

III-335 力学モデルを用いた動的貫入試験の解析法

○(株) オオバ 正員 似内 政康
 東海大学 工学部 正員 近藤 博
 東海大学 工学部 正員 赤石 勝

1. まえがき

地盤の支持力を的確に把握することは基礎構造物設計の基本であり、支持力算定式に含まれる地盤定数の評価が算定結果の精度を大きく支配する。支持力算定に関係する各種地盤定数の評価法の中で動的貫入試験はロッドの先端に貫入体を付け重錘を落下させるなどによって貫入時に生じる抵抗を測定する試験である。その貫入抵抗の大小によって地盤の硬軟を判断したり、経験式によって土質定数を決定している¹⁾。しかしながら、動的な貫入抵抗と土の力学的特性や諸定数との相関関係を裏づける理論的研究はほとんど実施されていない。もし、理論的に貫入メカニズムが解明できれば現在利用している土の強度定数と貫入抵抗の相関関係に対する信頼性はさらに高まると考えられる。

本文は動的貫入試験の剛な貫入体が土中に貫入する過程に関する有限要素解析を行い土の硬軟と貫入量の関係について計算し、二三の考察を行った。その結果、ここに示した手法によって動的な貫入過程を説明し、貫入抵抗と土質定数の相関性についても解明できそうな傾向がみられたので報告する。

2. 有限要素法による動的貫入試験の解析

質量 m の貫入体が土に貫入後、時間 t においてその速度が V_t に減少し貫入を継続している場合、貫入体の運動エネルギー(K.E.)は式(1)で表される。時間 Δt 後の速度は、貫入時周辺地盤の変形によって損失した仕事量増分 ΔW との関係から式(2)によって与えられる。式(2)の ΔW の表現はこの解析法にとって重要なポイントで、ここでは先端抵抗力が式(3)、(4)でそれぞれ表されるひずみエネルギー U および内部仕事量 f の和として考えた。ここに、 λ, G は λ ameの定数、 J_1, J_2 はそれぞれひずみの第一次および二次の不変量、 m は質量、 α は加速度である。貫入体の運動エネルギーあるいは貫入速度が $V=0$ になる時の貫入体の位置から貫入量は容易に得られる。

$$K.E. = \frac{1}{2} \cdot m \cdot V_t^2 \quad \text{----- (1)}$$

$$V_{t+\Delta t} = (V_t^2 - 2 \cdot \Delta W / m)^{1/2} \quad \text{----- (2)}$$

$$U = \frac{1}{2} \cdot \lambda \cdot J_1 + G (J_1^2 - 2J_2) \quad \text{----- (3)}$$

$$f = m \cdot \alpha \quad \text{----- (4)}$$

有限要素解析は式(3)、(4)を算出するためひずみおよび加速度を求めるために使われている。この手法に関する貫入体と有限要素の節点の位置関係を示したのが図. 1である。貫入によって影響を受ける周辺地盤の領域を設定し要素の節点変位を規定する。時間 t および $t + \Delta t$ における貫入体の位置によって周辺領域は放物線で分けし、それぞれ区域(A)時間 t までに節点変位がすでに生じてしまった、区域(B)時間増分 Δt で貫入の影響を受け節点変位が生じる、区域(C)この過程では貫入の影響を受けず節点が移動しない、ことを意味する。したがって、節点 i の変位の方向は i を通る放物線とし半径方向の変位 Δr を求め、 Δr に対応する

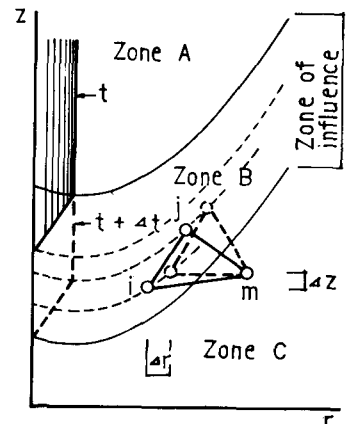


図. 1 節点変位

垂直変位 Δz を計算する。

3. 土質定数と計算結果

数値計算には貫入体の質量 m や初速度 V_0 (あるいは重錘の落下高でも可) およびそれが貫入する土の土質定数が要求される。貫入体の諸元は表. 1 に示す値を採用した。貫入体の先端形状は円錐形であり、貫入時、初速度 V_0 は 25 kg の重錘を 0.5 m の高さからの自由落下を想定した。

図. 2 は一軸圧縮試験で得られた応力～ひずみ関係を示したもので、この関係にバイリニア・モデルを適用し計算に必要な定数を求め表. 2 に示した。このようにして得られた計算条件に従い、有現要素法による貫入解析を行った。図. 3 は貫入体の貫入過程において先端抵抗が周辺土になした仕事 W 、貫入速度 v そして貫入量 s の時間変化を表している。

そこで、解析法の適用性について検証するため、土の硬軟によって土質定数を変化させた場合の貫入量について計算を試みた。貫入体の条件は表. 1 と同じである。図. 4 (a) に示すようなバイリニア・モデルを用いて計算した。一軸圧縮試験のようにひずみ 15 % における圧縮応力でなく降伏応力 σ_y と貫入量 s の関係を調べたのが図. 4 (b) である。

4. まとめ

動的貫入試験の貫入メカニズムを解明する第一歩として有限要素法を利用した剛な貫入体の貫入計算を行った。解析法によると、動的な貫入体の先端抵抗力が貫入時の変形により周辺地盤に与える仕事量の表現法および地盤の力学モデルの表現法が重要なポイントになる。その結果、ここに示した貫入解析法によって動的貫入試験の貫入量と土の強度定数などの相関性を将来説明できそうな傾向がみつめられた。

5. 参考文献 1) 土質調査法; 第6章, サウンディング, 土質工学会編, 昭和57年。

表. 1 貫入体の諸元

直 径 D (m)	0.04
質 量 m (kg)	25
初速度 v_0 (m/s)	3.0

表. 2 土質定数

密 度 ρ (g/cm ³)	1.75
係 数 E_i (kPa)	3,000
係 数 E_p (kPa)	20
ポアソン比 ν	0.5
降伏応力 σ_y (kPa)	70

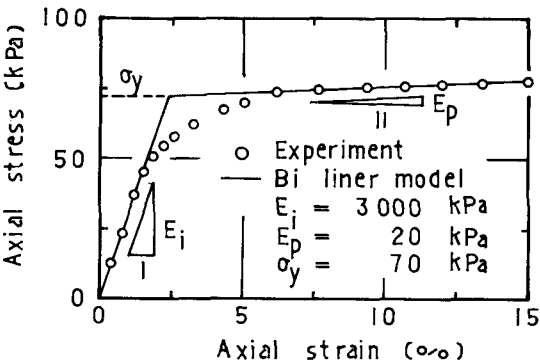


図. 2 一軸圧縮試験結果

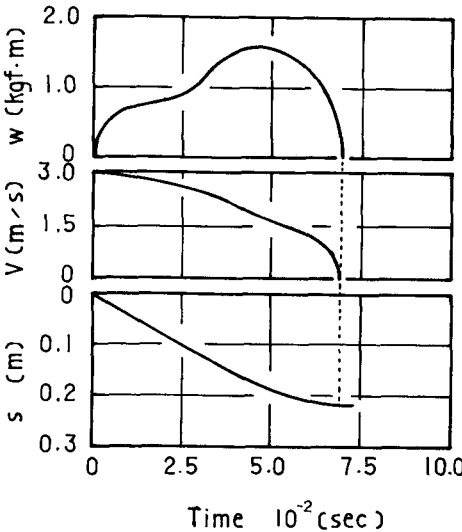


図. 3 貫入体の貫入過程

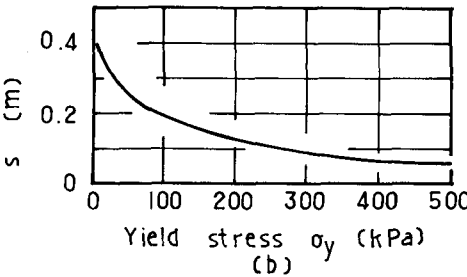
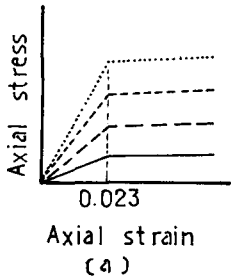


図. 4 貫入量と降伏応力の関係