<図7> STRAIN, STRESS, AND PORE-WATER-PRESSURE RESPONSE ELEMENT NO.19



<図8> STRAIN, STRESS, AND PORE-WATER-PRESSURE RESPONSE ELEMENT NO.22

