

愛媛大学工学部 正員 ○河原 莊一郎
愛媛大学工学部 正員 室 達朗
愛媛大学大学院 佐々木 一輔

1. まえがき 海底の超軟弱地盤上を走行する履带式車両の走行性を把握することを目的として、履帯モデルのけん引試験結果¹⁾について有限要素法を用いて履帯のグローサ形状の違いによるけん引抵抗、沈下量、要素の変形・破壊状態に及ぼす基礎的な影響を解析するとともに、この解析法を適用する際の留意点を明らかにした。

2. FEM解析 この解析では関連流れ則を仮定し、降伏条件を取り扱った簡単な平面ひずみ状態におけるvon-Misesのものを用いた。

超軟弱地盤の大変形挙動を解析するため、増分法を用いて、大変形弾塑性解析を行った。粉末のカオリンを海水と重量比4:5で混合したのち、試料箱(100×40×10cm)中で10日間自重圧密させた試料土について行ったベン試験結果より、この解析に必要な非排水せん断強度 C_u (kg/cm^2)と弾性係数 E_{50} (kg/cm^2)は次式のように、深さ Z (cm)方向に直線的に増加する関係として得られた。

$$C_u = 0.184 Z \quad (1)$$

$$E_{50} = 1.46 Z \quad (2)$$

試料土のポアソン比は履帯モデルけん引時に体積変化がないとして、0.490を仮定した。ひずみ硬化率は E_{50} に比べて小さい値 $E_{50}/1000$ を便宜的に与えた。また、試料土の引張強度 σ_t は C_u と同じ値とした。今回、解析に用いた履帯モデルは図1に示すように、グローサの形がT字形、正三角形、直角三角形の3つで、4つのグローサをもつ剛性履帯である。履帯モデルと試料土が接する節点では、その間の付着力によるスリップがないものとした。履帯モデルの移動は、所定の接地圧を等分布载荷になるように与えた後、その右端の2節点の強制変位として与え、その節点力(反力)の和をけん引抵抗とした。

3. 解析結果及び考察 図2に海中での平均接地圧 p が 4.5 kg/cm^2 の場合の、けん引抵抗 F 、沈下量 S_A とけん引距離 X の関係を示す。 F に関して、FEM計算値は実験値に比べて約半分と小さいが、T字形が正三角形より F が大きいという同様の関係がみられる。また、 S_A に関して、T字形は計算値より実験値が大きく、逆に正三角形は実験値より計算値が大きくなっている。T字形が正三角形より S_A が大きいのは、実験値と同様である。なお、 S_A の基準は履帯上面の中央にとった。図3に5cmけん引後のけん引抵抗 F_5 と平均接地圧 p の関係を示す。 p が高くなるにしたがって F_5 は大きくなるが、計算値のその勾配は実験値に比べて低いものとなっている。 p が低い 2.0 kg/cm^2 では計算値は実験値とほぼ同じ値であるが、

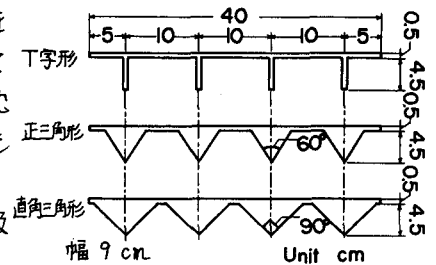


図1 履帯モデルの形状と寸法

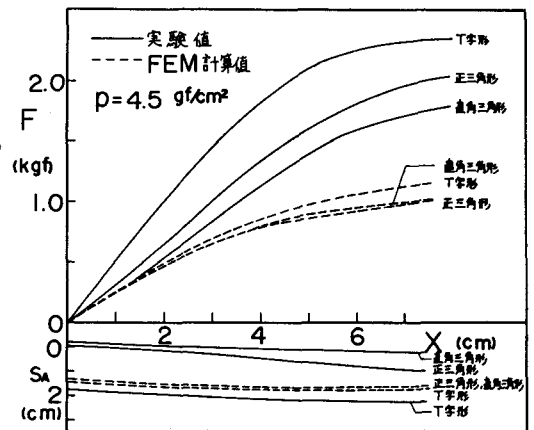


図2 けん引抵抗 F 、沈下量 S_A とけん引距離 X の関係

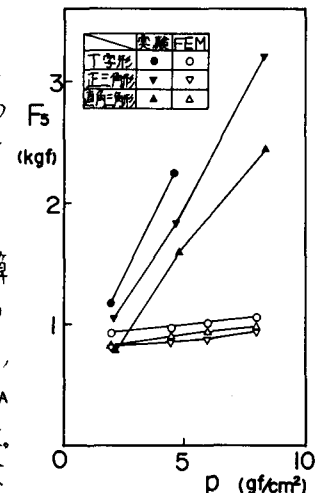


図3 5cmけん引後のけん引抵抗 F_5 と平均接地圧 p の関係

Pが高くなるにしたがってその差は広がる。

丁字形と正三角形、直角三角形2つの三角形の値を比べた場合、計算値は実験値と同様に丁字形の方が三角形より F_s の値が大きい。

図4に初期沈下量 S_{00} と平均接地圧Pの関係を示す。P=2.0 gf/cm²では実験値の S_{00} は負であるが、FEM計算ではグローサが試料土中にちょうど貫入した状態($S_{00}=0$)よりPにみあう等価節点外力を与えるので、グローサの試料土への貫入の影響は考慮できないという問題がある。また、従来丁字形のグローサをもつ履帯モデルについてのFEM解析結果^{2,3}では S_{00} は計算値と実験値とがよく一致していたので、今回の計算値と実験値とがあまり一致していないのは、解析に用いた試料土の物性値、特に α_0 の決め方に問題があると思われる。

しかし、丁字形と三角形を比較した場合、計算値は実験値と同様に、丁字形の方が三角形より S_{00} が大きい。計算値の S_{00} に関して、正三角形が直角三角形より小さいのは、グローサの貫入の影響が考慮できていないことによると考えられる。図5に5cmけん引後のすべり沈下量 Z_{ss} とPの関係を示す。実験値はPとともに Z_{ss} が大きくなるが、計算値の Z_{ss} はほぼ一定である。計算値は実験値より小さい傾向がみられる。図6に5cmけん引後の要素の変形及び破壊状態を示す。せん断破壊域は深さ約9cm、履帯先端部前方約8cmまで及んでいるが、正三角形のものが他のものより破壊域が若干浅い。また、グローサ間の要素は変形がほとんどみられない。

4. まとめ 丁字形、正三角形、直角三角形のグローサをもつ履帯モデルのけん引試験結果について大变形弾塑性有限要素解析を行った結果、 F_s 、 S_{00} について定性的に計算値と実験値はほぼ一致した。グローサの試料土中への貫入の影響を考慮できる解析法を開発すること及び解析に用いる物性値を的確に定めることが、この解析法の適用性を高めるための課題であると考え。

参考文献 1) 空, 河原, 佐々木: 履帯形状のけん引抵抗に及ぼす効果について, 土木学会中国四国支部昭和60年度研究発表会議演集, 1985.

2) 空, 河原: 超軟弱地盤上の建設機械用履帯に関するFEM解析, 第19回土木工学研究発表会議演集, PP.1493-1494, 1984.

3) 空, 河原: 超軟弱地盤上の建設機械用履帯に関するFEM解析, テラメカニクス4号, PP.27-30, 1984.

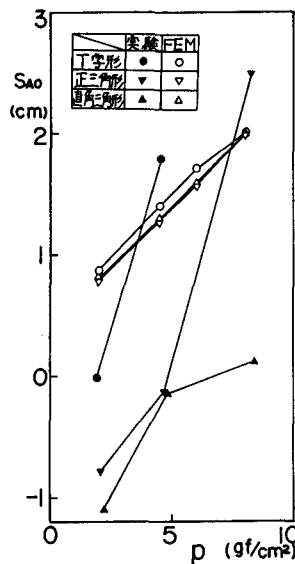


図4 初期沈下量 S_{00} と平均接地圧Pの関係

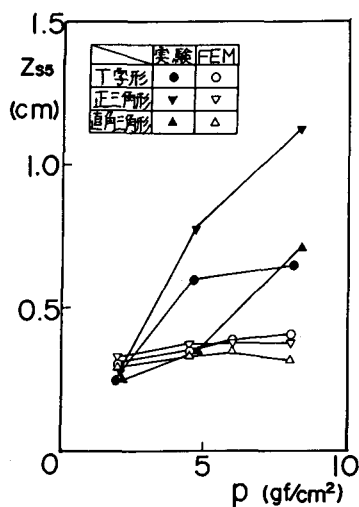


図5 5cmけん引後のすべり沈下量 Z_{ss} と平均接地圧Pの関係

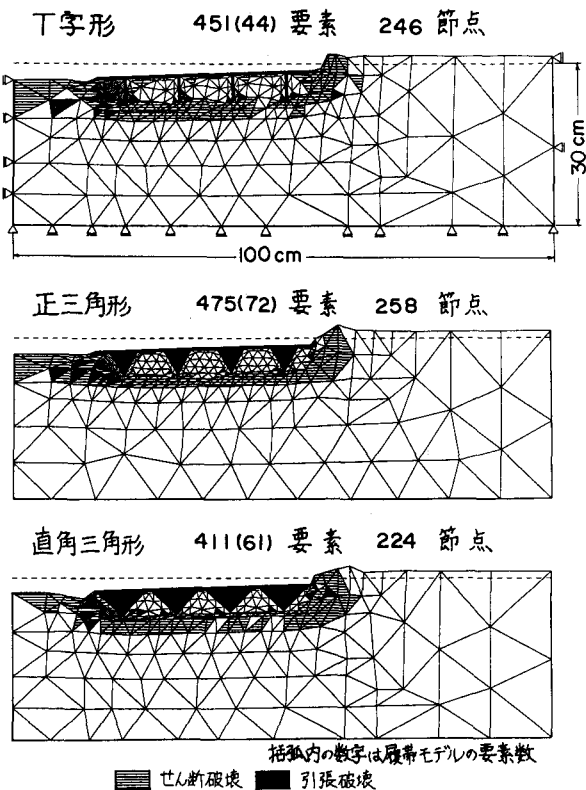


図6 5cmけん引後の要素の変形及び破壊状態

(平均接地圧 $P=4.5 \text{ gf/cm}^2$)