

III-504 シールドトンネルの軸引張剛性の評価

㈱ 鴻池組 正会員 嶋村 貞夫
 ㈱ 鴻池組 正会員 ○吉田 幸司
 久保田鉄工㈱ 辻 聰

はじめに

本論文では、シールドトンネルの軸方向剛性を把握するために実施した載荷試験より、引張試験によるシールドトンネルの軸引張剛性についてまとめたものである。

1. 試験概要

シールドトンネルは、外径5.4m、高さ5mのものを図-1に示すように組み立て、上下端のセグメントリング間をジャッキで押し広げることにより軸引張荷重(最大360tf)を作用させた。試験は、モデルトンネルのリング間にシール材がある場合について継手ボルトの締付トルクを変えて行なった。

2. セグメントの軸引張剛性

シールドトンネルの軸引張剛性は、セグメントのパネと継手部のパネとの直列構造として評価できる。

図-2は試験で求めたセグメントの軸引張剛性であり、セグメントの全断面が有効として計算した剛性との比率で表わしたものである。

この結果によると、セグメントの軸引張剛性は $P=360\text{tf}$ のほぼ設計許容荷重付近で12~26%となっている。この原因は、セグメントのスキンプレートや背面コンクリートが100%有効にセグメントの剛性に寄与していないためと推定される。

3. 継手部の軸引張剛性

図-3は試験で得られた継手部の軸引張剛性、図-4、図-5は継手ボルトの軸力および継手板のひずみの試験時の挙動を示したものである。これらの結果より、つぎのようなことが判明した。

- ① 継手部の引張剛性は引張荷重の増加とともに減少し、ボルトの締付による軸力よりも引張荷重が上回ると一定値に収束する傾向を示し、 $P=300\sim 360\text{tf}$ 付近で $0.08\sim 0.12\times 10^7\text{tf/m}$ の値となった。しかしながら、ボルトの締付軸力が大きく引張荷重がこれを上回らない場合には、継手部の目開きはなく、剛性はほぼ無限大であった。
- ② 継手ボルトの軸力は、引張荷重がボルトの締付軸力の1.6倍程度になるまでは引張荷重の増加に比べてゆるやかに増加するが、これを上回る引張荷重になると引張荷重の増分と一致した。これは、この荷重までは継手ボルトとシール材が並列となって引張荷重を分担し、これを上回る荷重になるとボルトの締付によってシール材に導入されていた圧縮力が抜けてしまい、継手ボルトのみで引張荷重を分担するためと考えられる。



図-1 シールドトンネル

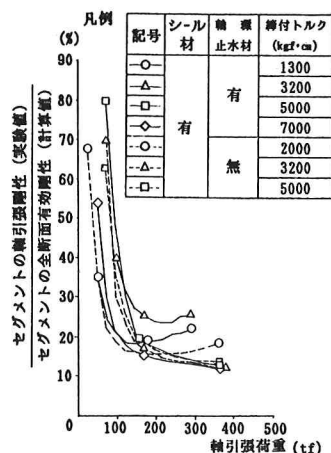


図-2 セグメントの軸引張剛性

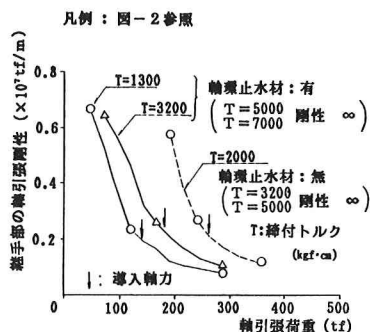


図-3 継手部の軸引張剛性

このことより、継手部の軸引張剛性のモデルとしては、継手ボルトの締付によって導入されたシール材の圧縮力が抜ける前と後で図-6のように表現できると考えられる。

- ③ 継手板に継手ボルトの締付によってひずみが発生し、締付トルクが大きいほどこのひずみは大きくなった。これは、リング間にシール材があるとボルト締付時にシール材が圧縮され、継手板が変形できるためと考えられる。なお、引張試験時に載荷によって発生した継手板のひずみは、継手ボルトの軸力の挙動とよく対応していた。

- ④ 継手板を三辺固定版にモデル化して剛性を求めると、 $0.13 \times 10^7 \text{ tf/m}$ となり、実測値の $0.11 \times 10^7 \text{ tf/m}$ とよく一致した。また、継手板に発生するひずみ分布も図-7に示したように実測値と計算値はよく一致した。

4. シールドトンネルの軸引張剛性

図-8は継手部を含んだシールドトンネルの軸引張剛性であり、セグメントの全断面が有効と考えたときの剛性とこの比率で表したものである。

この結果より、シールドトンネルの軸引張剛性は、引張荷重が大きくなるにつれて小さくなり、引張荷重が300～360tf付近で7～17%となった。また、この軸引張剛性は、継手ボルトの締付トルクが大きいほど大きくなった。

おわりに

今回の引張試験結果をまとめると、大略つぎのようになる。

- ① シールドトンネルの軸引張剛性は、今回の載荷荷重の範囲ではセグメント全断面が有効と考えた場合の剛性に対して、セグメント自体で12～26%、継手部を含むと7～17%程度の値が測定された。
- ② 継手部の軸引張剛性は、継手ボルトの締付によって導入されたシール材の圧縮力が抜ける前と後で、図-6に示すようなモデル化ができる。
- ③ 継手板に発生するひずみや剛性は、継手板を三辺固定版にモデル化することによりよく表現できた。
- ④ 今回使用したダクトイルセグメントは、全断面有効とはなっておらず、継手部の剛性も含めるとシールドトンネルとしての剛性はかなり小さい。このように、シールドトンネルはかなり柔構造となっており、地震や地盤沈下に対応しやすい構造であることが再確認できた。

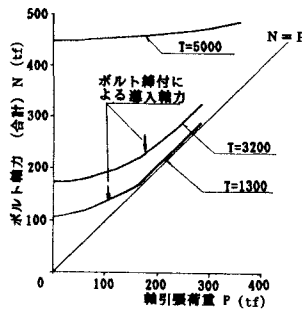


図-4 継手ボルトの軸力の挙動

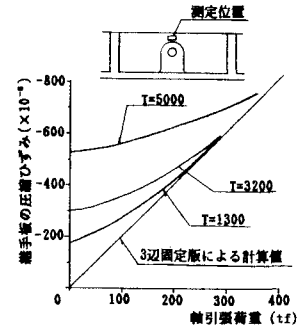


図-5 継手板のひずみの挙動

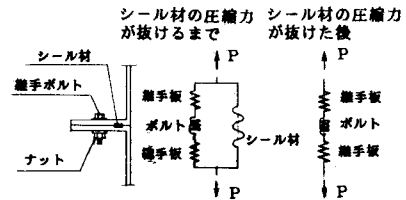


図-6 継手部剛性モデル

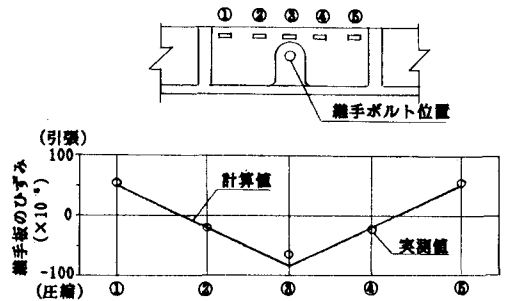


図-7 継手板のひずみ分布

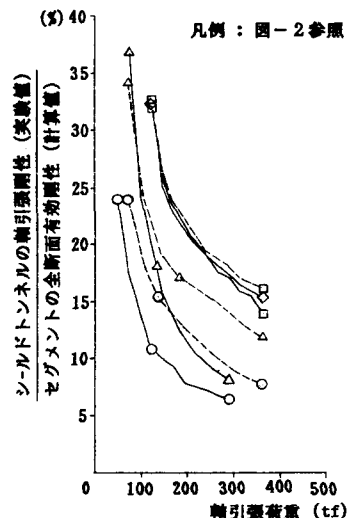


図-8 シールドトンネルの軸引張剛性