

国鉄 構造物設計事務所 正合員 ○ 河田博之
 “ 東京オ-工事局 “ 大内秀夫
 “ “ “ 池田重忠

1. まえがき

軟弱な沖積粘性土層中にトンネルを建設する場合には、施工時の様々な困難はもとより、完成後のトンネルの挙動や地盤に対する荷重の荷重が必要と見られる。ここに報告するのは、こうして軟弱土層中に築く鉄道シールドトンネルの設計のための予備調査として、ほぼ同様の地層中に建設したコンクリートブロック押し込め工法により建設したトンネルの挙動観測より、設計・施工の資料を得たとするものである。紙面の都合もあり、押し込めトンネルの貫通後の観測結果を中心に報告する。

2. 施工概要

このトンネルは、総延長約85mの箱形断面のトンネルであり、沖積層の粘性土が約20mの厚さを堆積する所のほぼ中間の築込で建設されている。た2坑はトンネルの両端とほぼ中間の合計3カ所である。(図1)

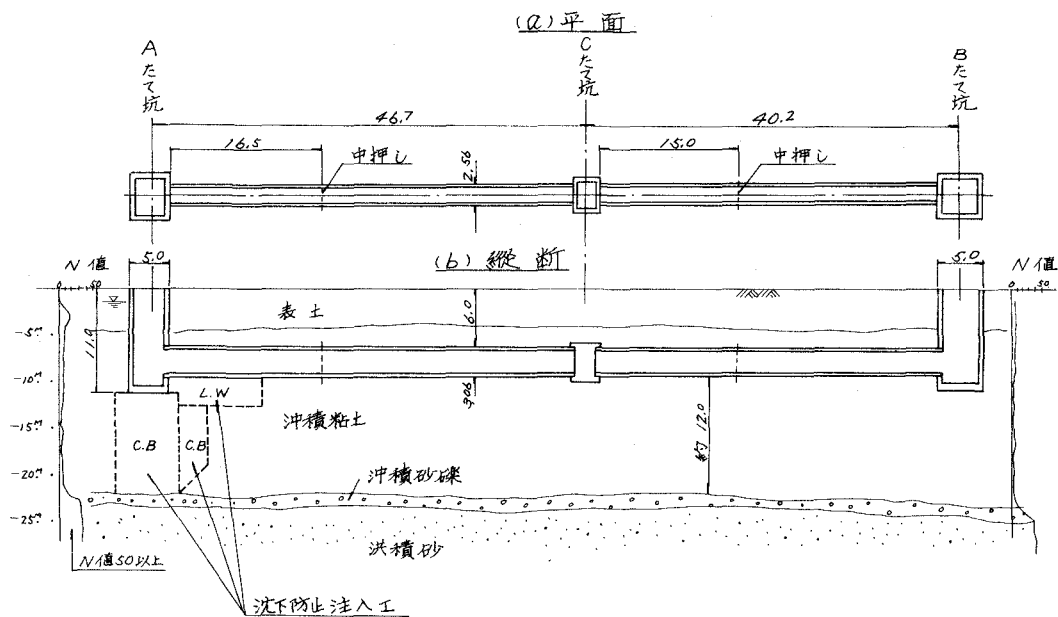


図-1 電力洞道全体図

トンネルはBた2坑からCた2坑へと、Cた2坑からAた2坑へとブロック押し込め工法により施工され、各ブロックはP.C鋼棒で繋結されている。(図2) このP.C鋼棒には1本あたり20tの張力が入れられてあり、したがってコンクリートには約9kg/cm²の圧縮力が導入されている。設計計算方法は摩擦床とのほりとして計算されている。なお、この洞道には新しい東海道地下線の電力ケーブル等が架設されるため、電力洞道と呼ばれる。

3. 挙動測定.

(1) 目的.

軟弱地層中に建設エサレプレハブ工のトンネルが、経年に伴いどんな挙動を示すか、その場合設計、施工上いかなる既設が必要かを知らんとを目的とし、測定の内容としては、結平にあるP.C鋼棒の歪、く棒コンクリートの歪、地表および洞道の鉛直変位、た2坑の傾斜等である。なお、た2坑とトンネル部のすき間沈下等によるトンネルの応力性状の相異を知るため、Aた2坑の坑底下に地中防止のための注入工が施工されている。(図1参照)。

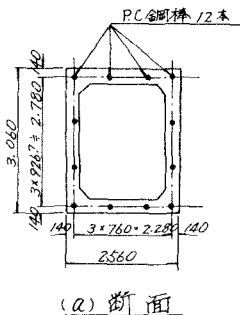
(2) 結果

ア. 鉛直変位.

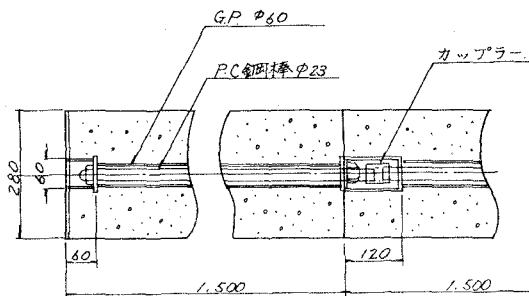
鉛直変位が折彎のベクトルとは、地表があらわぬ沈下(0~20 mm)の傾向を示しているのに対しトンネル自体はわずかな浮上り(0~7 mm)の傾向を示していることである。図3には、地表および洞道の鉛直変位をトンネル縦断方向に統一的に示した。

地表の変位(図3(a))をみると、A、B両た2坑付近でかなりの沈下が生じているが、トンネル部では0~5 mm程度の沈下であり、統一的にみても、この折彎は顕著でない。一方洞道の鉛直

変位については、洞道貫通後1ヵ月ぐらいはほとんど変化はないが、5ヵ月後にはほぼトンネル中央部で、7 mm程度の浮上りがみられ、12ヵ月後までた2坑付近を除いて5ヵ月後とほとんど変化がない。



(a) 断面



(b) 継手詳細

図-2 洞道ボックス図

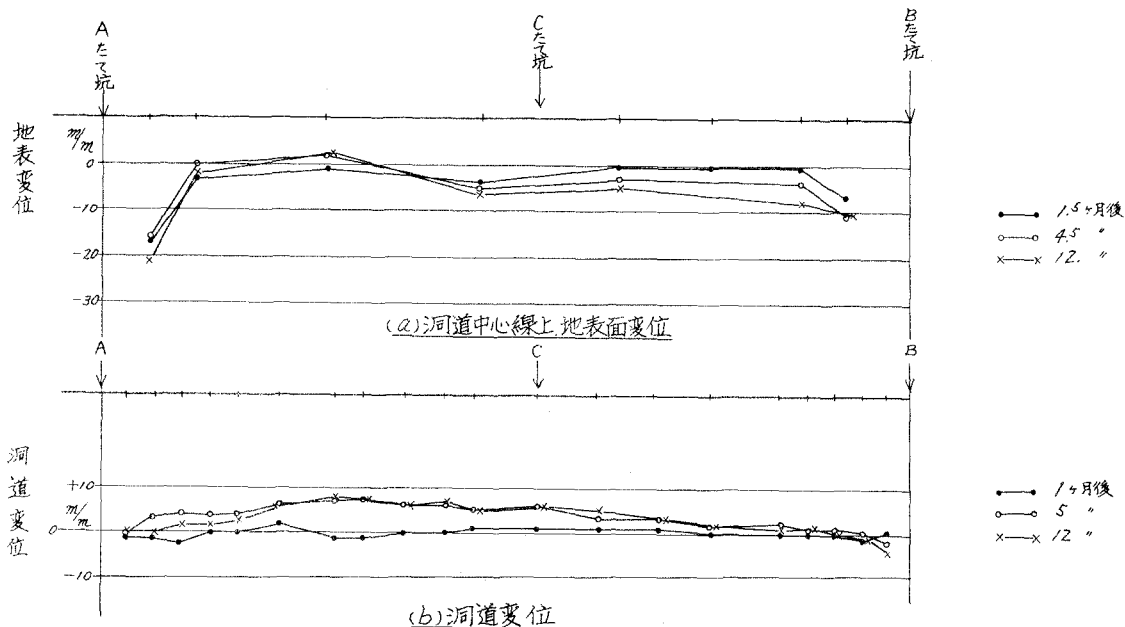


図-3 地表および洞道の鉛直変位 (洞道貫通時を原点とする)

1. 継手 (P、C 鋼棒) およびコンクリートの歪。

図4に示した歪度測定の結果からいくつかの特筆すべき点が見えてくる。この測定は図2に示した洞道継手P、C鋼棒の4つのコーナー継手の応力を測定し、上床スラブと下床スラブで平均した値をプロットしたものである。主な特徴を列挙すると次のとおりである。

- ・ 上床、下床とも応力の増大は、5ヵ月後まで引張り応力が増大し、この時点を境にして圧縮応力が増加している。なお、図を見やすくするために各経過年月の測定値がプロットされているが、10、11ヵ月後の測定結果はほぼ12ヵ月後の値に近く、応力的には一定の安定期に入っているものと解される。
- ・ 継手応力とコンクリート応力の相関は余りよくない。これはモース内へのグラウト、27°の傾斜、板の厚み、コンクリート断面の凹凸など、いろいろな要素が関係しているものと思われる。

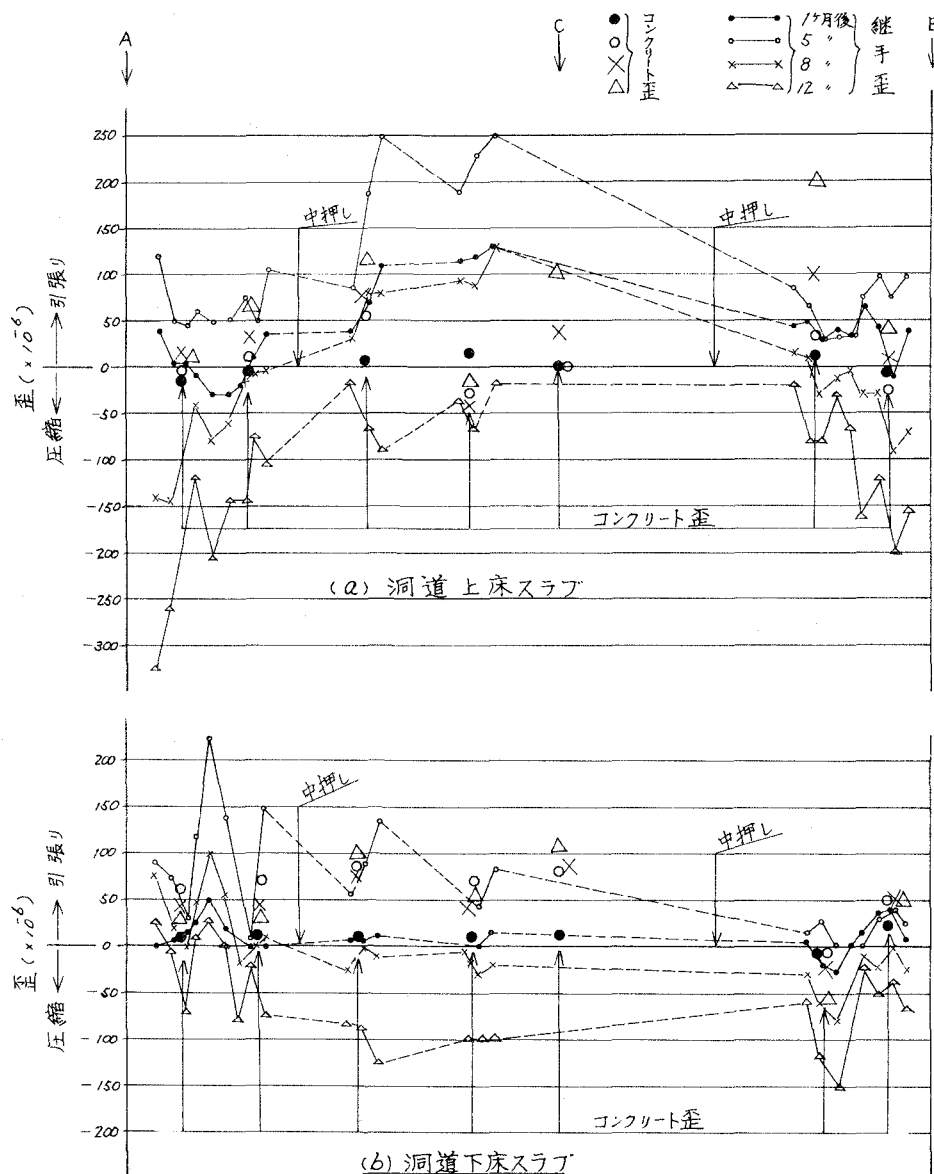


図-4 洞道継手およびコンクリートの歪度測定

- ・ 最大応力は上床スラッグの方が下床スラッグより大きい。また、上床と下床の同位置、同時刻の応力を見比べる
と、継手は十分に節点を發揮してあり、応力の流れは比較的正常しているものと解される。
- ・ たて坑周辺部の応力はかなり変化した。特にたて坑底下に地下防止注入を施工した A たて坑辺部の方が
B たて坑周辺のそれと比べて応力が大きく、かつその変化も大きい。

ウ. たて坑の傾斜

たて坑のうち A たて坑と B たて坑（両端たて坑）のトンネル軸方向および横断方向の傾斜角を測定した。なお
たて坑とトンネルは、間隔をとらせるように施工してある。例示して「たて坑」その結果を要約すると次の
とおりである。

- ・ トンネル軸方向には、たて坑底部がトンネル外方へ $2 \sim 5$ 程度傾いている。
- ・ トンネル横断方向には、A たて坑から B たて坑に向ける距離が右側に $1 \sim 2$ 程度傾いている。
- ・ 経時的には、5 ヶ月以後ほとんど変化はない。

(3) 考察

上記の結果を相互に関連付けて考えると次のような特徴が推察できる。

ア. トンネルの浮上りと継手応力について

トンネルはたて坑周辺部を除いて浮上りの傾向を示し、それに伴いトンネルは軸方向に負の曲げモーメン
トを受けている。また、この浮上りに伴い A、B の両たて坑はトンネル外方へ傾かまれている。したがって
、たて坑からは反力曲げモーメント（正の曲げモーメント）がトンネルに作用していると思われる。一方、
その経時変化については、トンネル自体の浮上りは約 5 ヶ月後に最大値に達しており、その後はほとんど変化
していないのに反し、トンネルの継手応力は徐々に圧縮応力が増大しており、その要因については後述で考察
したい。

イ. たて坑の沈下と継手応力について

A たて坑は地下防止の注入工が施工されているため、実測値でもほとんど沈下がない。これに対し、B たて
坑には特別の沈下防止工が施工されていないため、若干沈下している。この差とたて坑周辺の継手応力の傾向
を比べると A たて坑辺部の方が B たて坑周辺部より応力が大きい。このことは、将来 軟弱地盤トン
ネルを建設する場合の重要な設計上の示唆を与えているように思える。

ウ. トンネルに軸方向圧力が増加した点について

トンネル継手の P-C 鋼棒は、5 ヶ月後から 12 ヶ月後までにおよそ $200 \sim 400 \mu$ 程度の歪度の減少を
観察している。これを応力換算すると $420 \sim 840 \text{ kg/cm}^2$ となる。この原因については次の要素が考
えられる。

- P-C 鋼棒装着部のフリース……（端板、ねじなど）
- コンクリートブロックの防水工（スポンジ）のフリース
- たて坑外壁からトンネル方向に向う土水圧の増加
- 地表面のたて坑方向歪の残留

これらの各要素については、今後の観測を含めたデータの詳細な検討を要する。

4. まとめ

以上、今回は観測結果の現象面を中心に報告した。この中でも数点トンネルの設計への重大な示唆が得てあ
り、今後、データを詳細に解析して設計、施工法への反映をしたいと考えている。とくに、たて坑とトンネルの
支折条件、トンネルの浮上り対策、たて坑とトンネルの結合部の構造、地盤に及ぼす影響、など、軟弱地盤トン
ネルの設計については、モデル実験、理論解析、実トンネルの観測を通して十分究明してゆきたいと考える。