

III-414 粘土地盤中のシールド機の周面摩擦力に基づく土の動きに関する基礎的研究

早稲田大学理工学部 正員 森 麟
同 上 正員 ○ 赤木 寛一
西 松 建 設 ㈱ 正員 栗原 和夫

1. まえがき

シールド工事に伴う地盤沈下の状況はシールド機の推進と通過により発生する土の動きと密接な関係を持っている。シールド工事に伴う直接的な土の動きとしては、シールド切羽からの土の取込みによるもの、シールド機の周面摩擦力に基づくもの、テールボイドにかかわるものなどがあり、軟弱粘性土地盤ではこれらの土の動きで生じた乱れによって圧密沈下が発生することになる。筆者らは従来より軟弱粘性土地盤のシールド工事に伴う土の動きとその時に生じた土の乱れに基づく圧密沈下挙動に関する研究を行ってきた。本研究はシールド工事に伴う土の動きの要因のうちシールド機の周面摩擦力に基づくものに着目し、模型実験と有限要素法による解析結果をもとに粘土地盤中のシールド機の周面摩擦力とそれに基づく土の動きに関して基礎的な検討を試みたものである。

2. シールド機の周面摩擦力に基づく土の動きに関する模型実験

実験は図.1に示すような前面が透明なアクリル板である模型土槽を用いて行なった。実験にあたってはシールド機に相当する直径 120mmのアクリル製の縦割り半円筒形の推進体を土槽内に作成した模型地盤中を図.1に示すように貫通させた状態でセットし、推進時には切羽からの土の取込みなどの影響を含まない推進体の周面摩擦力のみに基づく土の動きを観察しうるものとした。実験に用いた粘土は

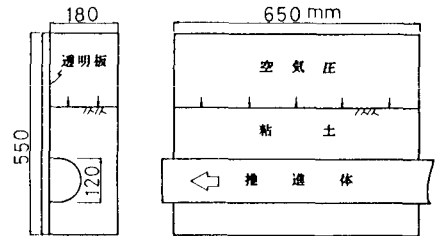


図.1 模型土槽

カオリンとベントナイトを混合し約 87%の含水比で十分に練返したものであり、土槽の透明板に接する土の面上に縦横にほぼ10mm間隔の黒線を引いた。推進に伴う土の動きは、推進体を上記のようにセットした状態とそこから推進体を約30cm推進させた後の状態における透明板側の土の動きを重ね撮りした写真上で黒線の格子点の動きを実測して求めた。なお、推進体としては周面の滑らかなアクリル製の円筒をそのまま用いる場合とヤスリで傷をつけた粗い周面の円筒を用いる場合の2通りであった。また、土槽の上端より最大 0.3 kgf/cm² の空気圧を作用させて土かぶり圧の大小が土の動きに及ぼす影響についても調べた。

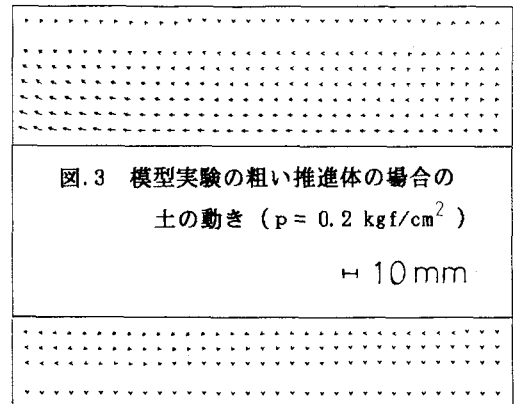
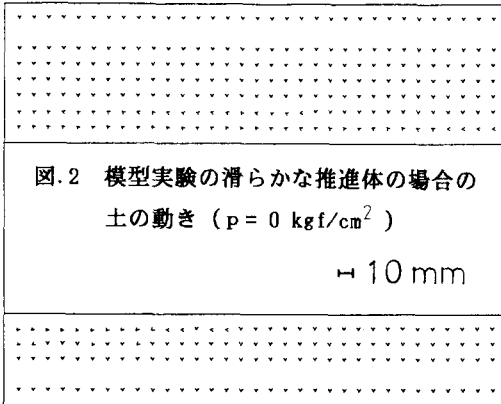


図.2,3は模型実験結果の一例であり、推進前後の土の動きを土槽の左右の側面の影響が比較的小さいと思われる模型地盤中央部付近の格子点の変位ベクトルとして示したものである。図.2は空気圧 $p = 0 \text{ kgf/cm}^2$ の下で滑らかな円筒を推進させた場合であり、図.3は $p = 0.2 \text{ kgf/cm}^2$ の下で粗い周面を持つ円筒を推進させた場合の結果である。図.2の滑らかな推進体の場合には、推進体の近傍でも格子点の変位は 1 mm 以下と小さく、その影響範囲も推進体の上下ともに 1 cm 程度にとどまっている。これに対して、図.3の粗い推進体の場合には、推進体の近傍で最大 5 mm に近い変位が発生し、影響範囲は推進体の上方 6 cm 内外の場所でも 1 mm 程度の変位が出ておりかなり大きなものとなっている。一般に、粗い推進体の場合の方が滑らかな推進体の場合に比べて変位量は大きく、空気圧（土かぶり圧）の増加に伴う変位および影響範囲の増え方も大きくなっている。

3. シールド機の周面摩擦力と土の動きの関係

模型実験において推進体の後方で推進抵抗力を測定して推進体の周面摩擦力の算定を試みたが、土槽やその前面の透明板と推進体との摩擦の影響などを含むためその値を正確に算定することは困難であった。そこで、模型実験で得られた土の動きとそれと同等な条件下における有限要素法による解析で得られた土の動きの比較をもとに、模型実験でどの程度の周面摩擦力が発揮されているかを推測した。解析にあたっては図.4に示すような模型地盤の推進体上方部にあたる部分と同じ寸法を持つモデルを利用し、平面ひずみ問題として取扱った。なお、地盤の弾性係数 $E = 100C_u$ 、ポアソン比 $\nu = 0.475$ とした。

図.5は図.2の実験結果に相当するもので、地表面の上載圧力 $p = 0 \text{ kgf/cm}^2$ 、周面摩擦力 f としては模型地盤の土の C_u の約半分にあたる 0.015 kgf/cm^2 を作用させた場合の地盤の変形状況をモデル中央付近の節点の変位ベクトルとして示したものである。図.2と図.5を比較すると、推進体近傍の変位ベクトルはその方向は幾分異なるがいずれも約 1 mm 程度で同等の値となっておりこの場合の模型実験の f は $C_u/2$ に近い値であったと推測される。図.6は図.3の実験結果に相当する場合で $p = 0.2 \text{ kgf/cm}^2$ 、 $f = 0.030 \text{ kgf/cm}^2$ とした時の解析結果である。図.3と図.6を比較すると推進体近傍の変位ベクトルはいずれも約 5 mm 程度で同等の値となっておりこの場合の模型実験の f の値は粘土の C_u とほぼ等しいと考えられる。

以上のことから、シールド機の周面摩擦力の最大値は地盤土の C_u にほぼ等しい値であり、現場の土の C_u と E がわかれば本研究で用いた解析手法によって周面摩擦力に基づく土の動きを簡便に予測することも可能と思われる。

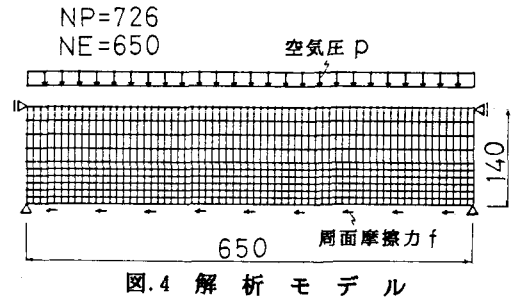


図.4 解析モデル

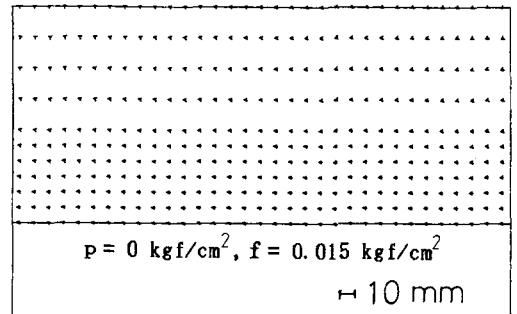


図.5 有限要素法解析で得られた土の動き

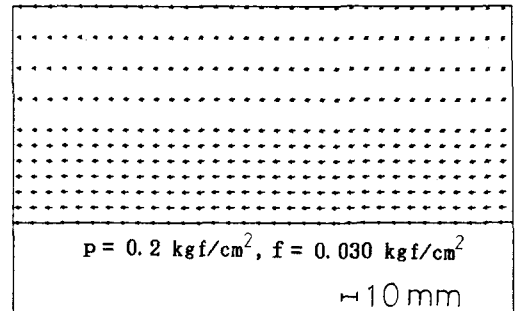


図.6 有限要素法解析で得られた土の動き