

III-B 122

大断面矩形シールドトンネル用セグメントの開発（その4）

一負の曲げモーメントを受けるセグメント継手の要素実験―

竹中土木 正会員 ○大西 常康 正会員 藤井 義文 正会員 近 信明

石川島建材工業 正会員 小林 一博 江原 功修

1. はじめに

近年、都市部を中心に地下空間有効利用の目的から、様々な断面を持つシールド工法が開発されている。そのような断面の1つに矩形断面がある。しかしながら、図-1に示すような2車線道路トンネルの場合、使用目的上、柱を設置できないため、大きな曲げモーメントが発生¹⁾する。土被り13mの場合、図-2に示すように、約300(tfm)の正および負の曲げモーメントが発生する。このような大きな曲げモーメントのうち、鉛直部の負の曲げモーメントに対しては、図-3に示すような鋼板による、サンドイッチ合成構造（2面体構造）で十分対応可能である。一方、負曲げ用に考案した継手は、昨年度の実験において、有効な継手機能を得ることができなかった。²⁾そこで、継手を新たに考案し、その継手に関する要素実験を実施したので報告する。

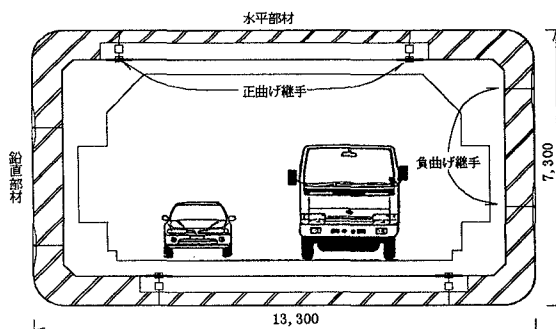


図-1 目標矩形断面

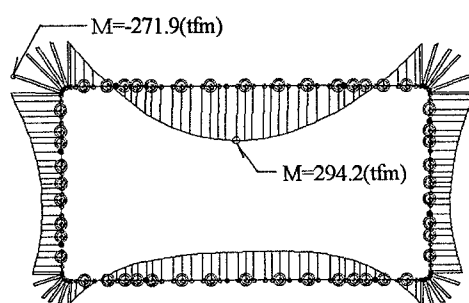


図-2 曲げモーメント図

2. 継手の構造

継手は、地山側の鋼板を連結する方法が力学上最も有効である。そこで、図-4に示す楔形継手を考案した。しかしながら、昨年度の実験では、継手に曲げが発生し、荷重の増加とともに継手の変形して抜け出す結果³⁾となった。そこで、図-5に示すように、継手に曲げが発生しないピン構造について要素実験を行った。ピンの施工は、テーパがついたピンをシールド機側からトンネル軸方向に挿入する。

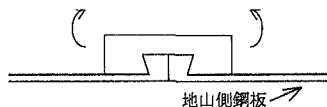


図-4 楔形継手

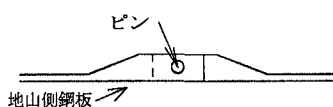


図-5 ピン継手

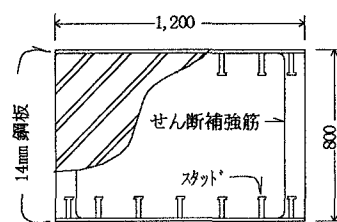


図-3 サンドイッチ合成セグメント

3. 実験概要

要素実験は、ピン継手の単純引張試験を4ケースと、曲げ載荷試験を1ケース実施した。いずれの試験もピンの直径は20mmとし、ピン孔直径は21mmとした。引張試験は、表-1に示すせん断面数およびピンカバーのクリアランスをパラメーターにとり行った。せん断面数とは、ピンカバーのくし形状によつ

表-1 引張試験実験ケース

ケース	1	2	3	4
せん断面数	2面	4面	6面	6面
ピンカバークリアランス	1mm	1mm	1mm	2mm

て、ピンに作用するせん断面の数をいう。試験体の概要を図-6に示す。曲げ試験は、図-7に示すスパン長1.5mのH-300×300の下フランジにピン継手を設け実施した。構造はケース4と同形状のものを使用した。ピンの材質はSS400を使用し、ピンカバーはSM490Aを使用した。ピンカバーの引張断面は、ピン孔まわりの応力集中を考慮し、許容応力度で計算される必要断面積の140%とし、せん断面は必要断面積の100%³⁾とした。

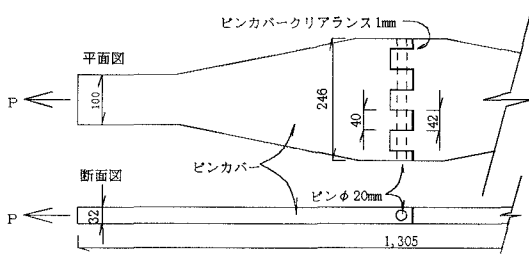


図-6 引張試験(ケース3)概要図

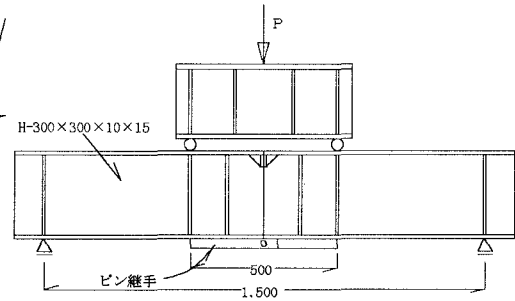


図-7 曲げ試験概要図

4. 実験結果

1)引張試験 表-2に引張試験の実験結果を示す。表中のピンのせん断限界荷重計算値(uP_c)は、せん断限界が、材料の公称引張降伏点強度の $1/\sqrt{3}$ として計算したものである。破壊は、いずれもピンカバーの引張破壊であった。荷重は、4 ケースとも許容せん断荷重計算値(aP_c)の約 4.0 倍、せん断限界荷重計算値(uP_c)の約 2.3 倍であった。パラメーターによる違いは、主に破壊時の荷重により判断した。ケース1~4を比較すると、破壊荷重の計算値との比は、せん断断面数による違いはなく、1せん断断面当りの破壊荷重もほぼ同じであった。また、ケース3と4を比較すると、ピンカバーのクリアランスの影響はないと考えられる。

表-2 引張試験実験結果

ケース	1	2	3	4
ピンの許容せん断荷重計算値(aP_c)	5.0tf	10.0tf	15.0tf	15.0tf
ピンのせん断限界荷重計算値(uP_c)	8.7tf	17.4tf	26.1tf	26.1tf
破壊荷重実験値(uP_e)	18.4tf	39.7tf	61.2tf	60.4tf
(uP_e)/(aP_c)	3.7	4.0	4.1	4.0
(uP_e)/(uP_c)	2.1	2.3	2.3	2.3
1せん断面当りの破壊荷重(uP)	9.2tf	9.9tf	10.2tf	10.1tf

2)曲げ試験 表-3に曲げ試験の実験結果を示す。破壊荷重は許容値の4.5倍であった。破壊は、ピンのせん断破壊とピンカバーの引張破壊がほぼ同時に起こった。図-8にピンの破壊状況を示す。ピンの破壊状況から、ピンには単純なせん断のほか、曲げも作用していたものと考えられる。

表-3 曲げ試験実験結果

ピンの許容せん断荷重計算値(aP_c)	18.4tf
ピンのせん断限界荷重計算値(uP_c)	32.0tf
破壊荷重実験値(uP_e)	82.2tf
(uP_e)/(aP_c)	4.5
(uP_e)/(uP_c)	2.6

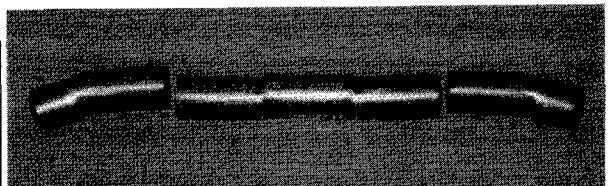


図-8 ピン破壊状況

5. まとめ

ピン継手は、継手カバーを今回のような断面に設定した場合、許容、破壊耐力ともに一般的な計算式によるせん断耐力を上回った。要素実験レベルでは、せん断断面数による違いがなかったので、せん断耐力は、ピンの直径とせん断断面数から設計できる。曲げ試験より、ピン構造としての機能を確認することができた。

今後は、ピン継手の制作方法および施工性について検討するとともに、ピンの材料に10.9クラス材料を用いて実物大での引張試験を実施する予定である。

『参考文献』

- 1)セグメント方式による矩形トンネルの適用性について、土木学会第49回年次学術講演会概要集(Ⅲ-635)
- 2)大断面矩形シールドトンネル用セグメントの開発(その3)、土木学会第50回年次学術講演会概要集(Ⅲ-610)
- 3)道路橋示方書・同解説 Ⅱ鋼橋編(4.5ピンによる連結)