

MMST工法によるトンネル構造の課題と実験（その1）

首都高速道路公団 正会員 ○内海 和仁，森 健太郎，田中 充夫
大成・鹿島・戸田特定建設工事共同企業体 正会員 安部 吉生，服部 佳文

1. はじめに

MMST工法（Multi-Micro Shield Tunneling Method）は，トンネル外殻部を複数の単体トンネルにより先行して構築し，それらを相互に連結，外殻部躯体を構築した後に内部土砂を掘削しトンネルとする特有の施工手順を有する(図-1)．MMST工法の実用化に向けて，試験施工としてMMST工法を適用した換気洞道工事では，施工時の計測および様々な実験を行い，施工データの蓄積および本線トンネルの合理的な設計に向けて多大な成果を挙げ，平成11年11月にしゅん功した．現在，これらの得られたデータを基本として高速川崎縦貫線本線トンネルの実施工に向け実施設計を進めているが，施工規模の違いや設計・施工の合理化のため換気洞道工事から構造を見直すべき部分が生じ，その構造特性については実験により確認を行っている．本報告は，MMST工法によるトンネル構造の課題と実験の概要についてまとめたものである．

2. 換気洞道工事と本線工事の相違点

換気洞道と本線トンネルには，図-2 に示すような断面形状の違いや，表-1 に示すように発生断面力，継手・接続構造，鋼殻主桁・縦リブ形状などの相違点が挙げられる．

3. 実験概要

図-3にMMST工法による本線トンネルの設計フロー，設計上確認すべき力学特性，および構造実験項目をまとめた．各実験の概略を以下に紹介する．

(1)単体トンネルの設計に関する実験

・鋼殻継手曲げ試験：外殻構造の設計においては，換気洞道工事とは異なり，断面力が高いことから本線トンネルでは鋼殻ピース間継手ボルトを仮設とし，切欠きを設けた継手板の内側に継手鉄筋を配置して継手構造としている．しかし，このような形状で大きく継手板に切欠きを設けた継手構造の前例はないため，実験にて単体トンネルの鋼殻仮設時の継手部強度を確認した．また，ボルト軸力にはてこ反力が大きく影響することが判明したため，ボルトで接合する継手部にてこ

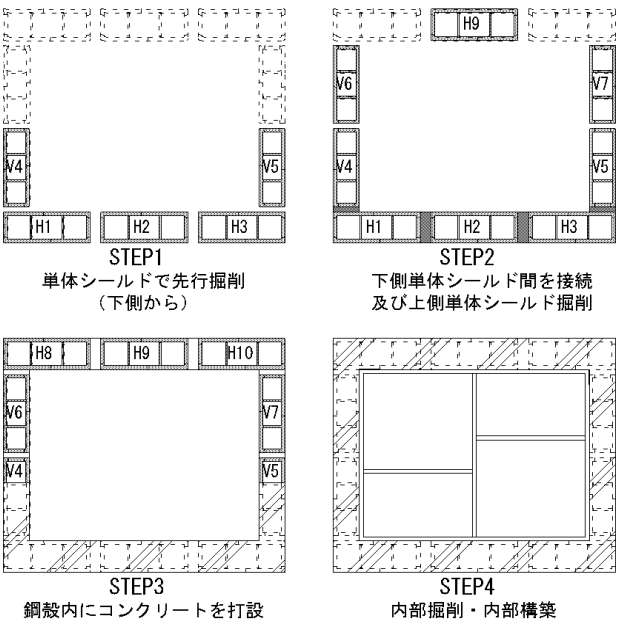


図-1 MMST工法施工手順(本線トンネル)

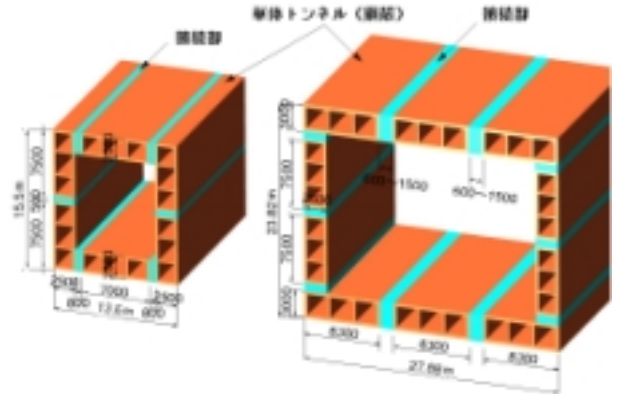


図-2 換気洞道と本線トンネル断面比較

表-1 換気洞道と本線トンネルの相違点

	断面形状	発生断面力	継手構造	接続構造	鋼殻主桁・縦リブ
本線トンネル	換気洞道の約3倍	換気洞道の約6倍	ボルト(仮設)+鉄筋	支圧方式	平鋼
換気洞道	—	—	ボルト接合	結合方式	形鋼

キーワード MMST工法，シールドトンネル，許容応力度設計法，構造実験
連絡先 〒221-0013 横浜市神奈川区新子安1-2-4 首都高速道路公団 神奈川建設局 TEL 045-439-0755

■設計フローと構造実験項目の関係

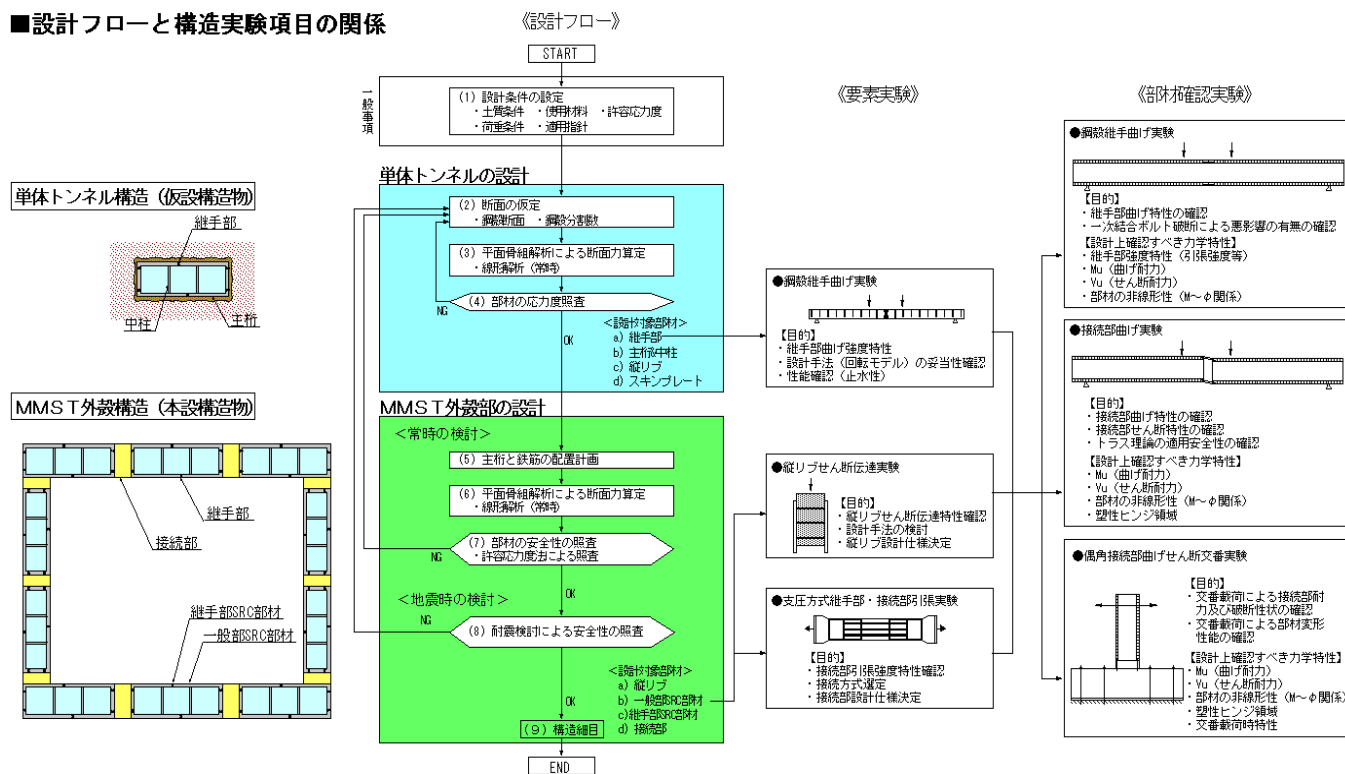


図-3 設計フローおよび構造実験項目

反力を考慮した設計モデルを適用することとした。

(2) 外殻構造の設計に関する実験

- ・ **縦リブせん断伝達試験**：ジャッキ推力から決定される縦リブには、外殻構造のシアコネクタとしての役割も期待しているが、外殻構造構築時に縦リブに切欠きを設けて継手・接続鉄筋を配置することとしているため、切欠きを有する縦リブのシアコネクタとしての性能を実験により確認した。
- ・ **主桁接続部引張試験**：本線トンネル外殻構造の継手部および接続部には、施工性および施工誤差の吸収に有利なコンクリートを介して力を伝達する支圧方式と、コンクリート充填性に左右されない直接的に力を伝達する結合方式を部位に応じて使い分けることとしている。結合方式に関しては換気洞道工事にて既に適用され、その性能は確認済みであるのに対し、新たに提案した支圧方式に関しては接続部引張試験を実施し、支圧方式を適用した接続部の応力伝達機構および引張強度特性等を確認した。
- ・ **継手部曲げ試験および接続部曲げ試験**：本線トンネルでは、支圧方式継手・接続構造を、それぞれ鋼殻ピース間継手と単体トンネル間接続部に適用することとしている。ここで、支圧方式の継手および接続部を有する梁供試体の曲げ載荷試験を実施し、支圧方式継手・接続構造の曲げ耐荷特性（曲げ耐力、変形性能等）を確認した。また、外殻構造の常時の検討においては、鋼殻の主桁をそれと同等な鋼材量の鉄筋に換算し、RC許容応力度設計法により部材の安全性を照査しているが、その設計手法を外殻構造の設計に適用する妥当性も確認した。
- ・ **隅角接続部交番試験**：これまでの実験では、荷重と除荷の繰返しによる影響および軸力を考慮したものはない。そこで、地震時に最も大きい曲げ作用が働く外殻構造の隅角接続部に着目した交番載荷試験を行い、正負交番荷重による接続部の変形特性および強度特性を確認し、耐震設計に資する予定である。

4. まとめ

今後、川崎縦貫線本線トンネルの実施工において予定されている計測管理より得られるデータをもとに、より合理的な設計手法の提案を行っていきたい。最後に、本工法の開発・実用化にあたり多大なるご指導・助言を頂いた『川崎縦貫線におけるMMS T工法の設計施工に関する調査研究委員会』の委員長（東京都立大学今田徹名誉教授）及び委員の皆様へ深く感謝の意を表す。