

## 新型嵌合方式合成セグメントーNMWーの開発（2） 継手構造

日本製鉄株式会社 正会員 ○永尾 直也  
佐田 崇  
中島 正整

### 1. はじめに

シールドトンネルはセグメント同士を継手部で結合した構造体となるため、シールドトンネルの耐震性・耐久性を向上させるためには、継手部の構造が重要となる。そこで、当社では、リング間継手として隣接する主桁同士を嵌合させる嵌合方式合成セグメント「NMセグメント™」を開発し、これまでに数多くの大口径地下河川、鉄道、道路トンネルに採用されてきた。ただ、NMセグメントは、主桁に用いる形鋼加工の制約から外径7m程度が最小適用径となっていたため、外径7m以下の中口径トンネルでもNMセグメントの特長をそのまま実現し、より多くのトンネルプロジェクトに高品質・高性能なトンネル覆工を提供すべく、新たな嵌合方式合成セグメント（以下、NMW™）を開発した（図-1参照）。開発したNMWの概要およびセグメント単体の性能確認試験の結果については、文献1）にて投稿中であり、本稿では、本セグメントに新しく採用するセグメント間継手の概要および性能確認試験の結果について報告する。



図-1 NMWの概要図



写真-1 ダンベル継手 (接続前)



写真-2 ダンベル継手 (接続後)

### 2. セグメント間継手構造概要

NMWのセグメント間継手については、継手に作用する力を本体主構造部材である主桁に直接伝達できる構造としつつ、現場作業の省力化および継手の安価化を目指し、新たな継手構造を開発した。継手構造は、写真-1、写真-2に示す通り、継手には両端を円形としたダンベル形状の金物（以下、ダンベル継手）を用い、同形状に切り欠いた主桁に、ダンベル継手が嵌合することによってセグメント間の接続を行う。ダンベル継手は、接続する前には片側のセグメントに結合されているが、回転は拘束しないピン結合としている。回転を拘束した場合、ダンベル継手に曲げモーメントが大きく作用するため、回転を自由にすることによって、ダンベル継手軸部の耐力を最大限に活用可能な構造としている。

### 3. 継手曲げ試験 ー試験概要ー

セグメントの継手部に着目した曲げ試験を実施するため、セグメントを想定した高さ180mm×奥行500mmの箱形の試験体を2体製作し、その箱形試験体をダンベル継手によって接続し、その接続した試験体に対して、4点曲げ試験を実施した。箱形の側面を主桁と想定しており、セグメント桁高は180mmで、主桁の板厚とダンベル継手の板厚は27mmで同じ値とした。また、ダンベル継手の中央部の桁高は28mmとし、セグメント桁高180mmの中央部に配置されている。継手曲げ試験の概要図を図-2に、載荷試験実施状況を写真-3に示す。

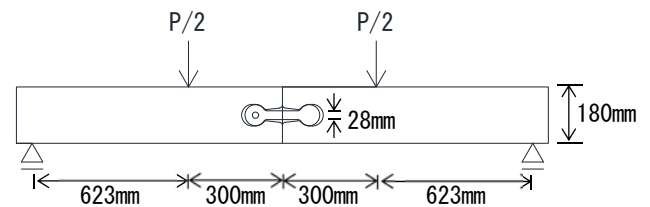


図-2 継手曲げ試験概要図



写真-3 載荷試験実施状況

キーワード 合成セグメント 嵌合方式 セグメント間継手

連絡先：〒100-8071 東京都千代田区丸の内二丁目6番1号 Tel：03-6867-6861

#### 4. 継手曲げ試験 —試験結果—

継手曲げ試験での、曲げモーメントー継手部の回転角度の関係を図-3に示す。図中の破線で示しているのは、ダンベル継手の軸部を曲げのみが作用する部材として見做した際の降伏曲げモーメントである。

図-3より降伏曲げモーメント以下の範囲では、曲げモーメントー回転角の関係は直線性を保っており、マクロ的に見て弾性挙動を示していることが分かる。さらに、降伏曲げモーメントの約2倍の曲げモーメントを作用させても、軸部が大きく伸び変形しているものの、割れなどの異常は観察されず、継手脆性的な破断や継手の抜け出し等は発生しないことを確認できた。载荷試験後のダンベル継手の状況を写真-4に示す。

作用した曲げモーメントに対するダンベル継手の軸部のひずみ履歴を図-4に示す。ひずみについてはダンベル継手軸部中央部の上端・中央・下端の3点で計測した。図中には、ダンベル継手の軸部を曲げ部材として見做した際の降伏曲げモーメントと、鋼材の降伏ひずみを併せて示す。図-4より降伏曲げモーメント相当が作用した時には、下端のひずみが最も大きく、次いで中央、上端の順となっており、軸部は曲げ引張状態にあることが確認できる。また、3点のひずみ値いずれも降伏ひずみ以下であることが確認でき、回転を拘束しない事により、ダンベル継手の負荷を低減することが可能になっている事が確認できた。その後、さらに载荷を続けると、3点のひずみ値はほぼ等しくなり、ほぼ全断面引張状態になった。

以上より、ダンベル継手の軸部を曲げ部材と見做して、降伏曲げモーメントを算出し、その値を継手耐力と設定する事で、十分安全側の設計が可能であると考えられる。

#### 5. まとめ

NMW (新型嵌合方式合成セグメント) 用にダンベル形の新継手構造を開発し、継手曲げ試験を実施した結果、以下のような知見が得られた。

- ダンベル継手に作用する曲げモーメントが、継手の軸部を曲げ部材と見做した時の降伏相当以下であれば、曲げモーメントー回転角の関係は直線性を保ち、マクロ的に見て弾性挙動を示す。
- 上記降伏相当の約2倍の曲げモーメントを作用させても、脆性的な破断や継手の抜け出し等は発生しなかった。
- 上記降伏相当の曲げモーメントが作用した場合であっても、発生するひずみは全断面で降伏ひずみ値以下となっており、継手軸部の負荷が低減できる。

以上より、ダンベル継手の軸部を曲げ部材と見做して降伏曲げモーメントを算出し、その値を継手耐力と設定する事で、十分安全側の設計が可能であると考えられる。なお、今回、開発したダンベル継手はセグメント間継手に適用し、リング間継手には一般的な機械式継手を採用可能である。

#### 参考文献

- 1) 佐田崇他：新型嵌合方式合成セグメントーNMWーの開発(1) 第77回土木学会年次学術講演会(投稿中)

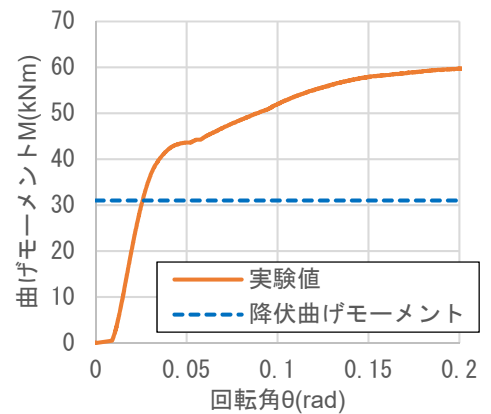


図-3 载荷試験結果  
(曲げモーメントー回転角)



写真-4 载荷後のダンベル継手

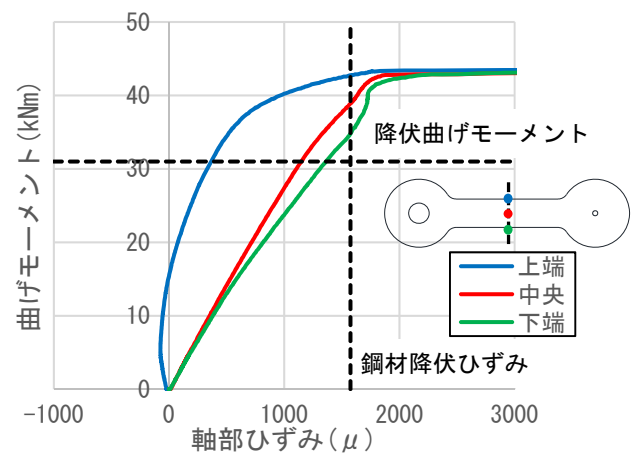


図-4 ダンベル継手軸部のひずみ履歴