

Ⅲ - B88

個別要素法による大断面土圧式シールドチャンバ内土砂挙動解析

日立造船(株)技術研究所 正会員 佐々木 加津也

日立造船(株)技術研究所 正会員 清水 賀之

1. はじめに

土圧式シールドは、施工可能な土質範囲の広さや掘削土の後処理等が簡便なことから、中小口径のトンネル工事ではその適用件数が多い。近年、直径10m以上の大断面トンネル施工にも土圧式は適用されつつあるが、切羽の安定保持や掘削土をチャンバ内で効率的に混練・流動化させることが重要な課題とされている。大断面土圧式シールドはチャンバ内の土砂を効率的に混練するために、混練翼やアジテータが設置されている。しかしながら、これら装置の個々の混練効果については大まかな検討はなされているが、チャンバ内のように土圧が作用し、なおかつ複数の翼が相互に作用し合う状況での混練効果を理論的に検討することは困難である。著者らは、チャンバ内での土砂挙動を把握し最適なチャンバ構造を提案するために、数値解析手法を用いて一連の検討を行ってきた⁽¹⁾⁽²⁾。本報では、アジテータや混練翼の有無等の構造の異なる種々のチャンバにおいて、どのように土砂が混練されているかを検討したので報告する。

2. 計算モデルおよび計算条件

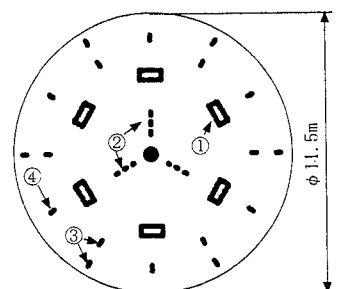
計算は土砂等の粒状体挙動の解析手法の一つである個別要素法を用いて行った。個別要素法は、個々の粒子間に働く接触力に基づいて運動方程式を解いて粒子の位置を追跡していくため、混練状況を把握することが可能である。

図1は、計算に使用したチャンバの基本モデルを示したものである。チャンバは直径11.5mとして2次元でモデル化し、内部に面盤ステー、混練翼およびアジテータを設置した。表1に計算モデルのパターンを示す。図1の基本モデルに基づいて、全混練翼が回転する形状、一部の混練翼が固定されている形状およびアジテータの有無などの5形状について計算を行った。

表2に計算条件を示す。計算に使用した粒子は、実際のチャンバ内の個々の土粒子をそのままモデル化することは個数的に不可能であるため、砂質土の特性を持つ粒子群としてモデル化した。面盤回転数などの運転条件は同等径の実機の値を参考にして決定した。

3. 解析結果

図2は、混練開始から60,90,120秒後の混練状況を示したものである。図の濃淡は、粒子の挙動が把握しやすいように、粒子の初期配置時の高さごとに区別したものである。Type-Aでは、粒子は混練翼や面盤ステーと一体になって運動し、壁面付近とアジテータ付近のみ混練されている。Type-Bでは、粒子群が固定翼によりせん断されることにより、チャンバ全体で粒子挙動が変わり混練が進んでいる。面盤ステーより内部側でもある程度粒子が混練されている。Type-CおよびType-Dでは、面盤ス



① 面盤ステー ④ 混練翼 (Type-A, C: 回転)
② アジテータ (Type-B, D: 固定)
③ 混練翼 (回転)

図1 計算モデル

表1 計算パターン

形式	形状
Type-A	アジテータ+混練翼(全回転)
Type-B	アジテータ+混練翼(一部固定)
Type-C	混練翼のみ(全回転)
Type-D	混練翼のみ(一部固定)
Type-E	アジテータのみ

表2 計算条件

粒子数	11905 個
粒子径	100 mm
摩擦係数	0.9
粒子密度	2700 kg/m ³
土圧	2.0 kgf/cm ²
面盤回転数	0.5 rpm
アジテータ回転数	1.8 rpm

Key word : シールド掘進機, 土圧式シールド, 個別要素法, 数値解析

連絡先 (〒551 大阪市大正区船町 2-2-11, Tel 06-551-9424, Fax 06-551-9849)

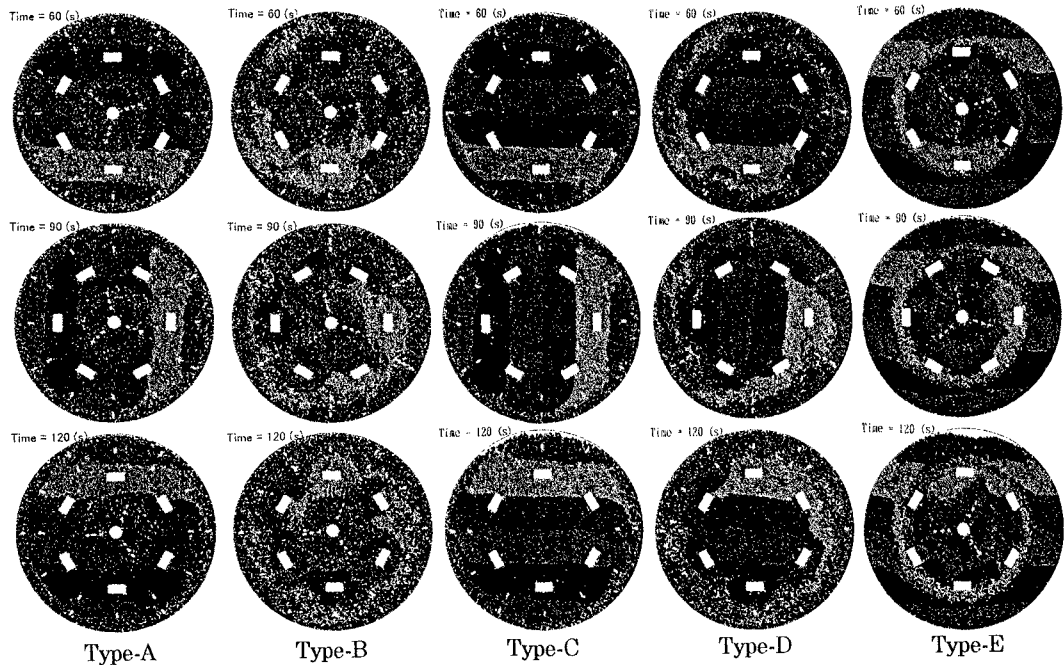


図2 計算結果

テーより内部側では粒子が一体となって運動しておりほとんど混練されておらず、面盤ステーより外部側ではそれぞれType-AおよびType-Bと同様な挙動を示している。Type-AとType-Cを比較すると、アジテータの部分のみ差が見られ、Type-BとType-Dを比較すると、面盤ステーとアジテータの間の領域における混練状況が異なっており、Type-Bはアジテータと固定翼の相乗効果によって混練が進んでいると考えられる。Type-Eでは、粒子は中心から面盤ステー周辺の領域で混練されているが、その外域では粒子は全く移動していない。実用的にはType-AあるいはType-Bが使用されると考えられるが、Type-Bは最も混練が進んでおり、その他の形状では粒子がほとんど混練されていない領域が存在している。

図3は、Type-AとType-Bの粒子の速度ベクトルを示したものである。速度ベクトルは、チャンバ内をセル分割し、その内部の粒子の平均値より求めた。Type-Aではほぼ同心円上に速度ベクトルをもち、半径方向の速度成分はほとんどない。一方Type-Bでは複雑な速度ベクトルをもち、半径方向にも速度成分がある。固定翼がチャンバ全体の粒子挙動に大きな影響を与えていることが確認できる。

4. まとめ

種々の形状の土圧式シールドチャンパ内の土砂挙動を解析した。その結果、チャンパ内にアジテータと一部を固定にした混練翼を設置した形状(Type-B)が、最も効率的に土砂を混練できることが確認された。大断面の土圧式シールドでは、チャンパ内で混練翼とアジテータを角速度が異なるように設置、運転することが望ましいと考えられる。

参考文献

- (1)佐々木ほか：大断面土圧式シールド掘進機チャンパ内土砂挙動シミュレーション，土木学会年次学術講演会，Ⅲ(1996) p.304
- (2)清水ほか：トンネル掘削機解析技術，日立造船技報，Vol.57，No.2(1996) p.55

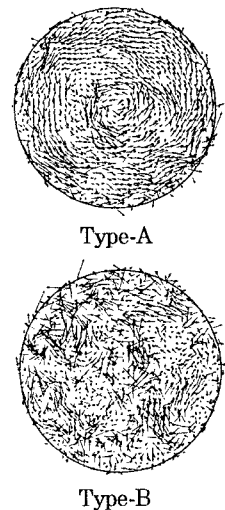


図3 速度ベクトル