

軟弱地盤、大口径シールドにおけるセグメント、地盤変状に関する計測結果報告
(その2 拡幅セグメント計測結果)

ハザマ土木本部 正会員 粥川幸司

日本鉄道建設公団東京支社 正会員 倉川哲志 綿貫正明
間・鴻池・大本特定建設工事共同企業体 正会員 池上 徹

1. はじめに

常新、弘道T他工事では、セグメント拡幅による工事費の低減(継手数、組立工数の低減)を目的に、セグメント幅1.5mの採用を試みた。建設当時は1.5m拡幅セグメントの実績としては東京湾横断道路(桁高650mm)の実績はあったものの、本工事のように桁高400mmに縮小した例はなく、継手部に発生するせん断力のため、セグメント本体の曲げ応力度が端部で増加することが懸念された。そこで、3次元FEM解析の結果をセグメント設計に反映させるとともに、添接荷重を極力少なくすることがセグメント構造性能の向上につながると考え、等分割セグメント、高剛性継手、セグメント端部の配筋ピッチの縮小化、をセグメント製作に反映した。また、実物大のセグメントを使用して応力分布確認試験を行い、その安全性の確認を行っている¹⁾。

しかしながら、地盤中のセグメント挙動およびセグメント断面内の応力分布に関しては不明瞭な点が多く、実施工における拡幅セグメントの検証を目的として、セグメント計測を実施することとした。本報では、セグメントに作用している実地盤中の土水圧分布計測とともに、セグメント断面内の応力分布結果について報告するものである。

2. 計測概要

本工事で用いた拡幅セグメントを写真-1に示す。

セグメント計測は地盤変状計測箇所と同一地点の路線キロ程10k116.2m 付近 451(乙組)、452リング(甲組)で、トンネル土被りは19.3m(1.9D以下D:トンネル外径とする)である。計測は、所定の計測リングの組立直後(6月30日)より開始し、シールド掘進終了時点(9月20日)まで行った。

計器の配置状況を図-1、2に示す。セグメントへの土水圧計測では、パッド式土圧計、水圧計を用い、対称性を考慮して天端、右45°斜め上、スプリングライン、右45°斜め下、インバート部の合計5点で計測した(452リングのみ)。

断面内応力分布の計測では、最も正曲げモーメントが大きく



写真-1 拡幅セグメント
(幅 1500mm, 桁高 400mm)

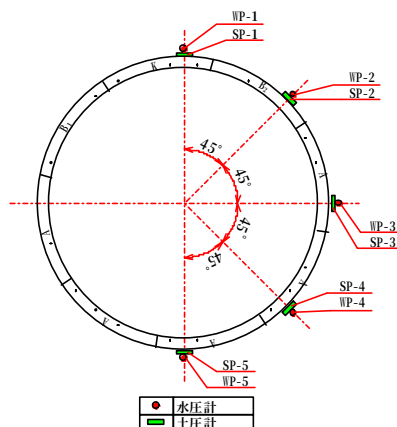


図-1 土水圧計配置(452リング 甲組)

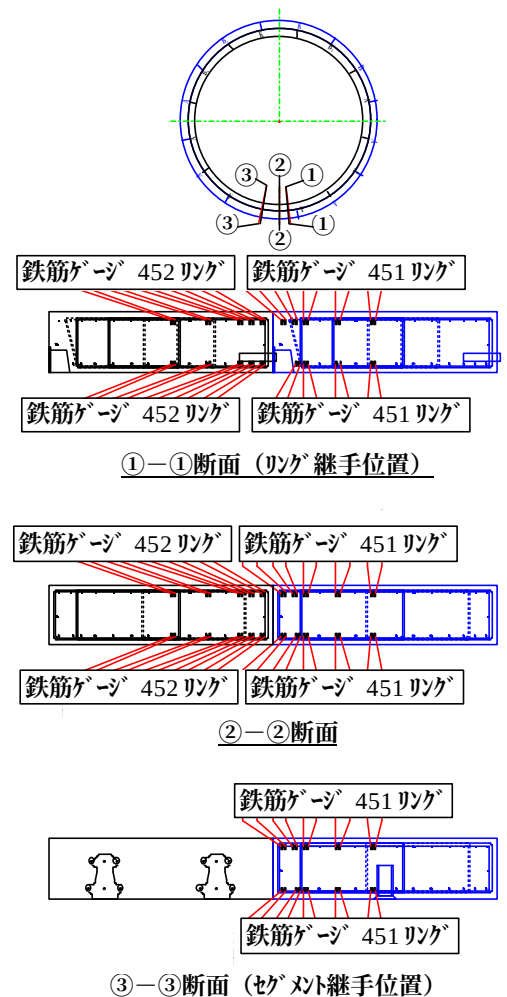


図-2 鉄筋ゲージ配置

軟弱地盤、泥水式シールド、拡幅セグメント、現場計測、応力集中

日本鉄道建設公団 東京支社 足立鉄道建設所 (東京都足立区西綾瀬 2-12-10 TEL 03-3880-9151)

なると思われるインバート部において、451、452 リングの継手面を中心にセグメント主筋のひずみを計測している。

3. 土水圧計測結果

図-3にセグメント組立後の土水圧計測結果を示す。シールドテール通過時に一時的に約 $6.5 \times 10^2 \text{ kPa}$ の土水圧が計測されているが、これは施工データでのシールドテールグリリス圧とほぼ等しく、この影響であると判断された。その後 454、455 リングで裏込め注入の影響があるものの（注入圧実績約 $4.0 \times 10^2 \text{ kPa}$ ）、 $2 \sim 3.0 \times 10^2 \text{ kPa}$ 前後の一定値に収束した。一方、水圧については概ね $1.5 \sim 2.5 \times 10^2 \text{ kPa}$ 程度であり、ほぼ地下水圧と等しく、セグメントに作用する有効土圧はほとんど計測されない結果となった。なお、最終的な土水圧は設計荷重（ $4.0 \sim 4.4 \times 10^2 \text{ kPa}$ ）の半分程度であった。

4. セグメント断面内応力分布

計測された鉄筋応力度は、シールド掘進時のジャッキ推力の影響を受けた後、土水圧計測結果と同様に 2 リング掘進程度は応力度の変動はあるものの、その後はほぼ一定値に落ち着いた。また長期的には応力度が増加する傾向は認められなかった。最終的な発生応力度は外面側約 80 N/mm^2 、内面側約 55 N/mm^2 でいずれも圧縮応力度であり、ジャッキ推力の影響が残留し、軸圧縮が卓越した状況であったが、許容応力度（ 200 N/mm^2 ）の半分以下であった。

本セグメントの課題であった軸方向継手でのセグメント断面内応力集中度 β の結果を図-4に示す。ここで応力集中度 β とは、セグメント断面を、幅方向に主筋 1 本当たりの負担する幅に要素分割し、各要素の発生曲げモーメントをセグメント断面全体の発生曲げモーメント（平均曲げモーメント）で除した値で表される¹⁾。すなわち、 β が 1 に近ければ、断面内の応力分布はほぼ一定となる。図-4では β が 0.1~1.8 と、ばらつきが大きい結果となっている。しかしながら、セグメントに作用している土水圧荷重が設計の半分程度と小さいため、①~③の各セグメント断面の発生平均曲げモーメントは許容抵抗モーメントの 19~42%程度となっている。また、ジャッキ推力の施工時荷重が残留し、軸圧縮が卓越するといった今回の施工条件を考慮すると、セグメントに対して継手での応力集中を適切に評価できる応力度レベルには至っていないものと判断された。

5. おわりに

今回の拡幅セグメントに対しては、事前に解析、試験によりセグメント構造の安全性を確認した。また、実施工に際し、セグメントの安全性、挙動を把握する目的で現場計測を行った。その結果、セグメント幅方向の応力分布、並びに端部での応力集中の評価に関し、設計、試験で想定された挙動は特には認められず、さらにセグメントの応力度は許容値以下であることから、構造としての安全性は確保されているものと判断された。

参考文献

1) 鈴木、山崎、町田：常磐新線の工事費縮減に向けて、トンネルと地下、pp.41~45、1998.6

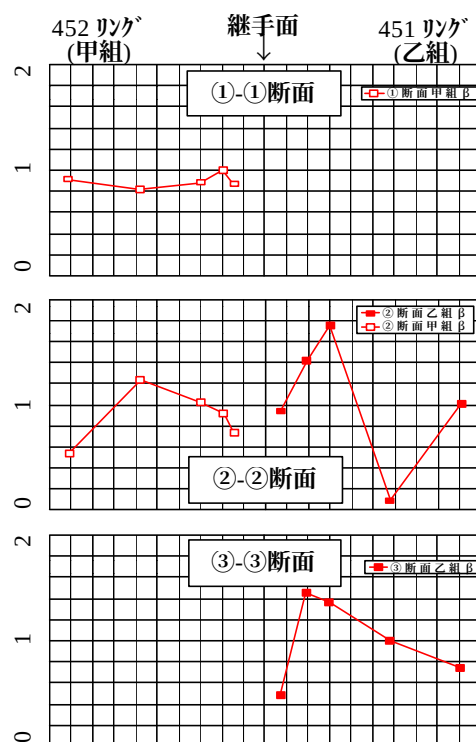
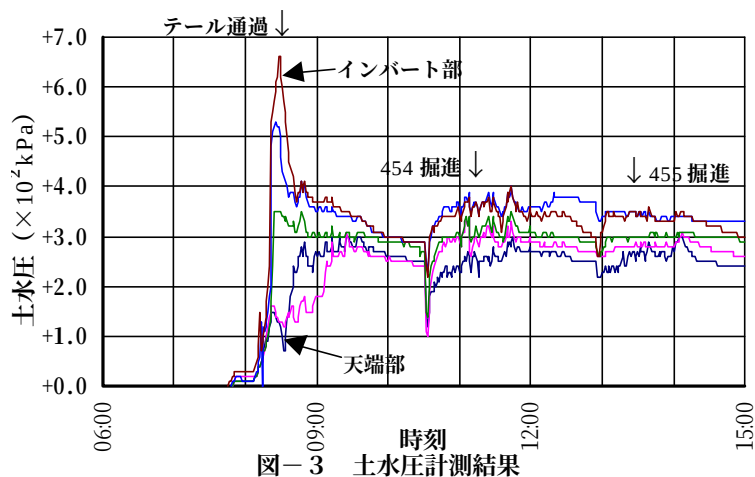


図-4 セグメント幅方向の
応力集中度 β の分布