

施工10年後のセグメント応力測定結果
FIELD MEASUREMENTS CONCERNING THE STRESS OF THE SHIELD SEGMENT RINGS
IN OPERATION 10 YEARS AFTER CONSTRUCTION

新堀敏彦 * ・ 清水 満 **

Toshihiko NIIBORI ・ Mituru SHIMIZU

The second Ueno Tunnel extends for 1,245 meter with 19 meter overburden on the average, and its outer diameter is 12.66 meter. The tunnel was constructed by hand mining compressed air type method.

During construction, we measured the earth and water pressure around the tunnel and stress of the shield segment rings.

The instruments to measure these values are still remained, so we measured them again with the instruments 10 years after construction.

In this paper we explain results of the long term field measurements.

Keyword: large shield tunnel, long term field measurement, earth pressure,
water pressure, stress of reinforcing bar

1. まえがき

シールドトンネルは、これまでの施工実績の積み重ねにより大断面化に止まらず多円形断面トンネルにも適用性を広げつつある。しかし、覆工構造が複雑なことに加えて施工時に裏込め注入が行われることで、荷重的にも特殊な施工過程を有することから、トンネルの安全性および経済性の向上については荷重と構造の両面からの検討が必要となっている。この内、覆工構造については従来から理論解析および検証実験等による研究が進められて来ている。しかし、土中のトンネル挙動については現場計測による長期間の観測が必要となるものの、トンネルの使用目的により長期観測が困難な場合も多く、覆工構造ほどには研究が進んでいない状況にある。このような状況において、今回の測定は、すでに供用を開始しているトンネルを対象として実態の把握を目的とした荷重、応力の調査を行ったものである。

2. トンネルの概要

第2上野トンネルは、1981年2月に掘削が開始され1985年3月に供用が開始されている。施工には切羽解放型の圧気シールドを採用しており掘進した地盤は図-1に示す様に洪積層であり、トンネル上半は上部東

* 正会員 JR東日本東京工事事務所

** 正会員 (財)鉄道総合技術研究所

京礫層および同粘性土層、下半は下部東京砂層および同粘性土層となっている。

トンネル構造は図-2に示す円形の複線断面であり、セグメントはピース間がピン構造、リング間がピンおよびボゾ構造の平板型RCセグメントとなっている。1992年 2月現在で、1日に 200回の列車通過が行われている。なお、トンネルでの施工期間中に実施した計測内容の内、今回実施した測定は計測可能状態にある表-1に示すものを対象として行った。

表-1 測定内容

計 測 機 器		検 出 機 構
土圧計	12 点(2リング分)	差動トランス
水圧計	6 点(1リング分)	ひずみゲージ
鉄筋計	178 点(7リング分)	ひずみゲージ

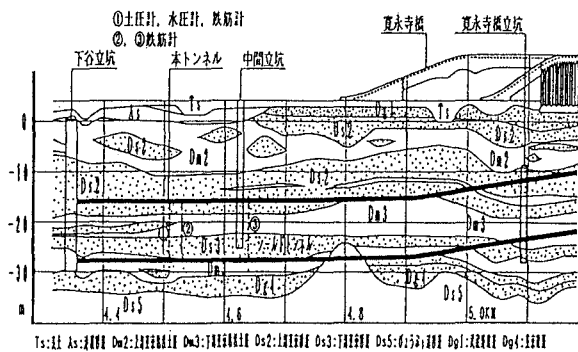


図-1 土質の概要

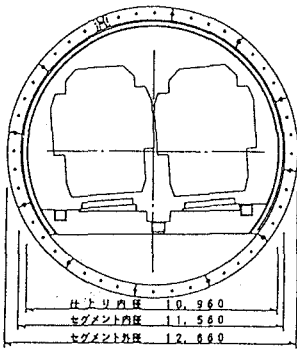


図-2 トンネル構造

3. 測定結果

本トンネルでは施工期間中の1981年12月から各種の計測を開始し1986年 3月に終了しており、今回は前回計測から1630日後、計測開始から3680日を経過した計測となる。

3・1 土 圧

計測開始から本年までの土圧計測値の変化を図-3に示す。施工期間中は断気前までの間に上昇傾向にあった土圧計測値は断気により一時低下したものの、二次覆工完了後はふたたび上昇しており、この傾向は今回に測定まで継続している。施工期間中の最終値から今回測定値までの上昇は平均で 3.8 tf/m^2 であり同期間中の間隙水圧は 2.1 tf/m^2 の増加であった。

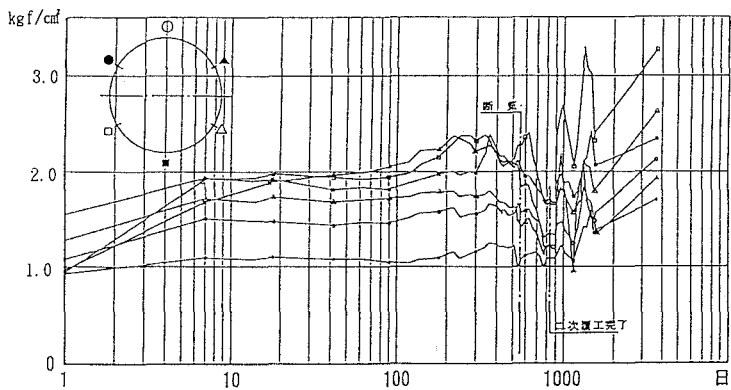


図-3 土圧変化

図-4には、土圧計測値の分布変化とトンネル設計荷重を併記した。2つの計測リングでは730日後で平均 4.5 tf/m^2 あった計測値の差は3680日後では 3.0 tf/m^2 にまで縮小され、均一化の傾向が見られる。上下・左右の計測値（2計測断面の平均値）は設計荷重の45%程度となっている。

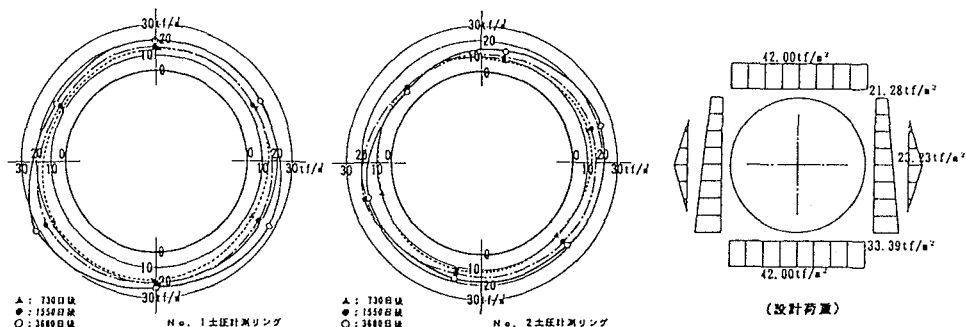


図-4 土圧分布

3・2 間隙水圧

間隙水圧計の経時変化を図-5に示す。間隙水圧の変動は、掘進期間中においてはほとんど見られないが断気直後から上昇をはじめ、二次覆工施工後はゆるやかに上昇を続けており、この上昇傾向は施工後10年を経ても継続しているようである。

施工期間中の最終値から今回測定値までの上昇は平均で 2.1 tf/m^2 であった。

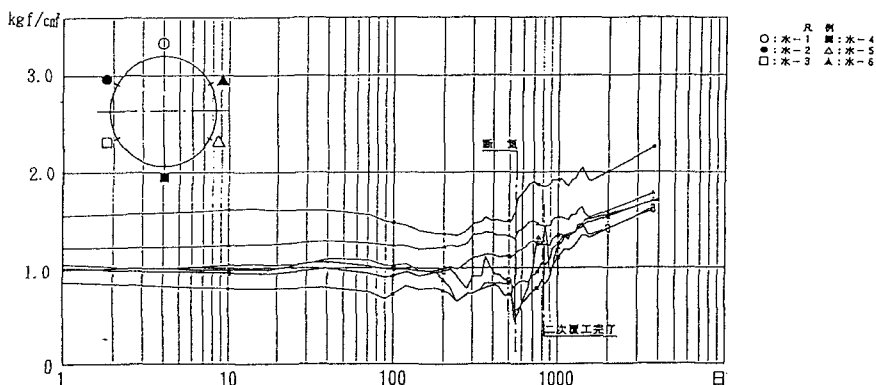


図-5 間隙水圧計経時変化

3・3 主鉄筋応力

図-5は鉄筋応力度から算定した曲げモーメントの分布である。1550日後（前回計測時）と今回計測との間の変化としては、分布の対称化傾向が見られる。これは、先に示した土圧計測結果に対応した変化と見ることができる。また、モーメントはほとんどの部分で正曲げが算出されており上下と水平の荷重強度に大きな差が無い状況を予想させるものとなっている。なお、計測値による最大曲げモーメントは、設計値の約50%である。

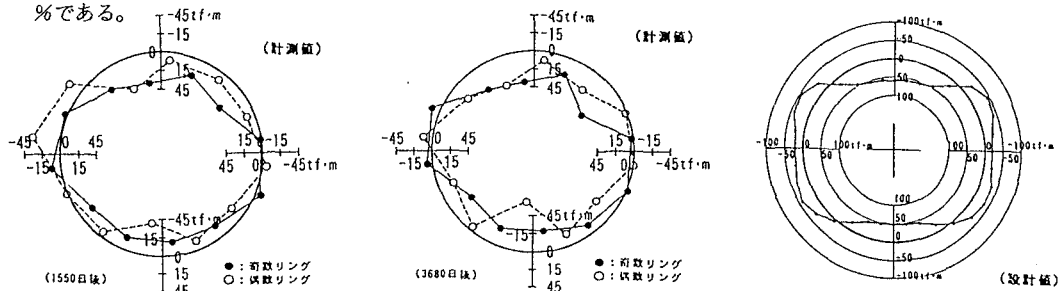


図-6 曲げモーメント

4. まとめ

測定の結果より、土圧計測値に注目してみる。土圧経時変化より前回計測の最終値から今回測定値までのトンネル上下方向の上昇は、平均で 3.8 tf/m^2 である。なお、この上昇分のうち 2.1 tf/m^2 については間隙水圧であった。この間隙水圧の上昇原因については地下水位の上昇が考えられる。この現象は東京都区内についてよくみられるもので、昭和30年代の地下水が揚水量増大のため水位が低下し、昭和46年から実施された東京都公害防止条例による揚水規制により現在では地下水位は上昇し、安定している。また、有効土圧の上昇については、トンネル施工時に実施した薬液注入の効果が、注入材の落脱等により減少してきているためと考えられる。

次に、土圧計による土圧分布図、鉄筋計による曲げモーメント図よりトンネル断面の応力を見ると、土圧が均一化し、モーメントが全圧縮傾向を示すことから、トンネルにかかる上下水平方向の荷重が等しくなっているようである。

これらの荷重計測結果と応力状態は、いずれも設計値の約半分となっており、トンネルクラウン部約5m上方の洪積粘性土層の存在の影響と考えられる。

以上のことより、10年を経た第2上野トンネルは全体として徐々に安定化する状態にあると考えられる。

5. むすび

今回、施工後10年を経過し供用が行われている鉄道用シールドトンネルを対象として、追跡調査となるセグメントの応力測定を実施し、トンネルとしては、安定化する状態にあると考えられた。

なお、同時に坑内状況調査もおこなった。漏水については、漏水と判断できる状態はなく、打ち継ぎ目付近のヘアークラックが浮き出る程度の漏水であった。クラック発生状態についても二次覆工完了時とくらべてほとんど変化はなく、進行も見られず健全な状態にあることが確認されている。

また、今回測定可能な計測器については、接続コードなどもしっかりしていて、計測器自体についても健全な状態にあることから、数年後に再度測定を行いトンネルの応力状態を調査していきたいと思う。

今回の測定結果は、非常に長期間の測定例の一つであり、今後のシールドトンネルの安全検討における長期の地山荷重および施工時荷重を考える上での資料として行きたい。

6. 参考文献

- 1) 増田, 清水 “シールドトンネルの現場諸計測結果(1)”, 構造物設計資料No.86
- 2) 飯田, 清水, 滝本 “第2上野トンネルにおける土圧および鉄筋応力度の測定結果”, 土木学会第40回年次学術講演会概要集, III-179. 1985.9