

大深度併設シールドトンネル間の NATM 切上げ時の地下水圧分布について

飛鳥建設 土木事業本部 土木事業統括部 正会員 ○熊谷 幸樹

飛鳥建設 首都圏土木支店 土木部 越後 卓也

東京都 第一建設事務所 環二工事課 白石 均

東京都 第六建設事務所 補修課 市川 健

1. はじめに

南品川換気所避難連絡路接続工事は、南品川換気所と 2 本の本線シールドトンネル(大井行：東京都，大橋行：首都高速道路)を接続する避難路トンネルを構築する工事¹⁾で、地下水位下の大深度地下で併設シールドトンネル間を NATM により切り抜けて RC 躯体構造物を築造する。対象地山は流動化しやすい砂層(Ks 層)と被圧水が差し込む砂混じりの土丹層(Kc 層)の互層であるため、掘削前に複数の地盤改良工により地山の止水性と強度向上を図った。ここでは、NATM 切上げ時にシールドトンネル上部に作用する地下水圧分布を把握するために実施した間隙水圧測定結果を示すとともに、構造計算時の地下水圧分布の設定に関する留意点について述べる。

2. 本工事と地盤改良工の概要と間隙水圧測定

(1) 本工事の概要

本工事は、南品川換気所 B7F から本線トンネル上部へ勾配約 20°で下る斜坑部、水平坑の切上げ部と半円断面部を経て、本線との接続部となる横坑部を NATM により掘削し、ウォータータイト構造の RC 躯体を構築する(図-1、図-2)。表-1 に、NATM によるトンネル工の工事概要を示す。また、本工事の施工深度は、目黒川直下約 35m～60m の大深度地下であることから、4 種類の地盤改良工と薬液注入工を複合的に施工し、トンネル工と躯体構築の安全施工を図ることとした(図-3)。

(2) 地盤改良工の概要と間隙水圧計測

掘削対象地山は砂層と土丹層の互層で、河川直下や大深度地下である等の施工条件を考慮して、砂層に対しては高压噴射攪拌工法と凍結工法、土丹層に対してはダブルパッカ工法と低压浸透注入工法を適用して複合的な地盤改良を行った。このため、NATM による併設トンネル間切上げ時には本線トンネル周辺の地下水圧分布を正確に把握し、設計水圧の妥当性を確認しておくことが必要となった。そこで、図-3 に示す 3 断面、計 8 箇所、間隙水圧計により本線トンネル上部に作用する地下水圧を測定することとした。

3. 地下水圧の計測結果と考察

(1) 計測結果について

図-4 に、間隙水圧計の測定に基づき、半円断面部を 3m まで掘削した時点での地下水の圧力水頭分布図を示す。

図-4 より以下のことが分かる。

- ・ 圧力水頭は、併設シールド外側の測点(P-S8)で最大値約 40m を示し、NATM の掘削面近傍で急激に減少している。
- ・ 各断面での地下水の圧力水頭から求めた包絡線は、三角形形状ではなく台形もしくは放物線形状に近い。

これは、低压浸透注入工法等の地盤改良工によってシールド外周に難透水ゾーン(2×10⁻⁷m/sec 程度)が形成され、地下水が難透水ゾーンを圧力水頭がゼロの NATM によるトンネル掘削面に向かって流動するためと推察された。

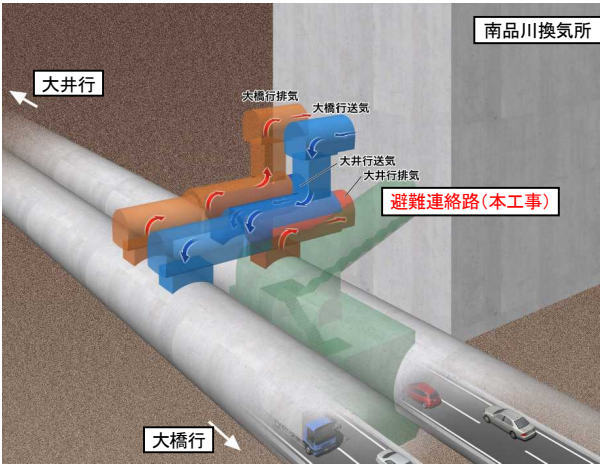


図-1 南品川換気所概念図

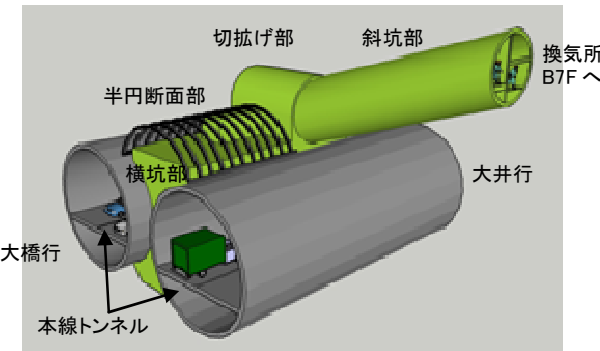


図-2 避難連絡路の構造模式図

表-1 NATMによるトンネル工の工事概要

部位	掘削工法	諸元等
斜路部	NATM	延長17.4m, 内径5.5m
切上げ部		延長8.6m, 幅7.85m
半円断面部		延長11.7m, 幅8.5m
横坑部		外寸:幅8.6m, 延長19.5m, 高さ13.5m 内寸:幅4.2m, 延長16.5m, 高さ11.4m

(2) 地下水压分布の設定について

併設シールドトンネル間を NATM により切抜ける場合、掘削面では坑内へ流入する地下水の圧力水頭はゼロとなり、湧水量は地山の水利特性によって決まる。本工事のように掘削対象地山外周に難透水性ゾーンを形成した上で NATM により切抜ける場合には、シールドトンネル上部の地下水压分布形状は、台形もしくは長方形分布とするのが妥当であると判断できる。

(3) 地下水压分布形状が本線シールドトンネルの断面力に及ぼす影響

図-5 に、本線シールドトンネル上部の地下水压の分布形状を三角形と台形にした場合の断面力図を示す。同図より以下のことが分かる。

- ・地下水压分布の違いによって発生する曲げモーメントの分布や最大発生位置が異なる結果となる。
- ・台形分布ではシールドセグメントの軸力は三角形分布よりも小さいが、内部支保工の軸力が大きくなることから、施工時の仮設工の検討に留意が必要である。

4. おわりに

地下水位下での大深度地下における併設シールドトンネル間の NATM による切抜け時に計測した地下水压測定結果から、シールドトンネル上部に作用する地下水压分布が台形もしくは放物線形状であることを示した。地下水压の分布形状によってシールドトンネルに発生する最大断面力の発生位置や内部支保工の最大断面力が異なるため設計上留意する必要がある。

参考文献 1) 白石均, 市川健, 篠原浩史, 熊谷幸樹: 複合的な地盤改良工と多段分割掘削を併用した避難連絡工の施工—中央環状品川線南品川換気所避難連絡路接続工事—, トンネルと地下, 第46巻1号, pp.13-22, 2015.

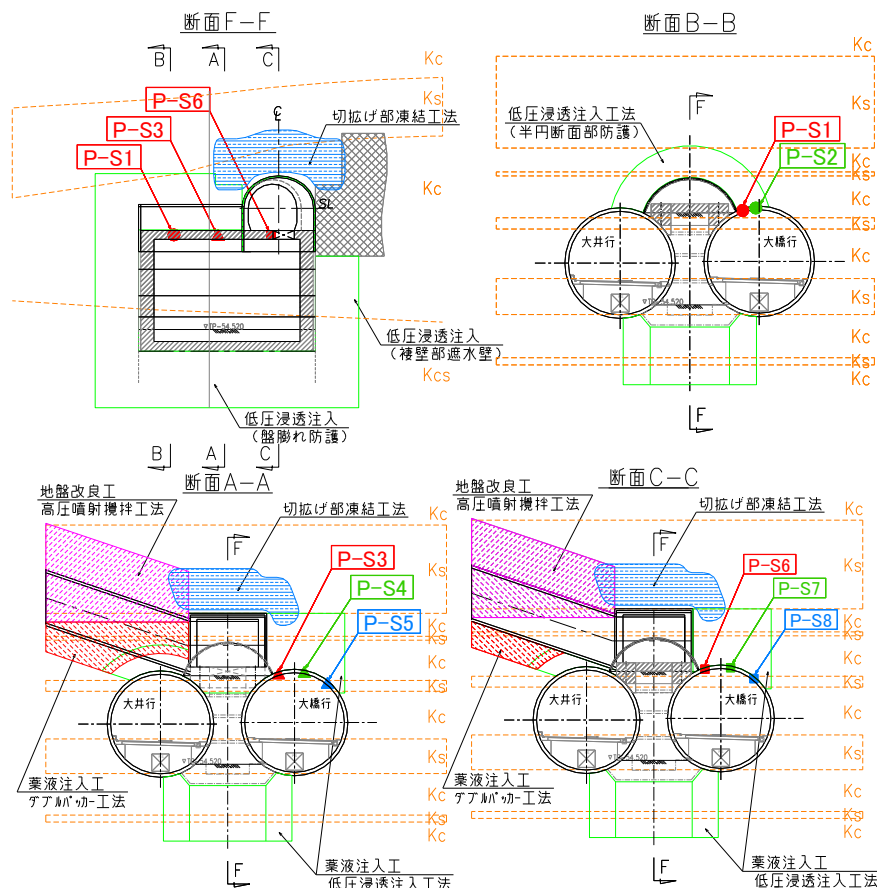


図-3 地盤改良工と間隙水压測定位置の縦横断面図

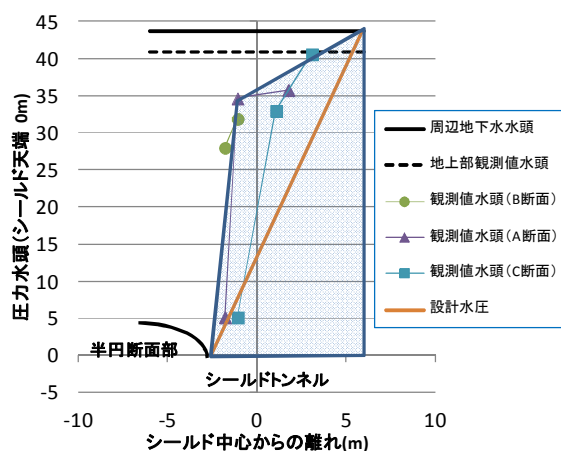


図-4 地下水位の圧力水頭推定図

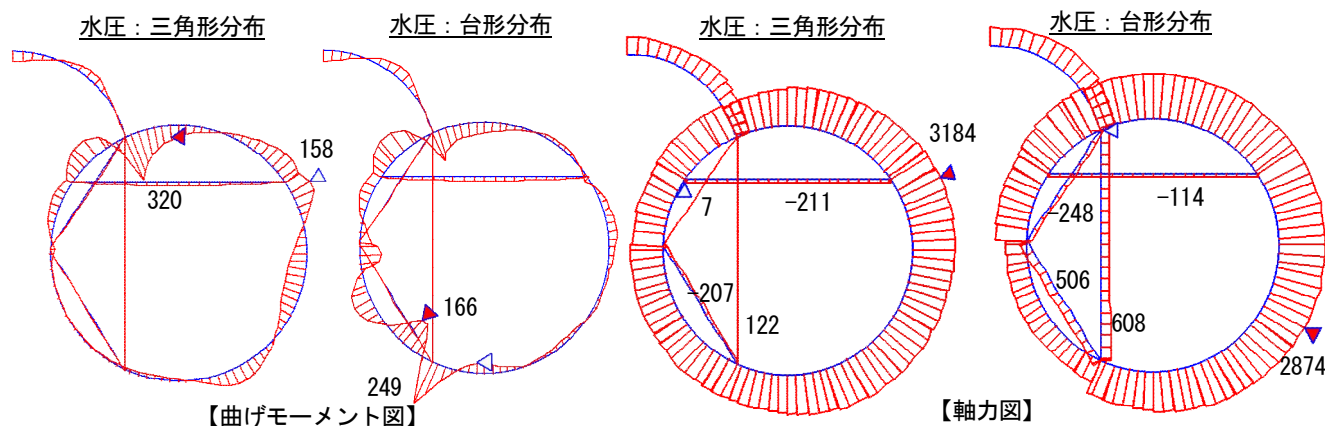


図-5 地下水压分布形状が本線シールドトンネルの発生断面力に及ぼす影響