

V-415

MMS T工法における長ボルト継手を有する合成構造部材の特性

鹿島技術研究所	正会員	古市 耕輔
鹿島技術研究所	正会員	石原 美光
鹿島技術研究所	正会員	平 陽兵
鹿島土木設計本部	正会員	大澤 一郎
新日鐵鉄鋼研究所		三宅 正人

1. はじめに

大断面の矩形トンネルを構築する新しいシールド工法として、MMST (Multi-Micro-Shield-Tunneling) 工法の開発が進められており¹⁾、現在、首都高速道路公団による高速川崎縦貫線の換気洞道工事に試験工事として採用されている。本工法によるトンネル躯体は、上下両面を鋼殻により補強された鋼・コンクリート合成部材（以下、SC 部材）で構成されている。このSC 部材は、ユニット状の鋼殻同士を一体化させるために継手を有している。そのため、継手は継手部を含めた鋼殻全体が、SC 部材の補強材として適切に機能するような方法とする必要がある。鋼殻ユニット間の継手方法として、一般的には、従来の鋼製セグメントの発想から、ユニットの端板同士を短いボルトで接合することが考えられる。しかし、この場合端板の剛性が足りない場合には各ボルト毎に発生する応力がばらつき、ボルト全体の能力を有効に利用することができないという問題があった。そこで、図-1に示すように、ユニットの端部を鋼とモルタルを用いて補強し、長いボルトにより接合する方法（長ボルト式継手）を開発し、適用性確認のための実験を実施した。

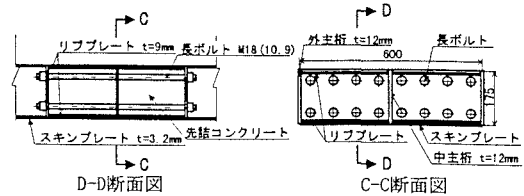


図-1 長ボルト継手概要図

2. 実験概要

実験は、力の伝達状況およびユニット端部の補強構造を確認するための単体引張実験と、長ボルト式継手により鋼殻を一体化したSC 梁部材の曲げ挙動を把握するためのSC 部材実験の2種類とした。

1) 単体引張実験： 実験には、図-2に示すようなユニット端部を 1/2 縮尺にモデル化し、他端には載荷のための治具を取り付けた試験体を用いた。試験体には、上下2段、8列に長ボルトを配置しており、これには軸力分担を把握するためにゲージを張り付けた。表-1に試験体に用いた材料の特性を示す。載荷は、5000KN のアムスラーを用い荷重は単調増加とした。

2) SC 部材実験： 試験体は、図-3に示すような、実験対象部位のトンネル軸方向の1リング分を取り出し、実構造物の1/2 縮尺モデルとし、部材の引張り鋼材量は鋼殻部で1.2%、継手部（ボルト断面積）で0.4%とした。また、本実験では曲げ挙動を検討対象とするため、せん断補強鋼材量を0.4%とすることで、曲げ破壊が先行するようにした。使用した鋼材は単体引張試験と同じとした。コンクリートは粗骨材の最大寸法を試験体の縮尺に合わせて10mmとし、その実験時圧縮強度

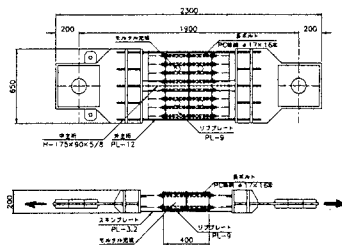


図-2 単体引張試験体形状

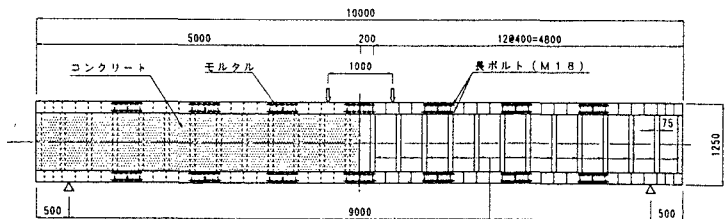


図-3 SC 部材試験体形状

キーワード：MMST 工法、合成構造、継手、曲げ特性

連絡先：1) 〒182-0036 東京都調布市飛田給 2-19-1	鹿島技術研究所	TEL. 0424-89-7076	FAX. 0424-89-7078
2) 〒107-0052 東京都港区赤坂 6-5-30	鹿島土木設計本部	TEL. 03-5561-2180	FAX. 03-5561-2155
3) 〒293-8511 千葉県富津市新富 20-1	新日鐵鉄鋼研究所	TEL. 0439-80-3087	FAX. 0439-80-2746

は 28N/mm^2 であった。実験は2点載荷で行い、引張側鋼殻が計算上の許容応力度に達する荷重まで載荷した後、一旦除荷し、さらに破壊に至るまで単調増加で載荷した。

3. 実験結果及び検討

1) 単体引張実験： 実験の荷重－変位関係を図－4に、鋼殻が降伏する直前におけるボルトの軸力分担状況を図－5に示す。各ボルトおよび補強に用いた鋼材とモルタルは、鋼殻が降伏するまで健全であった。また、各段毎のボルト軸力はほぼ均等になっていた。このとき、スキンプレートに近い下段の方が上段の2倍程度の軸力を負担していたが、これは鋼桁断面の図心位置とボルトの配置位置の偏心から想定される軸力分担比の値とほぼ一致していた。

2) SC 部材実験： 梁部材曲げ実験の荷重－変位関係を図－6に、ひび割れ状況を図－7に示す。ひび割れは荷重 208kN で載荷点直下（継手ではなくボルトの固定位置）に同時に2本発生し、その後支点側に向かって順次ボルト固定位置から発生し、最終段階まで継手部にはひび割れが発生しなかった。荷重 $1000\sim 1100\text{kN}$ で引張側スキンプレートと主桁が降伏した後、 1480kN で等曲げ区間内にある引張側継手部の長ボルトのネジ部が破断し荷重が瞬時に低下した。以上から、本構造の場合、継手部分（ユニット端部）の剛性が高く、初期に導入したボルト軸力が有効に効いていたことがわかる。また、測定した軸力の分担は上記の単体引張実験と同様の傾向を示していた。既に実施した、継手の無いSC部材や摩擦接合継手を有するSC部材は鋼殻を鉄筋に置き換え、RC部材として考えたときの曲げ耐力計算値で安全側に評価できることがわかっている²⁾。今回の実験における最大荷重（ 1480kN ）も、上記と同様に引張側に配置された鋼材を鉄筋に置き換え、鋼材の規格降伏強度を用いてRC断面として算定した抵抗曲げモーメントから求まる設計耐力値（ 1100kN ）を上回っていた。

また、試験体の耐力を、単体引張実験で確認されたボルトの荷重分担考慮し、長ボルトの材料試験より得られる引張強度を用いて、RC断面として算定した値は 1290kN となり、実験結果を精度良く評価することができた。

4. まとめ

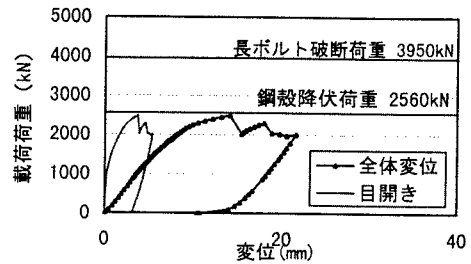
長ボルト式継手について、2種類の実験的検討を行った結果、本継手構造は各ボルトの軸力分担を均等にし、ボルトの本来持つ性能を十分に利用できること、およびこの継手方式により接合された鋼殻が引張補強材となるSC部材の耐力が、鋼断面の図心とボルトの配置位置を考慮することで、RCの耐力算定方法により安全側に評価可能なことが確認された。

[1] 桜井順他：MMST工法の実用化に関する研究。土木学会第51回年次学術講演会，pp.224-225，1996.9

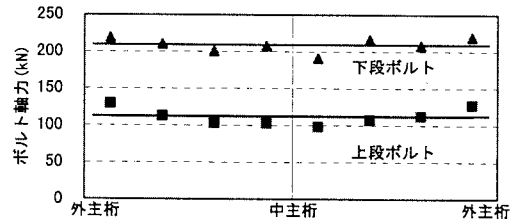
[2] 石原美光他：継手を有する鋼殻によるサンドイッチ部材の曲げ特性。コンクリート工学年次論文報告集，Vol.19，No2，1997，pp.1425-1430.

表－1 使用材料一覧表

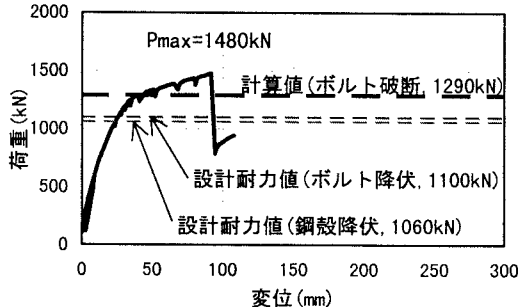
試験体	使用部位及び板厚(mm)	降伏点又は耐力 (N/mm^2)	引張り強さ (N/mm^2)
長ボルト	スキンプレート $t=3.2$	323	491
	主桁 $t=12$	306	446
	長ボルト M18	1,003	1,093



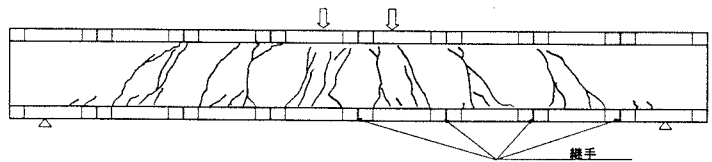
図－4 単体実験の荷重－変位関係



図－5 軸力分担状況図



図－6 荷重－変位関係



図－7 ひび割れ状況図