

1-1-1 断面欠損が大きい立坑のシールド機到達方法について

南部下水道事務所 建設課 氏名 山口 昌祐

1. はじめに

大田区上池台地区では、平成 25 年 7 月に時間 50 ミリを超える集中豪雨により、63 件の床上浸水被害があった。これを受けて、当局では、「豪雨対策下水道緊急プラン」¹⁾を策定し、一定規模以上の床上浸水が集中して発生した地域において、既存幹線の下に新たな幹線を整備するなど、時間 75 ミリの降雨に対応できる施設整備を進めている。本流域のうち、浸水被害のあった低地部について、主要枝線φ2600、約1500mを先行整備し、約 20haを自然排水区からポンプ排水区へ切り替えるとともに流下抑制を図るための流下型貯留管として運用することで時間 75 ミリ対策の先行整備を進める。なお、長期対策としては、約 270haの増強幹線を整備する計画である。

本稿では、この主要枝線の先行整備において外径 3.14m のシールド機を直径 4.0m の円形ライナープレート立坑に到達させる際に生じた課題と対応策について、報告する。

2. シールド機の到達方法

2.1 当初計画のシールド機到達方法

シールド機を到達させる立坑は、浸水被害が発生した低地部から効率的に降雨を取り込むため、幅員 5.88m の非常に狭隘な道路に直径 4.0m の円形立坑を築造する必要が生じた。外径 3.14m のシールド機を直接到達させるために必要な標準立坑径は 4.6m であるが、地盤改良が民地を侵してしまうため、直径 4.0m の立坑とした。

シールド機到達方法については、**図 3** に示す通りシールド機を直前で停止させて、立坑内から口径の異なる管きよを推進工法で接合させることを計画していた。しかし、シールド機の面板を開口させて、異なる口径の管きよを接合させた際に、シールド管きよの構造に問題がある懸念が発生した。



図 1 大田区上池台地区の位置

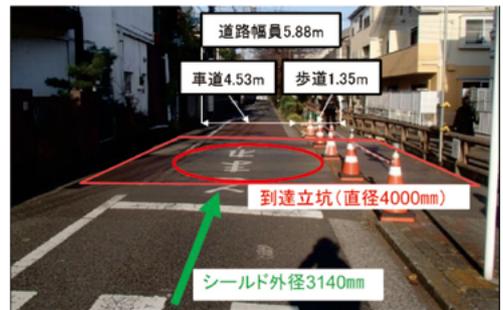


図 2 到達部の道路状況

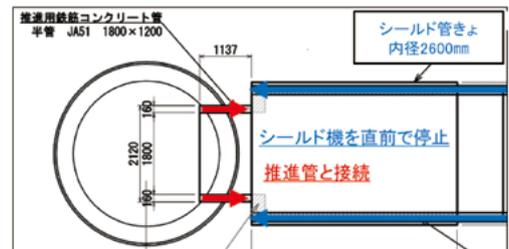


図 3 当初計画での到達方法

2.2 シールド機の直接到達

今回、シールド機到達方法について見直しを行った結果、外径 3.14m のシールド機を直径 4.0m の円形ライナープレート立坑に直接到達させることとした。しかし、立坑の約半周を欠損させることに加えて、立坑の補強リングを 3 段欠損させることから、安全性の検討を綿密に行った。

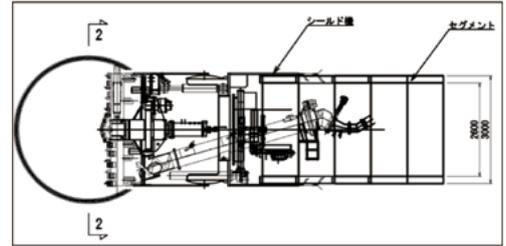


図 4 シールド機の直接到達

3. 断面欠損が大きい立坑への到達

3.1 仮設計算の検討

円形ライナープレート立坑の仮設構造計算²⁾では、ライナープレートに加え、補強リングが 9 段必要な結果となった。この最下段の補強リングを 3 段欠損させた際に、立坑に作用している外力によって、立坑が崩壊する可能性があるため、土質条件を整理したうえで、立坑の補強を検討する必要がある。

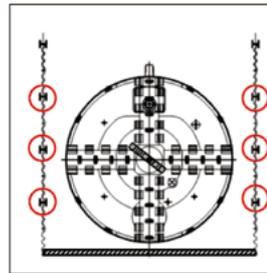


図 5 補強リングの欠損



図 6 補強リングの欠損(写真)

「下水道仮設設計マニュアル(改訂版)」²⁾では、シールド工法の発進・到達防護に関し、土質条件に応じて仮設計算を行うことが定められている。現状地盤が粘性土の場合、到達防護において地山が円弧すべりするかどうか確認することになっている。本現場の土質条件は泥岩層(粘性土)であり、円弧すべりの計算を行った結果、安全率は 6.49 で十分に安全であることを確認した。

立坑の開口率(立坑直径に対する開口の割合)は、一般的に 2 割程度であるのに対し、今回の事例は、立坑の直径 4.0m に対して開口率(立坑直径 4.0m に対するシールド外径 3.14m の割合)が約 8 割であることから、安全に到達させるための検討を行った。

3.2 坑口コンクリートの検討

開口率 8 割の開口部の補強として、標準として用いられる坑口コンクリートの設置を検討した。

図 7 及び図 8 に示す通り、このやり方では立坑の半分に坑口コンクリートを設置する必要があった。その結果、特殊人孔に必要な施設(らせん案内路)⁴⁾が築造できなくなってしまうため、坑口コンクリートは本工事では適用不可能と判断した。



図 7 標準的な坑口コンクリート(例)⁵⁾

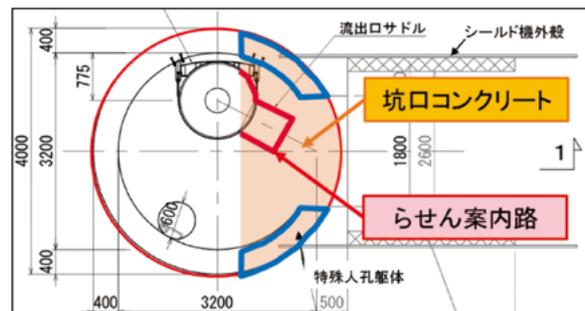


図 8 特殊人孔と坑口コンクリートの取り合い

3.3 坑口コンクリートに代わる取り外し可能な開口補強の検討

開口部の補強として、特殊人孔を築造するために取り外し可能な鋼製支保による開口補強を検討した。取り外し可能な開口補強は、段取り替え可能なものとし、シールド機到達前とシールド機到達後で、立坑の開口補強を異なる方法とした。具体的には、図9に示す通り、鏡切り前に鋼材で取り外し可能な開口補強の設置を行い、シールド機到達後にシールド機外殻とライナープレート立坑の補強リングを溶接して立坑の強度を保持させた後、取り外し可能な開口補強を撤去することとした。

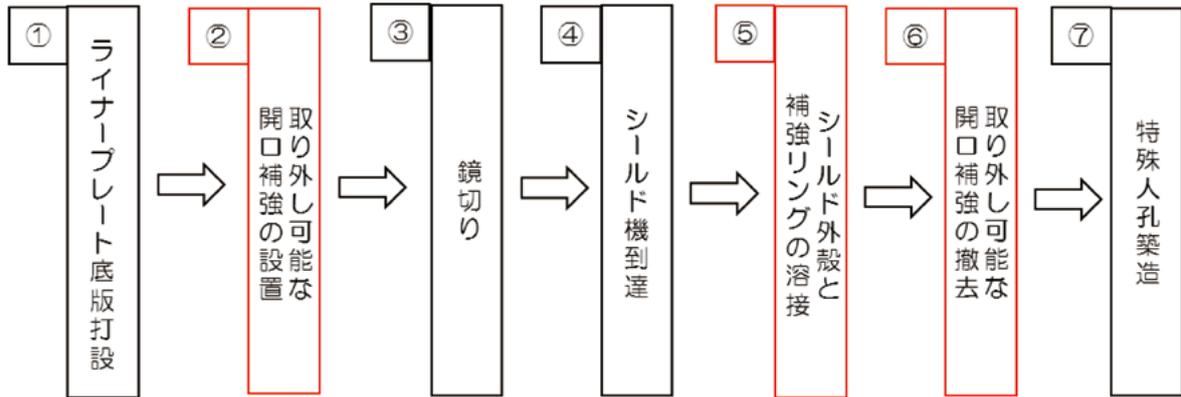


図9 取り外し可能な開口補強の施工ステップ

取り外し可能な開口補強の鋼材はH鋼とした。シールド機到達は、シールド機外殻とライナープレートの補強リングを溶接する施工ステップを考慮すると、シールド機は立坑の内部まで到達させる必要があった。そのため、取り外し可能な開口補強の鋼製支保は図10から図14に示す通り、シールド機到達の支障にならないように設置した。

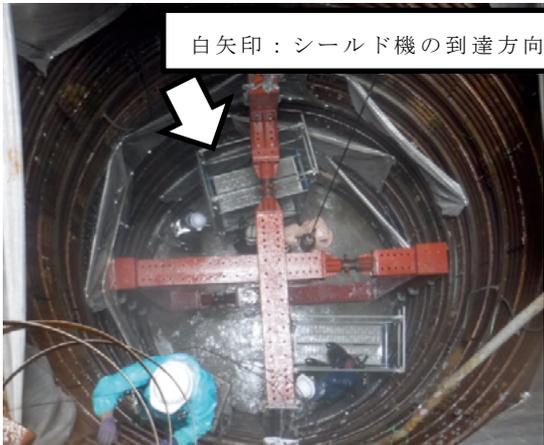


図10 取り外し可能な開口補強（遠景）

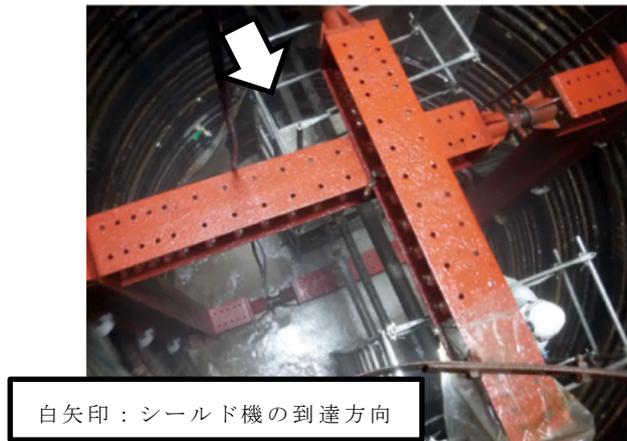


図11 取り外し可能な開口補強（近景）

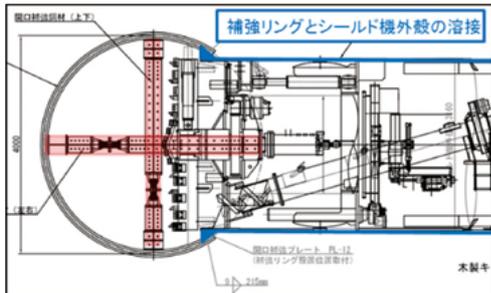


図12 開口補強の鋼製支保の配置

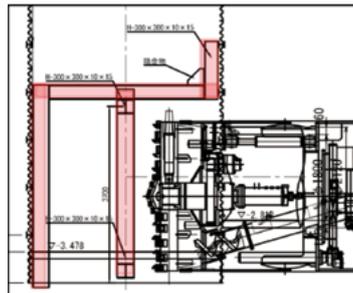


図13 縦断面図

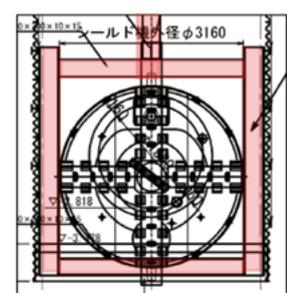


図14 立面図

3.4 変位計測

取り外し可能な開口補強に対して、立坑に作用する外力を等分布荷重としてフレーム解析を行った。フレーム解析の結果、応力に問題はなかったが、最大変位量が 24 mm であったため、実際に変位するかどうかについて、現地で変位計測を行うこととした。

変位量を計測した結果、最大変位量は 3 mm であり、安全に施工を行うことができた。

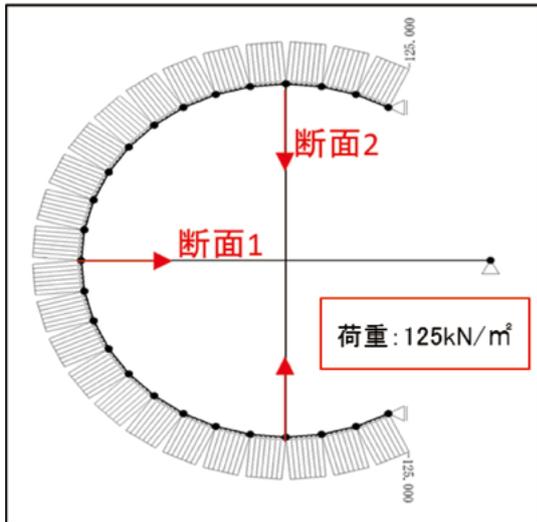


図 15 立坑に作用する等分布荷重図

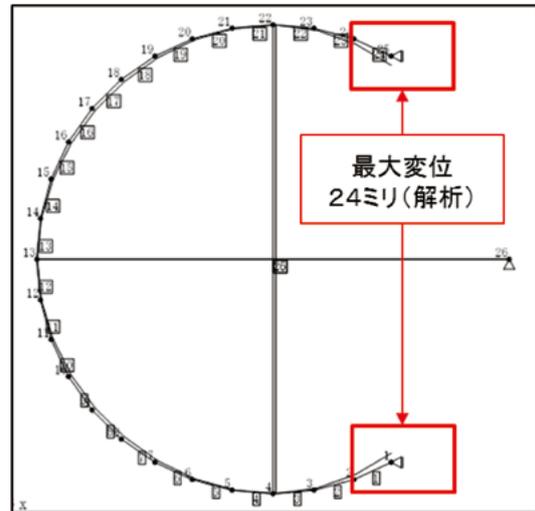


図 16 フレーム解析による立坑変位量図

3.5 シールド機外殻と補強リングの溶接

シールド機到達後、立坑の強度を保持するため、シールド機外殻とライナープレート立坑の補強リングを溶接した。強度を保持するために必要な溶接長は、道路橋示方書（Ⅱ鋼橋・鋼部材編）⁶）を準拠して算出した。

シールド機外殻とライナープレートの補強リングの溶接が完了した後、開口補強に用いた鋼製支保を撤去した。

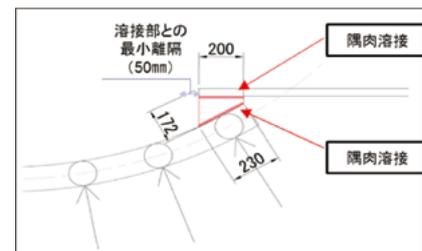


図 17 隅肉溶接図



図 18 溶接状況



図 19 鋼製支保撤去



図 20 シールド機撤去状況

3.6 特殊人孔の構造変更

シールド機撤去後、ライナープレート立坑の補強リングとシールド機外殻の溶接部によって、片側 250 mm 程度縮小してしまうため、特殊人孔内径が 3200 mm から 2700 mm となる

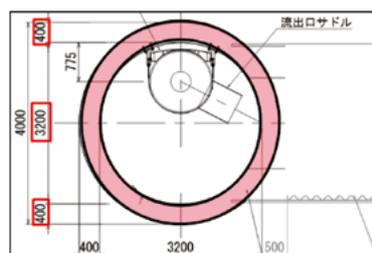


図 21 当初特殊人孔平面図

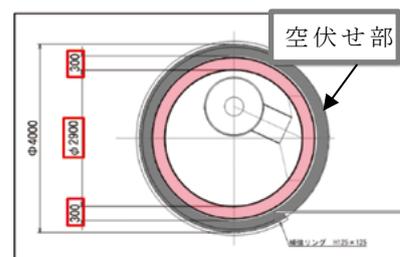
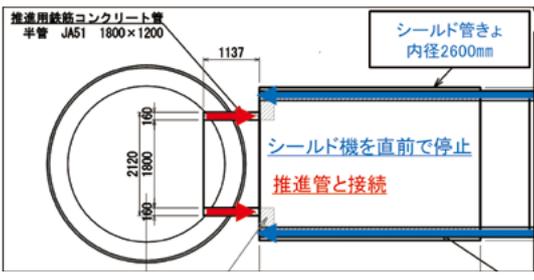
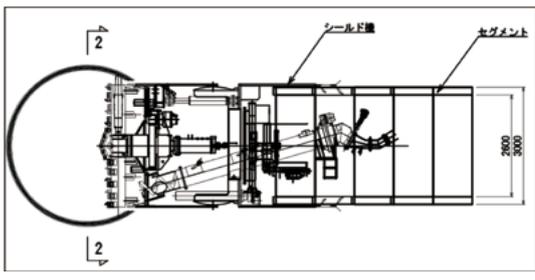


図 22 変更特殊人孔平面図

が、配筋計画を見直して構造計算を検討⁷⁾した結果、特殊人孔の壁厚 400 mm から 300 mm に変更可能であることが判明し、特殊人孔内径を 2900 mm まで広げることで内空を確保し、維持管理しやすい施設を築造することができた。また、溶接部は空伏せ部とした。

4. おわりに

本工事では、泥岩層に対して土質条件の検討の後、複雑な施工手順における課題の抽出と対応を適切に行い、安全に配慮した検討を進めていくことができた。立坑の開口率が 8 割といった特例的な対応ではあったが、同様の事例が生じた際には本稿の知見が参考になれば幸いである。

| | 当初計画 | 変更計画 |
|-----------|---|--|
| 概要図 |  |  |
| 概要 | シールド機を立坑の直前で停止させる | シールド機を立坑に直接到達させる |
| 口径等 | シールド 内径2600mm(外径3140mm) 推進 内径1800mm(外径2120mm) | シールド 内径2600mm(外径3140mm) |
| 到達方法 | シールド 直前停止 | シールド 立坑内到達 |
| 発進方法 | 推進 立坑内発進 | 推進 — |
| 欠損する補強リング | 2 段 | 3 段 |
| 開口率 | 53% | 79% |
| 施工上の課題 | ・異なる口径の管きよの接合を接合させた際に、シールド管きよの構造に問題がある懸念。 | ・立坑の開口率が約 8 割であるが、立坑の開口補強を工夫することで直接到達可能。 |
| 評価 | △ | ○ |

・参考文献

- 1) 東京都下水道局 豪雨対策下水道緊急プラン 2013/2
- 2) コルゲート・ライナー技術協会 ライナープレート設計・施工マニュアル 2000/4
- 3) 東京都下水道局建設部 下水道仮設設計マニュアル 改訂版 2009/3
- 4) 令和元年度 東京都下水道局 設計・施工事例発表会（カワセミ） 水理模型実験を用いた浸水対策主要枝線の検討 2020/3
- 5) 西松建設株式会社 技報第 4 4 号 シールド発進到達坑口の本体兼用計画及び施工 2021
- 6) 公益社団法人 日本道路協会 道路橋示方書・同解説Ⅱ 鋼橋・鋼部材編 2017/11
- 7) 東京都下水道局 特殊人孔構造計算の手引き 2004/6