

MMST 外殻構造の耐火性検討（その 3）〔残存耐力の検討〕

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）正会員太田 匡司

1. はじめに

MMST 工法で施工中である首都高速川崎縦貫線の地下トンネルでは、道路供用時に予測される車両火災 (RABT60 分火災曲線を想定) に対して、MMST 外殻構造が十分な耐力を確保できるかどうかを実験と解析から検討している。

耐火構造検討の一部である基礎実験ではコンクリートの爆裂性状の把握、有機繊維混入による爆裂抑制効果の確認、SRC構造実験体の受熱温度分布の計測を行った。また、支圧接合部実験では、MMST外殻構造の継手部と接統部に採用している特殊な支圧接合方式について、高温下での力学的挙動及び耐力の把握、鋼殻部材の詳細な受熱温度分布の計測を行った。以上の実験結果を踏まえて、実験から得られた爆裂による断面欠損量（以後、爆裂欠損深さ）と、部材の受熱温度分布から強度低下と断面欠損量（以後、耐火温度深さ）を評価して、火災中、火災後補修時におけるMMST外殻構造の残存耐力[※]）を検討した。

2. 残存耐力の検討

2.1 部材の耐火温度と火害評価

検討フローを図-1 に示す。MMST 外殻構造の要求性能は、火災中に常時（許容）、火災後補修時に L1 地震時（降伏）の発生曲げモーメントに対し、残存耐力(降伏)を確保することである。

残存耐力を検討する際、火災を受けた部材に対して、健全性が保たれた範囲、熱影響により強度低下または強度ゼロとなった範囲、爆裂等で断面欠損した範囲を区分して火害評価を行う必要がある。この境界条件として、既往の知見[※]）を参考に設定した部材の耐火温度、火害評価内容を表-1 に示す。

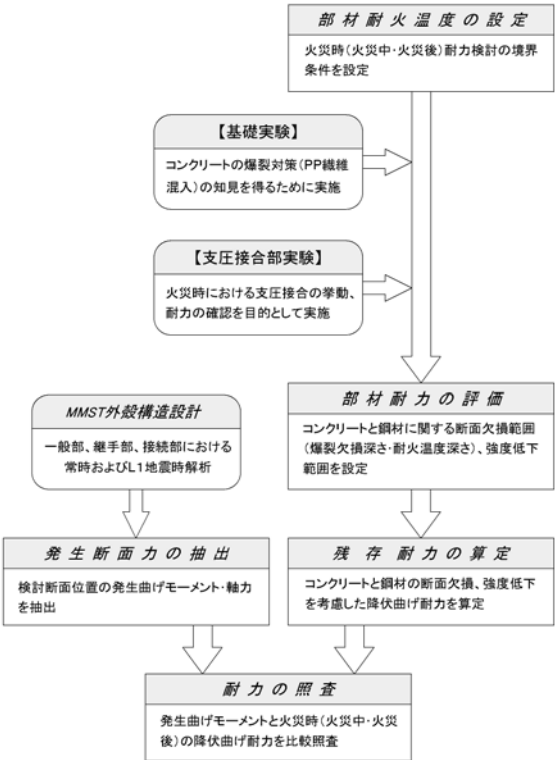


図-1 残存耐力検討フロー

表-1 耐火温度と火害評価

部 材	火 災 中		火 災 後 補 修 時	
コンクリート	0 ～ 499℃	設計基準強度 f_{ck} の 2/3 まで強度低下	0 ～ 349℃	設計基準強度 f_{ck} の 80% まで強度低下
	500℃ ～	断面欠損	350℃ ～	断面欠損
鋼 材 (鋼殻主桁)	0 ～ 299℃	影響なし	0 ～ 299℃	影響なし
	300 ～ 599℃	強度低下	300 ～ 599℃	(100%強度回復)
	600℃ ～	断面欠損	600℃ ～	断面欠損

2.2 部材の評価

コンクリートの断面欠損は、実験の計測結果である爆裂欠損深さと、実験の受熱温度計測結果を基に表-1 から求める耐火温度深さのうち、大きい方の値を用いる。鋼材の断面欠損は、実験の受熱温度計測結果を基にして、耐火温度深さから決定する。鋼材の強度低下については、既往の知見[※]）を参考に、受熱温度と強度低下率の関係から評価する。残存耐力の算定に反映する火災時の部材評価結果を表-2 に示す。

キーワード MMST、シールドトンネル、火災、耐火、残存耐力

〒231-8616 神奈川県横浜市中区長者町 6-96-2-4F TEL045-252-1290

表-2 火災時の部材評価結果

部 材	実験時に加熱面側が引張領域				実験時に加熱面側が圧縮領域			
	コンクリート (圧縮強度 30N/mm ²)		鋼 材 (許容応力度 185N/mm ²) (降伏強度 315N/mm ²)		コンクリート (圧縮強度 30N/mm ²)		鋼 材 (許容応力度 185N/mm ²) (降伏強度 315N/mm ²)	
火 災 中	0～499℃	強度低下 20N/mm ²	300～599℃	強度低下	0～499℃	強度低下 20N/mm ²	300～599℃	強度低下
	500℃～	【耐火温度】 35mm 欠損	600℃～	【耐火温度】 70mm 欠損	500℃～	【爆 裂】 63mm 欠損	600℃～	【耐火温度】 70mm 欠損
火災後 補修時	0～349℃	強度低下 24N/mm ²	0～599℃	影響なし	0～349℃	強度低下 24N/mm ²	300～599℃	影響なし
	350℃～	【耐火温度】 65mm 欠損	600℃～	【耐火温度】 70mm 欠損	350℃～	【爆 裂】 63mm 欠損	600℃～	【耐火温度】 70mm 欠損

*表中の【耐火温度】は耐火温度深さ、【爆裂】は爆裂欠損深さで断面欠損量が決定した（欠損量がより大きい）ことを示す。

2. 3 残存耐力の算定

トンネル内の道路部で火災が発生した際、火害が想定されるMMST 外殻構造の頂版部（断面高さ 3.0m）と側壁部（断面高さ 2.5m）を対象にして、残存耐力の算定を行う。

MMST 外殻構造は、鋼殻の主桁を引張主鉄筋に代替する鋼殻部（SC 構造）、支圧接合部により鋼殻ピースを接合し継手鉄筋を引張主鉄筋とする継手部（SRC 構造）、鋼殻間に引張主鉄筋を配筋し定着を支圧接合で行う接続部（RC 構造）で構造断面が構成されている（図-2 参照）。ここで、継手部及び接続部については、支圧接合部実験により、火災時に十分な耐力を保持していることが確認されたため、本検討対象外とする。代表的な結果として、頂版部の鋼殻部における火災中、火災後補修時の残存耐力算定結果と、発生曲げモーメントとの比較検討結果を表-3にまとめる。

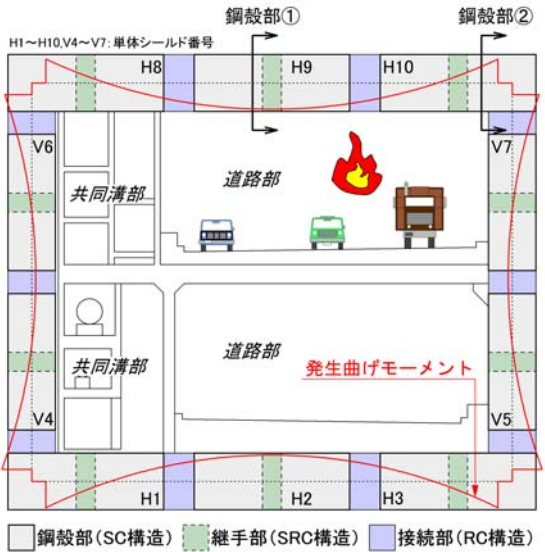


図-2 MMST 外殻構造概要図

表-3 残存耐力検討結果

検討断面		鋼殻部①		鋼殻部②	
加熱面応力		引 張		圧 縮	
荷重状態		常 時		常 時	
常温時 (設計値)	断面高さ (mm)	3000		3000	
	鋼材量 (cm ²)	265 [224]		238 [238]	
	曲げモーメント (kN-m)	14964	14540	9362	18272
	軸力 (kN)	2768	3206	2768	4036
	曲げ耐力 (kN-m)	15164	24463	14435	24051
火 災 中	断面高さ (mm)	2965		2937	
	鋼材量 (cm ²)	199 [224]		238 [169]	
	残存耐力 (kN-m)	17433	—	21728	—
火災後 補修時	断面高さ (mm)	2935		2937	
	鋼材量 (cm ²)	220 [224]		238 [190]	
	残存耐力 (kN-m)	20174	20643	21931	23264
判 定		OK		OK	

*表中の鋼材量は引張側と〔 〕内に圧縮側を示す。

3. まとめ

火災中及び火災後補修時において、残存耐力が発生曲げモーメント以上であることから、外殻が崩壊することは無く、構造を維持できることが確認できる。MMST 外殻構造に対して、火災時の爆裂欠損等による火害影響は非常に小さいと考えられ、耐火被覆を施さなくても十分な耐火性能を有していると判断できる。

※) 参考文献：コンクリート技術シリーズ No.63 コンクリート構造物の耐火技術研究小委員会報告ならびにシンポジウム論文集, 社団法人土木学会, pp29-94