

側部先行型三連シールド機における沖積粘性土層を対象した土砂回収実験と考察

帝都高速度交通営団 フェロー会員 藤木 育雄* 末富 裕二*
熊谷・前田・三井建設工事共同企業体 正会員 清水 直博** 河越 勝**
正会員 直塚 一博***

1, はじめに

本工事は、地下鉄11号線（半蔵門線）の延伸区間にある清澄駅（仮称）・留置線を、側部先行中央揺動型の三連シールド機により施工するものである。工区全長は448.1mであり、駅部143.6mを掘進した後、中間立坑で75.4mシールド機を移動させ再度留置線部229.1mの掘進を行う。

施工条件としては、平面線形：直線、縦断勾配：下り3‰であり、土被りは約17m、地下水位は約GL-2.0mでシールド機が掘進する清洲橋通りの両側には、各種のビルや民家が隙間なく立ち並んでいる。また、掘削対象地盤は沖積粘性土（下部有楽町層Ylc）であり、N値0の非常に軟らかいYlc1と、平均N値4程度のYlc2とで構成されている。粒度構成は砂質土分20%、粘性土分80%である。

このような条件下で、周辺地盤及び構造物への影響を最小限に押さえ、安全かつ確実な掘進管理が行えるよう、側部先行型三連シールド機における沖積粘性土層を対象とした土砂回収実験を実施した。

2, 三連シールド機の特徴

当工区で使用する三連シールド機を図-1に示す。今回の三連シールド機は、面板の配置が側部先行・中央後方型であり、過去施工された3工事（営団7号線白金台二工区、大阪地下鉄7号線OBP工区、地下鉄12号線飯田橋駅工区）の三連シールド機が中央先行・側部後方型に対してこの点が大きく異なる。

また、掘削土砂の取込みに関しては、全断面一体型チャンバー、中央一系統排泥で計画している。しかし、側部先行・中央後方となることで中央のチャンバーが狭く、左右から中央へ土砂が集まりにくい形状となっている。

3, チャンバー内の土砂回収について

今回のシールド機形状で沖積粘性土を掘進した場合、中央面板が左右から中央への土砂の流れに影響を与え、これらの土砂が図-2に示すように、中央面板下部の両側へ堆積及び付着することにより土砂回収効率の低下を招き、閉塞を起こすなど掘進に大きな影響を与えることが想定される。このような事態は、還流噴射（両側の側円部に堆積した土砂を、中央上部の濃度のうすい泥水を吸込み、側円部より土砂に向かって直接噴射し、中央へ移動させる流体の循環機構）の適切な配置・流量の設定等によって対応することとした。

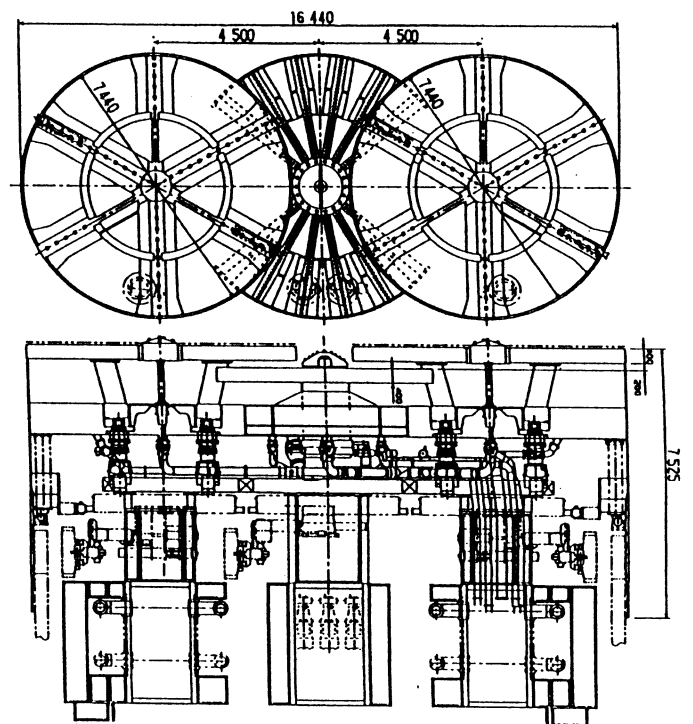


図-1 三連シールド機計画図

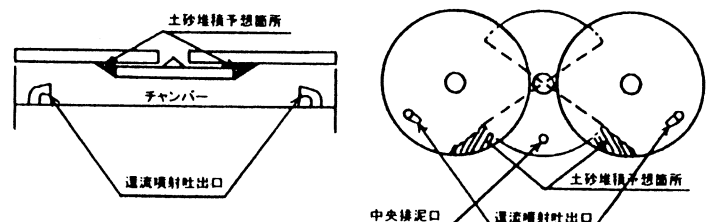


図-2 チャンバー内土砂堆積予想図

キーワード：三連シールド機、土砂回収実験

* 〒130-0002 東京都墨田区業平4-9-7 TEL 03-3829-6881 FAX 03-3829-6887
** 〒135-0024 東京都江東区清澄3-4-11 TEL 03-5245-3791 FAX 03-3829-6887
*** 〒135-0024 東京都新宿区津久戸町2-1 TEL 03-3235-8649 FAX 03-3266-8525

それらの選定のために、過去の三連シールドにおける実績を踏まえ、実機の1/6の模型（図-3に示す）を用いて、掘削土砂の回収を最も効率的に行える還流噴射のパターンを見出すことを目的として土砂回収実験を実施した。

4、土砂回収実験

実験は、図-4に示す流体輸送系統で模型に流体を循環させ、その中に所定量の粒状体を投入し、その後、流体を循環させた後に回収された粒状体の回収量を測定し回収率をもとめる。

回収率は、左右のチャンバー内に粒状体の堆積が無い状態である70%（計算上）を目標とする（清水に対して）。これは、過去の三連シールドの中でも当工区と形状が似ている地下鉄12号線飯田橋駅工区でも、実験結果が70%程度の実験ケースを実施工に採用し、問題なく掘進を完了している。

また、今回実機と模型の力学的相似を導くために、フルードの相似則を適用する。実験に使用する流体は、清水・粘性液体及び泥水、また、粒状体は図-5とした。

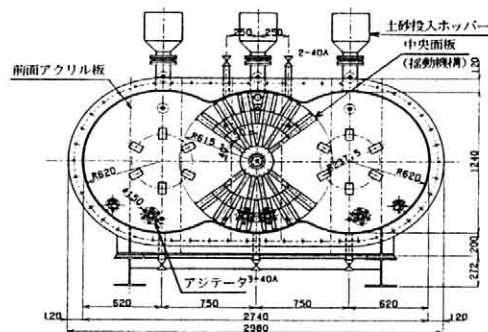


図-3 土砂回収実験模型

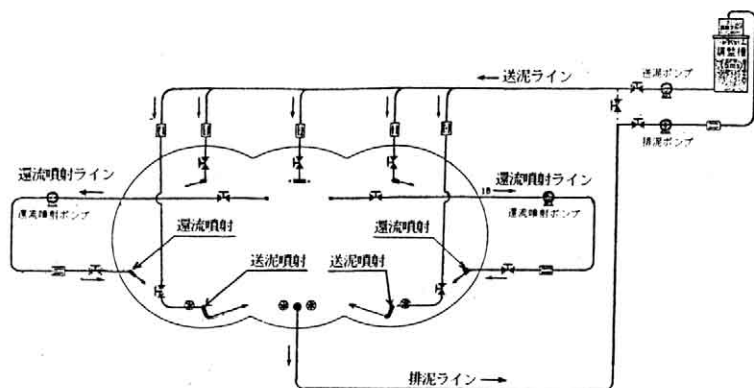


図-4 流体輸送系統図

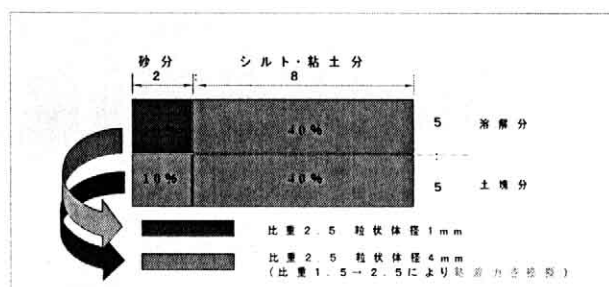


図-5 チャンバー内掘削土砂組成図

5、実験結果

実験結果の一部を図-6に示す。まず、予備実験として過去の事例を踏まえた当初計画（還流噴射流量 実機：5m³/min、実験：56.7l/min）を含む数ケースを実施したが目標とする回収率にはならなかった。そこで、下記の変更を行い実験を実施した。

- ・還流噴射吐出口の形状変更（円形→扁平形状で面積50%）
- ・送泥噴射の追加（左右送泥口を下部より送泥噴射として使用）
- ・還流噴射流量の増大（当初計画 56l/min→変更後 70l/min）

その結果、図-6に示すように還流噴射流量が70l/min以上で目標回収率70%（清水）を超える結果が得られた。また、各パラメータ別にみると次のようなことがわかった。

- ・還流噴射吐出口の形状変更（円形→扁平形状）により流速が増し回収率は上がる。
- ・還流噴射流量の増大と送泥噴射の追加が回収率を大きく上げる。
- ・流体の相違による回収率は、泥水（比重1.2、粘性25秒）＞清水＞粘性25秒（比重1）＞粘性35秒（比重1）となり比重が高くなれば回収率は上がり、粘性が高くなれば回収率は下がる結果となった。

6、まとめ

実験結果が次の最適パラメータを選定した。

- ・還流噴射：流量 70l/min（実機で6m³相当）、吐出口の形状は円形→扁平形状（面積50%）
- ・送泥噴射の追加：左右上部送泥を送泥噴射として下部より送泥 流量 54l/min（実機で5m³相当）

これより、実機製作に当たっては、当初計画より還流噴射流量の増大及び送泥噴射を増設した。今後、施工にあたっては実験結果を踏まえて掘進管理を行う。

図-6 土砂回収実験結果（抜粋）

