

阪神高速道路公団 正員 石塚 幹剛

1. はじめに

六甲山麓の西北地域においては、大がかりな宅地開発造成事業の進行に併せて、地域住民の足の確保のために高速鉄道および高速道路の計画が遂行されようとしている。本稿ではこれらの三者の計画が競合する部分にあって、山岳トンネルの保護層としてどの程度の厚さの岩盤を残して上部を工取することが可能かについて現在検討中であるのその問題点などについて紹介したい。なお、工事の実施にあたっては、今後、発破実験などによる岩盤性状調査を行う予定であるので、これらの結果を十分に考慮して、所要数量などを決定するので機会があれば報告するものとする。

2. 計画の概要

計画は図-1に示すように、施工順に①鉄道トンネル(掘削断面70m²程度の複線)②宅地造成工取り③道路トンネル(掘削断面100m²程度の2車線)が相互に近接するものである。

この地域の地質は六甲花崗岩層群と称される中粒黒雲の花崗岩からなり、全般にマサカ風化が深部にまで及んでいる。また花崗岩中には小規模な断層や破砕帯が数多く存在し、新鮮な岩にあってはきめりの節理のはげしいものである。弾性波速度の追々みても普通の花崗岩の性質とはほとんど違いないものである。

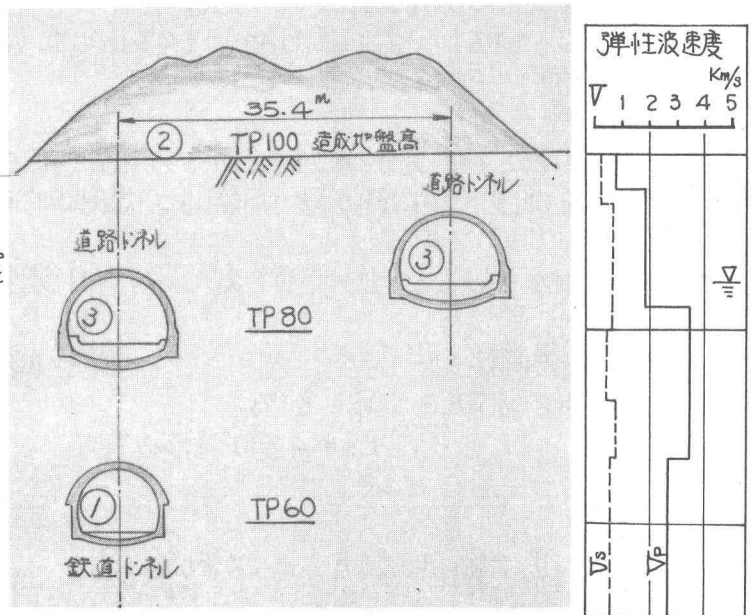


図-1 計画横断および岩盤の性状

トンネル上部の削取を山岳トンネルの構造面からみると、トンネルはそれを取りまく地盤反力を期待して設計されるものであるから、この荷重状態のバランスを崩すような事態(上部や側方の地盤を竣工後切取る)になればトンネルは崩壊することになる。本計画にあるのは当初よりこれらの荷重状態を考慮した山岳トンネルの安全施工が必要となる。(他のカルバートなどの構造は外部の条件などから採用できない) 土被りの浅いトンネルにあっては図-2のようにトンネル掘削による形成される免圧圏またはグラウンドアナーチが地表に達し土被り面により崩壊することになるので、理論的には土被りHとゆるみ高さ h_p よりある安全率をこえて $H \geq f h_p$

となる地表面を設定しなければならぬことになる。 h_p の値は岩盤の性状、断面の大きさ、施工法などによって大きく異なるものであるが、将来実験などにより確認すべきであろうが計画の段階にあっては何らかの推定によるものとするれば、トンネル標準示方書に示されている追およびテールツァギーの支保工に作用する上荷重の推定式を用いるものとする。本トンネルは $B=13m$ $H_t=10.8m$ 及び普通程度の割合目のある岩盤を想定すれば、

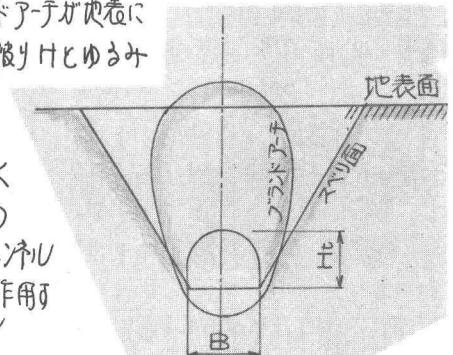


図-2 浅いトンネルのグラウンドアナーチの概念

- 1)基本ゆるみ高さ $h_p \approx 6.0 \text{ m}$ (示方書より)
- 2)若干の側圧を考慮しても $h_p \approx 10.0 \text{ m}$
- 3)テリッアキ-の推定式より $h_p = 0.35(B+Ht) \approx 8.3 \text{ m}$

となる。

示方書に解説されているように土荷重高さは、崩壊時の崩壊高さが一つの目安とされるが、これによると実績での崩壊高さは6m程度であり、断面その他を考慮しても、道路トンネルのゆるみ高さは10mを目標とする必要がある。鉄道トンネル供用後の道路トンネルの施工にあたっては、この値を目標とし、これ以上のゆるみを発生させないよう施工法により対策を講ずるものとし、入念な工法を採用するものとしていく。(注工の欠陥と側壁導坑先進リツカット上部半断面工法の採用)

4. 発破乗量の規制

道路トンネル掘削にあたっては、先行される宅建発破による岩盤中にとどの程度の影響が残るのにつきわめく重要な要素となり、その乗量をいかに規制するかの問題となる。爆破振動による振動速度又は速度振幅、振源距離

および乗量の関係は実験式により

提案され、地質の代償、爆破法

装薬密度などにより係数が定め

られている。これらの関係式より

次の程度の岩盤に与える引張応力

は、 $V_p \approx 2 \text{ km/s}$ $E_s \approx 4 \times 10^3 \text{ kg/cm}^2$

$$\varepsilon \approx \frac{V}{V_p} = \frac{\sigma}{E} \quad \text{として}$$

ここに

V : 振動速度, V : 岩盤の弾性波速度, E : 岩盤の弾性定数,

ε : 許容ひずみ, σ : 引張応力度 (kg/cm^2)

岩盤は一軸圧縮強度として

$\sigma_c = 600 \sim 1,300 \text{ kg/cm}^2$ は期待しようので $\sigma_s = 6 \sim 10 \text{ kg/cm}^2$ にて安全率

10程度を考慮すると $V = 2 \sim 3 \text{ cm/s}$ に規制して 図-3より 乗量は

$W = 2 \sim 3 \text{ kg}$ となる。そこで、トンネル先端計画より10mにつけては上取

りせず、上部7mについては 乗量(発発) $2 \sim 3 \text{ kg}$ にて規制するよう

計画するものとした。すなわち、

標準乗量 ANFO 9kg (起爆0.5kg) 15段

規制 2 kg (") 15 "

とすればトンネル保護層として、将来のトンネル施工が可能な岩盤を保持しようのことはなにかと想定し、実際にはこれらの値について現地の実験により確認し、トンネル防護対策をも将来決める方針である。

参考文献 リンネル標準示方書解説(34版)2巻の工学的性質と設計

施工の応用 3) 不侵域のRの岩盤力学

第30条 土 圧

支保工や覆工に作用する土圧の大きさは、地質、トンネル断面の大きさ、施工法、覆工の時期および施工中の地山の性状、等を考慮して、責任技術者がこれを判定しなければならない。この場合、特別の場合をのぞき、土圧があると推定されるときは、支保工に作用する土荷重として 表1の値を用いてもよい。

表1 支保工に作用する土荷重の高さ

内 空 断 面 の 幅 (m)	土圧があると推定される場合 (m)	土圧が大きいと推定される場合 (m)
2	1.0	2.0
5	2.5	5.0
10	3.0	6.0

注: この表は、幅5mについては全断面、幅10mについては上部半断面の施工例から推定したものである。

(トンネル標準示方書解説)

(注工の欠陥と側壁導坑先進リツカット

上部半断面工法の採用)

V : 振動速度又は振幅 a : } 実験により
 W : 乗量 (kg) b : } 定まる定数
 d : 振源距離 (m) K : }

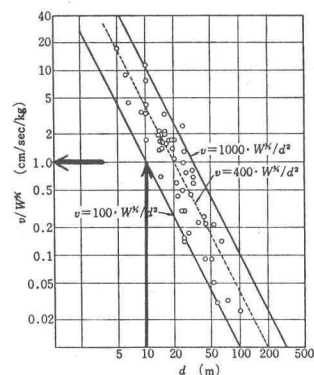


図-3 振動速度・乗量と距離の関係式(参考文献2)

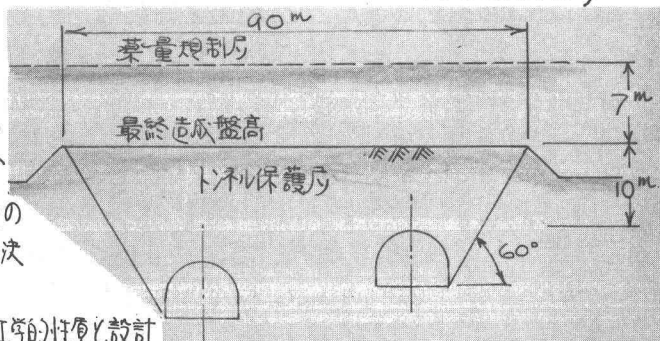


図-4 トンネル保護層の設定図