

Ⅲ—7 成層地盤の原位置試験に関するシミュレーション

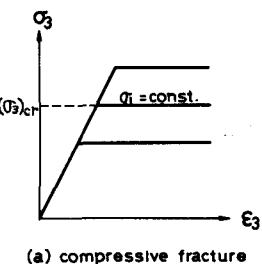
名古屋大学工学部 正 員 川 本 勝 万
名古屋大学工学部 正 員 ○渡嘉敷 直 彦

1. はじめに

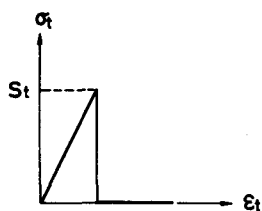
最近、立地の制約などによって比較的軟らかい岩質の基礎地盤上に大規模な構造物が建設されるようになってきている。設計に際しては、このような軟岩からなる基礎地盤の安定性を検討する必要がある。均質な地盤における原位置載荷試験のシミュレーションの結果については、二、三報告されている⁽¹⁾。本報告は、泥岩および砂岩からなる成層地盤における原位置支持力試験の数値シミュレーションを行い、その耐力力と変形性状を検討するものである。解析にあたっては、成層地盤を構成する軟岩各層の非線形な材料特性・破壊条件を考慮し、三次元状態を近似した軸対称有限要素法による逐次破壊解析を行う。また、二、三の条件下での成層地盤の耐力力や変形特性の差異を検討すべく、各層の厚さ、材料定数、載荷板の大きさなどをパラメーターとした各ケースについて計算を行う。

2. 解析方法

2.1 材料の変形特性と破壊規準 支持力試験をシミュレーションする場合、材料の種々の応力状態のもとでの破壊後の挙動を考慮することが必要である。本解析では、材料の破壊状態として、引張り破壊、圧縮破壊、複合破壊の三つを仮定し、それぞれ次のように取り扱う⁽²⁾。すなわち、(i)非破壊状態では、線形に挙動する、(ii)要素が引張り破壊すると、その後の引張り応力に抵抗しない、(iii)圧縮破壊を起すと、以後応力状態は破壊面(破壊包絡線)上に保たれる、(iv)複合破壊では、(ii)および(iii)に従って応力状態が保たれる。これらの変形特性を示すと図-1 のようになる。次に、材料の破壊条件は、平面ひずみの状態で考慮する。成層地盤を構成する砂岩については、Mohr-Coulombの破壊規準を、泥岩については、Mohrの破壊規準を適用する。各材料の破壊包絡線を平均主応力、 $\sigma_m = (\sigma_1 + \sigma_3)/2$ および最大せん断応力 $\sigma_d = (\sigma_1 - \sigma_3)/2$ の主応力成分で表わし、材料の引張強度 S_t を考慮すると、砂岩に対する破壊規準は図-2 のようになり、また泥岩に関する破壊規準は図-3 のよう



(a) compressive fracture



(b) tensile fracture

図-1 応力-ひずみ関係
に示される。ここで、主応力の符号は引張り応力を正に定めている。

要素の応力状態(σ_m, σ_d)に対する破壊への接近度は、このときの σ_m に対する破壊規準の σ_m を、 $(\sigma_m)_{cr}$ とすれば、つぎのように示される。

$$Ra = \sigma_m / (\sigma_m)_{cr} \quad (1)$$

すなわち、 $Ra \geq 1$ の場合に要素が破壊

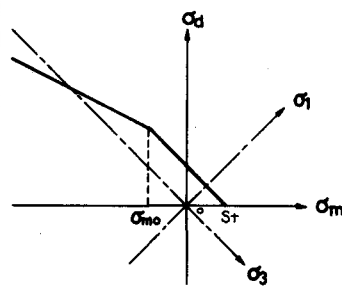


図-2 砂岩の破壊規準

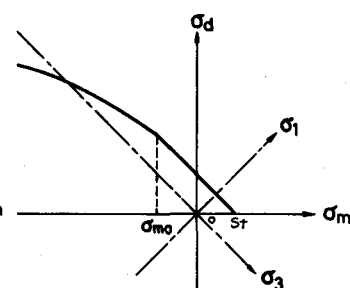


図-3 泥岩の破壊規準

状態にあると判定する。

2.2 解析の手法 荷重の漸増中、前節に述べた材料の破壊後の挙動に基づいて、引張り、および圧縮破壊後の応力状態を Stress transfer 法によって、仮定された応力状態になるように応力を配分する。すでに引張り破壊を起している要素については、No tension の手法により、以後すべての引張り応力を再配分する。すなわち、引張り応力を $\{\sigma_t\}$ とすれば、

$$\{F_1\}^e = \int_V [B]^T \{\sigma_t\} dvol. \quad (2)$$

圧縮破壊状態にある要素については、破壊レベルをこえた応力状態 $\{\sigma\}$ を破壊応力レベル $\{\sigma\}_{cr}$ に保つように $(\{\sigma\} - \{\sigma\}_{cr})$ の応力を Initial Stress 法によって再配分する。すなわち、

$$\{F_2\}^e = \int_V [B]^T (\{\sigma\} - \{\sigma\}_{cr}) dvol. \quad (3)$$

複合破壊をしている要素については、最初に引張り応力を再配分し、なお破壊状態にある場合には、余分の圧縮応力を再配分する。したがって、この場合の等価節点外力は、次のようになる。

$$\{F_3\}^e = \{F_1\}^e + \{F_2\}^e \quad (4)$$

以上の等価節点外力を全要素について加え合わせて構造全体について再計算し、各要素が所定の条件を満足するように、各荷重ステップごとに反復計算をくり返す。

3. 解析に用いる成層地盤モデルとその条件

本解析においては、層厚の異なる2つの成層岩盤モデルを設定し、それぞれモデルA、およびモデルBとする。両モデルは、図-4に示すように、いずれも泥岩および砂岩の互層よりなる9層の岩盤モデルである。層厚は、モデルAにおいて泥岩層30cm、砂岩層15cmとし、モデルBについて、それぞれ30cm、および7.5cmとする。解析領域は、モデルAの場合、深さ2.1m、水平方向は載荷板中心より1.5mとし、モデルBにおいて、それぞれ1.8m、および1.5mとする。各層の材料定数は、表-1のように仮定する。載荷板の半径 r は、15cmと30cmの2つを考える。解析モデルは、円形等分布荷重を受ける軸対称回転体とし、境界条件は図-4において、FACE 1 および FACE 3 を鉛直方向のローラー条件とし、FACE 2 は固定とする。

なお、材料定数、載荷板の大きさなどのパラメータを組み合わせた各

ケースの詳細と、解析結果およびその考察については、発表当日報告致します。

表-1 材料定数

(応力単位: kg/cm²)

参考文献: 1) 伊藤, 本島, 林, 北原 "原位試験のシミュレーションによる泥岩の基礎岩盤安定解析手法の検討", 電力中央研究所報告, No. 377004, 昭和53年3月

	変形係数	ポアソン比	引張り強度	圧縮強度	C	ϕ
泥岩	10×10^3 5×10^3	0.3	8.0	90	26	35°
砂岩	6×10^3	0.3	1.0	10	1.2	60°

2) T. Kawamoto and T. Saito, "Stress and Stability analysis of underground openings taking post-failure behavior of rock into consideration", Numerical Methods in Geomechanics, ASCE, 1976, PP. 791-801