

外力変化によるシールドトンネルのひずみ応答に関する一考察

東京都市大学 学生会員 ○砂田 楓
 正会員 関屋 英彦
 労働安全衛生総合研究所 正会員 吉川 直孝
 東京都市大学 正会員 伊藤 和也

1. はじめに

シールドトンネルの適切な維持管理を行う上で、外力に対する応答を計測し、その応答を定期的に比較分析することによって、定量的に異常を評価することは重要であると考えられる。

そこで、本研究では有限要素法（Finite Element Method）解析を用いて様々な圧力条件下におけるシールドトンネルのひずみ応答を分析し、その応答を考察する。

2. 解析概要

Abaqus/CAE2021 を用いてセグメントに分割しない無筋一体型のソリッドモデルを作成した。作成したシールドトンネルの外径、セグメント厚さの寸法情報を図-1 に示す。径が 5m クラスの標準セグメントリング¹⁾を 1/32 縮尺したものを参考としている。

各セグメントと載荷治具の名称および位置関係を図-2 に示す。載荷治具の中心から隣接する載荷治具の中心までの角度は 30 度、載荷治具の寸法は円周長さ 30mm であり、左右対称に全 12 か所に設置されている。

等方圧の条件では、全 12 個の載荷治具において 0.32MPa の圧力とした。実験時に計測した各ジャッキの圧力と時間の関係を図-3 に示す。図-3 より、予定していた等方圧の条件とは異なり、実際の荷重はジャッキ毎に僅かに異なる圧力となっていることが確認できる。この僅かな圧力の違いに対する、シールドトンネルのひずみ応答への影響について 4. 解析結果にて解析結果を述べる。

3. ひずみの算出方法

分析対象とするひずみは、各セグメントの外径側表面および内径側表面の中央における接線方向のひずみ ε_θ とする。K、A2-セグメントについては、XX 方向のひずみより求めた。B1、B2、A1、A3-セグメ

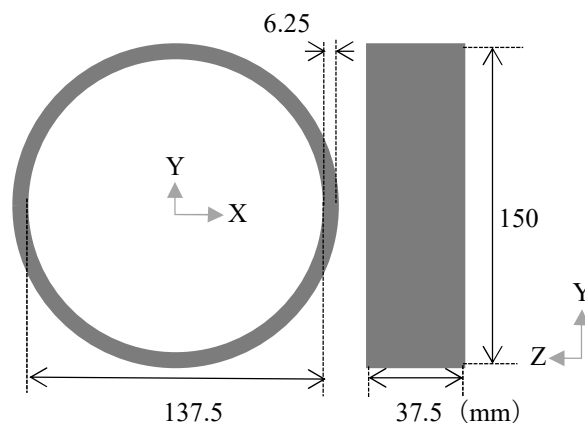


図-1 セグメントリングの寸法

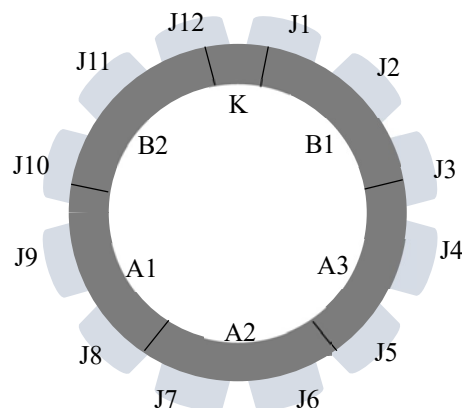


図-2 各セグメントと載荷治具の名称及び位置

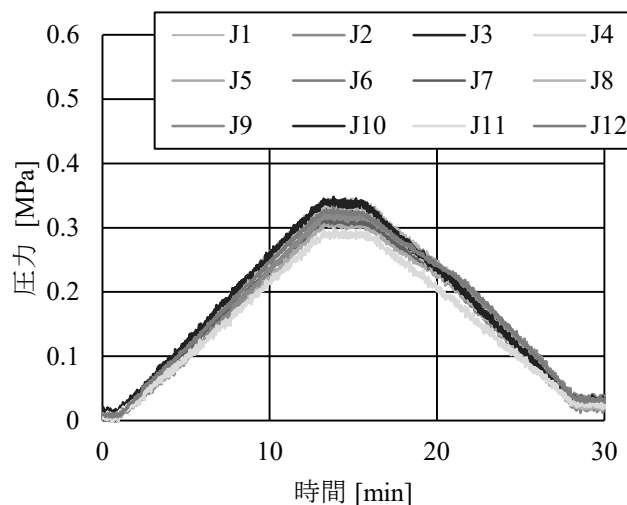


図-3 実験時の圧力と時間の関係

キーワード シールドトンネル, FEM, 外力, ひずみ

連絡先 〒158-8557 東京都世田谷区玉堤 1-28-1 東京都市大学 TEL 03-5707-0104

ントについては、式(1)から(3)を用いて算出した。

$$\varepsilon_{av} = (\varepsilon_{xx} + \varepsilon_{yy})/2 \quad (1)$$

$$\tau_{max} = \sqrt{\varepsilon_{xy}^2 + (\varepsilon_{xx} + \varepsilon_{av})^2} \quad (2)$$

$$\varepsilon_{\theta} = \varepsilon_{av} + \tau_{max} \cos 2\theta \quad (3)$$

セグメントリングの軸は、図-1に示すように定義し、 ε_{xx} , ε_{yy} , ε_{xy} が解析で得られた XX 方向, YY 方向, XY 方向のそれぞれのひずみ, ε_{av} が平均ひずみ, τ_{max} が最大せん断ひずみ, θ が K セグメントの中央を 0 度としたときの各セグメントの中央までの角度を表す。

4. 解析結果

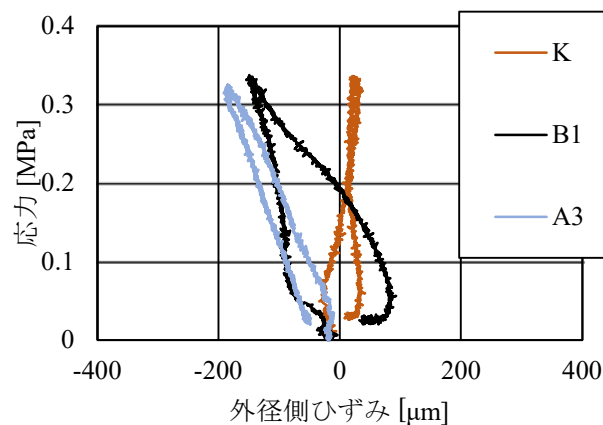
等方圧 0.32MPa 時の実験結果, 等方圧 0.32MPa 時の FEM 解析結果, 実験時のジャッキ計測値を用いた FEM 解析結果を, それぞれ図-4(a), 図-4(b), 図-4(c)に示す。

左右対称に配置されたすべての载荷治具に 0.32MPa の圧力を载荷しているため, K-セグメントと A2-セグメント, B1-セグメントと B2-セグメント, A1-セグメントと A3-セグメントの左右対称の位置にあるセグメントの外径側ひずみがほぼ等しい値になった(図-4(b)). 図-4(b)と図-4(c)を比較すると, 僅かな外力の変化($\pm 0.03\text{MPa}$ 程度)であっても, シールドセグメントに生じるひずみ応答に明瞭な差が生じることが確認できる. 特に, K-セグメントと B1-セグメントに生じるひずみ応答はその大きさが逆転する結果となった. また, 実験値(図-4(a))と同様に, 左右対称に位置するセグメントにおいても, 同様なひずみ応答が生じていないことが確認された(図-4(c)).

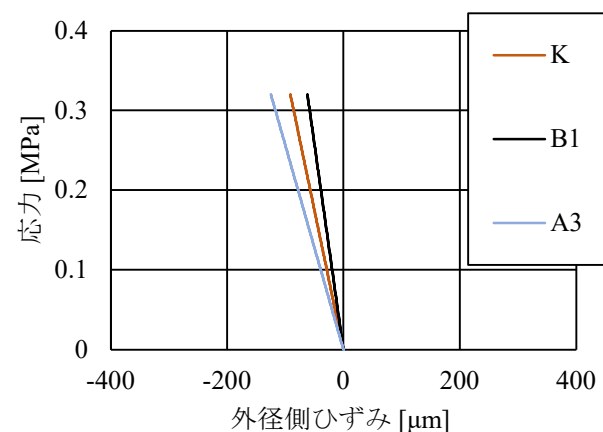
5. まとめと今後の予定

等方圧の条件における解析結果は, 左右対称のセグメントにおいてひずみ応答が等しくなったが, 僅かな圧力の変化によって, ひずみ応答に明瞭な変化が生じ, そのひずみ応答は左右非対称の結果となった。

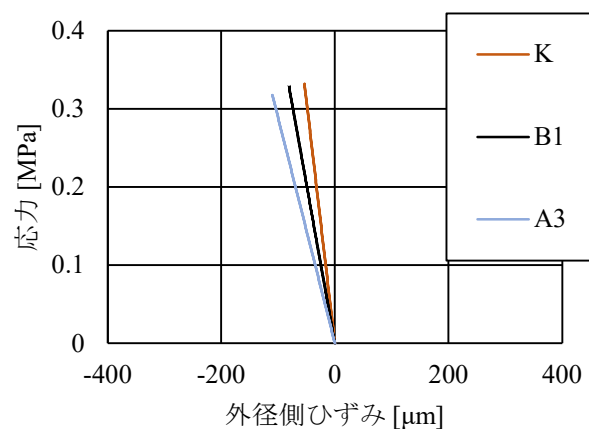
今後は, 等方圧の条件ではなく, 意図的に偏圧条件における解析を実施し, その影響を考察する予定である. また, 現在の FEM モデルはセグメント間の継手を考慮していない一体型のモデルとなっているため, セグメント間の継手を考慮したより詳細なモデル化に取り組む予定である。



(a) 実験値



(b) 等方圧



(c) 実験値より算出した圧力

図-4 応力と外径側ひずみの関係

参考文献

- 1) 土木学会, 日本水道協会: シールド工事用標準セグメント, 日本下水道協会, 1984 年
- 2) 吉川直孝, 平岡伸隆, 伊藤和也, 三田地利之: セグメント模型の载荷実験とその個別要素法解析, トンネル工学報告集, 第 26 巻, II-9, 2016 年