

矩形覆工のシェル要素を用いた3次元FEMモデルによる解析結果について

京都市交通局

久保田 敏和

鹿島・奥村・大豊・吉村・岡野 JV

正会員

溝田 正志

鹿島建設（株）土木設計本部

正会員

○佐々木 貴史

同上

正会員

滝本 邦彦

赤坂 直人

1. はじめに

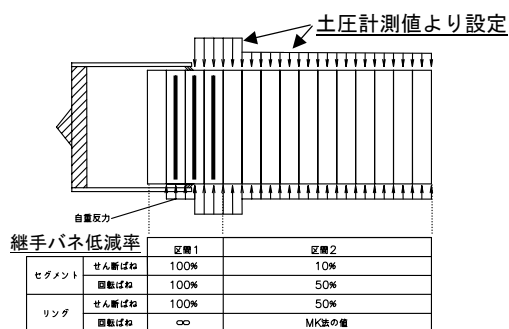
京都市高速鉄道東西線（六地藏北工区）は、世界初の複線大断面矩形シールドトンネルであり、中柱のない渡り線部（一層一径間）から中柱のある一般部（一層二径間）にかけて構造の異なる覆工が連続する。また、渡り線部では裏込め注入圧等の施工時荷重に対して形状保持装置を使用するという特徴を有している。

本報文は、渡り線部における形状保持装置使用時及び渡り線部から一般部への移行区間である接続部について、覆工挙動を把握するために実施した逆解析の結果を紹介するものである。解析モデルは構造系の変化をトレースするために、セグメントの軸方向傾斜、リング間の回転、セグメント間のずれを考慮できるシェル要素を用いた3次元FEMモデル（3次元シェルばねモデル）を採用した。

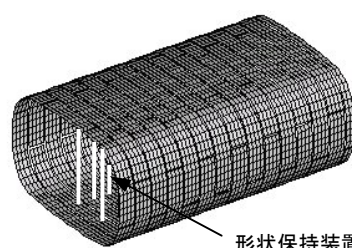
2. 形状保持装置使用時の検討

渡り線部において、施工時の覆工挙動を把握するため、形状保持装置使用部分とその隣接部分（マシン内～15リング目）を対象に逆解析を実施した。解析条件については、「形状保持装置が外れた時点で構造系が変化して継手が緩み、覆工も変形することで外荷重が変動する」と想定し、継手ばね定数（実験値の低減率）及び土圧計の計測値を基にモデルに載荷する外荷重を図－1に示すように設定した。解析の結果、

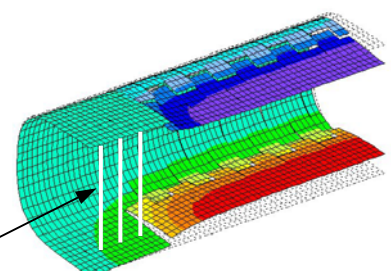
- (1) 断面方向の変形は図－4に示すように、上下部のセグメントが内側にずれるという実現象とよく一致する結果が得られた。セグメント間のずれ量は計測値よりも小さい値となった。
- (2) 軸方向の変形量は図－5に示すように、12mmと計測値に対して小さいが、形状保持装置を外した直後にリング間にずれが生じ、その後2～3リングで変形が落ち着き、変形モードとしてはよく一致した。
- (3) 応力度については図－6に示すように、内空側、地山側とも計測値とかなり近い傾向を示している。



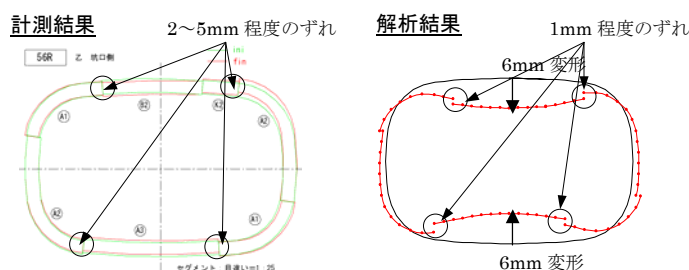
図－1 解析条件



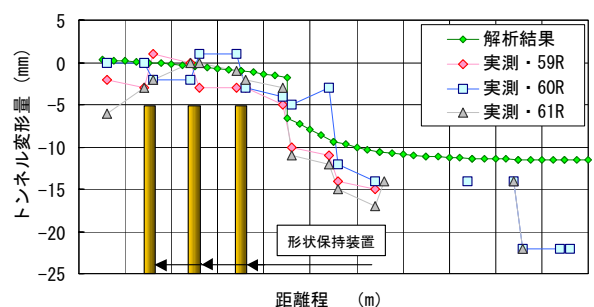
図－2 解析モデル



図－3 変形図



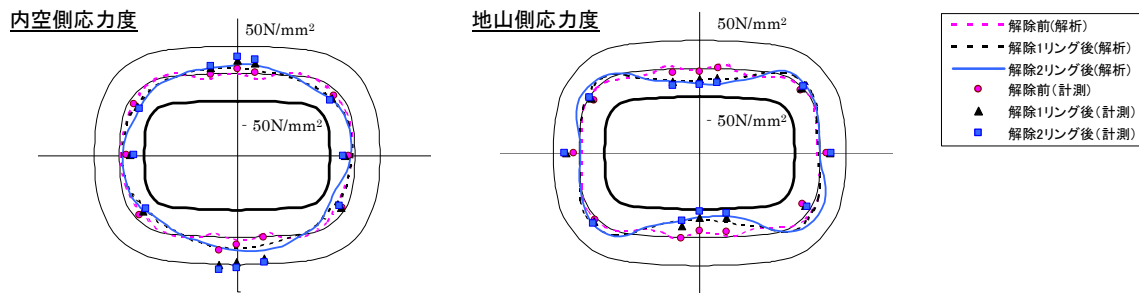
図－4 断面方向変形図



図－5 軸方向変形分布図

キーワード シールドトンネル，セグメント，矩形断面，逆解析，形状保持装置，接続部

連絡先 〒107-8502 東京都港区赤坂 6-5-30 鹿島建設（株）土木設計本部 プロジェクト設計部 TEL 03-5561-2187

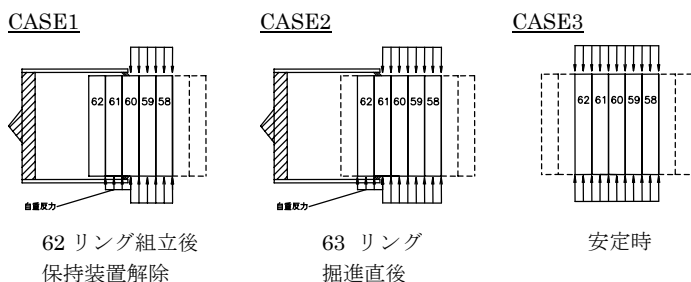


図－6 円周方向応力度分布図

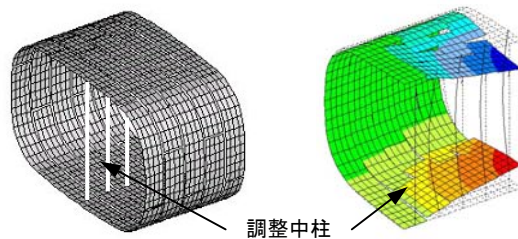
3. 接続部の検討

渡り線部から一般部に移行する接続部（58～62 リング）において、構造の変化により生じる内空変位の差を徐々に擦り付けるために設置した調整中柱を再評価するために逆解析を実施した。解析条件については、基本的に前項と同じ考え方で設定し、「中柱軸力」と「内空変形量＝中柱調整量」とを合わせることを目的に、施工ステップを考慮して、図－7に示す3ケースについて解析を行った。解析の結果、

- (1) 中柱の調整量と解析で得られたつぶれ量は図－10 に示すようによく一致しており、図－11 に示す中柱軸力も渡り線部側から一般部側にかけて徐々に増加し、解析値と計測値は似通った傾向を示している。
- (2) 当初設計値に対して、中柱軸力は約7割、リング継手せん断力も約7割程度と小さい値となっている。解析値、計測値とも当初設計値を下回っており、構造の安全性が確認された。

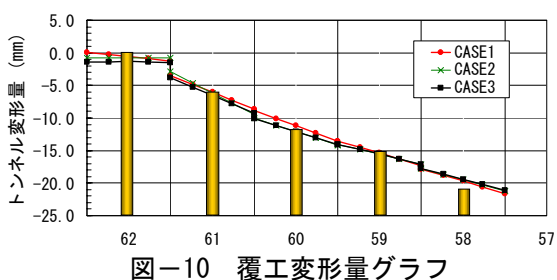


図－7 解析ケース

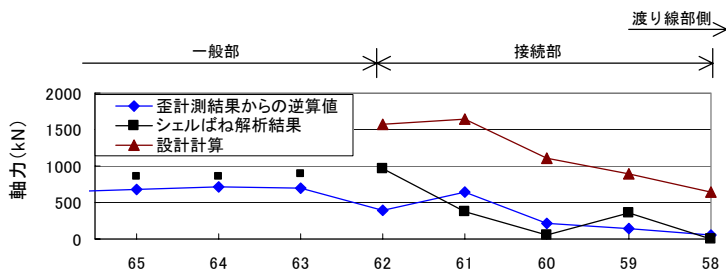


図－8 解析モデル

図－9 変形図



図－10 覆工変形量グラフ



図－11 調整中柱軸力比較グラフ

4. まとめ

今回紹介した解析手法により構造系の変化を有する構造の挙動を明らかにし、解析手法の妥当性、及び構造の安全性を確認することができた。ただし、今回は逆解析ということで計測値との比較を主に行ったことから解析条件として多くの仮定を設けており、実際の設計に展開する場合には条件の再設定が必要となる。特に荷重条件については構造系の変化による土圧の変化をいかに評価するかが重要な要素となる。今後の課題として、今回のような矩形断面では上下部のセグメントがセグメント間で内空側にずれる現象に対する評価方法の確立、梁ばねモデルによるより簡易な解析手法の確立が挙げられる。

本研究は、京都市交通局建設技術委員会、同矩形シールド検討ワーキングのご指導を受けながら京都市、鹿島・奥村・大豊・吉村・岡野 J V、鹿島土木設計本部、中央復建コンサルタント、住友金属工業、クボタで実施したものである。

参考文献

岡山三郎他：矩形セグメントの挙動について；土木学会第58回年次学術講演会，2003年9月