

Ⅲ - B188

洪積地盤中のシールド掘進に伴うセグメントの挙動（その2）

挙動解析の概要と結果

東京電力（株）正会員 ○大塚正博 伊藤浩史 竹澤昌久

1. はじめに

曲線部のシールド掘進においてトンネル軸方向のクラックが、トンネルスプリング付近に比較的多く発生した。その発生メカニズムを解明するため、RCセグメントのコンクリート歪みの挙動計測を行った。その結果、シールドジャッキの偏心荷重作用時にセグメント内面に引張歪みが発生し、クラックが生じることを確認した。このクラック発生モードを数値解析により検証した。

2. 解析方法

セグメントに生じるクラックの発生メカニズムの検証は、「3次元シェルバネモデル」により行った。これは、セグメントの構造計算手法である「はりバネモデル」におけるセグメントのモデル化をはりからシェルに置き換えたものである。

2-1. 計算モデル

計算モデルは、セグメントの挙動計測を実施した右曲線部（R=150m）の1,774～1,776Rについて、「シールドジャッキのストローク差による偏圧」、「セグメントのテーパ形状」、「セグメントの千鳥組による添接効果」、「テールブラシの位置」を考慮してモデル設定を行った。また、セグメントリングモデルの構造条件についてはセグメント本体はシェル要素、セグメント継手は回転ばね要素、リング間継手はせん断ばね要素としてモデル化を行った。リング継手面の接面状態のモデル化については圧縮方向に ∞ 、引張方向に0のばね要素とした。なお、全体モデル図を図.1、セグメントリングモデルの要素分割図を図.2、セグメントのテーパ形状を図.3、テールブラシの位置を図.4に示す。

2-2. 解析条件

セグメントの境界条件については、トンネル縦断方向はシールドマシンのテールブラシ部と裏込め注入部をばね要素としてモデル化を行った。坑口側端部はリング継手の節点と固定端とをせん断ばね要素で結び、その他の節点はトンネル軸方向を固定とし、横断方向を自由な支点条件とした。なお、テールブラシ部のばね定数は裏込め材が付着硬化しているものと想定し、裏込め注入の最終強度、裏込め注入部のばね定数は挙動計測時の材令強度に相当する値とした（テールブラシ部：E50=400Kgf/cm²、裏込め注入部：E50=30Kgf/cm²）。

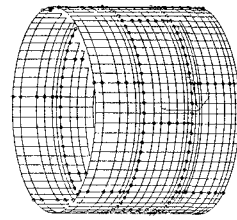


図.1 全体モデル図

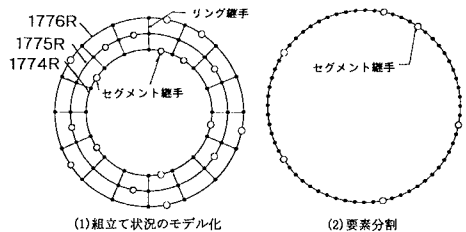


図.2 セグメントリングモデルの要素分割図

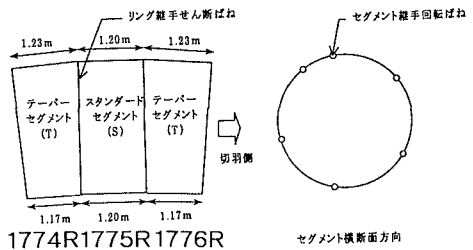


図.3 セグメントのテーパ形状

（キーワード）泥水式シールド，セグメント，シェルバネモデル解析

（連絡先）〒143-0011 大田区大森本町2-21-2 東京電力（株）地中送変電建設所大森工事事務所
TEL(NTT)03-5471-9356, (TTNet)03-4531-5231, FAX(NTT)03-5471-9357, (TTNet)03-4531-5261

また、荷重条件としては 1,777R 掘進時のシールドジャッキ推力（使用時の推力：66tf/本、未使用時の推力：13tf/本）をジャッキストロークの差分（20mm）の偏心角度方向に作用させた。

3. 解析結果

トンネル円周方向に発生する応力のコンターを 図. 5 に示す。これより、引張応力が発生した箇所を以下のように分類しその発生要因を推定した。

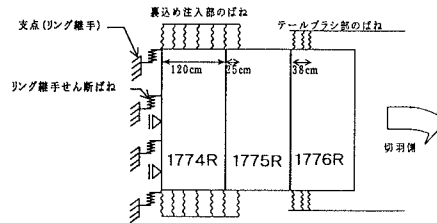


図. 4 テールブッシュ位置図

① トンネル右側で1,776Rのセグメント継手に接する1,775Rの天端および下端

ジャッキ推力は、セグメントにテーパ角があることよりセグメント全体を曲線の外側に押し出すように作用し、1,776Rは曲線の外側に変位する。この変位により、1,776Rの天端および下端のセグメント継手に目開きが生じようとする。この変形挙動に伴う添接効果により、1,775Rの天端および下端で1,776Rのセグメント継手に接する箇所に引張応力が発生したものと想定される。

② トンネル左側で1,776Rのセグメント継手から離れた切羽側端部

1,776Rの切羽側端面は、テーパ角ならびにジャッキ推力により地山側に押し出される外力を受け径を拡げようとする。この径の拡大作用はトンネル円周方向の引張歪みを生じさせようとするが、セグメント継手部近傍は継手の目開きが生じるためセグメント継手より離れた箇所に引張応力が発生したものと想定される。

③ トンネル左側で1,776Rのセグメント継手に接する1,775Rの切羽側端部

1,776Rのセグメント継手に目開きが生じようとするに伴う添接効果により、1,775Rにおける1,776Rのセグメント継手に接する箇所に引張応力が発生したものと想定される。

④ トンネル左側で1,774Rのスプリング付近の切羽側端部

セグメントのテーパ角により1,775Rから1,774Rに伝達されるジャッキ推力は、トンネル軸方向力のほか横断面方向に分力が生じる。この横断面方向の分力により1,775Rのセグメント継手付近と接する位置の1,774Rに引張応力が発生したものと想定される。

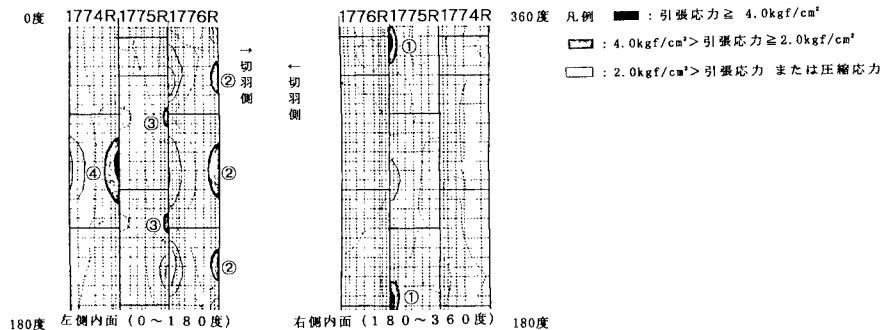


図. 5 円周方向の発生応力コンター図

4. まとめ

曲線部におけるジャッキ推力の偏心ならびにテーパセグメントの影響によりセグメント内面に引張応力が発生することを数値解析により検証を行い、トンネルスプリング付近に多く発生しているクラックとほぼ同様の位置に引張応力が発生することを確認した。

しかし、実際に発生した引張応力度の値は最大で7Kgf/cm²程度でありセグメントのコンクリート引張強度に比較して十分に小さい値であるため、上記の発生要因のほかにセグメントの組立精度の影響、組立時の局所的な突き合わせ等のさまざまな要因が作用しているものと考えられる。