MD材を用いたプレキャストアーチトンネルの施工報告

日本道路公団　岩本　英將
日本道路公団　河本　敦
東亜建設工業㈱　杉山　徹
石川島建材工業㈱　正会員　○中山　壮一郎

１．はじめに

道路及び鉄道等の開削トンネルにおいて，現場打ちボックスカルバートが一般的に用いられてきたが，省力化や品質向上，工期短縮を目的にプレキャスト製品を用いたアーチトンネル工法がいくつか開発されている．

どの工法も同様であるが盛土施工時には，トンネル横断方向に対して左右均等に荷重を作用させることは困難であり，トンネルに偏荷重が作用し，プレキャスト版に大きな変形と引張応力が発生する．また，それを許容する断面力により部材断面が決まっている．そこで，施工時に発生する応力を仮設物で低減し，部材断面を薄くすることを目的としたMD材（Modified Deformation）工法を日本道路公団，東亜・大木ＪＶ，石川島建材工業で開発し，第二東名高速道路金谷東工事内でモデル試験を行い，その有効性が高いことを確認した[1) 2)]．本報告では，同工事内でMD材工法を採用して構築したトンネルについて盛土施工時の部材応力および挙動を計測した結果について述べ，加えて従来工法で構築したトンネルと部材性能を比較した結果について述べる．

２．MD材工法の概要

MD材工法は，図１に示すようにプレキャスト版に上下端を連結する弦材を設置することにより，施工時の偏土圧による変形を抑制することで，プレキャスト版に発生する応力を低減するという考えである．また，完成時にはMD材の機能は終了しているため，撤去することによりトンネルの有効断面を侵さない．

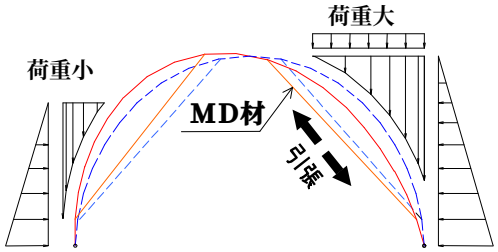


図１　MD材の効果

３．盛土計測概要

盛土計測を行ったトンネルの断面図を図２に示す．また，計測は，北側断面と南側断面の２断面において行った．

施工順序は表１に示すように，アーチ部材を設置する前にMD材を取付け，アーチ形成後にMD材の張力を均一にするため軸力を導入した．また盛土施工は片側を６０ｃｍ盛土して，左右の盛土差が６０ｃｍとなるように行った．施工順序毎に計測を行った結果，計測期間は約2.5ヶ月となった．理論値との比較を行うための設計条件を表２に示し，計測項目を表３に示す．

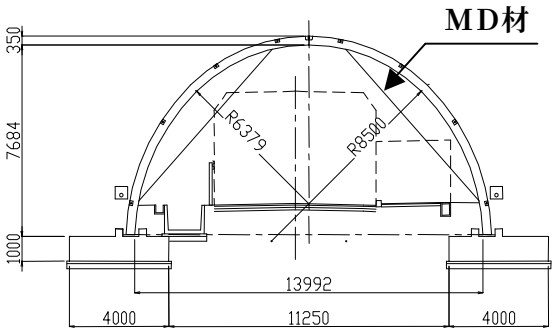


図２　トンネル断面図

表１　施工順序

順　序	内　　容
STEP0	アーチ部材・MD材設置
STEP1	MD材への軸力導入
STEP2	片側 60cm,反対側 120cm 盛土施工
STEP3	片側 180cm,反対側 120cm 盛土施工
STEP4	片側 180cm,反対側 240cm 盛土施工
STEP5	片側 300cm，反対側 240cm 盛土施工
～	この間　片側＋120cm の繰返し
STEP13	片側 780cm，反対側 720cm 盛土施工
STEP14	両側天端まで盛土完了
STEP15	天端より 50cm 盛土施工

表２　設計条件一覧

設計条件		
盛土単位体積重量		19kN/m³
水平土圧係数		0.3 or 0.5
コンクリート圧縮応力度		50N/mm²
鉄　筋	ヤング係数	2.0×10⁵N/mm²
MD材	仕　様	φ25 (M27)SS 材
	ヤング係数	2.0×10⁵N/mm²

表３　計測項目一覧

計測項目	計測方法	計測点数
鉄筋応力度	ひずみゲージ	32
ｺﾝｸﾘｰﾄ応力度	ひずみゲージ	32
内空変位	ﾚｰｻﾞｰ測距計	7

キーワード　開削トンネル，プレキャストアーチトンネル，応力度低減，コストダウン
連絡先　〒100-0006　東京都千代田区有楽町 1-12-1　石川島建材工業株式会社　ＴＥＬ03-5221-7325

４．計測結果

偏土圧の影響が顕著に現れたＳＴＥＰ１３のコンクリート応力度を図３に，変位を図４に示し，各ステップにおけるＭＤ材張力の経時変化を図５に示す．

ここで，図３及び図４の理論値は，水平土圧係数 0.5 でＭＤ材有りの場合とＭＤ材無しの場合について計算した結果を示している．また，図５の理論値は，水平土圧係数 0.3 と 0.5 について計算した結果を示している．北側断面実測値と南側断面実測値はほぼ同じ値となっているため，実測値の信憑性は高いと思われる．

図３に示したコンクリート応力度の実測値には多少のばらつきがあるがＭＤ材を取付けた場合の理論値に近似している．

図４に示した変位図では，実測値がコンクリート応力度と同様にＭＤ材を取付けた場合の理論値に近似している．ＭＤ材を取付けた場合と無しの場合の理論値を比較すると約３mmの変位をＭＤ材で抑制していることがわかる．

図５でもＭＤ材の張力は水平土圧係数 0.3 と 0.5 の理論値の間で推移している．

図６にＭＤ材の有無による部材性能の比較表を示す．比較は，プレキャストアーチトンネル工法の一つであるＰＣ－ＡＴＭについて行った．比較の結果，製品重量で１３%，鉄筋重量で２８%の使用材料の低減が可能となる．

５．まとめ

ＭＤ材工法を採用したトンネルは変状も無く盛土施工を完了した．また，計測結果から分かるようにプレキャスト部材に発生する応力及び変位は，２次元 FRAME 解析により説明できることが確認できた．

ＭＤ材工法は，従来工法と比較してＭＤ材材料費や取付け費は増加するが製品本体費が低減されることで，経済面および施工面において優位な工法であると考える．しかしながら，ＭＤ材の形状および材質等にまだ改善の余地があるため改良を加え，更にＭＤ材工法を発展させたいと考える．

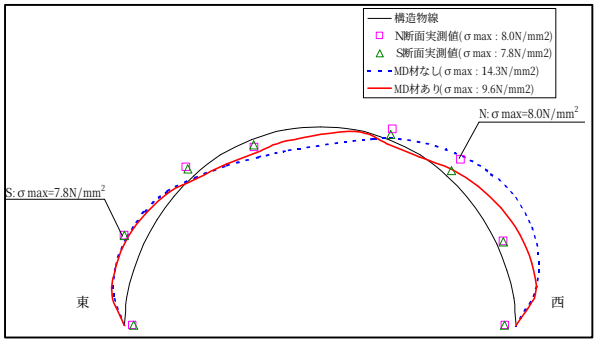


図３　ｺﾝｸﾘｰﾄ応力図(STEP13)

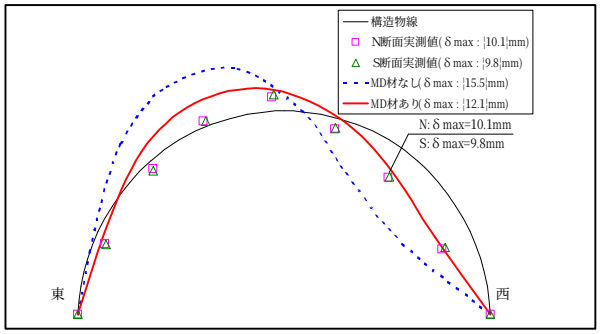


図４　変位図(STEP13)

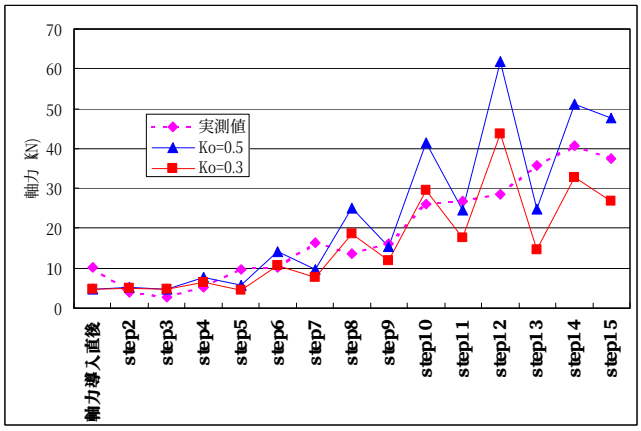


図５　ＭＤ材張力変化図

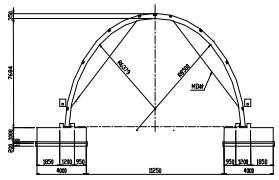
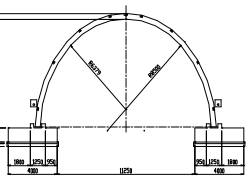
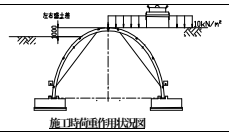
	ＭＤ材工法	従来工法
断面図		
部材厚	t＝350mm（製品重量：9.7ｔ）	t＝400mm（製品重量：11.2ｔ）
配置鉄筋	内面主鉄筋：D25−8 本 外面主鉄筋：D22−8 本 （使用鉄筋重量　W=790kg）	内面主鉄筋：D32−8 本 外面主鉄筋：D25−8 本 （使用鉄筋重量　W=1090kg）
応力度 注1	正曲げに対して　σc＝ 13.0N/mm²　(19.3N/mm²) 《0.67》 σs=178.0N/mm²　(311.1N/mm²) 《0.57》 負曲げに対して　σc＝　8.1N/mm²　(10.5N/mm²) 《0.77》 σs=171.0N/mm²　(230.5N/mm²) 《0.74》 MD材に作用する軸力　N=117.18kN	正曲げに対して　σc＝ 10.4N/mm² σs=164.3N/mm² 負曲げに対して　σc＝　6.5N/mm² σs=142.9N/mm²
備考	比較対照：第二東名高速道路金谷東工事　STA.467+35.00 検討条件：施工時荷重作用時（右図参照） 盛土材の単位体積重量　19kN/m³ 水平土圧係数　K=0.3　or　0.5 重機荷重　10kN/m²（右図参照） 注1：MD材工法の応力度表中()内数値は、従来工法で部材厚(t=350mm)、配置鉄筋(内面D25−8 本-外面D22−8 本)とした場合の値 ◇ 内数値は、従来工法に対するMD材工法の応力度の低減率	 施工時荷重作用説明図

図６　ＭＤ材の有無による構造比較

参考文献

1)杉山,國藤;MD 材を用いたﾌﾟﾚｷｬｽﾄｱｰﾁﾄﾝﾈﾙの開発,土木学会第 57 回年次学術講演会 第VI部門 平成 14 年 9 月

2)岩本,宮内,中山;ﾌﾟﾚｷｬｽﾄｱｰﾁｶﾙﾊﾞｰﾄの新工法およびその特性,第 25 回日本道路会議論文 07P04　2003.