

補剛材を有する地盤の弾塑性解析プログラムの開発

佐賀大学 学生員 ○中野 由裕
 正員 荒牧 軍治
 正員 古賀 勝喜
 学生員 古賀 浩二

1. まえがき

地盤に補剛材を入れて地盤の剛性を増す手法は古くから行なわれてきたが、その目的は大きく2つに大別できる。1つは強度の非常に大きな補剛材を用いて地盤の破壊に対する抵抗力を持たせようとするものであり、もう1つは変形、沈下の抑制効果をねらったものである。佐賀平野は超軟弱な有明粘土が厚く堆積し、盛土構造物や道路などの破壊、沈下に悩まされている。特に道路の沈下はいたる所で発生し、その改修に多額の支出をしいられている。最近、沈下抑制の目的で各種の補剛材を用いる方法が提案されている。これらの方法がどの程度の沈下抑制効果持つかの判断を行なうためには、地盤と補剛材を全体として解析するシステムの開発が不可欠である。

本研究は補剛材を有する地盤の沈下解析を行なうため、弾塑性有限要素法プログラムを開発し、補剛材の沈下抑制効果についての検討を行なったものである。

2. 弾塑性有限要素法プログラム

地盤—構造物系の有限要素法解析にあたって最も重要な問題は①土の構成則をどのように表わすか、②補剛材としてどのような要素を用意するかとの2点である。今回開発したプログラムの内容を列記する。

- 1) 地盤要素としては三角形線形要素を、補剛材としてはトラス要素を用いた。
- 2) 地盤は弾性又は弾塑性（バイリニア）的に挙動するとした。
- 3) 弾性から塑性への移行は、要素の主せん断ひずみが指定した値 γ_0 を越えたときに起こるものとした。
- 4) 塑性状態に入った要素はせん断弾性定数 G と同様に、縦弾性定数も同時に E_2 に変化するものと仮定した。
- 5) データの作成及び修正を容易にするため対話形式のデータ作成プログラムを準備した。（アプリプロセッサ）
- 6) 節点の変位、応力、主応力、要素が弾性か塑性かの判別がプリンターに出力される。
- 7) 各節点の変位及び各要素の主応力図を示す図化プログラムを開発した。（ポストプロセッサ）

なお本プログラムは技術者が使いやすいようにマイクロコンピューターを用いている。使用容量を少なくする工夫や、計算の高速化をはかっているため、現在のマイコン程度でも十分に実用的な解析を行なうことができる。以下の計算はPC9801を用いて行なったものであり、塑性状態になる要素の非常に多い場合でも2時間程度で計算できる。

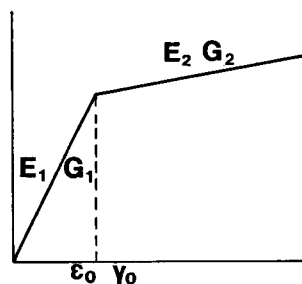


Fig. 1 バイリニアモデル

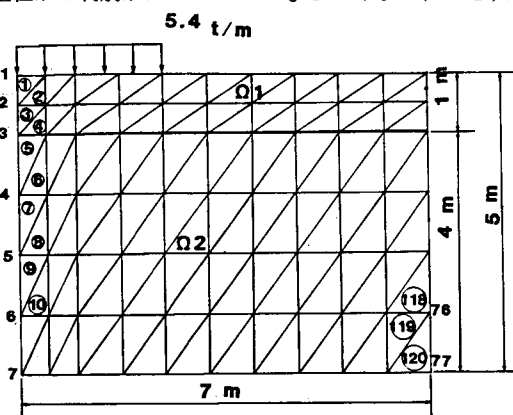


Fig. 2 有限要素モデル

3. 補剛材の沈下抑制効果

今回開発したプログラムを用いて、補剛材の変位抑制効果についてのいくつかの数値実験をおこなった。Fig. 2は解析に用いた地盤の有限要素モデルである。地表部に近い領域 Ω_1 を下層の領域 Ω_2 よりも剛性を大きくしたのは道路路盤をモデル化したものである。載荷は盛土高さ3mに相当する等分布荷重5.4 t/mを載荷している。表-1に計算に用いた物性値を示している。弾性から塑性への移行する時のせん断ひずみ γ_0 は2%と仮定した。

計算はFig. 3に示す4つのケースについて行なった。CASE 1は補剛材がない場合、CASE 2は路盤と軟弱粘土の間に断面積10 cm²の鉄筋を1m間隔に設置した場合である。CASE 3は鉛直方向に松杭を打設し、それに鉄筋を固定した場合を想定している。またCASE 4は同じ断面積の鉄筋で組んだトラスを杭の上に設置した場合である。いずれの場合も路盤下にポリマーネット等を敷いて荷重分配を行なうことを前提としている。

Fig. 4は各ケースにおける地表面の鉛直沈下量を示したものである。CASE 2の鉄筋のみの場合は鉛直沈下に対してはほとんど抑制効果が現れていない。また松杭と鉄筋を併用したCASE 3では、杭打設より遠い部分の沈下抑制効果が著しい。道路にそった建物の不等沈下防止にはこの程度の補剛材の挿入でも十分である。しかし道路部分の沈下抑止にはそれ程大きな効果を発揮していない。これは鋼棒を水平に設置しただけでは鉛直方向剛性がそれ程大きくないため、別種の構造的補剛材の設置が必要なることを意味している。

CASE 4では道路下部の補剛材をトラス組みとし、構造的剛性の増加をねらったものである。道路中央部の最大沈下量は40.4mmで、補剛材を設置していないCASE 1の最大沈下量142.8mmの28.3%となっており、十分な抑止効果を有していることがわかる。Fig. 5はCASE 3の場合の塑性発生要素を示したものである。

4. 結語

地盤材料の変形特性にバイリニアールモデルを用いて補剛材の沈下抑制効果のいくつかの数値実験を行なった。現在、Druger-Pragerモデル、Cam-clayモデル等の構成式を用いた有限要素プログラムを開発中であり、今後発表していく予定である。

表-1 地盤物性値及び補剛材物性値

領域	E t/m ²	E 2 t/m ²	ν	γ_0
Ω_1	5.0×10^2	1.0×10^2	0.300	0.020
Ω_2	1.0×10^2	2.0×10^1	0.300	0.020

種類	E t/m ²	断面積m ²
鉄筋	2.1×10^7	0.001
杭	9.0×10^5	0.008

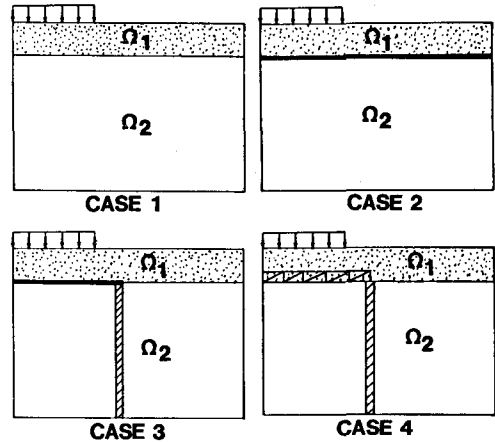


Fig. 3 計算に用いた補剛材

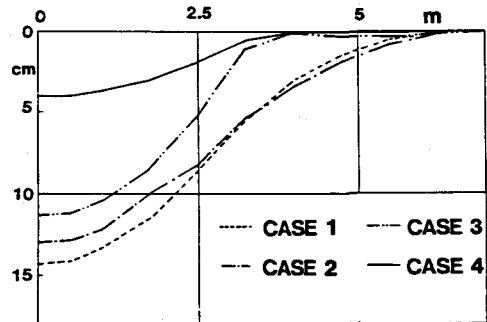


Fig. 4 地表面の鉛直沈下

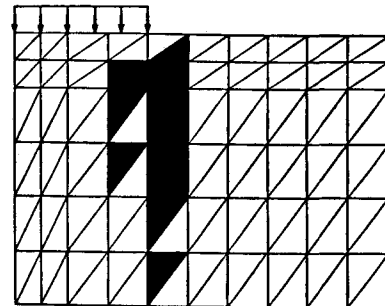


Fig. 5 塑性発生要素