

MMST 外殻構造の耐火性検討 (その1) [支圧接合部の荷加熱実験]

首都高速道路 (株)	正会員	相川	智彦
首都高速道路 (株)	正会員	○清水	実
大成建設 (株)	正会員	佐藤	充弘
大成建設 (株)	正会員	水野	敬三

1. はじめに

首都高速川崎縦貫線における MMST (Multi-Micro Shield Tunneling) 工法の外殻構造は、鋼殻部 (SRC 構造) と鋼殻の接続部 (RC 構造) から構成される複合構造である (図-1 参照)。この外殻構造には要求性能として、道路部での RABT 火災に対する安全性 (耐力) の確保が設定されており、実験及び解析方面から耐火構造を検証している。

基礎実験として、鋼殻内に充填するコンクリートの爆裂性状、有機繊維混入による爆裂抑制効果を把握するために急速加熱実験<sup>※)</sup> を行い、耐火対策工を行わなくても鋼殻部の安全性は確保されることを確認した。しかし、鋼殻の継手部及び接続部に採用している支圧接合については、力の伝達をコンクリートの圧縮によるタイドアーチ効果に期待することから、火災時の力学的挙動及び耐力が予測不可能であった。

そこで、支圧接合部の実物大実験体を用いて、①火災中の高温状態での性状と保持耐力の把握を目的とした荷加熱実験、②火災後の常温冷却状態での残存耐力の把握を目的とした荷加熱実験を行った。さらに、実験データを基に、③MMST 外殻構造の継手部及び接続部における火災中・火災後の残存耐力評価を行った。本報では、支圧接合部の荷加熱実験結果について報告する。

その中で、支圧接合部の実物大実験体を用いて、①火災中の高温状態での性状と保持耐力の把握を目的とした荷加熱実験、②火災後の常温冷却状態での残存耐力の把握を目的とした荷加熱実験を行った。さらに、実験データを基に、③MMST 外殻構造の継手部及び接続部における火災中・火災後の残存耐力評価を行った。本報では、支圧接合部の荷加熱実験結果について報告する。

2. 荷加熱実験

2.1 実験体

支圧接合部の構造図を図-2 に示す。支圧接合部の鉄筋に生じる引張力は、鉄筋の先端に設置されている支圧板を介して、コンクリート内部に発生するタイドアーチを伝わり、エンドプレートと支持板により結合された鋼殻の主桁に伝達される仕組みになっている。MMST 外殻構造の各部位における支圧接合部は、鋼殻の主桁とスキンプレートに囲まれており、同じ構造体がトンネル軸方向に連続している。タイドアーチ構造は、鋼殻内の主桁間で独立して形成されるため、主桁に拘束された鋼殻の 1/2 リング (600mm) を再現した実験体を製作した。支圧接合部実験体 (加熱領域) の両側には鋼殻 1/2 リングを模擬したブロック (非加熱領域) を設置し、実構造に則したトンネル軸方向のリング間の拘束効果、熱伝導における断熱境界を適確に評価した。

実験体概略図を図-3 に示す。なお、実験体の製作には、実構造物と同様の材料としてコンクリートは高流動コンクリート ( $f'_{ck}=30N/mm^2$ )、鋼材は SM490 材、鉄筋は SD345 を用いた。

キーワード MMST、シールドトンネル、火災、支圧接合、耐火

〒221-0013 神奈川県横浜市神奈川区新子安 1-2-4 オルトヨコハマ・ビジネスセンター 3F TEL045-439-0754

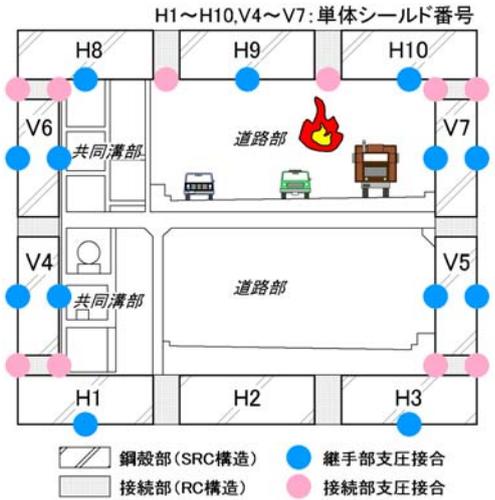


図-1 MMST 外殻構造概要図

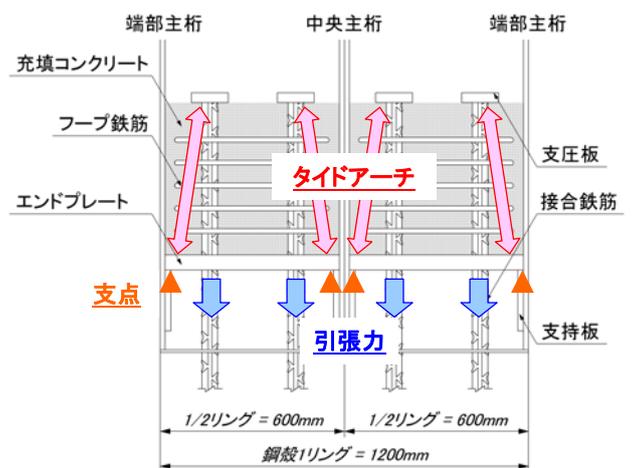


図-2 支圧接合構造図

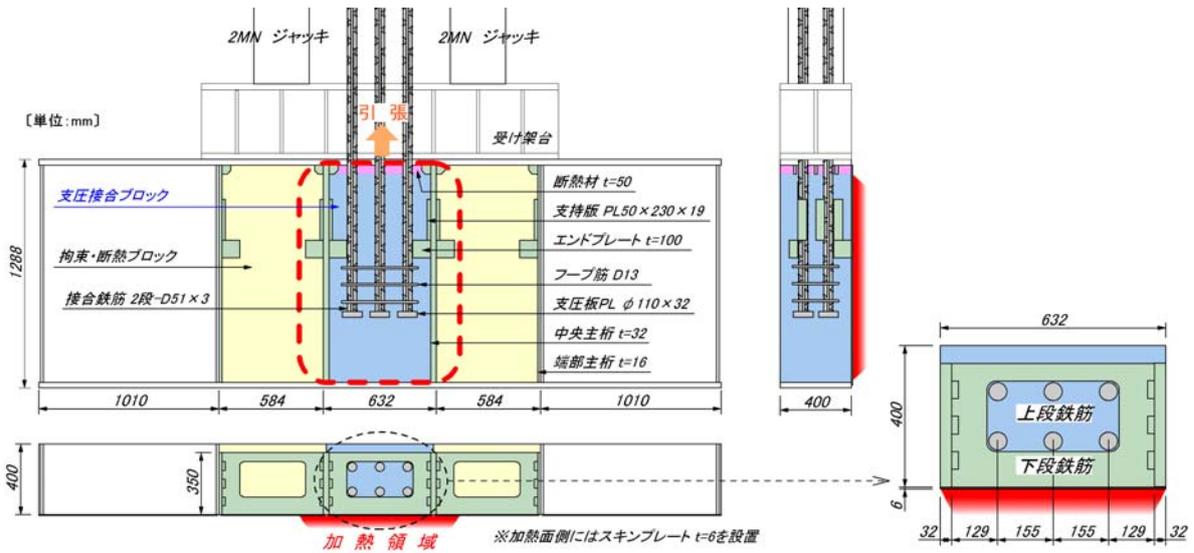


図-3 実験体概略図

2.2 実験内容

実験体は、支圧接合部に配置する鉄筋 (D51×3 本を 2 段配置) に、MMST外殻構造設計における常時の許容応力度相当の荷重 ( $\sigma_s=180\text{N/mm}^2, 365\text{kN/本}$ ) を 2MNジャッキにて導入し、炉上で荷重を保持した状態にてRABT (1200°C、60 分) 曲線で加熱を行った。実験体の加熱領域は、二次元熱伝導解析の結果からタイドアーチが形成される範囲を設定した。実験体内部には、内部温度計測用にコンクリート×22 点、鉄筋×4 点、鋼殻材×21 点の計測点を、ひずみ測定用に鉄筋×4 点、鋼殻材×13 点の計測点を設けた。

2.3 実験結果

計測結果として、炉内温度と実験体内部温度 (0mm が加熱面近傍) の経時変化を図-4 に、鉄筋応力の経時変化を図-5 に示す。炉内温度は、所定の加熱条件を満足しており、実験体内部コンクリートの 500°C到達深さは約 40mm、350°C到達深さは約 70mm となった。加熱開始から実験体内部温度が最高温度に到達するまでジャッキの荷重に変動はなく、支圧接合部が火災時に常時の設計荷重を保持できることを確認した。

鉄筋の応力は、加熱開始から約 50 分まで下段鉄筋 (加熱面側)、上段鉄筋 (加熱背面側) 共に増加した。これは、鉄筋とコンクリートの付着が切れ、支圧部での荷重伝達へ移行したと推定できる。加熱開始 50 分以降は、下段鉄筋の応力が減少し、上段鉄筋の応力が増加した。これは、下段鉄筋の受熱温度の上昇に伴い剛性が低くなったことで、上段鉄筋の応力分担が増加したと考えられる。しかし、上段鉄筋の応力は、鉄筋の降伏強度 ( $345\text{N/mm}^2$ ) 以下であり、加熱中も十分な耐力を確保していたことが確認できる。

3. まとめ

載荷加熱実験により、支圧接合部は、火災中に実験体内部温度が最高温度に到達しても常時の設計荷重を保持できることが確認された。

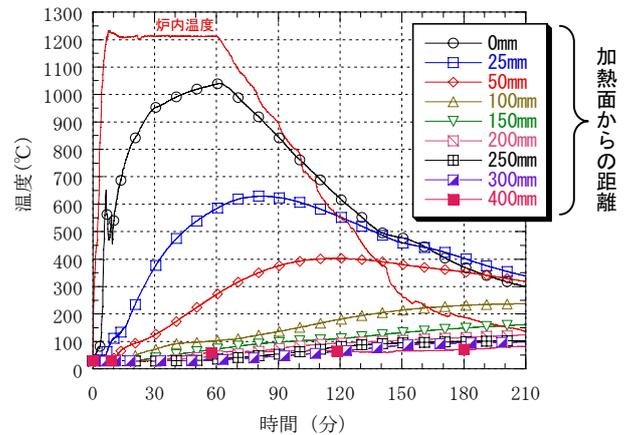


図-4 炉内温度と実験体内部温度の経時変化

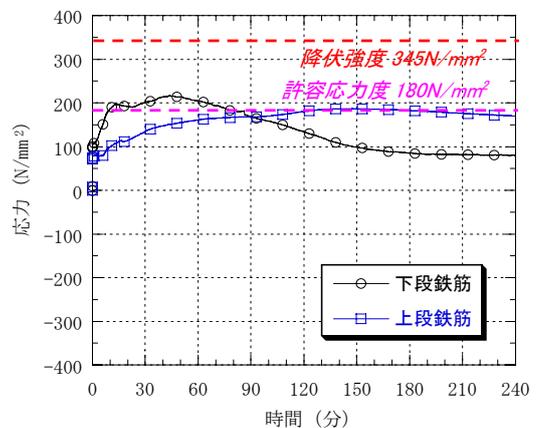


図-5 鉄筋応力の経時変化

※) 参考文献 : 相川智彦 他, MMST 工法への適用を考慮した有機繊維混入コンクリートの耐火性検討 (その 1~その 3), 土木学会 第 61 回年次学術講演会講演概要集 (平成 18 年 9 月), pp799-804