

免震機能を有するピン挿入型リング継手構造の開発

鹿島建設株式会社 正会員 ○鈴木 義信
ジオスター株式会社 尾上 聡

シールドトンネル用セグメントのリング間を繋ぐ継手は、従来はボルト継手構造が多く用いられていたが、施工の高速化やセグメント内面の平滑化を目的として、ピン挿入型継手構造が用いられるようになってきている。地震時等のトンネル縦断方向の変形に対して、ボルト継手構造の場合は、弾性ワッシャーなどによる曲げ剛性を低下させる免震構造が用いられていたが、ピン挿入型継手構造では、この技術を組み合わせることが困難であった。そこで、免震機能を有するピン挿入型継手構造を開発した。本稿は、この免震機能を有するピン挿入型継手構造の性能確認試験結果を報告するものである。

1. 従来のリング継手の免震構造

ボルト継手構造のシールドセグメントでは、地震対策又は地盤沈下対策として、図-1に示すようなウレタンゴム等による弾性ワッシャーを用いて、トンネル軸方向の引張剛性及び曲げ剛性を低下させ、地盤の変形に追従できる構造とする事例がある。

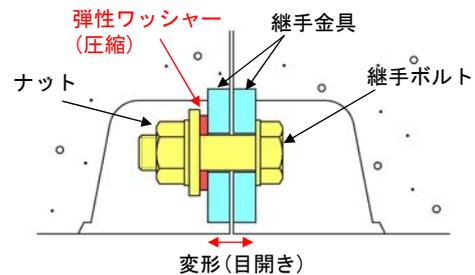


図-1 従来の免震構造（弾性ワッシャー）

2. 免震機能付きピン式リング継手（SP継手）の概要

シールドセグメントのピン挿入型リング継手として、図-2に示す四つ割りゴマによる楔構造を利用したリング継手（SP継手）を開発し、今までに多数のシールドセグメントに適用してきた。この継手は、凸型金物のピンを凹型金物に挿入するだけで締結が可能であり、ボルトボックスが不要のため内面を平滑にできる。

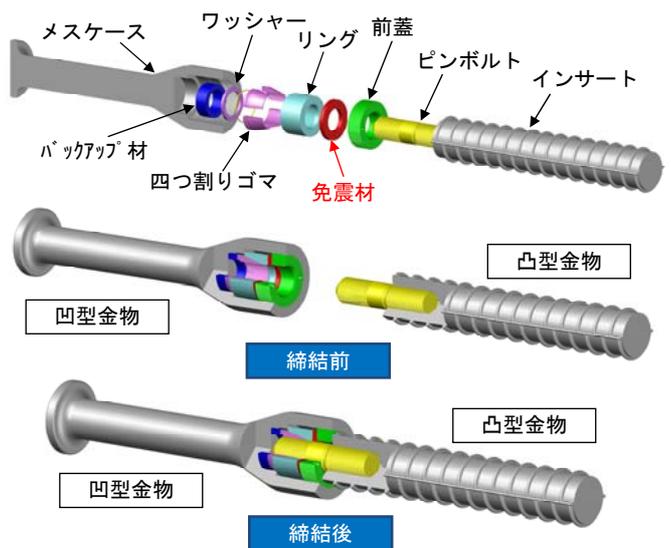


図-2 ピン挿入型リング継手（SP継手）

継手の締結機構は、ピンボルトの挿入時は、四つ割りコマが一時後退して広がり、これによりピンボルトが挿入される。挿入後は、バックアップ材により四つ割りコマがピンボルトとリングの間に押し込まれ、四つ割りコマ内面のネジ部とピンボルトのネジ山がかみ合い、引張力発生時に前蓋でリングを抑えることで、四つ割りコマとリングが嵌合して締結する。この構造により、小さな押し込み力で締結が可能で、大きな引張耐力を有する継手構造となっている。

免震機能付きSP継手は図-3に示すように、前蓋とリングの間に免震材としてリング状のウレタンゴムを挟むことで、リング間に引張力が作用した場合に、ウレタンゴムが圧縮変形することでリング間の引張力を吸収低減させる構造としている。また、免震材の厚さや硬度を変えることで、リング継手の引張剛性を変化させることも可能である。

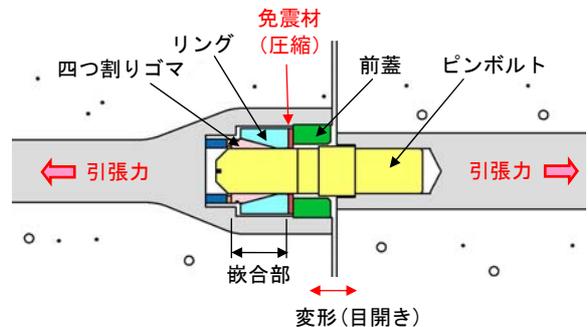


図-3 免震機能の概要図（SP継手）

キーワード シールドトンネル, セグメント, リング継手, ピン挿入型, 免震, 地震

連絡先 〒107-0052 東京都港区赤坂 2-14-27 鹿島建設(株) 東京土木支店土木部 TEL03-6838-2091

3. 締結試験 (必要押込み力の確認)

免震機能付き S P 継手 (M30(10.9)相当タイプ) の締結に必要な押込み力を確認することを目的として、写真-1 のように押込み試験を行った。図-4 に示す試験結果より、S P 継手は1本当たり 10kN 以下の小さな押込み力で締結ができることを確認した。



写真-1 押込み試験



写真-2 引張試験

4. 引張試験 (引張性能の確認)

免震機能付き S P 継手の引張特性の確認を目的として、写真-2 のように引張試験を行った。免震機能付き S P 継手には、厚さ 6mm ・ 硬度 95 のウレタンゴムによる免震材を用いた。比較対象として、免震材を設置しない S P 継手 (M30(10.9)相当 ; 引張耐力 527kN/本) の引張試験も実施した。試験結果を図-5 に示す。

免震材を設置しない S P 継手の引張試験結果は、M30(10.9)相当の引張耐力 (527kN/本) を上回り、十分な引張耐力を有することを確認した。また、免震材を設置しない S P 継手の引張バネ定数 (K1) は、短期許容荷重相当 (320kN) までの割線勾配として、 $K1=290\text{kN/mm}$ (目開き量 1.1mm) となった。

免震機能付き S P 継手の引張試験結果は、M30(10.9)相当の引張耐力 (527kN/本) を上回り、十分な引張耐力を有することを確認した。また、免震機能付き S P 継手の引張バネ定数 (K1') は、短期許容荷重相当 (320kN) までの割線勾配として、 $K1'=89\text{kN/m}$ (目開き量 3.6mm) となった。

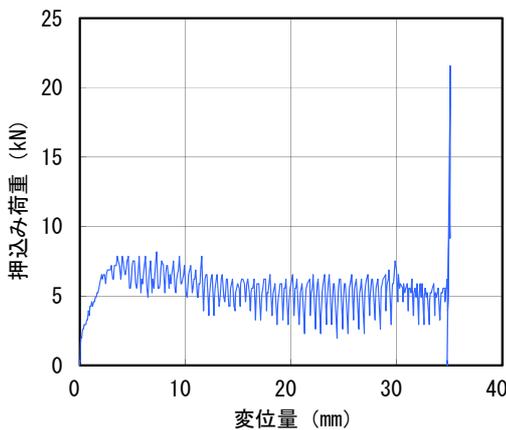


図-4 押込み荷重-変位置関係図

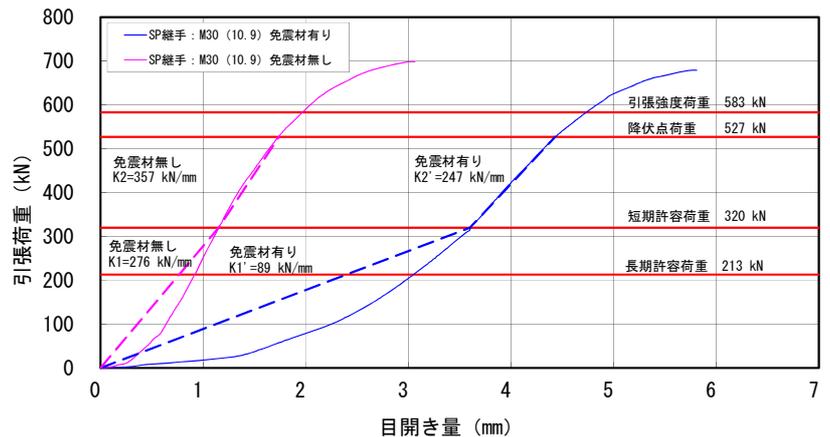


図-5 引張荷重-目開き量関係図

5. まとめ

引張試験結果より、免震材を設置した場合の引張バネ定数 (89kN/mm) は、免震材を設置しない場合の引張の引張バネ定数 (290kN/mm) の 30%程度となり、免震材を設置することでリング継手の引張剛性を大幅に低下させられることが分かった。リング継手の引張剛性が低下すれば、図-6 に示すように、セグメントリングのトンネル軸方向の引張剛性及び曲げ剛性を低減でき、シールドトンネル軸方向の免震化が図れる。

施工の高速化やセグメント内面の平滑化等に対応したシールドセグメントのリング継手として S P 継手を開発し、更に地震対策等に対応できるように免震化構造を開発した。免震機能付きピン式リング継手 (S P 継手) は、写真-3 に示すように、実用化を完了している。

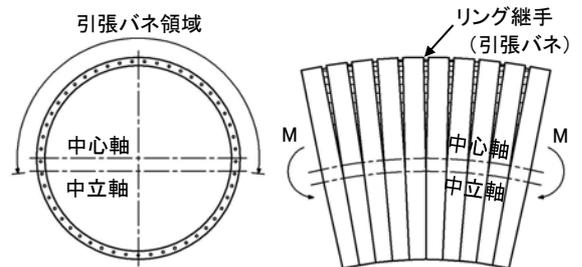


図-6 セグメントリングの曲げ剛性

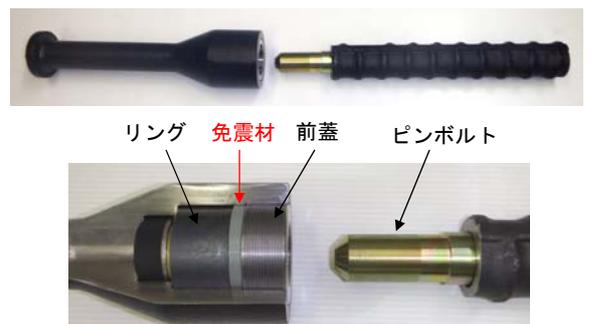


写真-3 免震機能付き S P 継手