

Ⅲ－B99 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3）

飛島建設 正会員 北 倫彦*
 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 正会員 新川 勝弘**
 飛島建設 正会員 望月 崇***

1. はじめに

セグメント幅の拡幅化を検討するにあたり、拡幅後におけるセグメントの挙動を把握する一手法として3次元解析が考えられる。我々は現場計測に基づくフィッティング解析から、より正確にセグメントの実挙動を再現できる荷重載荷法、地盤境界条件を模索し、ほぞ付きセグメントの3次元挙動を予測する手法としての3次元シェル－ばねモデルの妥当性評価を行った（報告（その1）（その2））。本稿では、この3次元シェル－ばねモデルを用いたセグメント継手回転ばね定数、セグメント幅などをパラメータとする予測解析からそれぞれのパラメータの影響度を把握し、セグメント幅拡大化の可能性について検討した結果の概要を示す。

2. 解析モデル

解析対象セグメントは「ほぞ付きセグメント 外径4.0mおよび5.0m」とし、解析モデル、解析定数、境界条件及び荷重載荷法等は「報告（その2）」と同様とした。

3. セグメント継手回転ばね定数をパラメータとする解析

「報告（その2）」においては、実施工したセグメント幅1.2mではセグメント継手回転ばね定数 $K_\theta=0$ とすると実測モーメントの最大値をとらえることが可能であることを示した。一方既往の研究等では、セグメント幅を拡幅した場合における K_θ の断面力に与える影響を確認した事例が少ないため、ここでは外径5.0m、セグメント幅1.5m固定として K_θ をパラメータとして解析を行い、その影響度を把握した。

CASE-A1：セグメント継手回転ばね定数 $K_\theta=0$

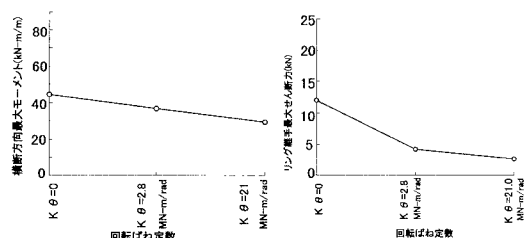
CASE-A2： $K_\theta=5.3 \times N \times b / 1.3$ （ N :軸力 b :セグメント幅）として算定した2.80MN-m/radとした場合

CASE-A3：LeonhardtらのBetongelenkeに基づく値 $K_\theta=21.0$ MN-m/radとした場合

図－1に回転ばね定数と横断方向（円周方向）最大曲げモーメントの関係図を、図－2に回転ばね定数とリング継手最大せん断力の関係図を示す。継手回転ばね定数が小さいほど横断方向最大曲げモーメント及びリング継手せん断力は大きくなることが確認された。

4. セグメント幅をパラメータとする解析

次にセグメント幅をパラメータとする解析を実施した。（CASE-B1：セグメント幅 $B=1.2$ m CASE-B2： $B=1.3$ m CASE-B3： $B=1.5$ m CASE-B4： $B=1.8$ m）これまでの検討の結果を基にセグメント継手回転ばね定数は0とした。また縦断方向（トンネル軸方向）には、計測ではセグメント軸芯とジャッキ軸芯の偏差による残留モーメント（地山側引張）が発生しているため、解析上リング継手面に20kN-m/mの付加モーメントを作用させた。なお、セグメント外径5.0m、



図－1

図－2

には、計測ではセグメント軸芯とジャッキ軸芯の偏差による残留モーメント（地山側引張）が発生しているため、解析上リング継手面に20kN-m/mの付加モーメントを作用させた。なお、セグメント外径5.0m、

*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

***東京都品川区南品川2-4-1

飛島建設（株）東京支店土木部 TEL 03-3450-6925

セグメント桁高 200mm は固定とした。図-3 にセグメント幅と横断方向最大モーメント及び最大モーメント発生点軸力の関係、図-4 にセグメント幅と縦断方向最大モーメントの関係、図-5 にセグメント幅とリング継手最大せん断力の関係を示す。セグメント幅を増大することにより横断方向最大モーメントは増加するものの同時に軸力も増加するため必要補強筋量はほとんど変わらない。またセグメント幅は縦断方向最大モーメントにほとんど影響を及ぼさないと言える。一方セグメント幅が増大するにつれ、セグメント1ピースの重量、及び1リングが負担する土水圧が増加するため、リング継手最大せん断力が増大し、リング継手の耐力の大きさがセグメント拡幅可能幅の決定要因の一つであると考えられた。

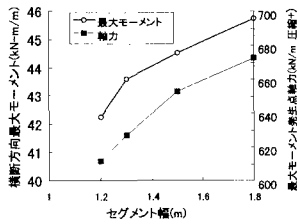


図-3

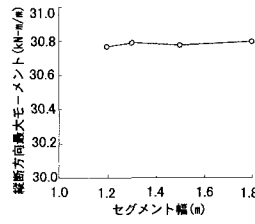


図-4

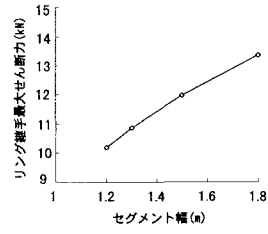


図-5

5. リング分割数をパラメータとする解析

次にリング分割数をパラメータとする解析を実施した。(CASE-C1: 6分割 CASE-C2: 5分割 CASE-C3: 5等分割) 解析は、セグメント継手回転ばね定数を0とし、セグメント外径 4.0m, セグメント桁高 300mm 固定とした。リング分割数は図-6 に示すように特にリング継手最大せん断力に影響を及ぼしており、これはリング間に配置されたシェラストリップの位置の違いによるものと考えられる。

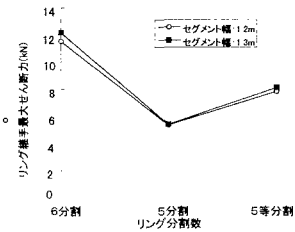


図-6

6. 桁高をパラメータとする解析

ここでは、セグメント継手回転ばね定数を0とし、セグメント図芯直径 4.8m, セグメント幅 1.5m 固定とし桁高をパラメータとする解析を実施した。(CASE-D1: 200mm CASE-D2: 250mm CASE-D3: 300mm) 桁高は図-7 に示す様にリング継手最大せん断力に影響を及ぼすことがわかった。

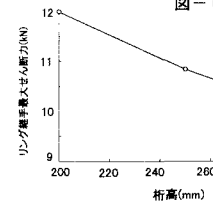


図-7

7. 「3次元シェル-ばね解析」と「はり-ばね解析」の比較

今後の設計実務を考えると「はり-ばねモデル解析」が設計の主解析法であると考えられる為、本検討では3次元解析と並行してこの「はり-ばねモデル解析」による解析値も比較した。その結果、横断方向曲げモーメント及び軸力に関しては両者はほぼ同値であり、リング継手せん断力に関しては「はり-ばねモデル」がより大きな値(約 1.8 倍)を示すことから、拡幅後のほぞ付きセグメントに対する設計手法として有効な解析法であると考えられる。

図-8 に横断方向モーメント解析値の比較の一例(CASE-A1)を示す。

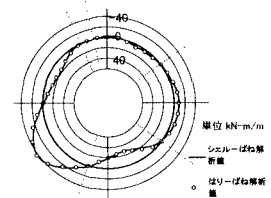


図-8

8. まとめ

- セグメント幅を現状幅よりも拡幅した場合においてもセグメント継手回転ばね定数が小さくなるほど発生断面力が大きくなる。今後はセグメント継手回転ばね定数を向上させる努力が必要と考えられる。
- ほぞ付きセグメントのセグメント幅は現状(1.2m)よりも拡幅可能と考えられる。その際拡幅の上限は施工性とともに、特にリング継手の最大せん断力に着目したリング分割数や桁高をパラメータとする解析を実施して決定されるものと考えられる。
- 「3次元シェル-ばねモデル解析」はより詳細にセグメントの挙動を把握可能であるが、「はり-ばねモデル解析」も拡幅後のほぞ付きセグメントに対する設計手法として有効である。