応力緩和法による角柱の解析について.

近畿大学理工学部　正員　谷平　勉

1. まえがき. 3次元体応力解析に対する一つの数値解法を、著者はすでに提案した*)。それは、自由境界面に任意の荷重が載った場合の厳密解が得られているような物体（例えば半無限体表面載荷の解）を組合せて得られる相貫体を作りだすという、3次元弾性論等でよく使われる方法を、より数値計算的な手法として一般化しようとするもので、例えば、M. Hetenyi*)が2つの直交する半無限体の相貫体としての1/4無限体の解を得ている。それを比較の対象として、著者の示す数値解法で同じ結果を得た。これは先の発表で述べたように一種の応力緩和法とでも呼ぶような方法と考えられるので、今後この方法の発展の可能性を期し、とりあえず応力緩和法と呼ぶことにしたい。

2. 応力緩和法について.

今説明を簡単化するため、図1のような2次元場で考えてみる。厳密解を有する2つの物体A,Bの相貫体として得られる物体CにPなる力が作用した場合の解を得るには、まずAにPを作用させた場合の、Aに含まれるBの境界Γ_B上の応力を緩和させるようにBの表面Γ_B上にS_BおよびPを作用させ、次にそれによるBの内部Γ_A上の応力を緩和させるためにS_Aを作用させる。これを順次繰返す。

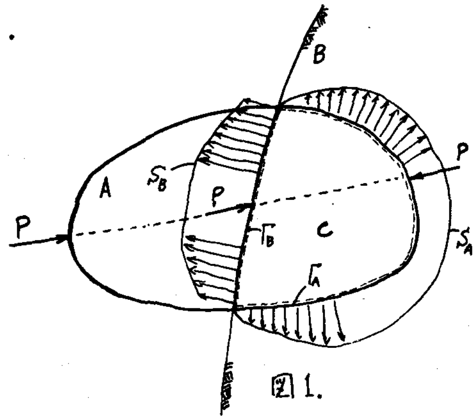

図1.

2度目からは緩和力だけを作用させる。この緩和力が0になるまで繰返せば収束とみなし、その合計緩和力が最終的に緩和させる力として得られる。またこの緩和力を予め未知数として上記論理を組立てれば、一つの連立方程式が得られ同じ結果を得ることができる。いづれを採るべきかは、個々の問題に応じて考慮する必要があろう。また、この緩和力を関数形で仮定して取扱えるならば、解析的近似法が可能となるだろう。ここでは数値計算上、もっとも取り扱い易いものの一つと考えられる、ブロックワイズな処理をし、計算機の容量等の考慮から、繰返し法によることとした。

3. 角柱への適用

具体例として、半無限角柱を作り出す手順を述べよう。半無限四角柱は図2のように、頂面Tを含む面を自由面とし、Z方向に実体のある半無限体T, 側面S_1を含みY方向に実在する半無限体S_1, 同様に半無限体S_2, S_3, S_4の相貫体として得られる。

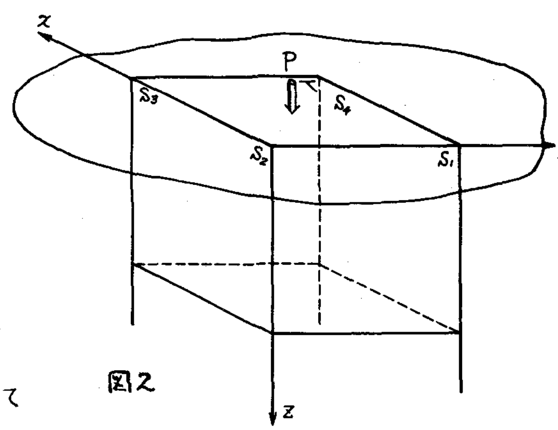

図2

四角柱の頂面に力Pが作用した場合について

考えると、まず半無限体TにPが作用した場合の解から、その内部の面S_1～S_4に働く応力を算出し、次に半無限体S_1～S_4のその面にその応力の逆方向の力を緩和力として作用させる。これによるそれぞれの半無限体の内部の面としてのT面に生じる応力の和の逆向の力を緩和力として半無限体Tに作用させる。Iterationの場合はこの手順を繰返す。

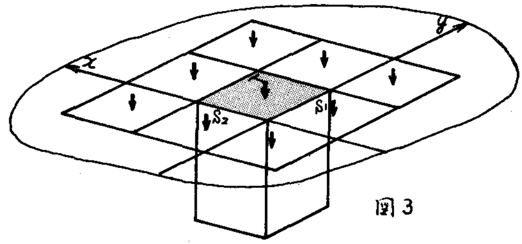

図3

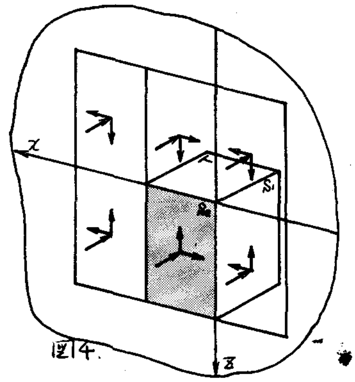

図4

4. 数値計算例

前述の手順を数値計算で実行する際に次の点を考慮する。
• 対称性，鏡像原理を利用し極力せん断応力を省けるように工夫する。•稜線近傍での応力急変による収束性への悪影響を避けるためダミーの緩和力を設ける。今回の計算では頂面力は隣接の9コの点，側面力では6コの力(図3,4)を用いた。この結果頂面緩和力は直応力に相応するものだけを考慮すればよい。側面の緩和力は直応力および2つのせん断応力に対応する3つの力が必要になる。図5のような立方体(下面は無限体に連なる)の頂面の中央部に部分分布力の作用した場合の例を以下に示す。分割数は6で稜線近くを密にした図6のような分割を使った。

各繰返しの過程での緩和力の収束状況を図7に示す。その全和としての最終緩和力は図6に示すようになる。このような分割数の少い粗い分割による簡単な計算によってこの方法がうまく収束することが確認できた。定量的な比較検討を行うにはもう少し分割数を多くとる必要があろうと思われる。10分割による場合の計算結果を講演時に示したい。

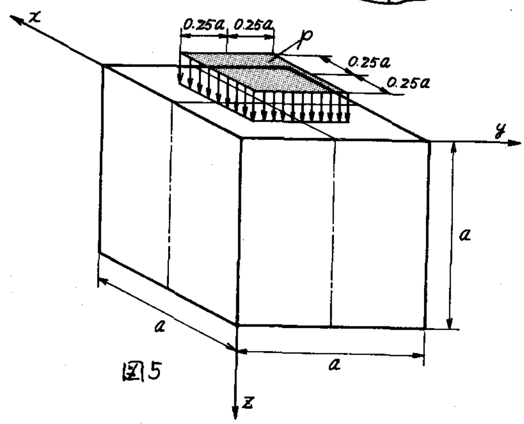

図5

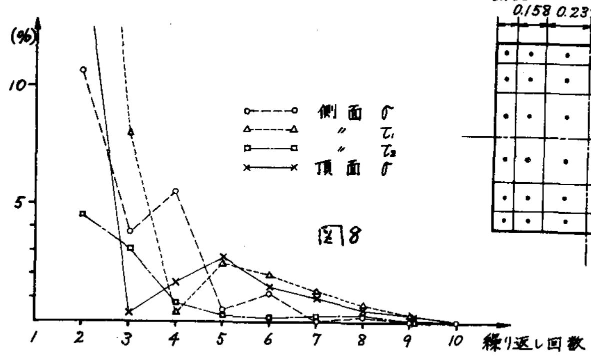

図8

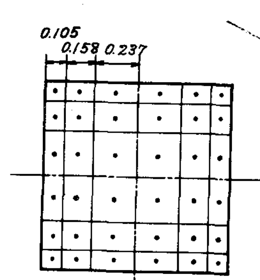

図6

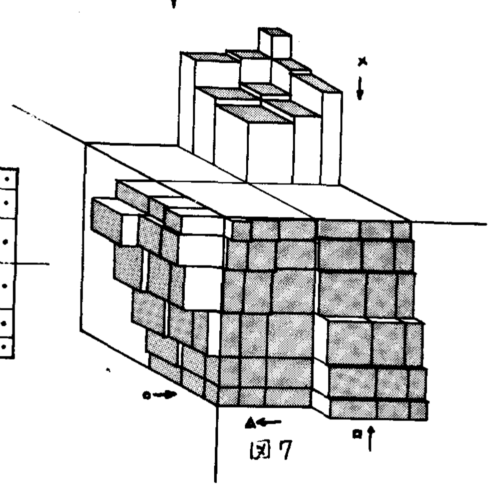

図7

*) 谷平；弾性体の応力解析に対する一数値解法，第30回土木学会年次学術講演会