

審査の結果の要旨

氏名 中濱 慎司

本論文は、「大深度地下駅舎における火災時の避難安全性向上のための付室防煙対策とエレベータ利用避難に関する研究」と題し、災害弱者を含む多数の乗降客を安全に地上へ避難させる対策としての避難安全性能の評価ツールの有用性や防煙設備の具体化を検討したものである。

近年、地下 40m 以深に大規模駅舎や鉄道トンネルを建設する計画等が進められている。火災時など非常時の避難に制約のある大深度ホーム・コンコース階には、大量の乗降客の滞在が予想される。また、高齢社会の到達により、65 歳以上の高齢者が総人口の 1/3 程度も占めると予想されており大深度地下駅舎には、災害弱者が多数滞在するものと考えられる。

地下駅舎の防災対策、特に防火対策は、すでに多くの知見が集積され、警報・通報対策、避難誘導対策、煙拡散防止対策等が策定されている。しかし、これら対策は従来の地下駅舎を対象としており、大深度に伴う地上階への避難の困難さ、多数の乗降客への対応、避難階段への防煙対策などに対して、大深度地下駅舎特有の問題に対して検討されたものではない。

本論文は、こうした現状に対して、避難安全上課題が多い大深度地下駅舎の避難安全性向上の対策として、数値流体力学 CFD(Computational Fluid Dynamics)による長大空間の煙流動解析、動圧を利用した吹出し気流の防煙設備、エレベータ利用避難を取り上げ、避難安全性能の評価ツールとしての有用性や防煙設備の具体化を検討し、記述している。

本論文は、以下の 3 点について検討を行っている。

- (1) 大深度地下駅舎特有の空間であるトンネル空間、大平面空間、吹抜け空間を対象とした CFD による煙流動解析の精度と避難安全性能の評価ツールとしての有用性
- (2) 不特定多数の滞在者の避難時における、扉開放状態下での付室内への煙侵入防止対策
- (3) 地上までの避難時間が短縮されるエレベータ利用避難の具体的な運行方法（台数）

(1)の煙流動対策に関しては、土木研究所の実大トンネル火災実験を対象に、火源規模や給気風速の違いによる煙流動性状を解析し、CFD による予測が実験値に近い精度となることを検証している。さらに、実験では得難いトンネル空間内の熱輸送の特性を解析により明らかにしている。また一方向に長いトンネルとは異なり 2 方向に長い大平面空間では、既存の Alpert による天井煙流動実験を対象に、天井面近傍の温度上昇について CFD による解析値が実験値の範囲内に収まり、高い精度となることを検証している。さらに、避難開始時間の設定で重要となる煙感知器の作動時間の予測について、火源と煙感知器位置との関係から、作動時間差の検討を行っている。天井高が高く火災プルームの室内空気との混合の影響が大きくなる吹抜け空間の煙流動性状では、政府の基準整備促進事業による煙流動実験を対象に、避難安全性能の評価で重要な指標となる煙層高さや煙層温度について CFD 解析の精度検証を行い、実験値に対して、十分実用に供し得る約 10%以内の差異に留まっていることを確認している。

(2)の扉解放時の安全付室への煙侵入対策に関しては、廊下壁にスリット状の空気吹出し口を設けた「動圧利用の吹出し気流の防煙設備」を新たに提案し、その性能を検証している。検証は、実大実験により、付室内の温度上昇の抑制、トレーサーとして CO₂を用いた防煙性能の定量化により、必要な吹き出し気流性状を明らかにしている。さらに、CFD 解析を用いた防煙性能の検証解析を行い、様々なケースでの CFD 解析が防煙設計の設計ツールとして有用であることを示している。検討では、煙層からの熱放射により定まる避難限界となる煙層温度と、防煙

設備の正常な稼働が担保される煙層温度を比較し、煙層温度が上昇し、避難者が移動限界となる状況下においても、提案した防煙設備が性能を維持することを明らかにしている。

(3)の災害弱者などを想定したエレベータ利用避難対策に関しては、エレベータ利用による避難時間の短縮効果を評価する避難モデルを開発している。モデルの妥当性を、避難完了時間に影響を与えるパラメータ（台数、定格速度等）を変化させた感度解析により検証している。また、非常用・乗用エレベータ、避難階段といった複数の避難手段を併用した場合の避難完了時間について、避難の鉛直距離がより長い、超高層事務所ビルを対象に解析し、単位時間当たりの交通容量の小さいエレベータ利用避難は災害弱者に限定することが合理的であることを示す計算結果を得て、エレベータ避難を併用する避難方法の有効な運行方法を提案している。これらの知見から、モデル大深度地下駅舎をケーススタディとして取り上げ、全員の避難完了時間が最小化される避難用エレベータ利用の運行台数を具体的に示している。

以上、本論文は、大深度に伴う地上階への避難の困難さ、災害弱者を多数含む乗降客への対応、避難階段への防煙対策といった従来の知見に基づく対策では対応できない避難安全上の課題に対し、CFDによる長大空間の煙流動解析、動圧を利用した吹出し気流の防煙設備、エレベータ利用避難を対策に取り上げて検討を行い、有用な成果を得ている。今後計画が進められる大深度地下駅舎の避難安全性向上対策として寄与することは無論、広く火災安全工学の新たな展開に寄与するところが大きい。

よって本論文は博士（工学）の学位請求論文として合格と認められる。