

弾性体に埋め込まれた棒状体の支持力特性について

佐賀大学 学生員 ○今岡 直樹 佐賀大学 正 員 荒牧 軍治
 佐賀大学 正 員 佐々木広光 佐賀医科大学 井原功一郎

1. まえがき

著者らは佐賀医科大学と共同でインプラント(埋め込み用金属)を含む顎骨の力学解析を行っている。その際、インプラント及び人工歯列を3次元曲げ系でモデル化する必要があるが、顎骨内に埋め込まれたインプラントに作用する反力係数を与えなければならないが、実験が困難なので解析的な推定より求める必要がある。本研究は、3次元構造解析プログラムとして世界的に実績を有している MARC プログラムをもちいて、3次元弾性体内に埋め込まれた棒状体に働く支持力特性を求めようとするものである。このモデルのサイズ、弾性定数等を変化させることにより、地盤内に埋め込まれた杭等の基礎構造に作用する地盤反力係数を求めることが可能である。

2. MARC について

MARC プログラムは、ロンドン大学とブラウン大学で12年以上にわたって研究教育に携わった、ペドロ・V・マサール博士によって非線形解析のためのプログラムとして開発されたものが始まりであり、現在その適用範囲は、線形、大変形、弾塑性、剛塑性、破壊、熱伝導、動的非線型、境界非線型、流体と固体の連成、電気伝導と熱伝導の連成、熱と応力の連成など、非常に広範囲にわたっている。特に非線形分野の機能に優れ、現在も広範囲な機能追加が行われている。

3. 解析モデル

インプラント及びその周辺の形状は図-1のようにモデル化した。

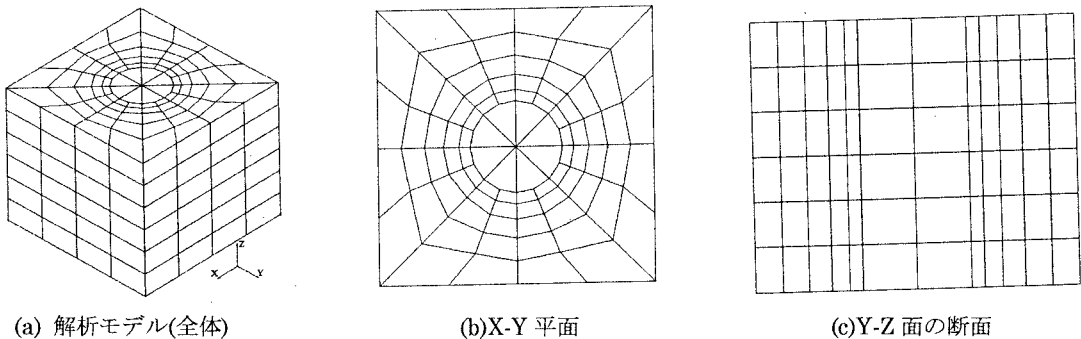


図-1 インプラント及びその周辺の解析モデル図

解析モデルは縦、横の長さが両方とも 2.25 cm、高さは 0.316 cm の層が 6 層で構成された 1.896 cm の立体である。そしてその立体物には直径 d 、深さ h の棒状体(インプラント)が埋まっているものとする。このモデルは 20 節点要素で構成されており、総要素数は 528 要素である。

棒状体(インプラント)は直径 $d=0.316$ cm、長さを 3 層($h=0.948$ cm)、弾性係数 $E_1=1.2 \times 10^6$ kg f/cm²、ポアソン比 $\nu_1=0.36$ 、棒状体周囲の弾性係数 $E_2=1.1 \times 10^5$ kg f/cm²、ポアソン比 $\nu_2=0.3$ をそれぞれ基本値とし、この棒状体の上面中心部に荷重 10 kg f をそれぞれ水平方向(X方向)、鉛直方向(Z方向)へ載荷させ、この棒状体の長さ h 、棒状体周囲の弾性係数 E_2 、棒状体周囲のポアソン比 ν_2 をそれぞれ表-1 のように変化させていった時の棒状体上面の中心点における水平変位(Δu)、鉛直変位(Δv)を求めた。また、棒状体の直径 d が、 $0.5d(0.1875$ cm)、 $1.5d(0.5625$ cm)、 $2.0d(0.75$ cm)の時も先に述べた条件で水平、鉛直変位を求めた。

なお、境界条件として、モデルは上面以外の面の節点は、すべて X、Y、Z 方向に対して固定されている。

また、今回の解析では、先の解析モデルが縦横それぞれ 2.25 cm の 2 次元要素と仮定した時の解析も行い、その解析結果を 3 次元要素の解析結果と比較した。

4. 結果

棒状体の直径 $d=0.375\text{ cm}$ 、弾性係数 $E_1=1.2\times10^6\text{ kg f/cm}^2$ 、ポアソン比 $\nu_1=0.36$ における、棒状体の長さ h 、棒状体の周囲の弾性係数 E_2 をそれぞれ変化させた時の、棒状体上面の中心点の水平変位をそれぞれ図-2、図-3 に示す。

この図では X 方向の水平変位しか示していないが、これは X 方向の変位に比べて Y 方向の変位があまりにも小さかった為、あまり意味のない数値と判断したからである。

棒状体の長さ h を大きくしていった場合、及び周囲の弾性係数を増加させた場合、棒状体上面の中心部の変位は小さくなっていく。棒状体の直径を $0.5d$ 、 $1.5d$ 、 $2.0d$ と変化させた時も、変位の値の大きさは違うものの、図-2、図-3 とほぼ同様の結果が得られる。

図-4 は解析モデルを 2 次元要素と仮定した時の解析結果と、3 次元要素の解析結果を比較したものであるが、図から分かるように 2 次元要素と仮定した時の変位と、実際の 3 次元要素の変位との間には大きな開きがある。

5. まとめ

本研究では、材料特性をいろいろと変化させた時の、棒状体の水平変位、鉛直変位を求めることができた。今後はこの変位から、3 次元ばね支持要素を導入した時の弾性ばね定数 k を求めていく予定である。

参考文献

- 1) 日本マーク株式会社：Mentat II 2.3
コマンドリファレンス、ユーザズガイド

表-1 解析モデルの変数（網掛け部分は基本値）

棒状体の直径 d (cm)	0.5d (0.1875 cm)	d (0.375 cm)	1.5d (0.5625 cm)	2.0d (0.75 cm)			
棒状体の長さ h (1層=0.316 cm)	1層 (0.316)	2層 (0.632)	3層 (0.948)	4層 (1.264)	5層 (1.580)	6層 (1.896)	
周囲の弾性係数 E_2 (kg f/cm ²)	5000	10000	50000	100000	110000	150000	200000
周囲のポアソン比 ν_2	0.15	0.20	0.25	0.30	0.35	0.40	0.45

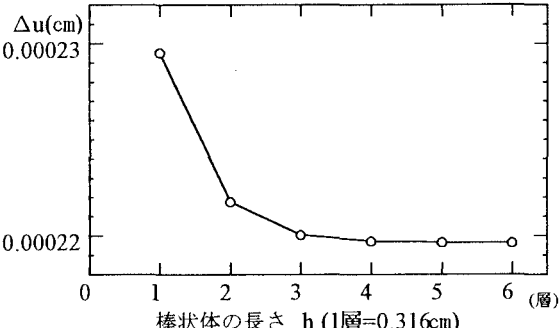


図-2: 水平変位 Δu と棒状体の長さ h との関係

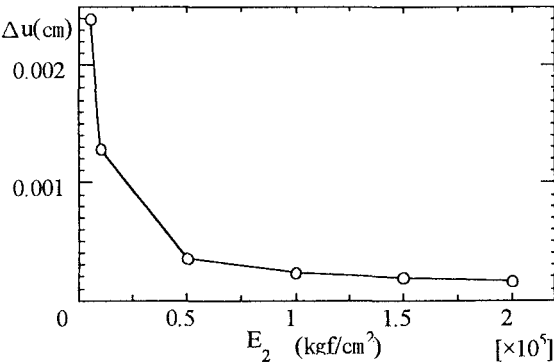


図-3: 水平変位 Δu と弾性係数 E_2 の関係

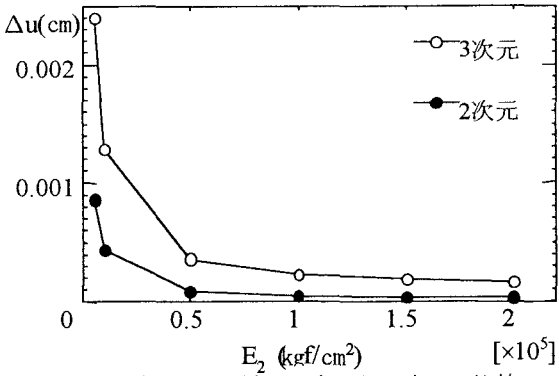


図-4: Δu と E_2 の関係の 3 次元と 2 次元の比較