

## 鉄筋コンクリートセグメント模型の曲げモーメントと軸力挙動

東京都市大学 学生 益子時佳

正 伊藤和也

(独) 労働者健康安全機構 労働安全衛生総合研究所 正 吉川直孝

正 平岡伸隆

## 1. はじめに

近年、日本の都市部では、既設構造物が多く存在する中浅度から大深度での掘削工事の増加が見込まれており、既設構造物の下にも構築可能なシールド工法を用いた工事の需要が増加している。シールド工法におけるセグメントは地山からの等方的な土圧、水圧、地盤反力などを考慮して設計される。しかしながら、施工時荷重やジャッキ推力、セグメント組み立て精度および変形状況によって生じる外力を想定することが困難な場合もあり、セグメント組み立て時にセグメントリングが崩壊し災害が発生した事例も報告されている。本報では、写真-1 に示す継手を模擬した一体型セグメントリング模型（鉄筋入り）に対し、載荷除荷試験を実施し、曲げモーメント(M)と軸力(N)の破壊包絡線<sup>1)</sup>を求め、一体型の M-N 挙動の確認や分割型リング<sup>2)</sup>との比較から、施工時荷重によるセグメントの影響について検討を行った。

## 2. 模型概要

本研究における模型実験では、外径 150mm、内径 137.5mm の塩化ビニール製の型枠を用いて、セグメント間に継手が設置されている状態として、分割されていない一体型リング模型を作製した。また、セグメント内に補強材として鉄筋を挿入した。型枠内に離型剤を塗布した後、鉄筋を型枠内に設置し、モルタル(豊浦砂：早強ポルトランドセメント：水=2：1：0.65)を打設した。この際、バイブレーターを用いて、セグメント内の気泡を除去し密実にした。その後、離型剤を塗布したガラス板を型枠の上から被せた。数日後、模型を型枠から外し、打設からの養生日数が 28 日となるように水中で養生を行った。

## 3. 載荷除荷試験

## 3-1 実験概要

一体型リング模型に対して、載荷装置を用いて載荷除荷試験を行った。鋼製円筒の周囲に設置された計 12 個のジャッキを同時に又は個別に伸縮することで、等方圧および偏圧を載荷・除荷することが可能である。個別に伸縮する際には、伸縮するジャッキのみを開放し、それ以外を固定すればよい。等方圧載荷除荷では、全体的に 320kPa まで段階的に載荷し、その後 0kPa まで段階的に除荷した。偏圧載荷除荷では、K、B2、A1、A2 セグメント位置に対する載荷除荷の 4 ケースを行った。図-1 に示す K セグメントに対する偏圧載荷除荷では、等方的に 160kPa まで載荷し、その後、J12 と J1 のジャッキ以外を固定した状態で 320kPa まで偏圧載荷を行った。次に、0kPa まで偏圧除荷し、再び 160kPa に戻す。その後、J12 と J1 以外の固定を開放し、等方的に 0kPa まで除荷させた。各偏圧時に固定しないジャッキについては、表-1 に示す。



写真-1 一体型リング模型

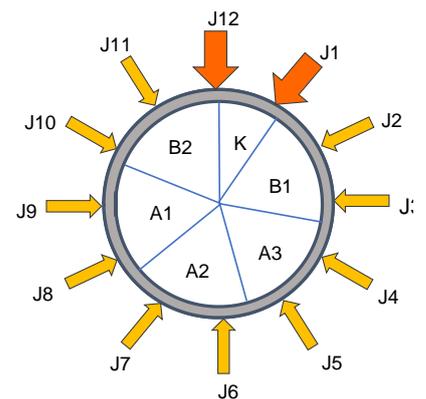


図-1 K 偏圧載荷除荷

表-1 載荷除荷方法

K偏圧	B2偏圧	A1偏圧	A2偏圧
J12, J1	J10, J11	J8, J9	J6, J7

キーワード シールドトンネル、セグメント、破壊包絡線、曲げモーメント、軸力

連絡先 〒158-8557 東京都世田谷区玉堤 1-28-1 TEL03-5707-0104

### 3-2 実験結果

一体型リングと既往の実験<sup>2)</sup>で行った分割型セグメントの結果のなかで、A1 偏圧の結果を図-2 と図-3、K 偏圧の結果を図-4 と図-5 にそれぞれ示す。なお、引張側を正、圧縮側を負とし、コンクリートおよび鉄筋コンクリートの M-N 破壊包絡線<sup>1)</sup>も点線及び実線で図示した。A1 偏圧では、どちらも载荷後に偏圧をかけた A1 とそれに隣接する A2 の挙動も同程度に大きくなっていることが確認された。しかしながら、分割型では、A1 が破壊包絡線を超過しており、セグメントが損傷または破壊した可能性があることが分かった。K 偏圧では、どちらも载荷後に偏圧をかけた K セグメントの挙動が大きくなり、それに隣接する B1 や B2 の挙動はそれを上回るように曲げモーメントが増加した。また、分割型と一体型で B1 が破壊包絡線を超過しているが、一体型の方が最大曲げモーメントが若干小さくなっている。他の偏圧载荷除荷のケースでも同様の挙動が見られた。なお、偏圧载荷除荷時の最大曲げモーメント値とその軸力値から、全ての偏圧ケースにおいて分割型のほうが最大曲げモーメント値が大きくなる結果となった。

### 4. まとめ

本研究では、各セグメントの曲げモーメントと軸力の挙動から一体型セグメントリングの挙動の確認や分割型との比較を行った。本実験から、一体型に偏圧を加えるとその付近のセグメントの M-N 挙動が大きくなることが分かった。また、分割型との比較では、M-N 挙動に同様の傾向があることが分かったが、最大曲げモーメント値と軸力値から、分割型の方がセグメントに与える曲げモーメントの影響が大きくなることが分かった。今後は、セグメント厚さを変えた薄肉セグメントに対して载荷除荷試験を行い、セグメントが破壊するときの状況などを検討していく。

### 参考文献

- 1) 吉川弘道鉄筋(1996)『コンクリートの解析と設計—限界状態設計法の考え方と適用—』pp.97-122 丸善株式会社
- 2) 古畑ら：シールドセグメント模型の M-N 挙動，第 47 回土木学会関東支部技術研究発表会，III-42，2020。

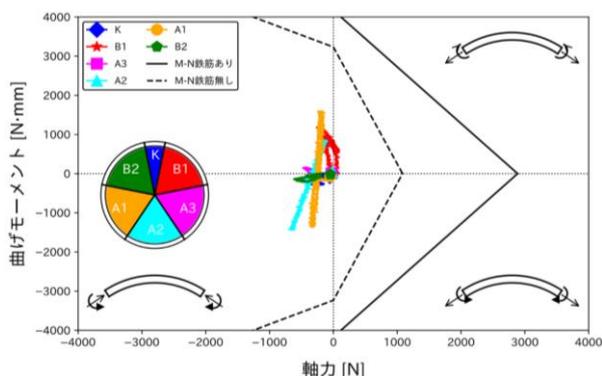


図-2 M-N 関係(一体型 A1 偏圧)

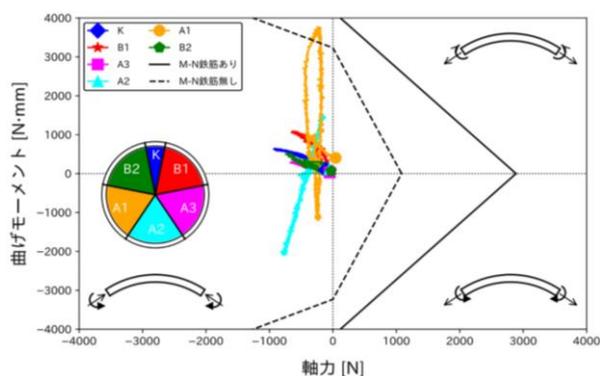


図-3 M-N 関係(分割型 A1 偏圧)

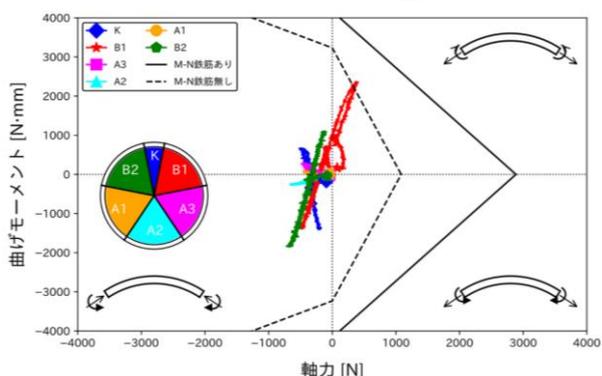


図-4 M-N 関係(一体型 K 偏圧)

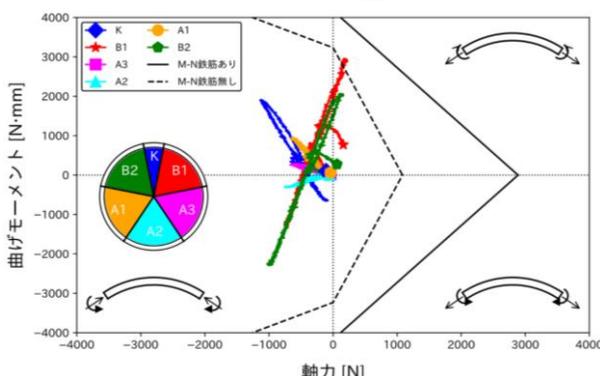


図-5 M-N 関係(分割型 K 偏圧)