

III-9 拡幅にともなう応力度に関する研究

東京ガス（株） 岩崎 淳
早稲田大学 井口 均・小泉 淳
村上博智

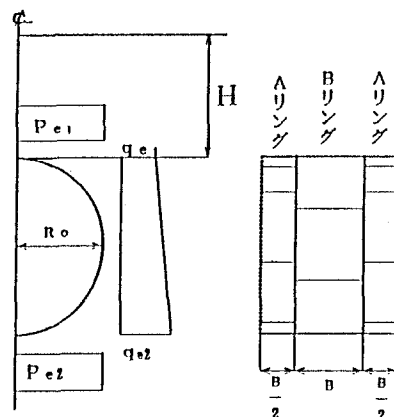
1 はじめに

近年、シールドトンネルの施工効率の向上と防水上弱点となりやすい継目延長を少なくする観点から、従来一般的には90～100cmであったセグメント幅を営団地下鉄では110～120cm、東京湾横断道路では150cmにと漸次拡幅する傾向にある。セグメントリングを千鳥組にした場合、その添接効果に応じてリング継ぎボルトにはせん断力が発生するが、セグメント幅を拡幅していくと、このせん断力によって付加されるセグメント本体の曲げ応力度の増分が無視できないのではないかと考えられる。

本報告は、千鳥組されたセグメントリングのリング継ぎボルトにかかるせん断力がセグメントの曲げ応力度に及ぼす影響をセグメント幅の拡幅を念頭におき検討を加えたものである。

2 解析条件

研究の対象としたトンネルは、コンクリート平板形セグメントを用い、図1に示すような2リング1サイクルの千鳥組としたトンネルである。解析は、トンネル周辺地盤が良好な場合、軟弱な場合およびその中間的な場合の3種類について行った。なお、鉛直荷重は、良好な地盤ではゆるみ土圧を、その他の場合には全土被り土圧を採用している。また、各地盤ともセグメント厚さ($h=40\text{cm}$)を一定にとり、セグメント幅を100cm～150cmまで10cmごとに拡幅した場合の解析を行った。



$$R_o = 4.9 \text{ m} \quad H = 19.6 \text{ m}$$

図1 トンネルのモデル

3 解析方法

まず、図1に示すトンネルのリング継ぎボルトのせん断力を、村上一小泉法を用いて計算する。次に、このせん断力によって生ずる曲げ応力度の増分を図2に示すような3次元アイソパラメトリック円筒シェル要素モデルを用いた有限要素法で計算する。最後に、従来の設計法により算出される曲げ応力度にこの増分を加え、セグメント幅方向の曲げ応力度の分布を求める。なお、これらの計算はすべて弾性範囲内の線形計算によったことを付記する。

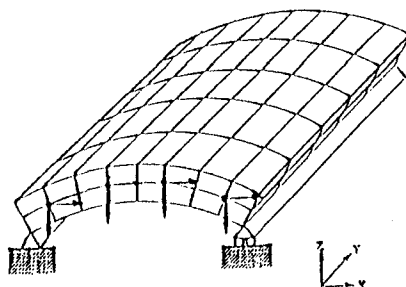


図2 セグメントの単体モデル

図3は、軟弱地盤の場合のセグメント幅120cmのセグメントに生ずる曲げ応力度の増分の幅方向分布を示した図である。また、図4は、軟弱地盤の場合のセグメントに生ずる曲げ応力度の増分の幅方向分布を各ケースごとに比較した結果を示したものである。曲げ応力度の増分はセグメント幅方向に一樣とはならず、セグメント両端で最大値をとり、中央部に近づくにつれて徐々に減少し、中央部ではほとんど一樣な値となっている。この傾向は、地盤およびセグメント幅の拡幅などの条件が変化しても同様となった。また、セグメント幅の拡幅にともない応力度増分の最大値も増加する。

図5は、セグメントに生ずる曲げ応力度の増分平均値に対する増分の最大値の比（増分比）を示す。増分比は、セグメント幅が増加するに従いほぼ直線的に増加する。表-1は、セグメント本体に発生する曲げモーメントと軸力から算出したコンクリートの圧縮応力度 σ_c' と本解析によって求めた応力度増分の最大値 $\delta\sigma_c'$ とを比較したものである。 $\delta\sigma_c'/\sigma_c'$ の比は、セグメント幅とともに増加し、最大で45.5%となる。また、応力度増分と圧縮応力度の和は $\sigma_c' + \delta\sigma_c' > \sigma_{ca}$ となりコンクリートの許容曲げ応力度 σ_{ca} (150kgf/cm²)を上回ることが分かる。

表2は、同様に鉄筋の引張応力度 σ_t と本解析で求めたコンクリートに生ずる引張応力度増分の最大値 $\delta\sigma_t$ とを比較したものである。 $\delta\sigma_t/\sigma_t$ の比は最大で123.6%となり圧縮応力度と同様に引張応力度に対しても大きな値を示す。また、引張応力度 σ_t と引張応力度増分 $\delta\sigma_t$ の和は、 $\sigma_t + \delta\sigma_t > \sigma_{sa}$ となり、引張鉄筋の許容応力度 σ_{sa} (=2000kgf/cm²)を上回る結果となった。

5 結論

以上の結果、リング継ぎボルトのせん断力による曲げ応力度の増分の値は、セグメント幅の拡幅にともない増加し、また、従来の設計法により算出される応力度に比べて、これを無視できない大きさとなることがわかった。

今回は、予備解析的な検討に留まったが、今後実験等を行い、この結果に考察を加え、合理的な配筋などについても検討を行ってゆく予定である。

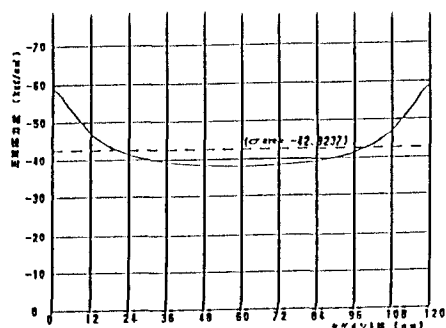


図3 圧縮応力度の分布（その1）

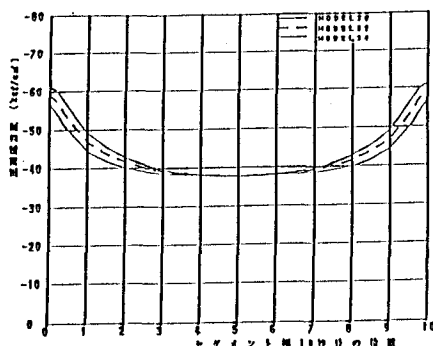


図4 圧縮応力度の分布（その2）

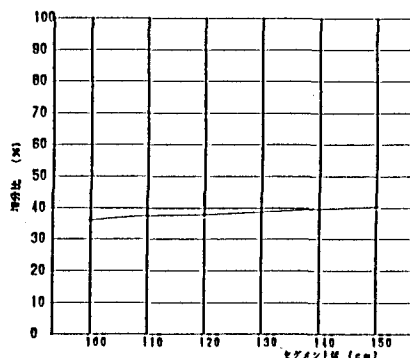


図5 セグメント幅と曲げ応力度増分比

表1 曲げ応力度とその増分：圧縮側

MODEL	曲げ応力度 σ_c' (kgf/cm ²)	増分 $\delta\sigma_c'$ (kgf/cm ²)	$\delta\sigma_c'/\sigma_c'$ (%)
3-0	138.569	56.479	40.759
3-1	137.246	57.512	41.753
3-2	139.540	59.053	42.327
3-3	138.464	60.200	43.477
3-4	136.624	61.271	44.964
3-5	137.042	62.287	45.451

表2 曲げ応力度とその増分：引張側

MODEL	曲げ応力度 σ_t (kgf/cm ²)	増分 $\delta\sigma_t$ (kgf/cm ²)	$\delta\sigma_t/\sigma_t$ (%)
3-0	1769.090	2383.597	134.737
3-1	1759.620	2309.841	131.269
3-2	1858.360	2439.911	131.436
3-3	1838.060	2357.464	128.398
3-4	1780.790	2218.957	124.605
3-5	1816.010	2245.115	123.629