

開削トンネル構造の簡易化に関する一考察

| | | |
|------------------|-----|-------|
| 首都高速道路公団 | 正会員 | 山崎 俊樹 |
| 首都高速道路公団 | 正会員 | 田嶋 仁志 |
| オリエンタルコンサルタンツ(株) | 正会員 | 長谷川 勉 |
| オリエンタルコンサルタンツ(株) | 正会員 | 黒崎 信博 |

1. はじめに

開削トンネルの仮設に使用する土留め壁は、土水圧に対して十分な耐力を持っているが、竣工後も埋設されたままで構造的に寄与していない。しかし、この仮設物としての土留め壁をトンネル構造として考慮することができれば、側壁厚、中壁厚の縮小によって、開削施工に必要な用地幅を縮小することができる。施工に必要な用地幅を縮めることは、掘削や埋め戻し土量を削減でき、また、用地の確保や路下施工における街路の切り回しの施工性が向上する。そこで、本検討においては、仮設材として用いられていた鋼材の本体構造に有効活用と躯体形状の工夫による躯体幅の縮小効果を検討し、開削トンネル構造の側壁厚、中壁厚を縮減、簡易化に関する一考察を行った。

2-1. 土留め壁の土圧低減効果の検討

土留め壁と躯体構造は、用地制約や防水工の施工法によって、トンネル側壁との接続方法が分離壁構造と重ね壁構造に分けられる。そこで、土留め壁による土圧低減効果を把握するために平面骨組みモデルを用いて再現した。分離壁構造の検討ケースは、トンネル躯体と土留め壁の間に地盤バネを介して側圧を作用させたもの（ケース1）、頂版と底盤に支点を設け、土留め壁を支持することで側圧荷重を土留め壁とトンネル躯体で分担させたもの（ケース2）、ケース2において土留め壁からの水の回り込みを考慮し、土圧のみ土留め壁で分担させたもの（ケース3）とした。重ね壁構造は、土留め壁とトンネル躯体のたわみ量は同じとし、部材の剛比に断面力が比例するものと考え、頂版と底盤を土留め壁と剛結させ曲げと軸力を分担させたもの（ケース4）、土留め壁と躯体を剛結せず土留め壁に曲げのみを分担させたもの（ケース5）の検討を行った。（図-1）

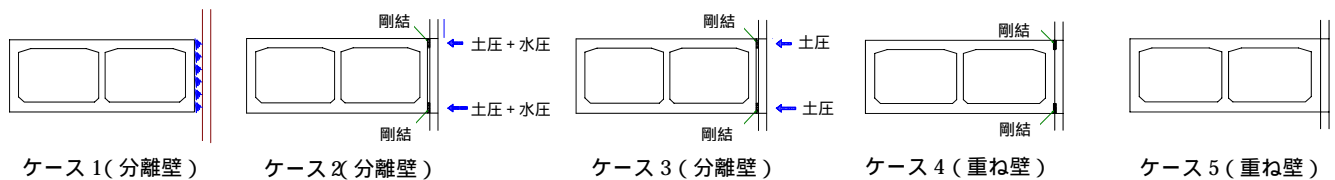


図-1 土留め壁の土圧低減効果検討ケース

2-2. 部材断面形状に伴う低減効果の検討

側壁、中壁などのトンネル構造の鉛直部材は、コンクリートの圧縮強度で決定される。曲げと軸力が作用する側壁は部材縮小が困難であるが、中壁部材は曲げ圧縮の影響が小さく応力上部材縮小が可能であると考えた。そこで、中壁部材の縮小($t=0.8m$ $t=0.6m$)に伴う低減効果（ケース6）の検討を行った。また、水平部材においては、上床版へのアーチ形状の採用による曲げモーメントの低減効果（ケース7）の検討を行った。（図-2）

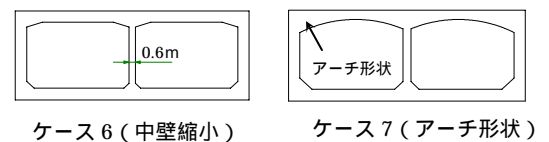


図-2 部材断面形状による検討ケース

3-1. 土留め壁の土圧低減効果の検討結果

ケース1：側圧が地盤バネを介してほぼ100%躯体に伝達されるため、部材厚の低減効果は生じなかった。

ケース2：側圧を全て土留め壁で分担するため、躯体側壁には荷重が作用していない。このため、側壁モーメン

キーワード 開削トンネル、土留め壁、中壁

連絡先：〒100-8930 東京都千代田区霞が関1-4-1 首都高速道路公団工務部設計技術課 Tel:03-3539-9464 Fax:03-3502-2411

トが大きく低減すると考えたが、側壁上端の断面力低減は見られたものの、側壁下端の曲げモーメントは増加している。これは、頂版と底盤の端支点モーメントが側壁に分配されたためであり、その感度は側壁下端への影響が大きいことが判る。頂版、底盤の曲げモーメントの増加原因は、中壁への軸力増加に伴い、頂版、底盤の負曲げモーメントが増加したためである。以上の結果から側壁への低減効果は小さく、鉛直荷重が中壁に集中するため、頂版、底盤の負曲げモーメントを大きくし部材厚が増加することが判った。

ケース3：土圧のみの負担を考慮したため、影響は小さくなっているものの、上記のケース2と同様な傾向を示した。

ケース4：躯体側壁に作用する曲げモーメントが土留め壁と躯体断面の剛比に分配されることにより、側壁部材断面の縮小（ $t=1.1m$ $t=1.0m$ ）が可能となった。また、頂版と底盤を土留め壁と剛結し、軸力を分担させることにより頂版、底盤の断面力変化が生じないため、部材厚の変化も発生していない。

ケース5：ケース4同様、側壁に作用する曲げモーメントは分配されるものの、躯体と土留め壁を剛結していないため、軸力の分配は生じていない。鉛直部材である側壁は、軸力による圧縮応力の影響がより大きいために、曲げモーメントの低減のみでは、部材断面を縮小させることはできなかったものと考えられる。

| | | ケース1 | ケース2 | ケース3 | ケース4 | ケース5 |
|-----|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| 断面力 | 側壁（上端） | M= -1,416kN・m(100%) | M= -922kN・m(65%) | M= -1,210kN・m(85%) | M= -1,262kN・m(89%) | M= -1,262kN・m(89%) |
| | | N= 1,388kN (100%) | N= 1,241kN (90%) | N= 1,323kN (96%) | N= 1,233kN (89%) | N= 1,385kN (100%) |
| | 側壁（下端） | M= -1,131kN・m(100%) | M= -1,188kN・m(105%) | M= -1,149kN・m(101%) | M= -1,011kN・m(89%) | M= -1,011kN・m(89%) |
| | | N= 1,576kN (102%) | N= 1,419kN (92%) | N= 1,500kN (97%) | N= 1,373kN (89%) | N= 1,543kN (100%) |
| 頂版 | M= -2,614kN・m(100%) | M= -3,051kN・m(117%) | M= -2,766kN・m(106%) | M= -2,616kN・m(100%) | M= -2,616kN・m(100%) | |
| | N= 703kN (100%) | N= 831kN (118%) | N= 822kN (117%) | N= 703kN (100%) | N= 703kN (100%) | |
| 底盤 | M= -1,675kN・m(100%) | M= -1,952kN・m(116%) | M= -1,772kN・m(106%) | M= -1,677kN・m(100%) | M= -1,677kN・m(100%) | |
| | N= 961kN (100%) | N= 948kN (99%) | N= 957kN (99%) | N= 962kN (100%) | N= 962kN (100%) | |
| 部材厚 | 側壁 | $t=1.10m$ | $t=1.10m$ | $t=1.10m$ | $t=1.10m$ $t=1.00m$ | $t=1.10m$ |
| | 頂版 | $t=1.20m$ | $t=1.20m$ $t=1.30m$ | $t=1.20m$ $t=1.25m$ | $t=1.20m$ | $t=1.20m$ |
| | 底盤 | $t=1.30m$ | $t=1.30m$ $t=1.45m$ | $t=1.30m$ $t=1.35m$ | $t=1.30m$ | $t=1.30m$ |

表-1 土留め壁の土圧低減結果

3-2. 部材断面形状に伴う低減効果の検討結果

ケース6：中壁部材の縮小に伴う側壁の断面変化は見受けられなかった。頂版、底盤共に曲げモーメントが小さくなり、底盤の部材厚を縮小（ $t=1.30m$ $t=1.25m$ ）できたものの、頂版の部材厚を縮小するまでにはいたらなかった。

ケース7：頂版をアーチ形状にすることにより端支点モーメントが小さくなり、側壁に作用するモーメント及び軸力の低減が図れた。それに伴い、側壁厚は（ $t=1.1m$ $t=1.0m$ ）縮減できたものの、中壁の軸力が増

加したことに伴い底盤の曲げモーメントが増加し部材厚も大きくなった（ $t=1.30m$ $t=1.40m$ ）。また、頂版をアーチ形状にすることに伴い、コンクリートボリュームは増加するため、トンネル構造の簡易化とはなり難い。

4. まとめ

開削トンネル構造において、土留め壁によるトンネル躯体縮小への効果は、側壁と土留め壁を剛結することで躯体からの断面力を効果的に分配することができる。部材断面形状による検討においては、アーチ形状により端支点モーメントを低減させ側壁厚の低減が図れること、中壁厚の縮減による軸力変化が頂版、底盤の曲げモーメント、せん断力の変化となって現れる。トンネル断面は、部材結合部において相互に断面力が分配され、一箇所の荷重変化が全ての部材に影響を与え、断面力が変化し、単に荷重を低減することが部材厚縮減につながる訳ではないことが確認できた。今後は、躯体と土留め壁を確実に応力伝達できる構造や縮小した中壁構造の耐震性に優れた材料や構造の検討が必要となると考える。

| | | ケース6 | ケース7 |
|-----|---------------------|---------------------|-------------------------------|
| 断面力 | 側壁（上端） | M= -1,448kN・m(102%) | M= -1,109kN・m(78%) |
| | | N= 1,398kN (101%) | N= 1,365kN (99%) |
| | 側壁（下端） | M= -1,171kN・m(103%) | M= -1,026kN・m(90%) |
| | | N= 1,557kN (101%) | N= 1,507kN (98%) |
| 頂版 | M= -2,509kN・m(96%) | M= -2,909kN・m(111%) | |
| | N= 703kN (100%) | N= 877kN (125%) | |
| 底盤 | M= -1,546kN・m(92%) | M= -1,872kN・m(112%) | |
| | N= 963kN (100%) | N= 938kN (98%) | |
| 部材厚 | 側壁 | $t=1.10m$ | $t=1.10m$ $t=1.00m$ |
| | 頂版 | $t=1.20m$ | $t=1.20m$ $t=1.10 \sim 1.70m$ |
| | 底盤 | $t=1.30m$ $t=1.25m$ | $t=1.30m$ $t=1.40m$ |

表-2 部材断面形状に伴う低減効果