

弾塑性構成モデルによる砂地盤の震動解析

東北大学 工学部 平井弘義
同上 柳沢栄司

1. 緒言

砂の応力-ひずみ関係についてその非線形履歴特性を考慮した構成モデルが種々提案されてきている。先の研究¹⁾においては弾塑性理論に基づき砂の繰返しせん断変形特性を組み入れた構成式を提案し、これを用いて砂地盤の一次元的応答解析を行った。ここでは強震記録を用いて応答特性をさらに検討する。

$$\frac{\partial \sigma_{12}}{\partial x_2} = \rho \frac{\partial^2 \delta_1}{\partial t^2} \quad (3)$$

ここに σ_{12} はせん断応力、 ρ は密度、 t は時間と示す。式(1)と(2)を用いて式(3)は次のように書ける。

$$A \frac{\partial^2}{\partial x_2^2} \Delta \delta_1 = \rho \frac{\partial^2}{\partial t^2} \Delta \delta_1 \quad (4)$$

ここに A は応力 δ_1 により表わされる。式(4)を離散化すると次式となる。

$$[M] \left\{ \frac{\partial^2}{\partial t^2} \Delta \delta_1 \right\} + [K] \{ \Delta \delta_1 \} = \{ \Delta F \} \quad (5)$$

式(5)は Newmark の β 法において解を求めた。

2. 構成モデルと運動方程式

図1に示されるような基層と表層から成る地盤を考える。一次元問題と仮定し、 x 軸方向の変位 δ_1 のみを扱う。

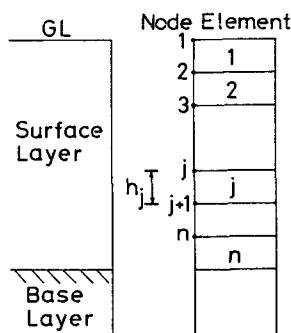


図1 地盤と有限要素分割

砂の応力-ひずみ関係について降伏関数 f および塑性ポテンシャル g は次式において与えられる。

$$f = \sqrt{s} + \rho I_1^2 + \alpha I_3 = 0 \quad (1)$$

$$g = \sqrt{s} / I_1 - M \ln |I_3 / I_1| = 0 \quad (2)$$

ここに I_1, I_2 はそれぞれ応力の1次不変量、偏差応力の2次不変量、 ρ, M, α は材料定数、 s は硬化パラメータである。

一次元の運動方程式は次のように書ける。

3. 解析結果

モデル地盤として新潟地盤と選定、土質諸定数については Seed 等によるものを用いた。図2は梅水ガム²⁾の強震記録を示しており、これを基盤入力として用いる。図3は深さ9.5mにおける応力-ひずみ関係を示しており、顕著な非線形履歴が認められる。図4は最大せん断応力の深度分布を示しており、Finn 等の結果と類似している。図5は最大せん断ひずみ分布を示し、表面下5~15mに大きな値が生じている。図6は最大変位分布を、図7は最大加速度分布を示している。両方とも地表面において最大値を生じている。

参考文献

- 1) 平井, 柳沢: 弾塑性構成モデルによる砂地盤の振動解析, 土質工学会東北支部研究討論会講演集, p59~61. 1983.
- 2) Finn, W.D.L.: Dynamic response analysis of saturated sands, (in Soil Mechanics-Transient and Cyclic Loads, ed. Pande G.N. and O.C. Zienkiewicz), John Wiley & Sons, 1982.

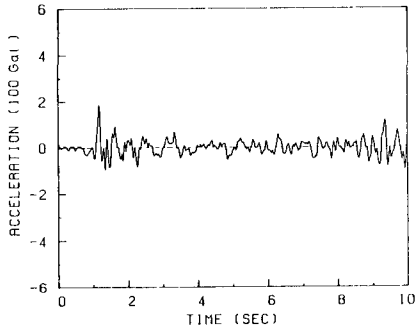


图2. 入力地震波 (標水弘 1978年 宮城県沖地震)

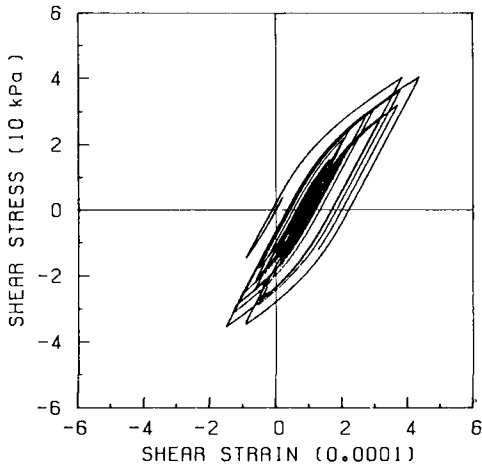


图3. せん断応力-ひずみ関係 (深度 9.5 m)

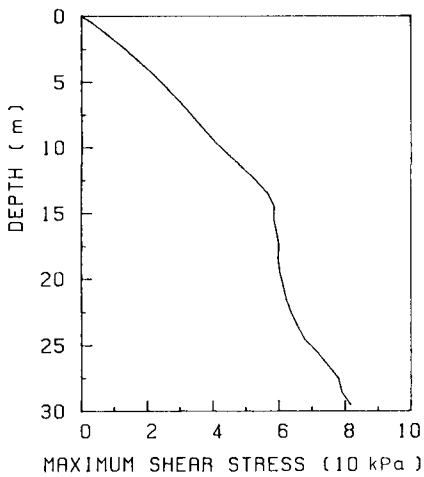


图4. 最大せん断応力分布

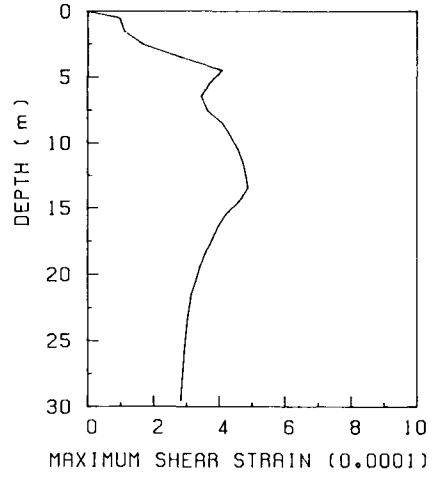


图5. 最大せん断ひずみ分布

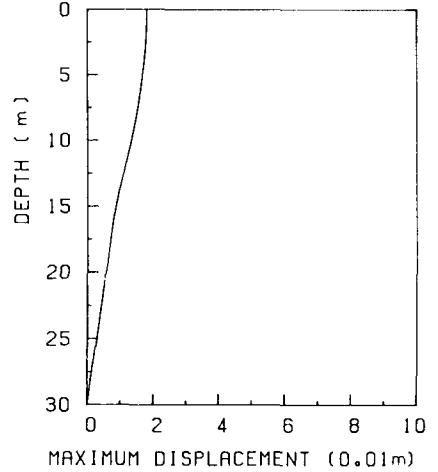


图6. 最大変位分布

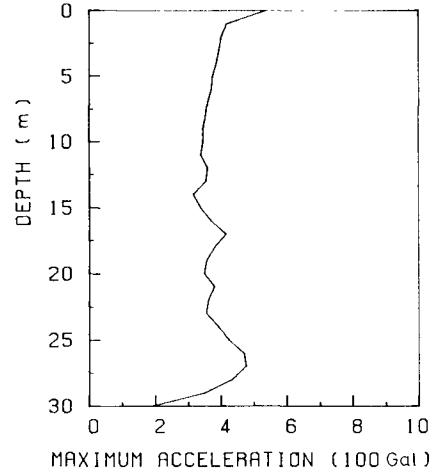


图7. 最大加速度分布