

# 中国의 市街地 地下利用에서의 災害防止

The way to deal with Disaster Prevention in Underground

Urban Space Utilization of China

童 林 旭 \*

Tong Linxu

## 序 論(Introduction)

科学技術이 고도로 발전하고 정보집약도가 높은 社会에서는 都市活動의 일부가 地下로 향하게 될 것이라는 것은 당연하다고 본다. 아울러 市街地의 地下利用에서의 災害防止는 都市全体의 안전보장문제에 대해서 금후 더욱더 크게 영향을 주게 될 것이다.

市街地의 地下空間은 도시의 안전보장에 두가지의 뜻을 갖는다. 그 첫째는, 地下空間은 武力攻擊, 地震, 化学事故, Tornado, 原子力事故 등의 각종 外因性 災害에 대한 效果의인 防禦를 제공한다. 그러나 반면, 火災, 爆發, 水害 등으로 부터의 内部事故를 막는 힘을 갖지 못하고 있다.

1976년 唐山大地震은 住民의 대다수가 死傷하는 대참사였었다. 그러나 炭鉱内에서 일하고 있었던 소수의 鉱夫와 지진으로 무너진 建物の 地下室에 있던 약 3,000명의 사람들은 종의 差異로 죽음을 免한 것은 奇跡的인 前例로서 기억 될 만하다.

수 없이 많은 自然, 人工의 災害중에서 地下空間에서 가장 빈도가 높고 危險도 큰 것은 火災이다. 더욱이, 火災에서는 通상, 人命, 財産,

建物 등을 잃게 되지만, 그 중에서도 人命損失을 최소한으로 억제해야 한다. 이러한 觀點에서 출발하여 本論文에서는 일반적으로 다수인이 集中하는 建造物の 火災防止에 重点을 두고자 한다.

## 中国에서의 市街地 地下利用 状况

(Usage of Underground Urban Space in China)

中国은 발전도상국이다. 예나 지금이나 市街地의 地下空間을 広範하게 이용하여 왔다. 이 10年間 中国의 都市化는 꽤 빠른속도로 진행되고 있다. 그렇지만, 都市의 팽창에 필요한 土地資源이 충분하다고 볼 수는 없다. 그러므로 經濟的, 技術的 수준이 낮은 것을 알면서도 어느程度까지 市街地 地下의 開發을 하는 것이 현실인 것이다. 현재, 태반의 大都市에서 볼 수 있는 地下利用 方法을 정리하여 보면 대체로 다음과 같은 5개의 범주로 나눌 수 있다.

- ① 民間用 防空施設
- ② 商用: 公共建造物
- ③ 都市의 文通 system
- ④ 市街地 地下街
- ⑤ 電話線, 가스, 水道 등의 公共施設

1960年代와 1970年代에 中国의 大都市部에서는 다수의 民間用 防空施設이 건설되어 都市의 地下部分에 거대한 민간피난시설의 network 가

\* 中国北京市 清華大学土木工學科教授.

출현되었다. 1970년대 부터는 이러한 민간용 피난시설이 改修되어 호텔, 商店, 映画館, club, 製菓店, 作業場, 倉庫 등으로 轉用되기 시작하였다. 그러나, 유감스러운 것은 이와 같이 많은 地下施設을 大衆에게 開放한 결과, 災害防止의 문제가 지극히 심각화 되었다. 현재 이용되고 있는 이들 施設은 숨겨진 危險을 몇가지 지니고 있다고 보아야 할 것이다.

近年의 都市再開發의 흐름에는, 지금 40개소를 넘는 地下의 shopping center나 地下街의 建設이 進行되고 있다. 그의 一部는 이미 完成되고 있어, 실제로 營業을 시작한 곳도 있다. Floor면적으로는 최대 50,000m<sup>2</sup>에 이르는 곳도 있다. 이들 새 project의 설계에 있어서는 災害防止 등이 義務지어져 있다.

현재, 中國의 地下交通system 開發은 아직 社會의 기대에 크게 밀들고 있는 水準이다. 地下鐵은 北京과 天津에 3路線이 있을 뿐이고, 營業距離는 合計 50km에 미치지 못한다. 上海에서는 14km의 地下鐵 第1號의 建設이 막 시작된 상태이다.

山間地에 있는 都市의 一部에서는 都市高速道路 tunnel을 몇개소 建設하여 道路의 단축을 기하고 있다. 그 이외로는, 上海에서 黃浦江을 뚫은 2개의 tunnel이 都市交通의 改善에 중요한 役割을 하고 있다. 土地의 效率的인 利用이라는 觀點에서 地下駐車場施設에 대한 社會의 관심도 높아지고 있다.

中國에서는 지금까지 電氣, 가스, 水道 등의 多目的 tunnel이나 cable의 태반이 제각기 直接 地下에 묻혀져 있다. 이러한 分野는 어떤 意味에서는 都市의 安全保障을 위협하는 貧弱한 部分이라고 할 수 있다.

### 近年의 災害發生 例

(Examples of recently occurs disasters)

1960年代末에서 현재까지, 각기 다른 大都市의 地下空間에서 발생한 大規模災害를 정리하여 아래에 列挙한다.

① 1969年 11月 11日 北京의 地下鐵 1號線이 萬表路驛에서 電氣系의 故障원인으로 車輛

火災가 발생하였다. 乘客死亡 6名, 200名이상이 負傷 혹은 中毒되었고 車輛은 全燒하였다.

② 1975年 9月 29日 밤중, 西安에 있는 變電所에서 20,000KVA의 變壓器와 110KV의 配電盤이 inner-short-circuit 故障으로 타올랐다. 그 結果 이 地下變電所의 電氣設備全体가 타버렸는데 損害는 15萬元(人民貨)에 달하였다.

③ 1977年, 上海의 河川밑을 뚫은 第1 tunnel 안에서 bus가 타버렸다. 운전수는 후속차와의 追突을 피하기 위해 몇지 않고 走行하였다. 他車들의 延燒는 피하였으나 bus乘客 10名이 死亡하였다.

④ 1978年 11月 28日, 草每山鐵鋼 combine에 主要 配電 tunnel 内の cable이 타서 cable 300m가 破損했다. 調查結果, 長期에 걸친 過負荷운전 cable의 絶緣에 구멍이 나 大火災가 발생한 것으로 判明되었다.

⑤ 1980年 5月 26日, 丹東郊外에 있는 石油貯藏所에 火災가 발생하였다. 貯藏所는 巖穴 18개소 內에 鐵鋼제의 石油tank를 설치한 곳이다. 더욱이 1,000m이상에 이르는 긴 access tunnel이 있다. 豪雨中 貯藏所가 落雷를 받아, 可燃性 가스가 곧 爆發한 것이다. 消火까지는 3,4時間이 걸렸고, 消防隊員 2名이 有毒가스로 死亡, 負傷者는 20名에 이른다. 避雷針裝置가 不適하여 이와 같은 慘事에 이른 것이다.

⑥ 1985년의 어느날, 北京의 民間防空避難施設 위를 통하는 水道主管이 破損했다. 인접하는 地下室에 대량의 물이 流入되어, 약 4,000m<sup>2</sup> 상당부분에 있는 物資가 浸水되었다.

⑦ 1986年 7月 26日, 2日間の 豪雨 뒤, 留水가 北京 中學校의 地下避難施設에 流入하여 그 곳을 파괴하였다. 그 결과 거의 500m<sup>2</sup>의 土地가 陷沒하여 學校內의 道路와 建物の 일부가 破損했다.

⑧ 1988年 9月 15日, 南昌의 中央地區에 있는 어느 地下 shopping center에, 극히 최근으로는 最大의 火災가 발생하였다. 여기는 民間 피난시설로 부터 막 專用된 場所이지만 改修에 있어서 防災對策이 소홀하였다.

⑨ 9月 15日의 深夜, business hall에서 火災가 발생하였다. 出火 당시 夜警으로는 8名

아 있었는데 그 전원이 退職労働者로 消火訓練을 받은 者는 없었다. 그들은 地下街로 부터 脱出하여 消防署에 연락을 취하는 것이 고작이었다. 그럼에도 불구하고 消防隊가 現場에 도착하였을 때는, 모든 出入口로 진한 煙氣가 분출되고 있어 안으로 들어가서 消防活動을 할 수 없는 상황이었다. 그리하여 불은 17시간을 계속 탄 후에야 간신히 鎮火되었다. Stand나 counter의 2/3이상이 타버렸다. 直接的인 經濟損失은 200만원(人民貨)를 넘는다고 推定되었다.

### Highway tunner에서의 防火对策 (Fire protection for highway tunnels)

都市 highway의 긴 tunnel 속에서 火災가 발생하는 경우는, 野外の 道路上에서 발생한 交通事故 보다 훨씬 심각한 위험에 直面하게 된다. 첫째로, 자동차 한대가 타고있다면, 2대가 衝突했을 경우 후속차를 피난시키는 일은 매우 어렵다. 둘째로, 주로 石油製品이 타게 되는데 石油의 燃燒를 制御하는 일은 쉬운일이 아니다. 게다가, 여기에는 때때로 爆発이 따르므로 危險은 가중된다. 1979년 日本의 Nihonsaka tunnel에서 발생한 火災事故는 이러한 것의 典型的인 케이스였다. 火災와 爆発로 7名の 운전수가 死亡하고, 事故의 발단이 된 車輛 6대를 포함하여 174台的 후속차가 타버렸다.

그러므로, 都市 highway tunnel에서의 火災防止策의 基本原理와 주요 裝置로서 다음과 같은 事項을 생각할 수 있다.

- ① Tunnel에는 근거가 있는 크기를 주어야 한다. 특히, 輻을 충분히 확보해야 한다.
- ② Tunnel의 天障은 不燃性으로 하고, 落下하여 tunnel内の 交通을 妨害하는 일이 없도록 해야 한다.
- ③ Highway의 tunnel에는 近代의 火災感知시스템과 최신의 通信시스템을 설치하여 火災를 初期段階에서 制御, 限定되게끔 해야 한다.
- ④ 通常의 消火栓이나 sprinklers 以外로, 包消火system도 石油火災에 대해 극히 效果의인 消火手段으로 생각된다.

⑤ 中国이 처해있는 여건하에서는 tunnel 을 自動車部分과 自轉車·步行者用部分으로 나누어 그 사이를 防火壁으로 나눌 수 있다.

以上은 최근에 公布되었다.

「都市의 橋梁과 tunnel設計에 関한 國家基準」중에도 포함되어 있다. 동시에 中国의 新設都市 highway의 tunnel設計와 施工에 있어서도 적절한 対策이 강구되어 있다.

### 市街地 地下鉄의 防火对策 (Fire Protection for Urban Subway)

市街地 地下鉄 건설과 관리에서의 防火对策問題는 쉬운일이 아니다. 다수의 乘客이 오가고, layout 전반의 복잡한 特性도 고려하지 않으면 안되기 때문이다. 1987年の 겨울, London의 King's cross 地下鉄駅에서 發生한 火災事故는 좋은 教訓이다. 에스칼레이타에서 발생한 火災는, 원래 制御不能이라는 정도의 것은 아니었다. 그런데 同駅은 오래되어 낡았고, 近代的인 消火 system을 갖추고 있지 않았었다. 그 결과 売票所 앞의 空間이 순식간에 짙은 煙氣로 싸여 數百名の 乘客이 右往左往하는 大 혼란에 휩쓸려, 다수의 犠牲者가 발생하였다.

地下鉄 路線邊에서의 火災發生의 危險을 안고 있는 것은 駅과 두 駅間의 tunnel속을 달리는 車輛에 있다. 車輛火災의 경우 가장 위험하게 되는데, 그것은 긴 tunnel속에서의 乘客救出과 消火가 매우 어렵기 때문이다. 이와 같은 狀況下에서는 電車의 운전수는 全力을 다하여 車輛을 가장 가까운 駅으로 운전하여 消火作業에 임하는 일이다.

地下鉄駅, 그것도 특히 複數의 地下鉄 路線이 交叉하는 乘換駅에서는 layout 전반의 복잡성과 영커있는 内部 通路와의 점에서 従來型的의 地下構造物과는 크게 다른 存在이다. 그러므로, 지하철의 tunnel과 platform을 별개의 消火zone으로 区分하는 것이 不可能하다고 본다. 이에 더하여, tunnel空間과 駅空間이 이어져 있는 점이 煙氣의 排出에 크게 어려움을 지닌다.

현재, 中国에서는 国内外的 經驗을 바탕으로

地下鉄의 設計基準을 세우는 作業이 進行되고 있다. 그리고, 지하철의 新路線計劃에 있어서는 다음과 같은 防火策이 고려되게끔 되었다.

① 防火zone과 防燃zone을 나누어 각기 최대 면적 1,500m<sup>2</sup>와 500m<sup>2</sup> 이하로 한다.

② Smokesencer와 熱sencer를 갖춘 火災警報器로 構成되는 通信signal施設·擴声器와 緊急電話system 등을 설치한다.

③ 産業用 TV를 갖춘 監視system(大型駅)에 설치한다.

④ 水槽·消火栓·sprinkler 등을 포함한 給水設備을 갖춘다. (部分的 設置)

⑤ Halogen-alkane

⑥ 自然·機械的system이용의 排煙施設의 설치

⑦ 緊急燈火·誘導燈火의 設置

#### 地下生活空間의 防火對策

(Fire protection of Underground Living space)

많은 나라에서는, 地下空間은 安全性的의 면과 環境面에서의 問題로 흔히 生活에는 적절하지 못한 것으로 생각되어져 왔다. 그러나, 中國의 일부 大都市에서는 民間用的의 防空避難施設이 近年 호텔이나 guest house에 轉用되어 지고 있다. 이들 都市에서는 호텔의 室數 不足을 메워 주는데 한 몫을 하고 있다.

이러한 현상은 便空의인 措置로 볼 수 있을 것이다. 그러나, 이들 호텔이 營業을 계속하는 한, 역시 防火對策에 各별한 주의를 해야 한다.

商業建物이나 事業用 건물과는 달리 호텔은 空間의 火災發生이 제일 큰 위협이다. 한편, 호텔의 宿泊客이 bed에서 喫煙 할 때 可燃性 寢具가 타서 때때로 火災가 발생한다.

北京의 어느 研究所의 地下에는 bed數 80의 guest house施設이 갖추어져 있다. 여기에는 管理者가 消防對策을 진지하게 생각하여, 可能한 限의 대응책을 실시하고 있다.

防火訓練의 결과로서는 80名の 宿泊客 全員이 3개소의 出口를 통해서 1分 以內에 地下

로 부터 脱出할 수 있다는 것이 확인되었다. 安全한 宿泊이 보장되는 이 호텔의 利用率이 높고, 큰 事業소득을 올리고 있다.

#### 地下商街의 防火對策

(Fire Protection of Underground Shopping space)

地下商街(Shopping center or Shopping mall)란 다수인이, 특히 peak時間帶에 集中的으로 모여 혼잡하게 되는 장소가 있다. 同時에 온갖 商品이 판매되므로 몇 種類의 可燃物이 끼어드는 것도 불가피하다. 또, 地下商街에서 業務를 갖는 사무소 등에서 gas使用에 의한 危險도 높아지고 있다.

地下空間의 火災에 있어서는 救援活動을 하는 사람들은 위로 올라가서 燃燒가스가 가장 集中되어 있는 것으로 보이는 場所로 접근하지 않으면 안된다. 그러므로 自然의 排煙所와 같은 出口를 이용하게 된다. 密封된 環境에 있는 사람들은 方向을 잃기 쉽다. 특히 内部가 연기로 充만하여 순식간에 視界가 막히는 경우에 특히 그러하다. 그러므로 地下街로 부터 客과 店員을 救出하는 일은 극히 어렵고 複雜한 作業이 된다. 地下街로의 出入이 어려움과 함께, 몇가지 특수한 防火問題가 생긴다. 地下商街의 火災가 일단 kontrol을 벗어나면 地上으로 부터 火災를 消火할 수 없게 된다. 또, 煙氣와 熱氣가 분출하기 때문에 出入口를 통한 消防隊員의 進入이 불가능하게 된다.

위와같은 地下街 火災의 發生 때는 基本問題에 대처하기 위해서 地下商街 新設計劃 속에는 火災防止 문제가 특별히 취급되어야 한다. 大型의 地下商街에 대한 防火計劃은 대략 다음과 같이 構成되어 있다.

① 各 防火區劃마다 出口를 2개소 설치하고 그 중 한곳은 반듯이 地上直通으로 하는 것을 義務로 한다.

② 各 室의 入口에서 가장 가까운 出口까지의 최대 거리를 40m이내로 한다.

③ 公共 通路의 幅은 6m以上, 出入口 幅은

100인당 1m의 目標置를 基準하여 決定한다.

④ 事業用部分과 倉庫部分의 全 面積을 cover 할 수 있는 消火栓·springkler system을 설치한다.

⑤ 其他의 防火對策에 대해서는 地下鉄計劃의 경우와 같게 한다.

⑥ 끝으로, 中國의 經濟·技術의 현실로 地下商街로의 gas供給 system의 설치는 現時点에서 禁止한다.

#### 提 案(Suggestion)

中國의 中央政府나 地方政府는 地下空間 이 용시의 火災防止 문제를 重視하게 金 되어왔다. 그러나, 地下構造物의 火災防止 문제에서는 政府에 의한 指導性 強化를 위해 한층의 노력이 바람직하다.

우선, 立法措置가 緊扱히 필요하다. 一部の

단편적인 基準 以外에 地下의 建造物과 構造物에 대한 全國的인 防火規程이 특히 바람직하다.

火災의 경우에는, 우선 최초로 關係者의 구출을 실시, 그뒤에 보다 실질적인 消火對策으로서 모든 出入口를 閉鎖하고 内部의 自動消火設備의 힘으로 鎮火와 消火를 기한다.

密封強化, 機能, 施設交換 등을 포함하는 平時와 戰時와 2종류의 利用機能을 交換하는 措置가 필요하다. 최신의 防火設備設置에 필요한 資金을 투자해야 할 것이며, 이와 아울러 旧式의 裝置를 금후 更新해야 할 것이다.

地下施設의 운영면에서는, 災害防止를 위한 확고하고 신속한 기측을 順守해야 하고 強調되어야 한다. 그 중에서도 防災 center의 設置와 訓練된 消防隊의 組織은 특히 강조되어야 한다.

※ 本稿는 1989. 7. 23 日本橫浜 國際都市防災會議(Safety and Security in the 21-Century City)에서 發表되었다.