

深さ方向に弾性率が変化する半無限体の解析

大阪工業大学 正員 岡村宏一
 東洋技研コンサルタント(株) 正員 島田 功
 東洋技研コンサルタント(株) 正員 森 茂美

1. まえがき

従来から、構造物の基礎を設計する場合に、しばしば地盤を弾性体と仮定した1つの便宜的な解析が、行なわれ、使用の便を考慮した種々のデータが、与えられている。さて、地盤を対称とした半無限体の計算で、弾性学的な解の得られている基本的な問題には、図-1に示す、4つの型があり、これらの集中荷重に対する解を積分することによって、面荷重等に関する半無限体内の応力や変形が求められる。一般に基礎構造物を設計する場合、地盤の鉛直応力や接地圧の分布、および変形などがおもに計算の対象となり、地表の基礎構造物の場合には、基礎面の形状に応じて、Boussinesqの解が利用される。しかし、これらの解は、等方等質弾性体と仮定して得られたものであり、より現実的な条件を与えるものとして、多層系の問題などが解析されている。本研究は別な1つの条件として、地盤の弾性率が深さをパラメータとして変化する場合を想定し、実用的なデータを作成することを目的に行っているものである。筆者の知見では、この種の半無限体の解は目下のとおり得られていないようである。そこで用いた解法は、多層系の場合にも適用できるが、本文では直線変化の場合の解析例について報告する。

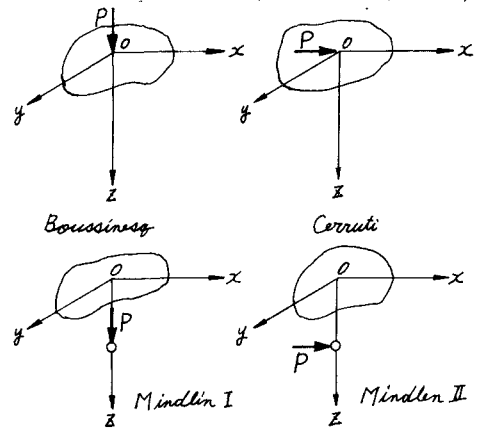


図-1

2. 解法.

本解析に用いた解法は、すでに、文献 1), 2), で記しているように3次元問題の基本解であるMindlinの解を骨子とし、釣合式における、等方弾性体からの剛性の変荷量に從属する物理量 σ , Body Forceに相当する τ とを用い、領域選点法と、部分差分法を適用し解析するものである。ところで、3次元体内の応力は、荷重の作用位置よりある程度離れると、急激な減少を示し、応力(歪)を問題にする場合には、この荷重作用領域の近傍における、局所応力(歪)について考察すれば十分である。すなわち、本解析においても、荷重作用位置近傍に解析領域を制限することによって、3次元解析が容易におこなわれる。

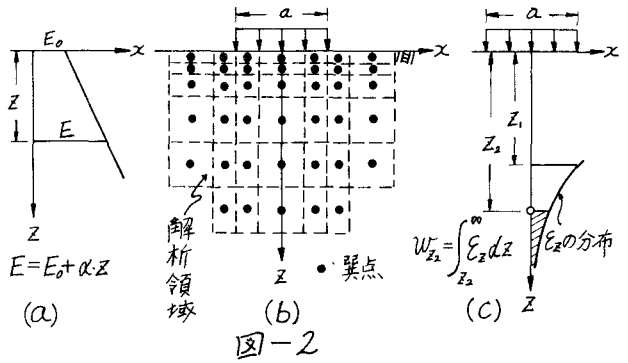
1) 岡村, 島田; 弾塑性, もしくは不均質弾性を有する3次元体の1数値解法,

土木学会論文報告集, No. 212, pp. 11~24, 1973

2) 岡村, 島田, 森; 直交異方性半無限体の非軸対称問題の解析,

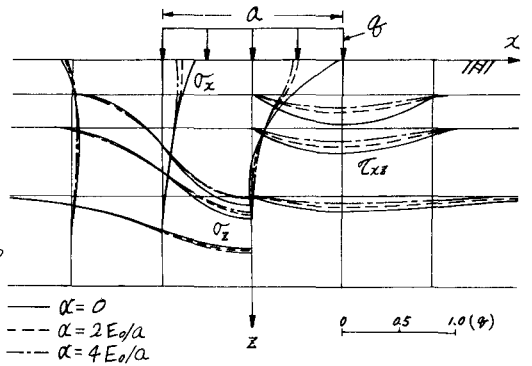
第29回年次学術講演要旨集, pp. 18~20, 1974

ところで、歪を積分した変位については、解析領域外の剛性変化の影響も考慮しなければならない。本解析では、荷重位置からの距離を r とし歪分布を $\varepsilon = \frac{a}{r^2} + \frac{b}{r^3}$ (a, b は解析領域内の r の値から定まる定数)と仮定し、解析領域内の r の値から歪分布を求め、領域外の r の値から歪分布を外挿し、図-1(c)のように領域外で積分し、基準となる点の変位を求め解析をおこなった。



3. 計算諸元

表面に荷重強度 p なる長方形分布荷重($a \times b$)を及ぼす問題をテーマに図-2(a)のように、ヤング率が深さ方向に直線的に増加する場合の解析をおこなった。本計算例では、表面のヤング率を E_0 とし、深さ方向の増加率 α が次の3種類の場合について計算をおこなった。ただしポアソン比 ν は0.2である。



問題1: $\alpha = 0$ (深さ方向にヤング率が変化しない)

Boussinesqの解の積分)

問題2: $\alpha = \frac{2E_0}{a}$ (深さ a のところで、 $E = 3E_0$ となるような変化)

問題3: $\alpha = \frac{4E_0}{a}$ (深さ a のところで、 $E = 5E_0$ となるような変化)

また、解析領域、および有限小領域の分割は、図-2(b)に示した。この解析領域の大きさおよび、有限小領域の分割は、解析精度に影響するが、種々に分割を変えた数値実験の結果、定めたものである。

4. 解析結果

近似的には、ヤング率が深さ方向に段階的に変化する多層系の問題とも見なせるこの種の問題において、応力や変形状態は興味ある問題である。図-3は表面に正方形分布荷重 p を及ぼす場合の応力および、変形状態について、前述の各問題と対比して示したものである。変位は、深さ方向のヤング率の増加によって差が顕著にあらわれ、問題1の

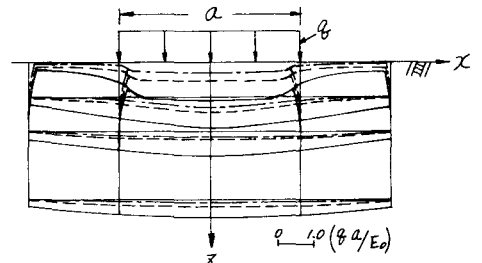


図-3 応力および変位分布図

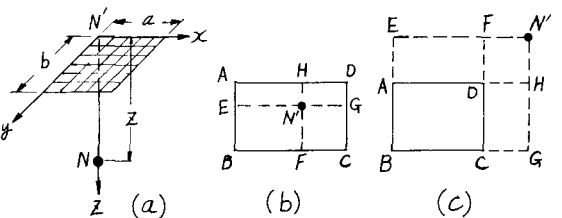


図-4 長方形分割法

ヤング率が変化しない場合と比較し、表面の鉛直変位の最大値は、問題2で0.46倍、問題3で0.31倍程度となる。さて、表面に種々の形で載荷される荷重は、長方形分布荷重の合成としてあらわすことができる。一方、長方形分布荷重による、任意点の応力状態を求めるにはよく図-4に示すような長方形分割表が用いられる。すなわち長方形分布荷重の隅角点の値を種々の辺長に對し、与えておけば、任意点値は、これらの値を加減することにより、求めることができる。図-4は荷重幅($a \times b$)の長方形等分布荷重が表面に作用した時の隅角点の変位^(ポツリ)、各問題を對比して示したものである。変位 u 、 v 、 w ともに、問題1に對し、問題2,3は、大きく減つた、 w について、問題3では $1/2$

が、2以上になると、ほとんど変化がみられない。

図6-よは長方形分布荷重が作用する場合の荷重隅角部の応力の影響値 I_0 を示したものである。

$$I_0 = \frac{\sigma}{\sigma_0}$$

す、おすび

基礎構造物を設計する場合に、基礎底面の沈下は重要な項目であるが、本解析からわかる様に、深さ方向の剛性の変化は、表面の沈下に大きく影響する。実際の基礎地盤の沈下は多くの因子に因するが、この種の問題に対するデータを示すことは実用上有意義であろう。

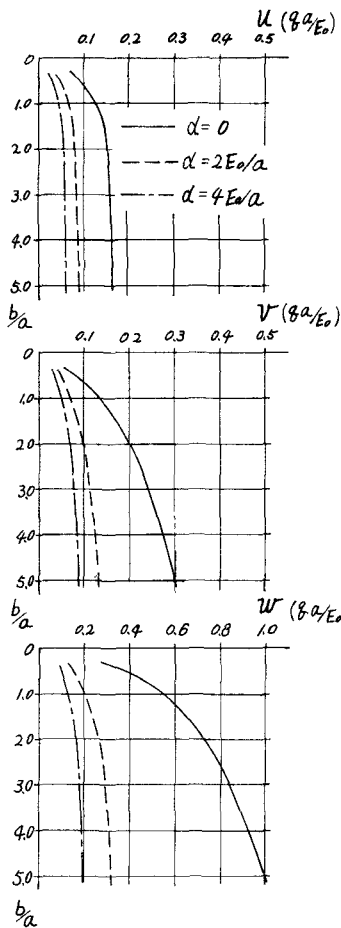


図-5 隅角点の変位

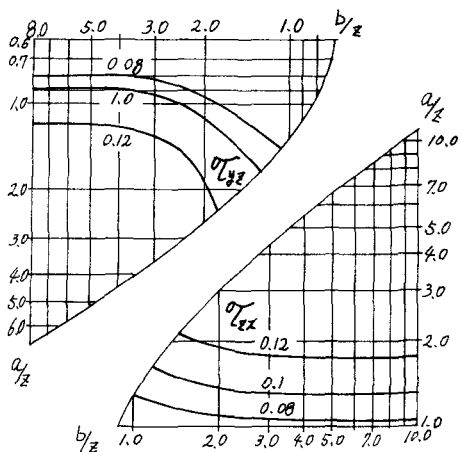
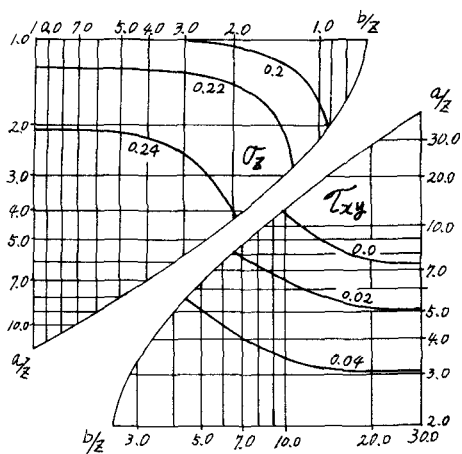
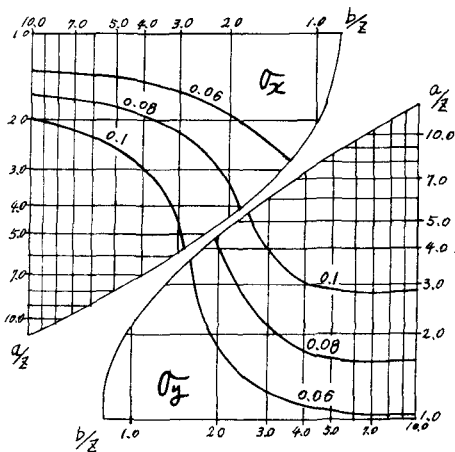


図-6 応力の影響値($\alpha=0$)

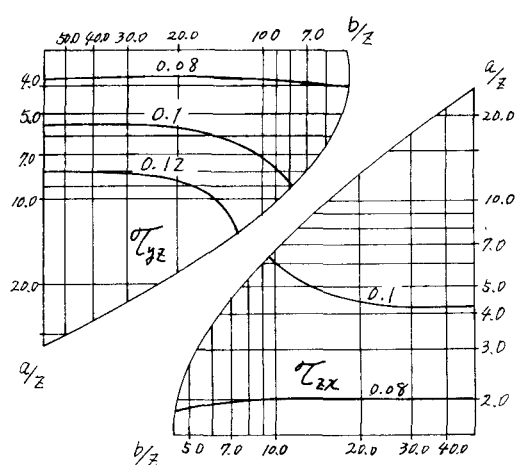
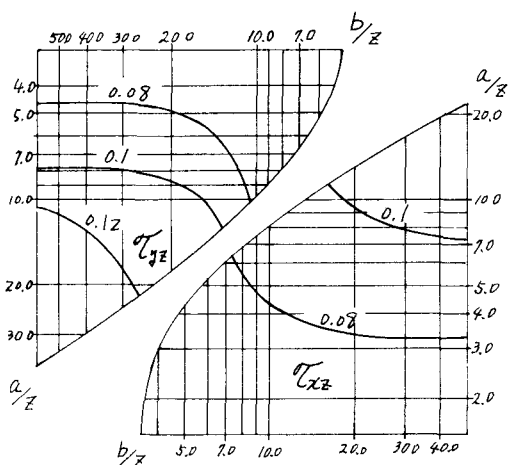
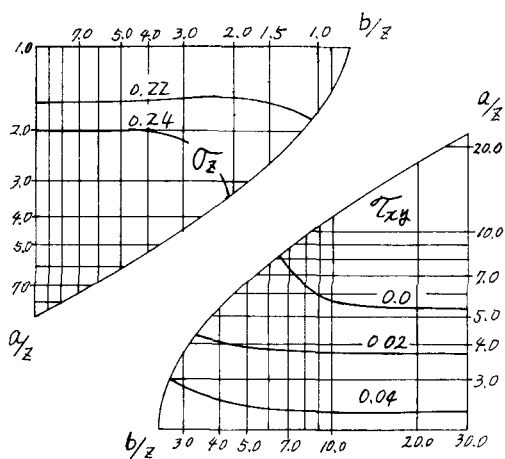
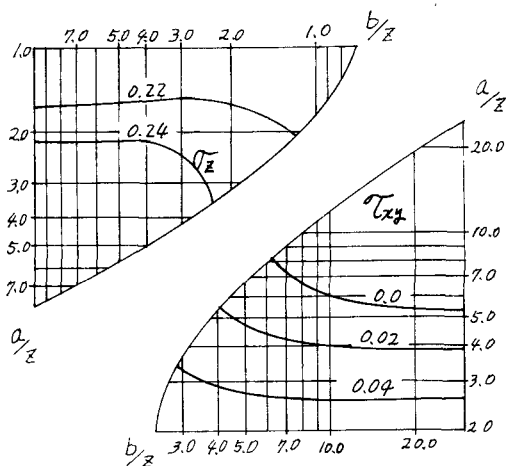
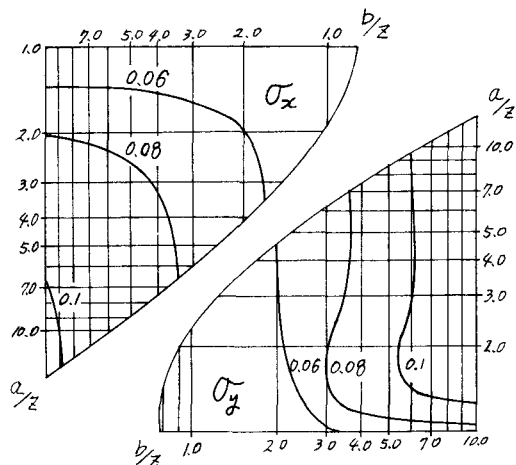
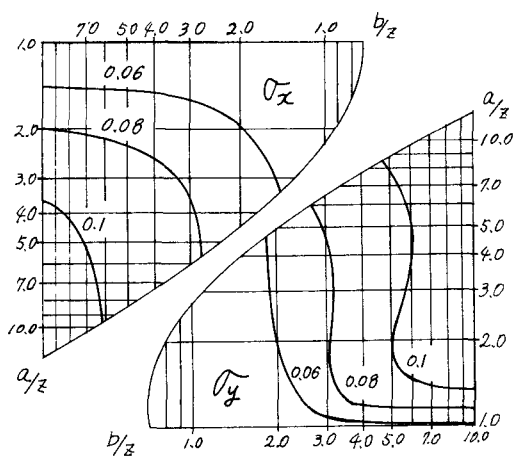


図-7 応力の影響値 ($\alpha = 2E_0/a$)

図-8 応力の影響値 ($\alpha = 4E_0/a$)