

新潟大学工学部 学生員 ○五十嵐 務

新潟大学工学部 正会員 大川 秀雄

1. はじめに

埋設工事における圧入無排土推進工法やアースアンカー工法の解析を目的とした、アンカープレートの水平引抜き実験の報告がいくつか見られる。当研究室においても、埋設管の側方拘束土圧の解析を目的とした同様の実験を行っている。本報告では、このアンカープレートの水平引抜き実験のFEM解析を行い、実験値との比較検討を試みた。

2. FEM解析

次の2通りについて行い、各々を解析A、解析Bとする。用いた要素は共に三角形定ひずみ要素である。

解析A no tension 解析で、Zienkiewicz らが提案している次のような計算手順で行う。

step 1 構造物を弾性体として解析し、各要素の主応力を初期応力に加える。 step 2 引張応力が生じている要素の各節点に、(1)式で求まる拘束力を一時的に加えて構造物が変形しないようにして引張主応力を除く。

$$\{F\} = \int [B]^T \{\sigma_0\} dV \quad \{\sigma\} = \{\sigma_1\} + \{\sigma_0\} \quad (1)$$

$\{\sigma\}$: 要素内の応力 $\{\sigma_0\}$: 節点力によって支持されなければならない引張応力

step 3 この拘束力と等大異符号の節点力に加え再び弾性解析を行い、step2 による応力に加える。

step2 とstep3 を繰り返す。以上の計算過程で構造物の弾性性質は常に一定である。

解析B 非線形解析で、上の応力ひずみ関係式として Duncan and Chang の双曲線近似式を用い、接線弾性係数を (2)式のように簡略化した。

$$Et = \{1 - (1 - \sin \phi) \cdot (\sigma_1 - \sigma_3) / (2c \cos \phi + 2\sigma_3 \sin \phi)\}^2 Ei \quad (2)$$

Ei の初期弾性係数は一定とする。材料定数は実験に用いた豊浦標準砂の三軸試験より表1のように決定する。解析は平面ひずみ問題として修正荷重漸増法により行い、各荷重増分段階の各反復計算において解析Aを行う。

3. 実験概要

実験装置を図1に示す。载荷はロッドを通して行い、最初 1.6 Kgf 载荷し、その後1分間隔で 1Kgf ずつ増やした。各々の载荷の30秒後に、変位はダイヤルゲージで、土圧は圧力センサーで測定した。変位はロッドの動きで代表させ、ロッドに固定された平板の変位を測定した。圧力センサーはプレート中央に接着した。

C	ϕ	γ	Ei
0.2 Kgf/cm ²	36.0	1.54 gf/cm ³	100.0 Kgf/cm ²
Rf	K	n	ν
0.93	900	0.5	0.3

表1 材料定数

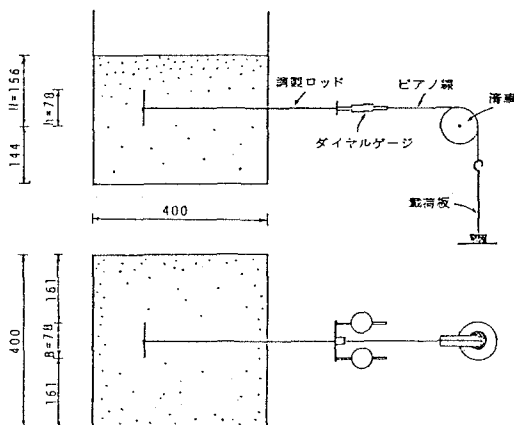


図1 実験装置

4. 結果と考察

解析A (1) 最初に、1.6 Kgf を載荷した時のプレート背面の中央の要素について、水平変位と引張主応力の収束状況を図2に示す。変位は10回の反復までに急速に増加し、20回でほぼ収束に達したことがわかる。引張主応力は10回の反復で3.4%、20回で0.5%まで減少した。

(2) 実験での各載荷段階において、反復を10回行なった場合と20回行った場合について変位-荷重の関係を実験値とともに図3に示す。図2より反復回数を20回以上に増やしても、曲線形状にあまり変化はないと思われる。解析Aは反復に際し剛性マトリックスには変化はなく、応力-ひずみ関係は線形であるので、no tention 問題の結果として変位-荷重曲線が非線形になるにすぎない。

解析B 上記の結果より、解析Aの反復回数は10回とした。図4には変位-荷重関係、図5には変位-応力関係を示す。これらについては(2)式中の E_i を100~60 Kgf/cm²で変化させた。実験値は載荷重が8 Kgf 位までは計算値の範囲内に収まっているが、それ以上になると、変位の増加が大きくなり計算値からずれはじめる。今回のように、接線弾性係数を(2)式で表すと、初期弾性係数の決定が変位に対して支配的となる。Janbu は初期弾性係数を(3)式で表せるとしている。

$E_i = K \cdot P_a (\sigma_3 / P_a)^n$ P_a : 大気圧 (3)
 σ_3 に、載荷前の自重のみ作用している状態でのプレート中央における値をとると、 $E_i = 91.6$ Kgf/cm²となる。この値より計算に用いた $E_i = 100$ Kgf/cm²を決定したので、荷重の小さい段階では計算値と実験値は当然のことながら良い一致が見られる。図6は応力-荷重関係を示し、荷重の大きい段階でも良く一致していることがわかる。

5. まとめ

(2)式の E_i に(3)式を用いるのが本来の Duncan and Chang モデルであるが、プレート引抜きのような問題では σ_3 が引張になると(3)式を定義できなくなる。今回、解析Aと組合わせたのはこのためであり、実験値と比較的良好一致が見られたが、解析Aと組合わせることによる影響について更に検討を行う必要がある。また、図1のような奥行きのある実験については三次元解析を行う必要があり合わせて今後の課題としたい。

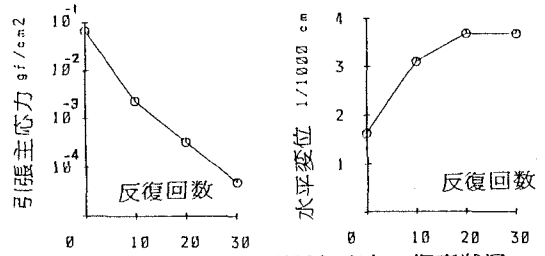


図2 水平変位・引張主応力の収束状況

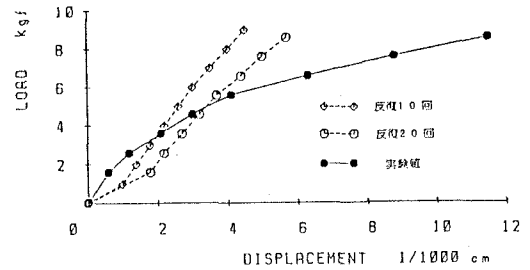


図3 変位・荷重関係

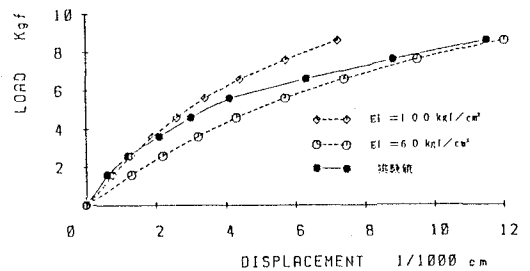


図4 変位・荷重関係

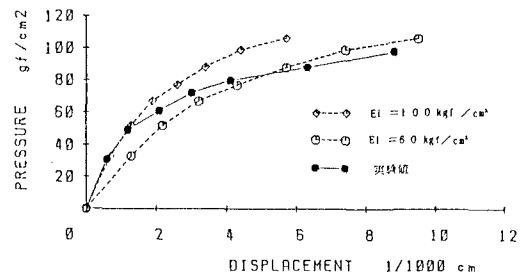


図5 変位・応力関係

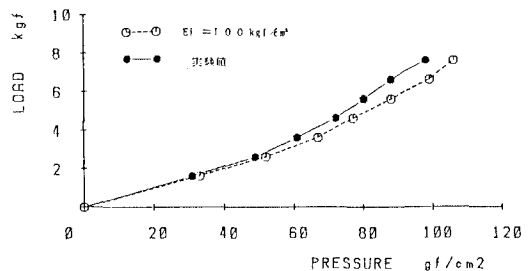


図6 応力・荷重関係