MMST工法によるトンネル構造の課題と実験(その2)

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

## 1.はじめに

MMST工法(Multi-Micro Shield Tunneling Method)において,外殻躯体 は,単体トンネルの鋼殻をRC部材の主鋼材として評価し断面設計を行ってい る.その際,鋼殻ピース間の継手部が,外殻躯体の断面力の大きな位置に配置 されるため,継手部が主桁と同程度の性能を持つことが必要となる.(図-1参 照)本報では,その対策として必要となる鋼殻の継手板に切欠きのある継手部 の構造特性(耐力,止水性)を実験により確認した結果およびその設計手法に ついて報告する.



高速川崎縦貫線本線トンネル構造においては,外殻部に発生す る断面力は,曲げが卓越する上に大きく,単体トンネル時に配置 する鋼殻ピース間の継手ボルトを本設構造として利用すること が非効率であるため,継手部に接続鉄筋を配置し補強を行った. 接続鉄筋は,有効高さを大きく確保できるよう継手板に切欠きを もうけ,主桁高さ内に配置できるようにした.(図-2)しかし, このように大きく継手板に切欠きを設けた継手部の前例はなく, 単体トンネル時における継手部の強度特性および止水性が懸念 されたことから,実験により構造特性を確認した.

## 3.実験概要

鋼殻継手曲げ試験の概要を図-3 に示す.供試体の幅は1リング (1.2m)とし,隣接リングとの 境界条件を模擬するために,拘 束治具により端部主桁の面外膨 らみ変形を拘束した.主桁には SM400,継手版にはSM490,スキ ンプレートにはSS400を使用し, 実物大模型(1/1 スケール)と した.

継手部の仮設ボルトは,図-3に 示す圧縮縁を回転中心として引 張力を算定し断面設計を行い普 通ボルト4.8 M27 8本を配置 し,180 N/mm2 の初期締め付け 応力を予め導入した.



キーワード MMST工法, 鋼殻継手構造, てこ反力, 仮設ボルト 連絡先 〒163-0606 東京都新宿区西新宿 1-25-1 大成建設(株)土木本部土木設計第二部 TEL03-5381-5417



切欠きを有する継手板 スキンプレート



図-2 継手部構造

写真A

-

0

写真 B:端部主桁变形状況

0 0

0

## 4.実験結果

図4に実験終了時の鋼殻継手部の変形状況を示す.実験は 中央主桁下側2本のボルト(dとf)の破断により耐力が大き く低下して,終局を迎えた.図5~図7に供試体の荷重-変位 関係,荷重-ボルト歪み関係,および荷重-継手板付根部の主 桁歪み関係を示す.なお,参考のために仮設ボルトの短期許 容応力度相当荷重(設計荷重175kN)を同時に示した.主な 実験結果を要約すると以下のようになる.



写真A:目開き状況

1) 鋼殻継手部の耐力実験値(380kN)はボルト許容応力度相当荷重(175kN)の2.2倍となる.(図-5)

- 2)ボルト許容応力度相当荷重(175kN)において,下段のボルトは短期許容応力度を超えて降伏状態(歪み 1600 ~ 2000 µ)に達している.ボルト断面においては,スキンプレート位置を中心とした継手板が平面保持をす るような回転挙動は示さず,スキンプレート側のボルトは圧縮領域内にあり,引張力が作用するのは,終 局状態である.(図-6)
- 3) 端部主桁と継手板の接合部付近では,端部主桁に面外曲げ応力が発生し,最大耐力時には面外降伏すると ともに,継手板の変形により中央主桁寄りの反り変形をしていることが観察された(図4,7).
- 4)最大耐力時まで継手板は終始弾性状態にあった.また,ボルト許容応力度相当荷重の1.7倍に相当する荷 重レベル(300kN)でも,止水シール位置での目開きは生じていないことが確認された.
- 5.まとめ

実験結果から推定される継手部の挙動を図-8 にまとめる. 継手板に切欠きを有する継手部では,てこ反力の影響が大き くボルト軸力に影響しており,図-3 に示す回転モデルでボルト を設計すると,設計荷重レベルにおいて,ボルトが降伏するこ とがわかり,設計モデルを再考する必要が生じた.

主桁の弱軸方向への変形,てこ反力の影響を考慮すべく,図 -8 に示すように継手部の主桁,継手板およびボルトを梁-バネ でモデル化を行ったところ,回転モデルにより得られる軸力の 1.5~2.0 倍の軸力が発生することがシミュレートでき,実験結 果が示すてこ反力によるボルト軸力への影響を適切に評価する 事ができた.よって,継手板に切欠きのある継手部においては, てこ反力を考慮できる本モデルにてボルトの設計を行った. 参考文献



・土木学会論文報告集第296号「シールド工事用セグメントのセグメント継手の挙動について」村上博智・小泉淳