

Ⅲ－B 98 ほぞ付きセグメントのセグメント幅拡大に向けた計測・解析（その2）

飛島建設 正会員 寺澤正人*
 中部電力 正会員 中山 元**
 中部電力 正会員 南川 昭夫**
 中部電力 森 竜巳**
 飛島建設 正会員 北 倫彦*

1. はじめに

我々はシールド工事のさらなるコストダウンを図るため、セグメント幅を現状幅よりも拡大することを目指している。幅拡大後のセグメントの挙動を把握する手法としては、3次元解析が考えられる。我々はまずセグメント断面力のトンネル軸方向への分布に着目し、計測値と（その1）報告に示した荷重載荷法、地盤境界条件の知見を生かした3次元シェルばねモデルによる解析値との比較から、解析モデルの妥当性の評価やより正確に実現象を再現するためのモデル化の探求を行った。本稿ではこれらの検討結果の概要を示す。

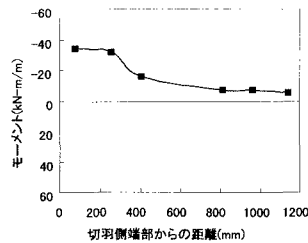
2. セグメント内部断面力の観察

解析作業に先立ち、同一測線においてトンネル軸方向に複数点の鉄筋歪を計測した断面内（前報¹⁾ 参照）における断面力の分布を観察した。図－1 に計測データの一部として横断方向（円周方向）モーメントのトンネル軸方向分布図を示す。ほぼ全測線において断面力は切羽側または坑口側へ傾斜しており、断面内の荷重伝達に偏りがあることがわかった。この傾向は、既往の研究によるボルトタイプセグメントとは異なっており、継手にボルトを用いない「ほぞ付きセグメント」固有の現象であると考えられる。なお、全ての測点で断面力（応力）は許容値以内であり、施工されたセグメントの安全性は確認された。

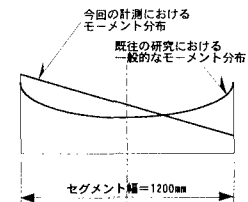
3. 3次元シェルばね解析

セグメント内の断面力分布を解析的に検討するには3次元解析が必要となる。本研究では、3次元解析モデルとしてセグメントをシェル要素、継手および地盤をばね要素とする3次元シェルばねモデルにより検討を行うこととした。解析モデルは図－3に示すように「1/2 リング＋1 リング＋1/2 リング」とした。

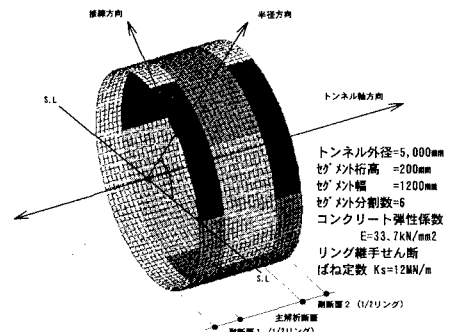
地盤境界条件としては、はりばねモデル解析の結果を基に半径方向には裏込注入の影響を考慮した地盤ばねを ($k=38.56\text{MN/m}^3$) スプリングラインを挟んで上下45度に配置し、接線方向地盤ばねは考慮しないものとした。またトンネル軸方向には別途行ったトンネル縦断方向解析の結果を基に半径方向地盤反力係数 $\times 1/3$ の地盤ばねを配置した。荷重については、はりばねモデル解析の結果を基に「自重＋土水圧同時載荷 水圧は等方等圧的載荷 浮力考慮」として載荷した。



図－1



図－2



図－3

キーワード：シールドトンネル、ほぞ付きセグメント、覆工設計、セグメント幅拡大、3次元シェルばね解析

*東京都千代田区三番町2番地

飛島建設（株）土木事業本部土木設計部 TEL 03-3288-6516

**名古屋市熱田区横田二丁目3番24号 中部電力（株）中央送変電建設所地中線土木課 TEL 052-682-4534

3-1 セグメント継手回転ばね定数をパラメータとするフィッティング解析

より正確にセグメント内の断面力値及び分布を表現するため、種々の定数をパラメータとしてフィッティング解析を実施した。ここではその一例としてセグメント継手回転ばね定数をパラメータとした解析のうちの次のケースについて解析結果を示す。

CASE-1：セグメント継手回転ばね定数 $K\theta$ を Leonhardt らの Betongelenke に基づく値 $K\theta=17\text{MN}\cdot\text{m}/\text{rad}$ とした場合

CASE-2： $K\theta$ を別途室内試験で求められた軸力依存ばね²⁾に基づく値 ($K\theta=5.3\times N\times b/1.3$) $\times 1/4=0.55\text{MN}\cdot\text{m}/\text{rad}$ とした場合 (N:軸力 b:セグメント幅)

CASE-3： $K\theta=0$ (多ヒンジ)とした場合

図-4にリング内最大モーメント値を示す測線における各ケースの横断方向モーメント解析値と計測値のトンネル軸方向分布比較図を示す。これらより CASE-2 では計測平均値をとらえることができ、 $K\theta=0$ とする CASE-3 では実測最大モーメント値をほぼとらえることができることができた。

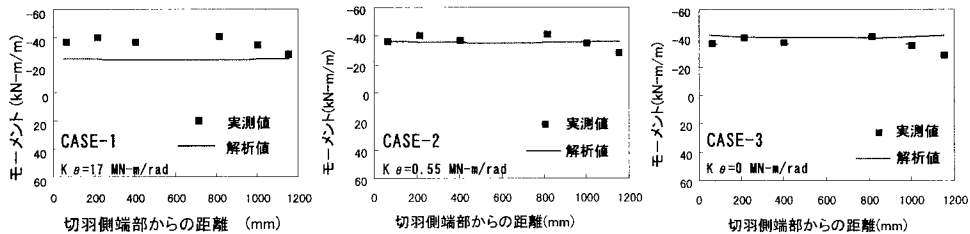


図-4

3-2 セグメント継手の面接触位置および接触率をパラメータとするフィッティング解析

次に、セグメント内の断面力分布の傾斜傾向が、セグメント継手面が完全に接触していないことによることを考え、継手面接触位置及び接触面積をパラメータとするフィッティング解析を実施した。面接触効果は解析上、接触位置の節点にのみばね要素を配置することで考慮した。なお継手全面が接触した場合の総回転ばね定数は軸力依存ばね $K\theta=5.3\times N\times b/1.3$ により $K\theta=2.2\text{MN}\cdot\text{m}/\text{rad}$ とした。図-5に解析中最もフィッティング性が良好であったケースの解析値と計測値の分布比較図を示す。図-6には解析時に想定した面接触位置及び面接触率を示す。これら解析結果からほぼ付きセグメントの継手が比較的柔構造であることを考え合わせると、上記のセグメント挙動の仮定は考慮すべきものであると判断した。

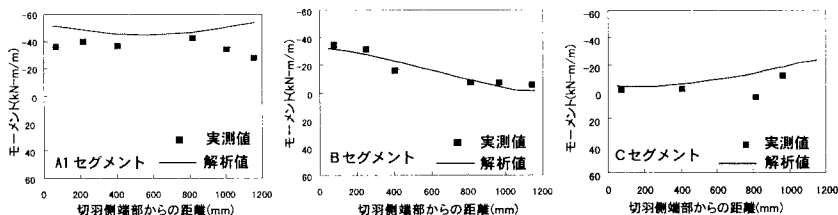


図-5

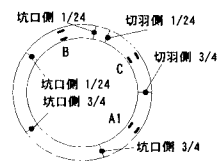


図-6

4. まとめ

- ・ ほぼ付きセグメントの現場計測では、セグメント端部におけるモーメントの増加現象は確認出来なかった。
- ・ 3次元シェル-ばねモデルはほぼ付きセグメントの断面内分布を表現することができ、妥当な解析手法であることがわかった。
- ・ 断面力が断面内で傾斜する傾向は、セグメント継手面が完全に接触していないことによるものと考えられるが、セグメント継手回転ばね定数を $K\theta=0$ とすると最大モーメントをとらえることができる。今後は、このセグメント挙動を考慮して解析する必要があると考える。

1) 「ほぼ付セグメントの適用拡大に向けた計測計画」 土木学会第53回年次学術講演会講演概要集第3部 (B) p.p282

2) 「高速施工用セグメントの実規模リング載荷試験」 土木学会第53回年次学術講演会講演概要集第6部 p.p54