

## Ⅲ - A214

## 飽和砂地盤における泥水シールド掘進に伴う地盤挙動の有限要素法シミュレーション

|             |      |     |    |
|-------------|------|-----|----|
| 早稲田大学大学院    | 学生会員 | ○内田 | 了司 |
| 千葉工業大学土木工学科 | 正会員  | 小宮  | 一仁 |
| 早稲田大学土木工学科  | 正会員  | 赤木  | 寛一 |

## 1. まえがき

泥水加圧式シールドトンネル工法では、シールド機の前部部に隔壁をつけ、密閉した切羽側に泥水を送り込み、泥水に圧力を作用させることによって切羽の安定を図っている。具体的には、送り込まれた泥水が泥膜を形成し、その泥膜部分において掘削地盤が及ぼす力（土圧＋水圧）とシールド機からの力（泥水圧＋カッター圧）で力の釣り合いを保っている。しかし、実際の施工現場は透水性の大きい土砂地盤である場合が多く、泥水が泥膜を形成せずに地盤に浸透してしまい、力の釣り合いが保たれなくなる場合がある。したがって、砂地盤における泥水シールド掘進時の切羽の安定に必要な泥水性状および周辺地盤の応力状態の変化のメカニズムを解明することが重要である。

そこで本研究では、著者らが開発したシールドトンネル工事における切羽掘削現象の有限要素法によるモデル化手法を砂地盤における泥水シールド掘削問題に適用し、飽和砂地盤における泥水シールド模型の掘進実験の実験結果との比較を行う。

## 2. 飽和砂地盤における泥水式シールド模型掘進時の側方土圧の発生状況

瀬谷ら<sup>1)</sup>は、飽和砂地盤における泥水シールド模型の掘進実験を行い、シールド掘進に伴う周辺地盤の間隙水圧および全応力の変化を調査し、切羽の安定と周辺地盤の応力状態に与える要因を考察した。

実験で使用した土槽は断面が27cm×27cmの正方形、長さは80cmである。シールド模型の直径が25cmで土槽断面に近いので、模型掘進時に周辺部の土は土槽壁面により強い拘束を受けている。

図1は、ケイ砂7号について3種類の異なる泥水圧を用いたときのシールド模型掘進に伴う側方部分の土圧（全応力）の変化状況の実測結果を示したものである。泥水圧が大きくなるほど、側方土圧変化量は増大している。また、そのピークは切羽面通過後約5cmの時である。その原因として、シールド模型と土槽壁面の間で土砂の移動が拘束されて高い側方土圧が発生したことが挙げられている。

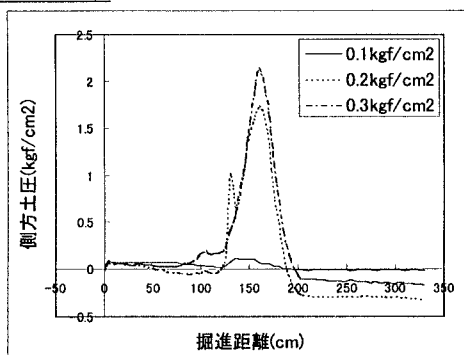


図1. 側方土圧の変化

## 3. 有限要素法シミュレーションの手順

今回の解析ではシールド機切羽における掘削現象のモデル化を行うために、小宮ら<sup>2)</sup>が開発した掘削要素および泥膜要素を用いる。

掘削要素とは剛性の低い要素で、実際の地盤においてはシールド機切羽前面部のカッター切削によって攪乱された地盤土に相当すると考えることができる。また、泥膜要素は透水性の小さな要素で、実際の地盤においては砂地盤に泥膜が浸透し透水性が減少した状態を表している。この泥膜要素を用いることによって、実験結果で得られた過剰間隙水圧分布状況を再現することができる<sup>2)</sup>。

掘削現象は図2に示すように、ジャッキ推進力に相当する節点力をシールド機要素の後方から作用させると、シールド機要素は掘削要素、泥膜要素および砂地盤要素を変形させて推進する。その後、次の計算ステップ実行前にシールド機要素の前面に掘削要素および泥膜要素がシールド機推進前と同形状で配置されるように有限要素メッシュの再分割を行うと、結果としてシールド機が地盤を取り込みながら推進する状況をモデル化できる。

ここでは、図3に示すように前述の実験結果との比較を目的とするため、実験土槽の水平断面の大きさをもとに有限要素メッシュを作成した。また、解析に用いた各要素の入力パラメータは表1のとおりであり、シールド機推進力は図3に示すように0.1kNとした。

トンネル、スラリー、砂、掘削、有限要素法

〒169 新宿区大久保 3-4-1 早稲田大学理工学部 58-205, TEL.03-5286-3405, FAX.03-5272-0695

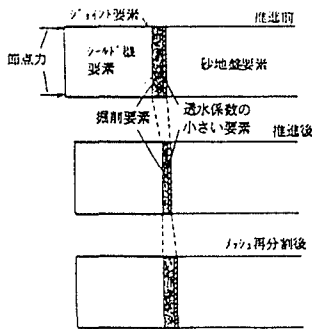


図 2. 要素再分割の概念図

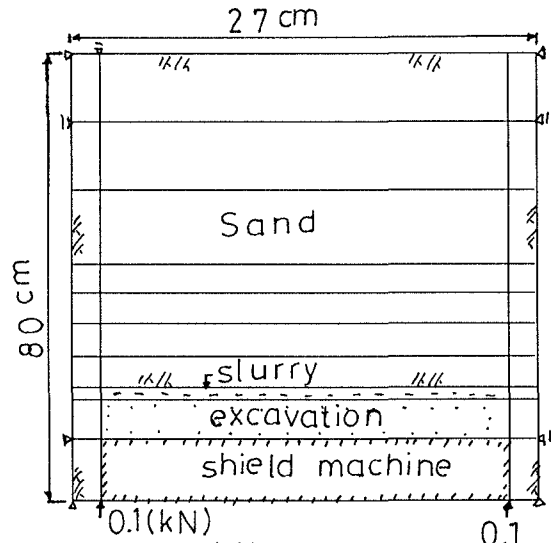


図 3. 解析に用いたメッシュ

表 1. 入力パラメータ

|               | シールド機要素 | 掘削要素  | 泥膜要素                 | 地盤要素                  |
|---------------|---------|-------|----------------------|-----------------------|
| 弾性係数 E (kPa)  | 2000000 | 25    | 2000000              | 10000                 |
| ポアソン比         | 0.490   | 0.100 | 0.100                | 0.333                 |
| 透水係数 (cm/sec) | —       | —     | $3.0 \times 10^{-5}$ | $6.69 \times 10^{-3}$ |

#### 4. 解析結果

図4 は、設定泥水压を  $0.1 \text{ kgf/cm}^2$  にしたときのシールド機要素の推進に伴うシールド側面の側方全応力(側方有効垂直応力+間隙水圧)の変化状況を図 1.の実験結果と比較したものである。この図の縦軸は、実験と解析で得られた側方土圧の最大値で各場合の土圧の値を除して無次元化した側方土圧比である。シールド機が接近するに伴って、側方土圧比が徐々に増大してピークを示した後に急激にその値が低下する状況が再現できている。

#### 5. 参考文献

- 1) 瀬谷他：飽和砂地盤の泥水式シールド掘進時の切羽の安定と周辺地盤の応力状態に影響を及ぼす要因，第 32 回地盤工学研究発表会(1997 年 7 月，投稿中)
- 2) 赤木，小宮：飽和砂地盤の泥水式シールドトンネル工事における地盤挙動解析，第 29 回土質工学研究発表会講演集，No.741，pp.1975-1976，1994 年 6 月

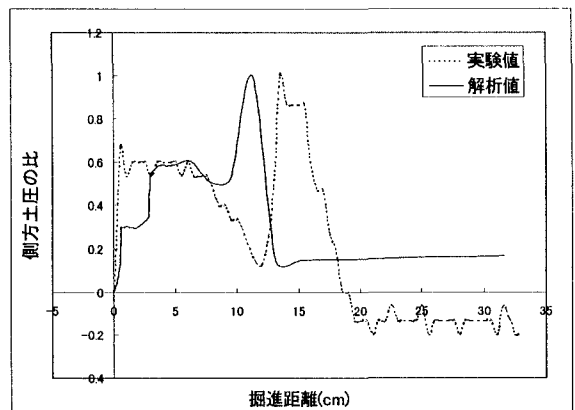


図 4. 側方土圧の変化状況