

換気所直下におけるシールドトンネルの施工管理と変位計測結果

首都高速道路(株) 正会員 盛岡 諒平  
 大成建設(株)土木本部土木設計部 正会員 ○森田 康平  
 大成建設(株)土木本部土木技術部 正会員 上地 勇  
 横浜市道路局 正会員 入野 克樹

1. はじめに

横浜環状北西線工事は、東名高速道路「横浜青葉 IC」と第三京浜道路「港北 IC」を結ぶ延長約 7.1km の高速道路である。そのうちシールドトンネル（港北行）は、延長約 3.9km を泥水式シールドで施工するものであり、東方換気所の直下を最小離隔 2.3m で近接して掘進する。シールド掘進に伴う地盤変位により、換気所躯体に悪影響を与えることが懸念されたため、事前に二次元 FEM 解析による影響検討を行い、適切な切羽圧および裏込め注入圧の設定を行うことで無事にシールド掘進を完了させた。本稿では、上記の検討内容と変位の計測結果について報告する。

2. 施工条件

東方換気所下通過部における平面図（図 1）、縦断面図（図 2）、横断面図（図 3）を示す。シールド通過土層は上総層群の泥岩 Km 層を主体とした硬質な地盤であり、砂質土の Ks 層を介在する。換気所躯体との最小離隔は 2.3m（トンネル外径  $D_o=12.4\text{m}$  に対して、 $0.19D_o$ ）と近接しており、慎重な施工が求められた。

3. 切羽圧の管理値の設定と換気所躯体への影響

切羽圧の設定は、トンネル中心高さにおいて、「上限値＝静止土圧＋水圧＋変動圧」、「下限値＝主働土圧＋水圧＋変動圧」を管理値とするのが一般的であるが、今回の施工条件下では、上記の下限値で設定した場合、換気所躯体に有害な沈下が生じることが懸念された（図 4）。そこで、換気所下のシールド掘進では、以下に記す考え方で切羽圧の設定を行い、実施工においても管理値内でシールド掘進を行った（図 5）。なお、裏込め注入圧の設定については、紙面の都合上、本論文では省略する。

3. 1 切羽圧下限値の設定

シールド掘進に伴う地盤変位が、換気所躯体に与える影響を評価するため、二次元 FEM 解析により地盤変位を算出し、その地盤変位を換気所躯体の骨組み解析モデルに作用させて部材の照査を行った。二次元 FEM 解析では、シールド推進に伴う地盤変位の要因を、応力解放率  $\alpha$  に代表させる手法を用いた。

検討の結果、営団式<sup>り</sup>より切羽圧の下限値を 158kPa 以上（応力解放率  $\alpha=21\%$ 以下）とした場合に、換気所躯体に有害な沈下を与えないことを確認した。

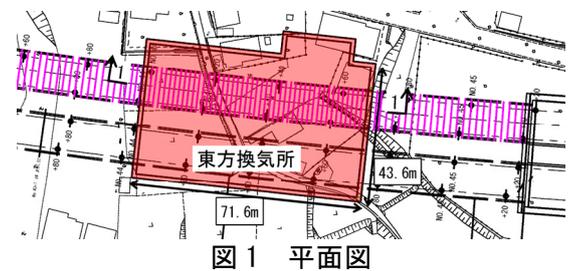


図 1 平面図

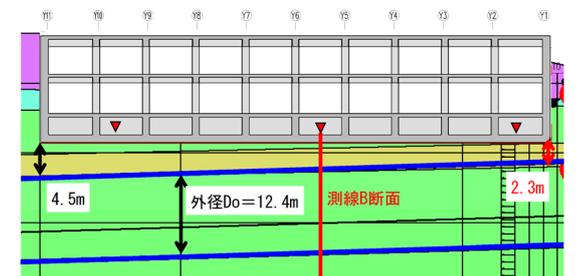


図 2 縦断面図(1-1 断面)

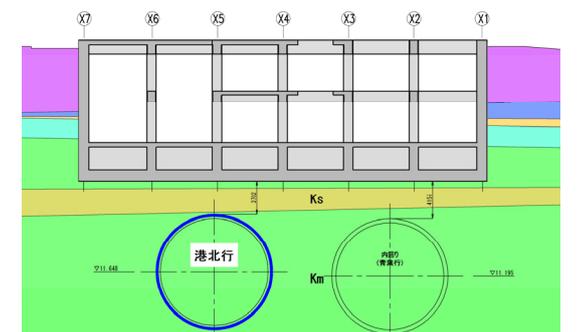


図 3 横断面図(測線 B)

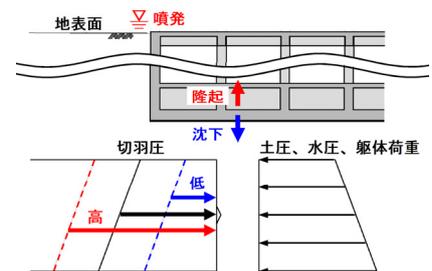


図 4 シールド掘進に伴うリスク

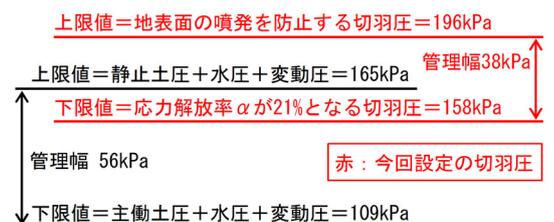


図 5 切羽圧設定の概念図

キーワード 泥水式シールド、近接影響検討、切羽圧、応力解放率、計測管理

連絡先 〒163-0606 東京都新宿区西新宿 1-25-1 大成建設株式会社 土木本部土木設計部 TEL 03-5381-5417

### 3. 2 切羽圧上限値の設定

切羽泥水が地表面から噴発しない設定とする。

地盤高(TP.+31.290m)ートンネル中心(TP.+11.648m)  
=19.642m であることから、196kPa と設定した。

### 4. 変位の計測結果と考察

変位の計測位置を図 6 に示す。計測はレベルによる水準測量で、3 測線 A,B,C に対して行った。

#### 4. 1 トンネル横断方向の沈下

測線 B におけるトンネル横断方向の事前解析結果 (応力解放率  $\alpha=21\%$ ) と各測線の計測結果を図 7 に示す。事前解析では、シールド掘進により 4.5mm の沈下が生じる結果となったが、計測結果は最大 2mm 程度の沈下であり、事前解析に対して小さな値であった。

この要因としては、事前解析では、切羽圧の下限値 (応力解放率  $\alpha=21\%$ ) で沈下量を算出したが、実施工では管理値の範囲内で上限値に近い切羽圧で管理したことにより、土水圧と切羽圧がバランスした結果、沈下を抑制できたと考えられる。

#### 4. 2 トンネル縦断方向の沈下

シールド直上の X5 通りの測点 A-5、B-5、C-5 におけるトンネル縦断方向の計測結果を図 8 に示す。沈下の傾向として、土被りの小さな測線 C では相対的に沈下が大きい傾向にあったものの、沈下量は最大 2mm 程度と小さな値であった。この要因として、前述の理由が考えられる。

### 5. おわりに

換気所躯体と最小離隔 2.3m という近接した条件でのシールド掘進において、FEM 解析により事前に影響検討を行い、切羽圧および裏込め注入圧を適切に設定し、換気所躯体への影響を計測管理しながら実施工を行った。その結果、躯体に有害な沈下を与えることなく、換気所下を通過することができた。今後も、このような実績を重ねることで影響検討の予測精度を高め、確実な掘進管理を行っていきたい。なお、シールドトンネルは 2018 年 8 月に無事到達した。施工に当たり、御協力頂いた関係者各位にこの場を借りて謝意を表す。

### 参考文献

- 1) 中山、中村、中島：「泥水式シールド掘進に伴う硬質地盤の変形解析について」、土木学会論文集、No.397、IV-9、pp133~141、1988.9

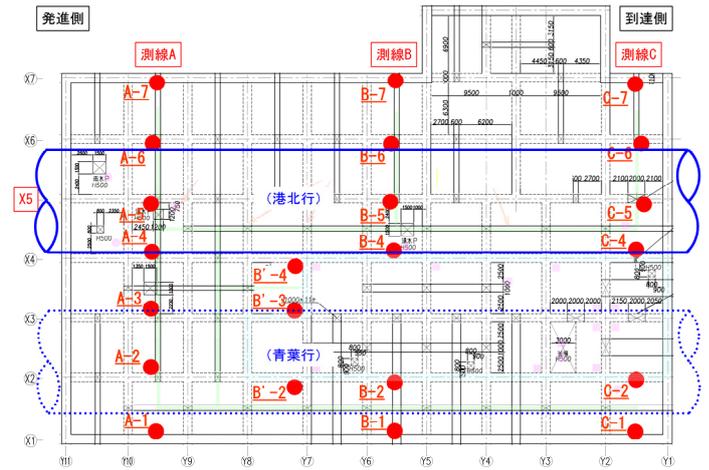


図 6 変位の計測位置

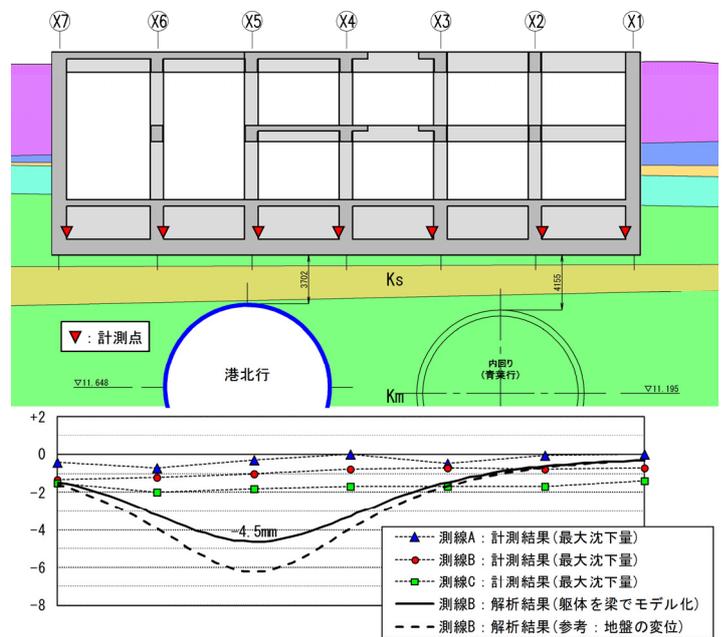


図 7 横断方向の沈下 (事前解析結果と計測結果)

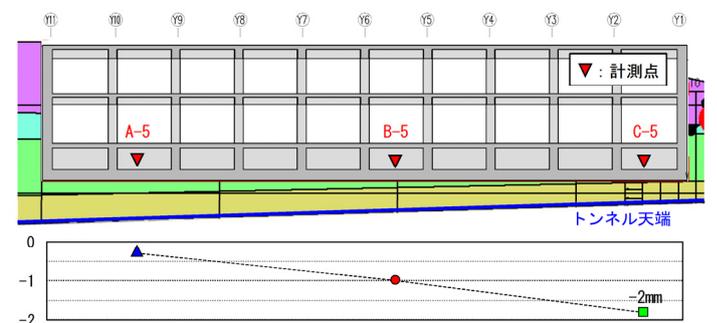


図 8 縦断方向の沈下 (シールド直上測点 A-5、B-5、C-5)