

Ⅲ-B114 低土被り大断面トンネルの設計に関する一考察

古治山トンネルの設計と計測結果との対比を事例として

中電技術コンサルタント(株) 正会員 ○石田 滋樹
中電技術コンサルタント(株) 鷺見 勉
中電技術コンサルタント(株) 井原 秀則
(株)奥村組 正会員 西江 寛次

1. 道路計画の流れに伴うトンネル計画の多様化・複雑化

一昔前の道路計画は、一部の高規格道路を除き、トンネルや橋梁といった構造物の構造安定性や施工容易性・安全性・施工経済性を重視して道路の線形性を犠牲とする傾向があったが、昨今の道路計画の一般的な流れとしては、道路線形性向上による走行安全性・快適性や道路走行便益性向上による経済波及効果等を重視する傾向が強くなってきている。トンネルに限っていえば、これらの情勢に加え、道路防災面や環境面への配慮により長大法面を避ける傾向にあるため、比較的低土被りであってもトンネルとして計画されるケースが増えてきている。また、新規開発用地が丘陵地へと広がらざるを得ない都市近郊における道路計画においては開発地の直下をトンネルで交差する場合も少なくない。さらに、全線6車線で計画・施工されている第2東名神改築や、山間部での道路計画による登坂車線付きトンネル、道路計画上は好ましくないがトンネルとICの近接に伴う加減速車線付きトンネル、といったトンネルの大断面化も進んできている。

これらはすべて施工技術の向上と建設コスト縮減がなされたことで可能となってきたことであり、今後もこの傾向は増加していくと考えられる。

2. トンネルの設計手法

トンネル設計手法は大きく分けて経験的手法と解析的手法がある。現在、我が国のトンネル設計は、事前調査において把握された地山性状に応じて、標準支保パターンを適用し、また、施工時においてトンネル切羽の状況が想定と大きく異なれば、地山等級自体を見直すことで、適用する標準支保パターンを選定しなおす、といった標準化された経験的手法が主流となっている。先ごろ、大断面トンネルについても標準支保パターンが決められたところであり、よほど特殊な条件でない限り、解析的手法までは行っていない場合が多い。

一方、低土被りトンネルの場合、支保パターンの設定には、土被り厚1D(D:掘削幅)程度以下に用いられる「坑口部」の標準支保パターンの適用性について考慮することになる。「坑口部」で設定されている支保パターンをみると、アーチアクションを積極的に活用するというNATM工法本来の発想とは異なり、おおざっぱに言えば、サイドロックボルトによる側圧の低減と、ゆるみ土荷重に対する一次覆工耐荷力の積極的な活用ということになると考えられる。

これから、大断面低土被りの場合、大断面トンネルの坑口部の標準支保パターンが参考となろう。しかし、坑口部での支保パターンは、直上に重要構造物を想定してあるわけではなく、地表面沈下を低減させることよりはトンネル本体の安定性・施工安全性に主眼をおいてあると思われる、現実的にも坑口部直上では数cmの地表面沈下を伴っているケースが多い。

大断面トンネルや低土被りトンネルそれぞれについては、施工事例も増えてきているが、重要構造物直下の断面かつ低土被りトンネルの事例はまだ少なく、トンネル設計の非常に有効な手法の一つである経験的手法の適用も限られることになる。

以下に、古治山トンネルの事例を用いて、地表面沈下を抑制しなければならない大断面低土被りトンネルの設計内容について、計測結果を交えて紹介する。

大断面トンネル FEM解析 中壁工法 計測管理 低土被り

中電技術コンサルタント(株)広島市南区出汐2-3-30 TEL 082(255)5501 FAX 082(254)0661

3. 古治山トンネル設計概要

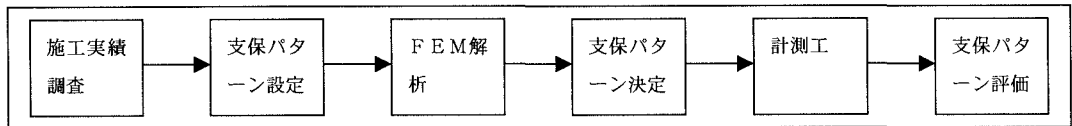
3-1. 設計緒元および制約条件

内空断面積 12.4 m^2 ，掘削断面積 16.8 m^2 ，最大掘削幅 1.8 m ，偏平率 60.8% ，平均土被り厚 1.2 m ，直上に広島県立保健福祉短期大学があり，医療専門家育成のための医療精密機械が多数設置してある。

3-2. 地形・地質概要

トンネルが施工された古治山は，南北 300 m ，東西 200 m 程度の小さな丘陵地であり，ほぼ全体を大学敷地として切削造成された高さ約 25 m の切り株状の地形である。地質は古生代石炭紀から二畳紀の粘板岩を基盤岩とし，これに中生代白亜紀の広島花崗岩が侵入している。粘板岩は花崗岩の熱変成によりホルンフェルス化しており，粘板岩特有の剥離性を保有せず，片理面は密着している。一軸圧縮強度は一部 1000 kgf/cm^2 以上の硬岩が分布している。また，ボーリングコア，PS 検層の結果，トンネル計画断面を斜めに横切るように多亀裂低速度帯が確認されている。

3-3. 設計の流れ



3-4. 支保パターンの設定

当トンネルは，大断面低土被りであるため，管理基準値以内のひずみであっても，変位の絶対値は大きくなるため，地表面への影響を最小限に止めるためには，トンネル内空変位を極力抑えなければならない。平均土被り厚が約 1.2 m に対し，掘削径は約 1.8 m であり，全線が $1D$ 以下となる。一般的には $1D$ 以下ではアーチアクションは期待できないとされているが，地表面への影響を極力少なくするために，地山のゆるみ抑制効果と，多亀裂帯の岩塊に対する吊り下げ効果を期待して，天端にロックボルト（ $L=4\text{ m}$ ）を打設することとした。その他，1次覆工・2次覆工については大断面トンネルの施工実績を参考として以下のように設定した。

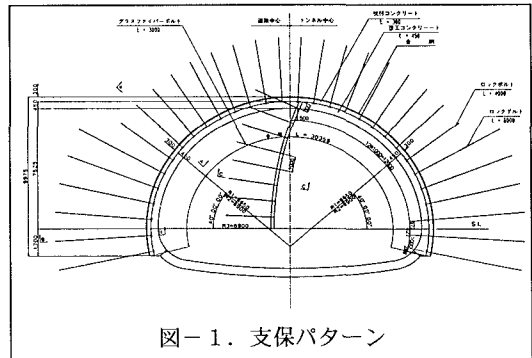


図-1. 支保パターン

吹付けコンクリート： 30 cm ，鋼製支保工： $H-250$ ，覆工コンクリート 45 cm （補強鉄筋あり）

3-5. FEM解析結果と計測結果との対比

	FEM解析	計測結果
解放率（※）	35%	27%
地表面変位	最大沈下量： 3.8 mm （許容値： 2.0 cm ）	$2\sim5\text{ mm}$
ロックボルト軸力	3.0 ton/本 （天端ロックボルト）	1.5 ton/本 （同左）

※トンネル中心を軸として回転させた軸対称モデルにて縦断面検討を行った結果，支保部材設置位置（切羽から 1 m 後方）での先行変位率が 34.5% となるため，平面ひずみ解析での解放率を 35% とした。

4. 総括

坑口部としての取り扱いの目安とされる土被り厚 $1D$ 前後の低土被りトンネルの場合，その支保構造をどのように決定すべきであるかは地質条件，地形・土地利用状況等により左右されるため，今後とも標準化することは難しいと思われる。地表面沈下を最小限に止めることができた今回の設計施工事例においては，ロックボルト軸力・坑内地中変位測定結果からも，天端ロックボルトが地表面の変位抑制に有効に働いたと考えられる。紙面の都合上，詳細な説明は当日の発表で触れることとしたい。