

大断面シールド大規模開口設置時における計測結果

大成建設(株)本社土木設計部 正会員 ○朝原 大貴
大成建設(株)本社土木設計部 正会員 川島 広志
大成建設(株)本社土木設計部 正会員 西谷 直樹

1. はじめに

近年首都圏の環状道路の整備に伴い、大断面、大深度、高水圧下のシールドトンネルの需要が増加している。道路トンネルの場合、避難通路を設ける必要があり、一例として地中内で隣接トンネルと接続し避難通路（Uターン路、横連絡坑）を構築する場合がある。この場合、大断面、高水圧下という厳しい条件下で大規模な開口を設けるため、設置する開口補強部材は高耐力な部材が必要となる。

シールドトンネルの開口部の構造解析手法は表1に示すモデル化が提案されており、その中でも2次元骨組モデルにて設計する手法が広く用いられているのが現状である。本手法は、小口径のトンネルを対象とした検討手法^{*1}であり、隣接リングによる影響を考慮できない手法である。しかし、大口径のトンネルに大規模な開口を設置する場合は、シールドトンネル全体に3次元的な挙動が生じるため、3次元骨組モデルによる解析手法が適している。

そこで、大断面道路トンネルにおける3次元骨組モデルを用いた新しい設計手法の確立を行うため、大断面道路トンネル開口設置時の計測を行った。本稿では、現地での計測結果について報告する。

2. 計測計画

(1) 計測目的、設置位置

計測の目的は以下の2点である。

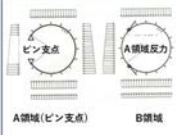
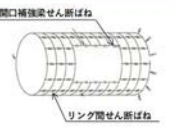
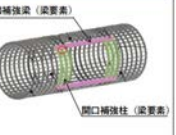
① 開口補強梁の面内・面外方向の挙動の把握

大断面、高水圧下の道路トンネルにおいて大規模な開口を設置する場合、高耐力な開口補強梁が必要となり梁性が高くなる。その場合、ウェブに作用する外荷重により面外挙動が生じる可能性があるため、開口補強梁の面内・面外挙動が把握できる位置にひずみ計を設置した。

② 開口部隣接リングへの荷重分散の把握

欠損部セグメント本体に生じた軸力は、開口補強梁を介して開口補強柱へ伝達する設計思想であるが、

表1 開口部の構造解析手法

	①2次元骨組モデル	②擬似3次元モデル	③3次元骨組モデル
概要			
モデル化	・剛性一様の2次元梁 ・補強梁をピン支点やバネ支点	・セグメントを2次元梁、継手をばね ・補強梁をせん断ばね	・セグメントを3次元梁 ・補強梁を軸方向の3次元梁
特徴	・実績が非常に多い。 ・リングそれぞれを独立で計算するため、相互作用を考慮出来ない。 ・開口設置時の変形量を評価出来ない。	・実績が多い。 ・リング継手添接効果を考慮できる。 ・梁部材を軸方向要素でモデル化出来ない。 ⇒モデル化に想定が必要	・3次元挙動を評価可能 ・軸方向に梁としてモデルすることで、セグメントの軸方向剛性も評価可能 ⇒直接的に評価可能

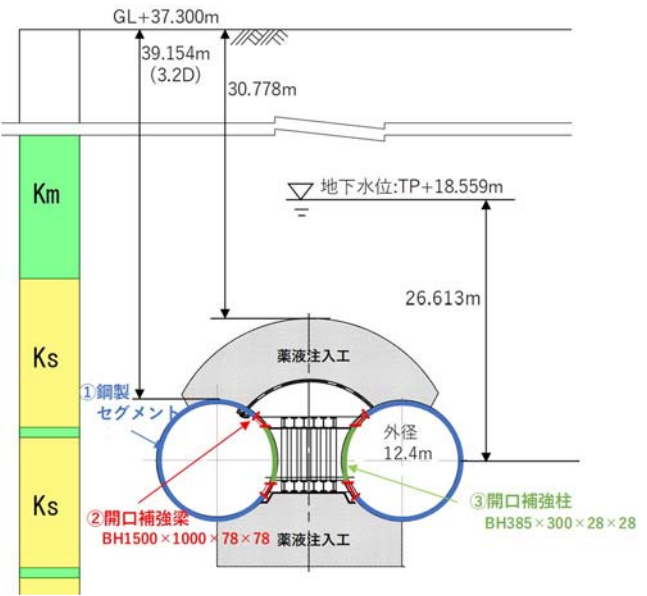


図1 計測対象構造物(通過土層砂層 N 値 50 以上)
実際はリング継手を介して開口部周辺リングへ応力分散する可能性がある。そのため、欠損部セグメント本体から開口補強柱への応力伝達機構を把握するためにひずみ計を設置した。

(2) 対象構造物

対象構造物は、大断面、大深度、高水圧下という条件を満たすトンネル外径 12m クラスの大断面道路トンネルであり、土被り約 39m (3.2D)、作用水圧 0.27Mpa のシールドトンネルである。(図1) 開口寸法は開口高さ 5.0m×開口幅 8.6m (開口率 40%) である。開口補強構造は、トンネル縦断方向にセグメントを支持する開口補強梁 (BH-1500×1000×78×78)、開口補強

キーワード シールドトンネル、地中切広げ、大規模開口、開口補強部材

連絡先 〒163-0606 東京都新宿区西新宿 1-25-1 大成建設株式会社土木本部土木設計部 TEL 03-5381-5417

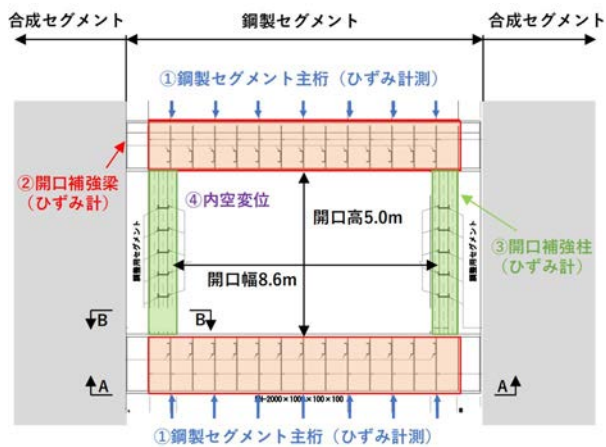


図2 開口正面図（ひずみ計設置位置）

梁を支持する開口補強柱（BH-385×303×28×28）から構成される。（図2）

(3) 計測期間

計測期間は、内部支保工撤去前後の期間とした。セグメント切開き時には、セグメントの変形を防止するための内部支保工により荷重を受けていることから、内部支保工撤去時に開口部周辺へ応力が流れるためである。（図3）

3. 計測結果

(1) 開口補強梁計測結果

開口補強梁の面内・面外に設置したひずみ計より、曲げモーメントを算出した結果を図4に示す。図4より、開口補強梁は強軸方向（面内）で最大曲げモーメント約2,000kN・m、弱軸方向（面外）で約200kN・m生じていた。開口補強梁の梁性の大小に応じて、ウェブに作用する土水圧により、面外方向の挙動が生じていることが確認できた。

(2) セグメント本体、開口補強柱計測結果

鋼製セグメントの主桁と開口補強柱に設置したひずみ計より軸力を算出し、荷重伝達経路を整理した結果を図5に示す。セグメントに発生した軸力は、開口補強柱に伝達するまでに40%減少していることが確認できた。また、鋼製セグメント主桁に生じた軸力分布は開口中央部で大きく、開口端部に近づくほど小さくなる傾向であった。

以上より、リング継手を介し、高剛性である隣接リング（合成セグメント）へ応力分散したと考えられる。開口部周辺部材も考慮したモデル化を行うことで、開口補強部材の合理化を図れる可能性があることがわかった。

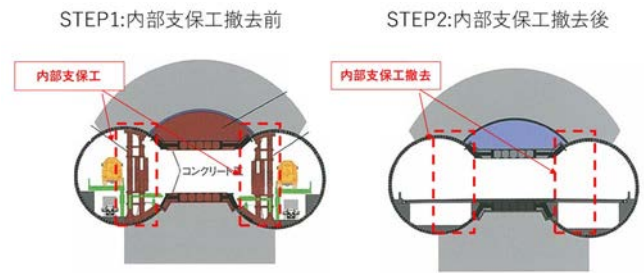


図3 計測対象ステップ

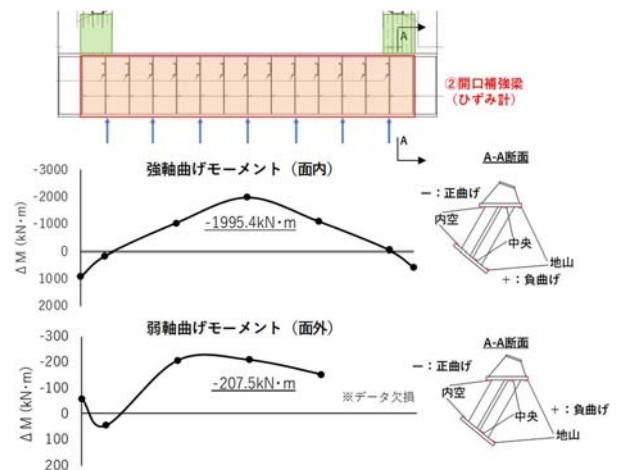


図4 開口補強梁計測結果（下部補強梁）

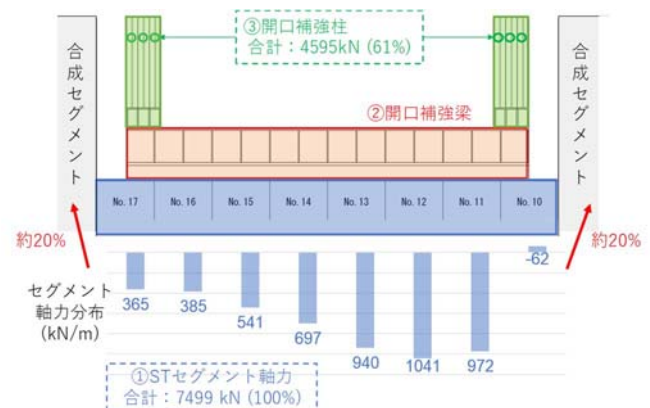


図5 荷重伝達機構について

4. 結論または今後の展望

今回の計測で以下の2点が得られた。

- ・梁性が高い開口補強梁の場合、面内・面外方向の挙動を設計に考慮する必要がある。
- ・大断面道路トンネルにおける開口部検討モデルは、隣接リングへの応力分散を考慮できるモデルを用いることで、開口補強部材を合理化できる可能性がある。

今後、計測で得た知見を活かし、大断面道路トンネル開口部への設計手法を確立していく所存であるが、同様な施工条件下における他工事での計測を実施し、データの蓄積を行っていく。

参考文献

1. 下水道仮設設計マニュアル東京都下水道局建設部 H14.9