高次有限要素を用いた地盤の支持力解析

鳥取大学工学部　正会員　　清水正喜
鳥取大学大学院　学生員　　渡邉芳弘
○ 鳥取大学大学院　学生員　　上野敏光

１．はじめに

有限要素解析の精度は、メッシュを細かく分割することによって、あるいは、１要素当りの自由度を大きくすることによって、上げることができる。本報告では、弾性地盤上の剛な基礎の載荷問題を有限要素法によって解析し、荷重－変位関係に対する要素の自由度と要素数の影響について考察する。

２．解析方法

地盤を弾性体と考えて平面ひずみ問題として有限要素解析を行った。

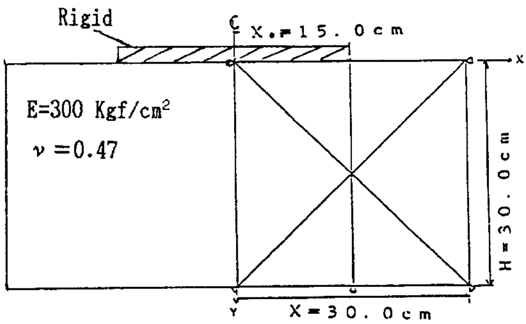
解析モデルは､図１に示すように、模型実験を想定して、深さＨ＝３０．０㎝ 横方向の長さＸ　＝６０．０㎝ の地盤である。対称性より、解析領域は、中心から横方向の長さ３０．０㎝、 深さ３０．０㎝ の矩形領域とした。載荷幅は、中心より１５．０㎝ とした。載荷は、剛な基礎を通して行われることを想定しているので、載荷板の変位を増分的に加えていく変位制御で行った。

三角形要素から構成された３種類のメッシュを用いた（図１）。各タイプのメッシュに対して、１要素の節点数を３節点、６節点、１０節点、１５節点と変えた（図２）。

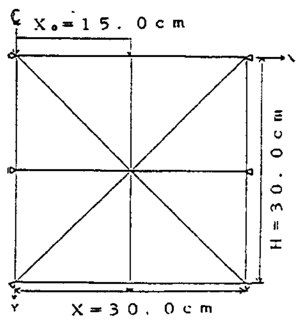
高次要素に対して、積分計算には数値積分を用いた。一般に、数値積分にLegendre-Gauss法が用いられるが、三角形要素にこの方法を適用すると、積分点の位置が要素内で規則的に分布しないので、精度が各方向で一様にならない。そこで、これを避けるために、局所座標系に面積座標を用いたガウス型の直接法を使った。[1),2),3)]

数値積分では、厳密な積分を行える最小の積分点数は、被積分関数が多項式の場合、その次数によって決まる。しかし、有限要素法では全体座標系から局所座標系へ変換して積分するため、剛性マトリックスの中に、１／ｄｅｔ（Ｊ）の項が含まれる。そのために、被積分関数が単純多項式にならず、その次数が分からない。

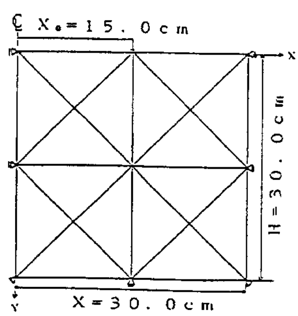
本研究では、１次の変換関数Ｎ’を用いて全体系から局所系に変換した。このとき、１／ｄｅｔ（Ｊ）は、定数となり、被積分関数の次数が定まる。直接法を用いたときの被積分関数の次数と積分点数の関係より１５節点要素では、多項式が６次となり、積分点数は１２個となる。１０節点要素では、多項式が４次で、積分点数は６個、６節点要素では、多項式が２次で、積分点数は３個となる。



要素数　６



要素数　８



要素数　１６

図１

３．結果

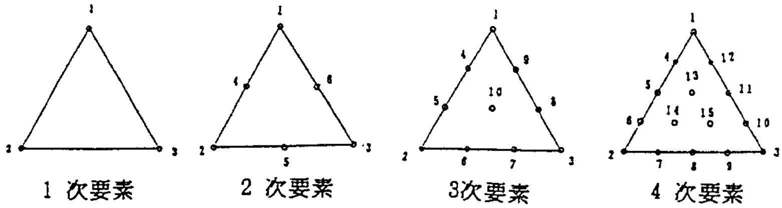


図２

図３に、要素数が８の場合の荷重～変位関係を示す。１要素の節点数をパラメータとしている。この図から、１要素の節点数が多くなると、同じ変位に対する荷重は、小さくなることがわかる。これは、要素数が６、１６の場合にも言える。

図４に変位δ＝０．１cmのときの荷重と要素数との関係を示す。この図から、高次要素を用いた場合に要素数を増やすことの効果がほとんど無いことがわかる。またその逆に、要素が低次、とくに１次なら要素数を増やすことの効果は大きいといえる。

４．結論

弾性地盤上に剛な基礎を介して載荷する問題を、要素の自由度と要素数を変化させて、有限要素法で解いた。

①要素数の多少にかかわらず、荷重変位関係は、要素の自由度が大きいほど、同じ変位に対する荷重が小さくなった。

②要素の自由度が小さいとき、要素数を多くすると、即ち、要素を細かくするほど、荷重が小さくなるという効果が見られるが、要素の自由度が大きいときにはその効果がみられない。

参考文献

1) O.C.ﾂｨｴﾝｷｰｳﾞｨｯﾂ(1971):基礎工学におけるﾏﾄﾘｯｸｽ有限要素法,培風館,pp.117-121,
2) M.E.Laursen,M.Gellert(1978) : International Journal For Numerical Methods In Engineering, Vol.12,pp.67-76
3) G.R.Cowper(1973):International Journal For Numerical Methods In Engineering,Vol.7, pp.405-408

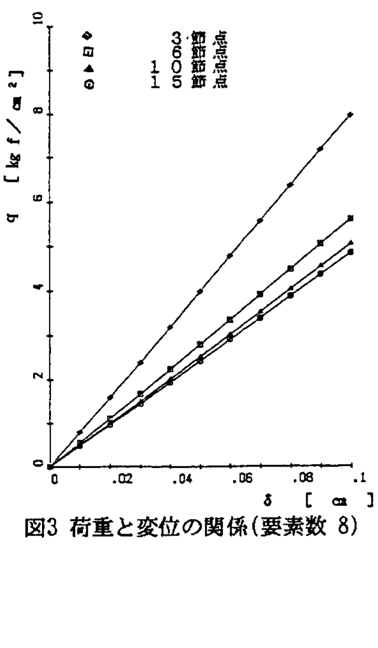


図3 荷重と変位の関係(要素数 8)

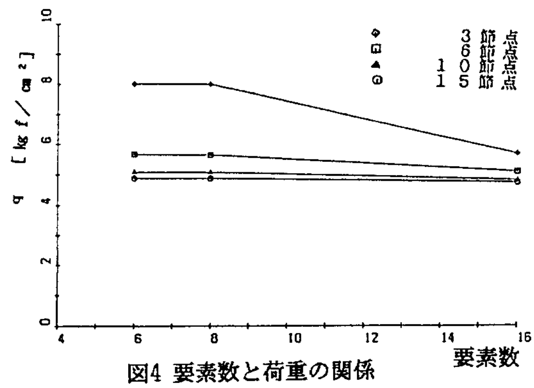


図4 要素数と荷重の関係