

Ⅲ-608

大断面矩形シールドトンネル用セグメントの開発
（その1）要素実験

竹中土木 正会員 ○ 真川 三雄
竹中土木 正会員 藤井 義文
石川島建材工業 正会員 小林 一博

1. はじめに

近年、限られた地下空間を有効に利用するため、円形以外の断面を持つ種々のシールド工法が開発されている。しかしながら、力学的にトンネル形状は円形が最も合理的で、矩形断面にすると、発生する曲げモーメントは円形の数倍にもなる。そこで、矩形シールドトンネルの開発にあたり、大きな断面力でも部材厚を低減できるSRCセグメントの開発を行っている。特徴は、正の曲げモーメントの加わる水平部材には部材の圧縮側をRC構造、引張り側をH鋼を2本配置したS造とする構造、負の曲げモーメントの加わる鉛直部材には、両側2面に鋼板を配置したSRC構造であり、その継手の開発を行った。目標とした矩形断面を図-1に、はりばねモデルを用いた土被り13mにおける曲げモーメントの分布を図-2に示す。本報では、これらの荷重条件を満足する継手の要素実験について報告する。

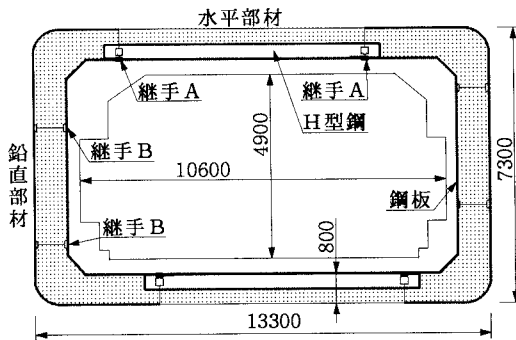


図-1 目標とした矩形断面

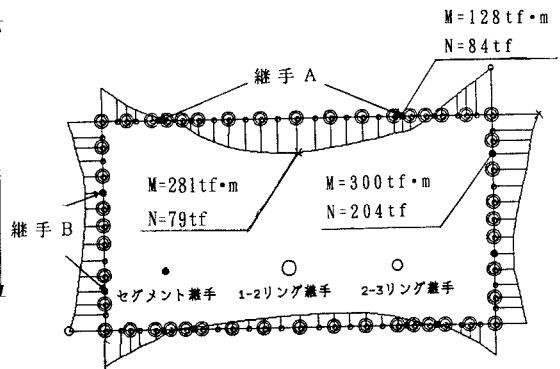


図-2 曲げモーメントの分布

2. 継手の概要

曲げモーメントが卓越する矩形セグメントを、円形セグメントと同様にボルト締結しようとする、ボルト本数や継手部の断面欠損が大きくなる。そこで、図-1、2に示す正の曲げモーメントを受ける水平部材の継手Aは、引張り側に2本配置されたH鋼の下側フランジに凸部を設け、この突起に噛合う凹状の鋼製の継手カバーで上下から挟込み、引張り力に対抗する構造とした。負曲げの加わる鉛直部材は、地山側の鋼板に引張り力が生じるためボルトによる締結は困難である。そこで、鉛直部材の継手Bは、外側の鋼板端部に凸部を設け、シールド機側から軸方向に凹状の継手カバーで締結するタイプを考案した。

3. 要素実験

継手の基本的な性能を確認するために、継手形状に関する鋼材の引張試験を実施した。鋼材にはSS400を、試験機は、最大荷重100tfのものを使用した。供試体の形状と歪みゲージによる計測位置を図-3に示す。継手Aの下側フランジ凸形状のテーパ角 θ は、施工性の点からは大きい方がよいが、継手カバーの抜け出しの点では小さい方がよい。そこで、テーパ角 θ を 2° 、 5° 、 8° と変えて実験を行った。継手カバーの抜け出しについては、ボルトの軸力を測定した。

表-1 実験ケースと実験結果

	Case1	Case2	Case3	Case4
継手形状	継手A			継手B
テーパ角(θ)	2°	5°	8°	5°
設計荷重	22.4tf			11.2tf
最終荷重	67.0tf	68.8tf	67.6tf	37.9tf
ボルトの軸力	4.7tf	4.7tf	3.4tf	—

継手A、Bの実験結果を表-1、写真-1に示す。表、写真より、破壊は凸部のせん断が原因と考えられ、最終荷重は設計荷重のほぼ3倍の耐力を確認できた。また、ボルトの軸力は多少のばらつきはあるものの、この程度のテーパ角では顕著な差は見られなかった。

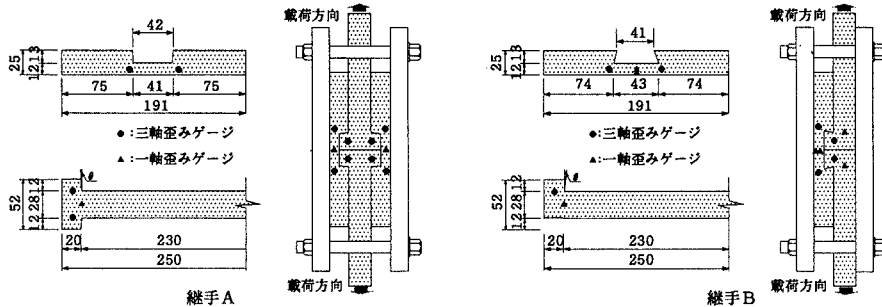


図-3 供試体形状図

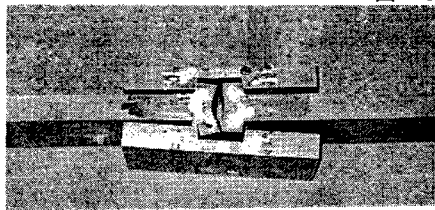


写真-1 試験後の供試体

4. FEM解析

要素実験で得られた歪み計測の結果を、FEM解析で得られた結果と比較検討した。継手Aの下フランジ凸形状の解析モデルと主歪み図の一例を図-4に示す。境界条件は引張りを受けて変形した凸状の継手が、凹状の継手カバーとどの点で接しているか検討するため、凸部傾斜部の拘束点数をパラメータにとって解析した。また、継手Bについても同様の解析をした。解析結果と実験結果の一例を図-5に示す。継手A、Bともいずれも4～5点拘束の間にあり、どちらかといえば継手Aは4点、継手Bは5点拘束に近い傾向となった。さらに継手Aについては、実験の破壊形状が凸部のせん断破壊であることから、図-6に示すように凸部の応力が集中する隅部にテーパを付けた場合の検討を行った。検討は解析モデルに1要素を追加し、同じ条件で行った。その結果、Case3の場合の最大せん断歪みは 428μ と1/3に低減することがわかった。

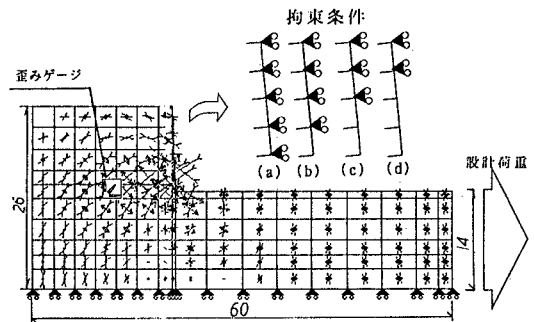


図-4 主歪み図

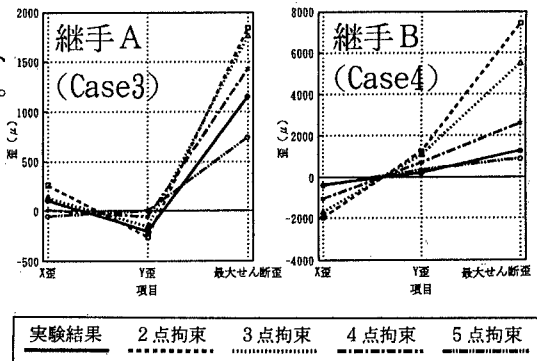


図-5 解析結果および実験結果

5. まとめ

水平部材の継手Aの耐力は、テーパ角の変化に関係なく、設計荷重のほぼ3倍と満足 of いく結果であった。また、継手部の変形を抑制した場合の鉛直部材の継手Bの耐力も設計荷重のほぼ3倍と満足 of いく結果であった。継手Aの凸部の応力集中箇所は、テーパを付けることにより、大幅に小さくできることがわかった。

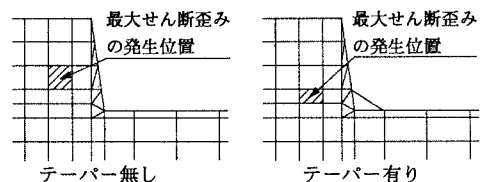


図-6 テーパの位置