

薄い土被りの軌道直下でのNATM施工

EXCAVATION OF TUNNELS COVERED WITH A SLIGHT THICKNESS OF EARTH RIGHT UNDER RAILS WITH NATM

武野真昭* ・岡村正典**

Masaaki TAKENO and Masanori OKAMURA

Higasiyama tunnel is a subway tunnel of mountain type in the urban area over a total length of 1,567.5m. And its structure is featured by parallels of single track at different elevations for a span of 495m on the starting side and by a double track for the rest 1,072.5m portion. We report the results of Urban NATM that excavated the subway tunnels covered with slight thickness of earth right under Keishin-Line and a prefectural road. And also we made an exact survey at any time to keep the safety on the ground.

Keywords: subway construction, right under active rails, control of the subsidence, mechanical excavation, Urban NATM

1. はじめに

1. 1 東西線の概要

京都地下鉄東西線は、京都市伏見区醍醐を起点とし、JR山科駅、京阪電鉄京津線の御陵（みささぎ）駅、京阪電鉄本線の三条駅、地下鉄烏丸線の御池駅と連絡し、JR山陰線の二条駅に至る延長12.7kmの鉄道新線である。

この路線のうち、御陵～三条京阪間3.3kmについては、東西線と京津線が競合するため、京都市および京阪電鉄などにより第3セクター京都高速鉄道（株）が設立され、日本鉄道建設公団P線方式により建設を行っている。

第3セクター区間のうち、御陵駅～東山駅間の2.5kmは鉄道公団の直接施行であり、その他は京都高速鉄道（株）への委託施行となっている。（図-1）

1. 2 鉄道公団区間の建設現状

鉄道公団が建設しているのは、起点方より東山トンネル（山岳トンネル区間）、蹴上駅（路下開削区間）、神宮道トンネル（シールド区間）の3工区であり、平成9年の完成を目指して鋭意施工中である。

* 正会員 日本鉄道建設公団大阪支社京都建設所

** 正会員 奥村・清水・戸田東西、東山T特定建設共同企業体

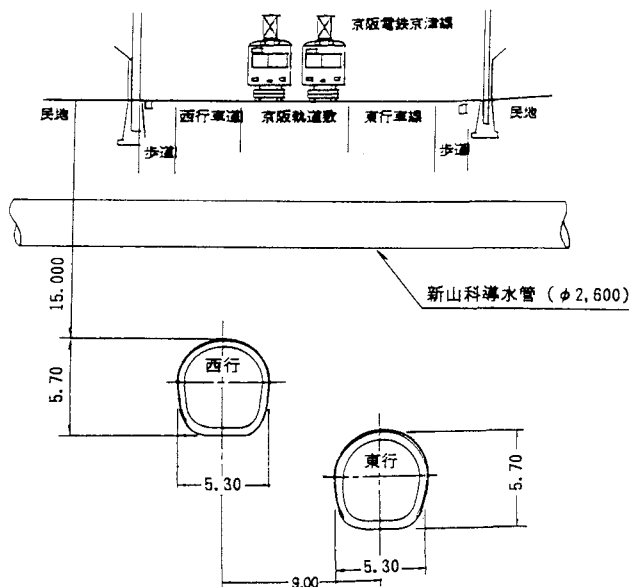
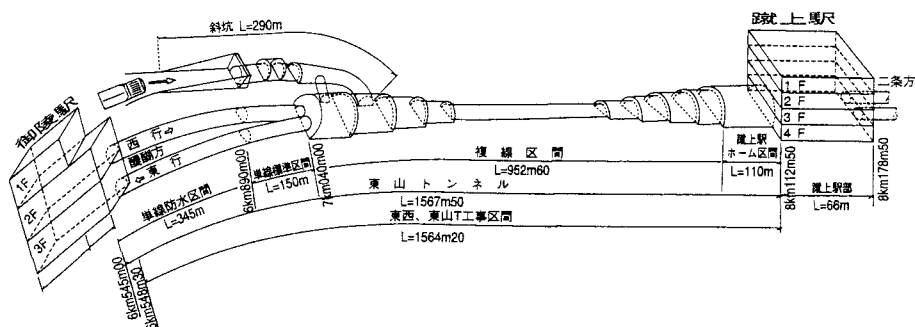
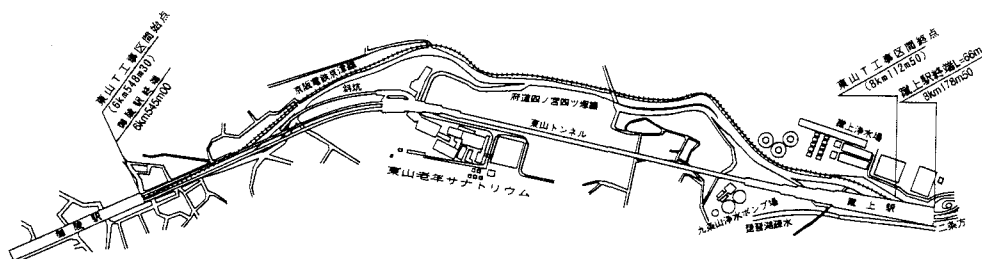
[illegible]

図-1 東西線（醍醐～二条間）計画概要図

東山トンネルは、山科盆地と京都盆地を区分する東山連山を東西に貫き、御陵駅と蹴上駅を結ぶ延長1567.5mの山岳トンネルである。

単線並列区間は、両側を民家が密集する府道直下にレールレベルの異なる単線トンネル2本を土被り12m～23mで掘削するもので、道路の中央には京阪電鉄京津線が走っている。また、ガス管、N T T管等の重要地下埋設物も多い上に、 $\phi 2,600\text{mm}$ の新山科導水管が府道を横断しており、「都市N A T M」としてのトンネル自体の安定性はもちろんのこと地表物件の安全性を確保するため、地表面沈下を最小限に抑えることが要求される区間である。（図－4）

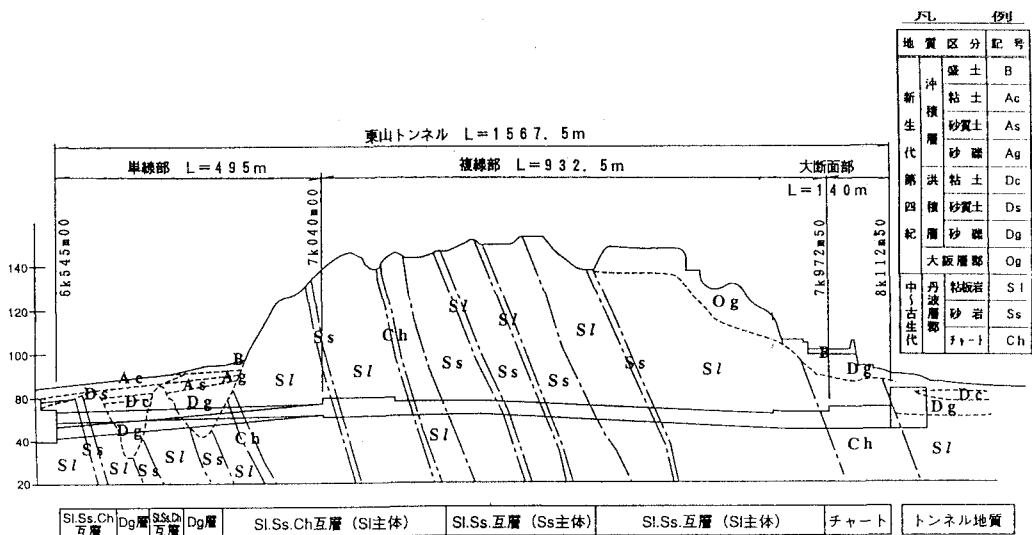
地形は東山地壘と呼ばれ、東山の東西両側が断層で切られ、落ち込んで山科盆地および京都盆地となり、残った部分が東山になったとみなすことができる特徴を持っている。京都盆地から山科盆地までの山体幅は約1.5kmであり、路線上の地形は、標高120～150mおよび50～70mの平坦面をなしている。



全体の地質は中～古生代の堆積岩で、丹波層群と呼ばれる地質である。(図-5)

単線区間の地質は、単線部終端より起点方180mは粘板岩（S1）を主体とした砂岩（Ss）、チャート（Ch）の互層である。それ以降は、洪積砂礫層（Dg）（延長約50m）、粘板岩を主体とした砂岩、チャートの互層、洪積砂礫層（延長約60m）、粘板岩を主体とした砂岩、チャートの互層とめまぐるしく変化する地質である。

この区間のロックシュミットによる岩強度は、粘板岩で100~300kgf/cm²、砂岩で400kgf/cm²程度である。



図－５ 東山トンネル地質縦断面図

４．単線部の施工

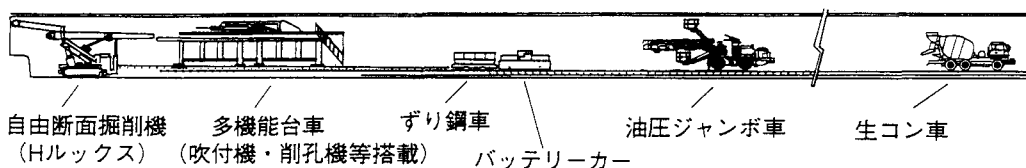
単線部の標準支保パターンを図－６に示す。施工に先立ち、有限要素法による解析を実施し、トンネルの安定ならびに地表面沈下の予測をおこなうと共に、トンネル掘削による地下水位低下に伴う地表面沈下の予測を併せておこなった。これらの予測をもとに、単線部の施工を次のようにおこなった。(図－７)

- ・土被りの深い東行トンネルを先行し、地質の確認ならびに地表面沈下を抑える。
- ・掘削工法は、自由断面掘削機による機械掘削とし、掘削方法は断面を早期に閉合できるミニベンチ方式（ベンチ長２ｍ）とする。
- ・ロックボルトと吹付機ならびにスライド式足場を搭載した多機能台車を採用し、掘削機を切羽に置いたまま支保作業を行う。

単線部での対策工は、民家や交通量の多い府道や鉄道軌道があることから、地表からの対策はできず、トンネル内からの対策が主となり、以下に述べる対策工を補助工法として実施した。

洪積層区間では、ロックボルトや鋼管（φ５４．０ L＝３．０ｍ）による先受工を併用し、湧水の多い箇所ではウレタン、少ない所ではモルタルを注入材として使用した。

新山科導水管横断部では、トンネル上部を最小離隔距離４ｍ（西行）で横断するため、パイプルーフ（φ１３９．８mm、東行３２m、西行２４m）を施工した。(図－８)



図－７ 単線部施工概要図

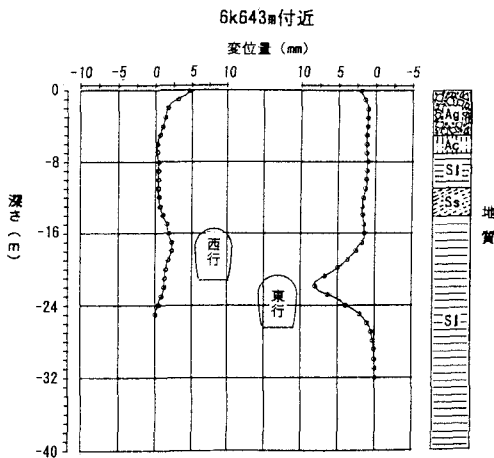


図-10 地中水平変位グラフ

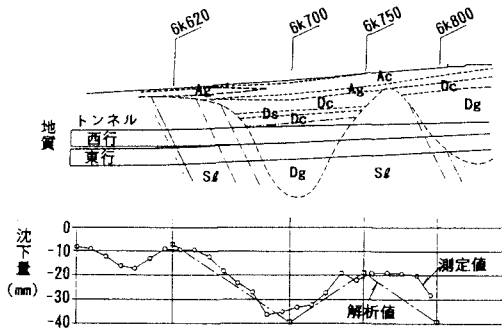


図-9 地質状況および地表面沈下グラフ

表-3 内空変位および天端沈下

地 質	補助工法	内空変位	天端沈下
岩盤(SI-Sa)	なし	2～9mm	2～4mm
風化岩(SI-Ch)	先受ロックボルト	8～9mm	2～8mm
風化岩(Sa-Ch)	先受鋼管(ウレタン注入)	10～23mm	4～8mm
洪積層	先受鋼管(ウレタン注入)	4～8mm	2～6mm

6. 考察

トンネル内からの計測結果(天端沈下)と地表面の沈下計測結果を比べると、洪積層では地表面の方が5～6倍大きな沈下を示している。地表面沈下は全沈下量であるのに対し、トンネル天端沈下は先行沈下が計測されないため、小さな値となるが、それを考慮にいれても大きい。

図-9に示した地下水位低下に伴う沈下量とトンネル掘削による沈下量の合計値(解析値)を地表面沈下測定値と比較すると、ほぼ一致する。このことから、地表面沈下量の約30%はトンネル掘削に伴う応力解放による沈下で、残り約70%は洪積層の地下水位低下による砂層での即時沈下、および粘土層における圧密沈下であると判断される。

なお、軌道の許容沈下量は、10m間の相対沈下量で規制されている。計測結果では、管理値7mm以下に納まっており、目的を達成したものと判断される。

7. まとめ

本工事では、坑内からの補助工法のみで地表面沈下を最小限に抑えることを目標に施工してきた。地表面沈下の測定結果をみると、岩盤部に比べて洪積層部分の沈下量が多少大きなものとなったが、地表の構造物や路面電車の運行に影響を与えることなく到達できた。このことは、補助工法として採用した注入式先受鋼管の施工がトンネル周辺の緩み領域を極力小さくすることに効果を発揮したものと考える。

薄い土被りの軌道直下という悪条件にもかかわらず、大きな障害もなく無事到達できたことにより、地山の状況に適した支保および補助工法を選定することに加え、計測管理を施工に反映させることにより、都市トンネルにおけるNATM工法の適用範囲が更に拡大していくものと考えられる。