

(Ⅵ - 6) 丘陵地における大規模地下貯留トンネルの施工概要

(株) ニュージェック 大竹 剛
住宅・都市整備公団 船越敬一
(株) ニュージェック 水木 茂

1. はじめに

近年、宅地開発が丘陵地域へ広がるのに伴い、急峻な地形、緑地の保全等の制約から防災調節池の設置が困難になりつつある。このような状況の中、住宅・都市整備公団では埼玉県飯能市において、2カ所のオープンタイプ調節池とこれを結ぶ大規模地下貯留トンネルを建設中である。

地下貯留トンネルは西武池袋線「飯能駅」の西約2.5kmの入間川の右岸に位置し住宅・都市整備公団が現在開発中である「ビッグヒルズ飯能大河原」内にある。ビッグヒルズの開発にあたってはできるだけ自然を保全すること、急峻な地形を生かした景観形成を基本的な考えとしている。このことから、開発による流出増対策として、一般的に考えられるオープンタイプ貯留では、急峻な地形、緑地保全の必要性等の制約より、必要調節容量の確保が極めて困難なことから、オープンタイプ貯留で可能な限り貯留容量を確保し、不足分を地下貯留施設により確保するものとし、2カ所のオープンタイプ調節池を結び地下貯留トンネルを設置するものとした。

本地下貯留トンネルは内径9.0m、延長984.5m、貯留量 65,900m³ の規模である。掘削はA調節池側から上半先進ベンチカット工法による発破掘削のNATM工法で行っている。トンネル全体の施工工期は31カ月であり、平成7年12月現在 870m の進捗にある。

2. 地形・地質

「大河原」地区の地形は竜臥山（標高250m）を最高峰とした塊状山地地形であり、周辺山地とは河川によって区切られている。地区南西縁では標高200m～250mの稜線であり、北東側に流れる入間川に向かって馬蹄型をした地形をしている。地区北東側では南西から北東に延びる谷が発達し、南西側では南北方向の尾根が主尾根となっている。トンネルはこの塊状山地の低標高130m付近を入間川とほぼ平行に通り、土被りは最大100m、最小35m、平均50m程度である。

トンネル通過地の地質は、秩父古生層の粘板岩・砂岩互層からなり、局所的にはチャートを層状あるいはブロック状に挟在する。粘板岩・砂岩互層は風化が進みクラッキーである。また、トンネルの通過地の弾性波速度は坑口で0.5～3.6km/s、トンネル中央の深部で3.8～3.9km/sであり3カ所の低速度帯が確認されていた。坑内からの調査では弾性波速度はトンネル中央の深部で2.8～4.2km/sであり、低速度帯が地表とは別に3箇所を確認された。地下水位はトンネル上方にあり、透水係数は $3 \times 10^{-6} \sim 2 \times 10^{-5}$ cm/sである。

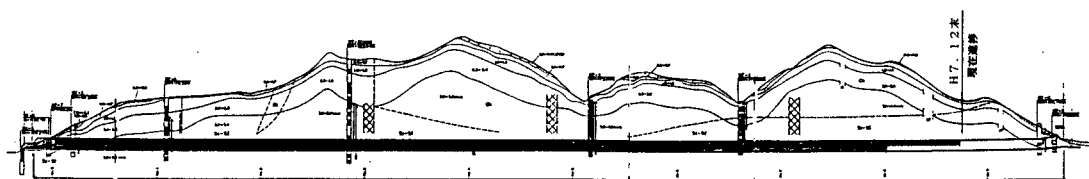


図-1 地下貯留トンネル縦断面図

3. 施工概要

(1) 掘削方法

本トンネル通過地の基岩の弾性波速度は4km/s以下で風化が進んでいるものと考えられる。一方、一軸圧縮強度は砂岩で170～1800 kg/cm²、粘板岩で230～700 kg/cm²、チャートで1,150 kg/cm²とバラツキがあるが岩片は比較的硬質なことから発破掘削のNATM工法として進めたが、風化が進み亀裂の多い地山の一部

ではブレーカーにより掘削を進めた。

(2) 掘削工法

掘削断面が 90m^2 と大きいことから、全断面掘削工法ではトンネル切羽の自立が難かしいので、上半先進ベンチカット工法として進めた。この上半断面掘削の切羽においても小崩壊が数箇所で見られ不安定であることから、全長にわたり切羽の自立安定に鏡吹付けコンクリートを施工した。上半掘削に伴うロックボルトの削孔、挿入のスペースの確保のため、加背割はスプリングから 1.0m 下りで上、下半に分けた。また、掘削幅が狭く、上・下半のスロープを常時確保することができないので上・下半交互掘削とした。

(3) 支保工パターン

支保工パターンは地表からの弾性波速度、ボーリングによる岩級区分、一軸圧縮強度を基準に選定したが掘削時の切羽の観察、計測結果から適切な支保工パターンに変更した。この結果、CⅠパターンの延長の全てがCⅡパターン(60%)とDⅠパターン(40%)に変更となり、またCⅡパターンの延長の60%がDⅠパターンに変更となった。

(4) 補助工法

トンネルの掘削に伴い、切羽天端の自立性の不足と、地山の緩み領域の拡大が懸念され、全長にわたり切羽面への吹付けコンクリートを施工した。特に弱層部ではフォアパイリングを施工した。また、上半掘削後の内空変位量が収束しない部分については増ボルト、吹付けコンクリートの増厚、鋼製支保工の設置等を状況に合わせ使用し、変位の抑制とトンネルの安全を図った。フォアパイリングを施工した区間の延長は 29.2m 、増ボルト、吹付けコンクリートの増厚、鋼製支保工の設置等を施工した区間の延長は 103.6m であった。

(5) 湧水対策、排水設備

統計的手法による湧水量の推定、坑口からの水平ボーリングの結果等から当初の湧水量を $1.0\text{m}^3/\text{min}/\text{km}$ と推定していたものが、トンネル掘削延長の $1/2$ を通過した時点で $0.4\text{m}^3/\text{min}/\text{km}$ で当初推定の $1/2$ 以下となっている。

(6) 覆工コンクリート

設計において支保工パターンDⅠについてはインバートの早期併合を考えていたが、上・下半掘削の各段階の内空変位量が収束し拡大しないことから、インバートコンクリートは後施工とし、上・下半掘削、覆工コンクリート(アーチ、側壁)につづき施工することとした。

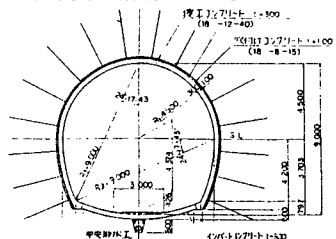


図-2 トンネル断面図(CIパターン)

4. 計 測

上、下半掘削時の最大内空変位量(水平)は初期変位(掘削後24時間経過時)のそれぞれ2.17倍、3.14倍となっている。相関係数は0.86、0.85である。また、下半掘削時の最大内空変位(水平)は上半掘削時の最大内空変位の1.61倍となっている。相関係数は0.96である。上半掘削時の変位量の管理基準値を 40mm として、これを越えるものについては増ボルト打設、吹付けコンクリートの増厚、鋼製支保工設置等の補助工法で変位の抑制を図り対処した。

5. まとめ

本トンネル延長 984.5m のうち 870m までの掘削を無事故、無災害で完了している。NATMにより地山状況に合った山岳トンネルの施工により、地下貯留トンネルの施工が進められており、残り 115m に鋭意取組んでいるところであります。完成すれば環境にやさしい街づくり「ビッグヒルズ」の事業展開に大きく貢献することとなります。

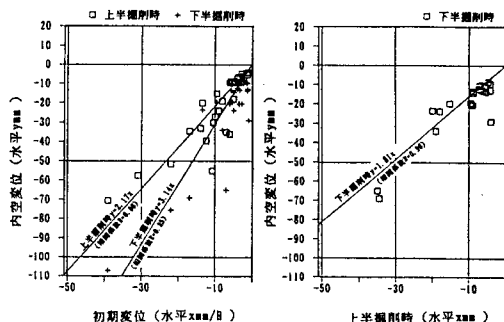


図-3 内空変位関係図