

地下空間における新しい火災防災システム

鹿島建設 土木技術本部 ○橋本 和記 天野 玲子 出石 陽一
鹿島建設 技術研究所 栗岡 均 佐藤 博臣

1. はじめに

大深度地下法の施行や都市再生の進展に伴い、地下空間において未然に火災の発生を防止するだけでなく、万一火災が発生した場合も被災者の安全を確保できる火災防災技術が必要となってきた。

地下空間で火災が発生した場合、火災ゾーンからの熱・煙が空間全体に拡散する可能性があり、被災者の安全な避難が阻害されること等が懸念される。したがって、このような地下空間固有の特徴に適合した火災防災システムが必要となる。そこで、地下空間を対象に、ウォータースクリーン（水幕設備）を適用して火災が発生したゾーンを区画化する火災防災システム（水幕式火災防災システム）を検討した。

2. 地下空間の火災防災システムの基本的な考え方

(1) 火災防災システム

火災防災システムの主な目的は次の4点である。

- i) 火災検知（火災の発生を早期に関係者に知らせる）
- ii) 初期消火・抑制（火災初期段階で消火・抑制する）
- iii) 避難安全性の確保（排煙設備、避難通路等により被災者を安全に避難させる）

IV) 構造物安全性の確保（火源及びその近傍の冷却等により構造物を保護する）

図-1は、火災防災システムに関する様々な要因を示したものである。想定する火災規模において、上記の4つの目的に対する目標水準を設定し、これらの要因に基づいて総合的に設計することが必要となる。

(2) 地下空間における火災防災システムの課題

地下空間で発生する火災においては、表-1に示すとおり、「避難安全性の確保」及び「構造物安全性の確保」に関する制約が大きい。水幕式火災防災システムは、火災が発生したゾーンを区画化することによって、ここに示した課題の解決を図るものである。

表-1 地下空間における火災防災システム上の課題

	地下空間の特徴	火災防災システム上の課題	対策技術の現状
避難安全性	一般に地下空間は閉鎖的で、火災発生に伴う熱・煙が急速に充満する一方、出口や避難経路の設置位置・数に対する制約が多い。	被災者が熱・煙に巻き込まれない対策を実施し、避難可能時間を確保することが必要。	<ul style="list-style-type: none"> ・ 換気設備による熱・煙の制御 ・ 防火扉等による区画化 ・ 水噴霧設備による冷却 ・ 耐火被覆による保護
構造物安全性	躯体が地下空間を形成する構造体としての機能を担っている。	火災による躯体の損傷を抑制し、二次災害の発生を防ぐことが必要。	

3. 水幕式火災防災システム

(1) 火災ゾーンの区画化

火災ゾーンの区画化とは、火災に伴って発生する熱・煙を一定範囲内に封じ込め、空間全体への拡散を防止する考え方で、被災者を火災時に発生する熱・煙、有毒性のガスから隔離することが可能となるとともに、延焼拡大を抑制し構造物への被害を最小限に留めることが可能となる。

(2) ウォータースクリーン

区画化技術として、従来は、鋼製のシャッターや扉、シート、エアによる方式等が考えられている。しかし、道路トンネル等の車輛が絶えず移動する空間での確実な区画化、避難や消火・救援活動時の視界の確保、あるいは被災者が避難する際に障害とならないこと等に課題が残されている。そこで、区画化技術としてウォータ

キーワード 地下空間 火災防災システム 区画化 ウォータースクリーン

連絡先 〒107-8388 東京都港区元赤坂1-2-7 鹿島建設株式会社 土木技術本部 TEL 03-5474-9117

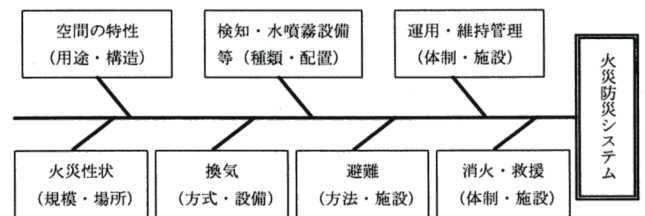


図-1 火災防災システムに関する要因

ースクリーン（以下、WS）を採用した水幕式火災防災システムを検討した。WSは遮熱・遮煙効果のほか¹⁾、車輛等の障害物がある場合の区画形成の確実性、避難の方向や火源の状況の確認が容易であること、水の幕のため災害弱者でも容易に通過できること等の点で多くの利点がある。また、WSによる発熱速度抑制効果が確認されており²⁾。このような火災性状の解析結果を火災外力として構造設計に反映することにより、避難安全性も含め合理的な設計が可能となる。

(3)道路トンネルへの適用性検討

本システムの道路トンネルへの適用性検討例を図-2に示す。トンネル内部では、換気や車輛の走行等の影響で一定方向に空気が流れているため、熱・煙が風下方向に拡散し易い状況にある。特に、内部に多数の車輛が滞留する都市部のトンネルでは、被災者が熱・煙に曝露されることや、車輛の延焼拡大が懸念され、熱・煙による被害の拡大防止が重要となる。

今回の検討では、大深度地下トンネルを対象とし、立坑送排気縦流換気方式、断面100m²以上、水噴霧設備設置間隔5m、WS設置間隔50mを設定した。また、大深度地下トンネルの代表的な構造として、本線とは別に床版下に避難空間を設置するケースを設定した。避難空間は本線からの熱・煙の流入を阻止するために加圧されており、この空間に避難することができれば、この構造形式においては基本的に被災者の安全を確保することが可能となる。

本適用性検討例では、次の手順でWSを用いて火災ゾーンを区画化することにより、避難安全性及び構造物安全性を確保する。

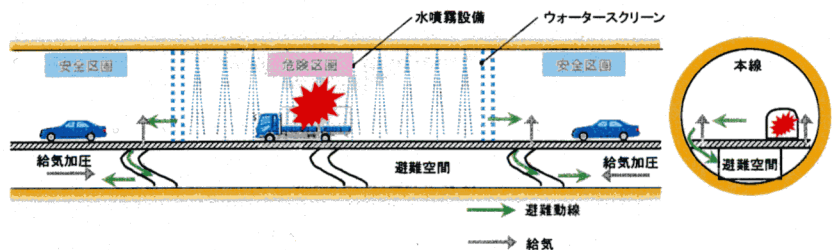


図-2 水幕式火災防災システムの道路トンネルへの適用例

i) 火災発生検知

ii) 火災発生箇所を取囲むWSを作動させ、熱・煙が一定範囲（＝危険区画（火災ゾーン））から上下流に拡散することを防止

iii) 被災者は、危険区画からWSを通り抜け、熱・煙の影響が少ない範囲（＝安全区画）から避難空間に避難する。さらに、避難空間を経由してトンネル外部に避難

IV) 被災者が危険区画から避難した後、危険区画内の水噴霧設備を作動させ、初期消火及び構造物を冷却

V) 床版下の避難空間から消防隊が進入し、消火・救援活動を実施

また、WSの稼働時間を被災者が安全に避難することが可能な時間として定量化できるため、避難シミュレーションと熱挙動解析を組み合わせることにより、本線と避難空間を結ぶ連絡通路の設置位置や、換気等の防災設備の仕様等について合理的に設計することが可能となる。

4. おわりに

本検討を通じて、地下空間火災固有の「避難安全性の確保」、「構造物安全性の確保」に関する課題に対して、水幕式火災防災システムが有効な技術の1つとなることが確認できた。

また、水幕式火災防災システムでは、WSの区画化効果や、通り抜けが容易で被災者の避難に障害とならない等の特長により、火災検知後に直ちにWSを作動させることができるため、設備の作動に対する状況判断の軽減につながる可能性がある。これは、避難安全性及び構造物安全性の確保に加え、システム運用上のメリットの1つとなると考える。

今後、設計から運用、維持管理までを含めた評価基準を明確にし、システムの構築を進める予定である。
参考文献)

1) 出石他「火災区画化技術としてのウォータースクリーンの特性」（第58回土木学会年次学術講演会）

2) 栗岡他「トンネル模型空間における散水設備作動時の発熱速度特性」（第58回土木学会年次学術講演会）