

# 韓國의 建設災害(火藥 事故를 中心으로)

許 墳\*

On the Blasting Accidents in Construction Works

by Dr. Ginn Huh

## Abstract

This paper was reported on the seminar of Korean-Japanese professional engineers. The first of all, it was described the comparative rule between Korea, Japan & USA on fatal accident on the construction works.

Next, it was described that some accidents was occurred in typical reason and it will help us to prevent the future accident.

본 논문은 지난 10월 25일~26일간 大田 科學技術Center(Hotel Lotte)에서 開催된 바 있는 第23回 韓·日技術士 合同 Symposium에서 講演士로 發表한 바 있는 『韓國의 建設災害』의 全文이다. 이날 參席者는 日本技術士 50名, 韓國技術士 30名 都合 80名參席으로 大盛況을 이루었다.

韓國에서의 建設安全의 歷史를 回顧해 보면 1988年の 서울 Olympic을 成功리에 끝낸후 부터 急速하게 安全意識이 向上되기 始作하였다 고 생각한다. 왜냐하면 서울 Olympic에 의한 建設 boom과 高度成長期였던 建設 boom에 의한 結果가 反面 重大建設災害가 많이 發生하여 社會問題가 되었습니다.

그리고 國民生活의 向上과 同時에 人間尊重의 意識이 높아져서 建設에 從事하는 勞動者의 安全은 原來보다도 第3者를 誘導하는 公衆災害에 대해 社會的으로 嚴하게 糾彈이 行해져서 最

終的으로는 企業存亡의 危機로 되었기 때문이다.

國內에서 契約된 建設工事의 人事事故의 경우 責任限界는 下記와 같다.

### 人事事故 發生時

刑事上 責任	産業安全保健法 勤勞基準法 遵守義務違反	民事上 責任	發注者側의 責任 追窮
警察官 搜查	勤勞 監督官(司 法權)에 依한 現地 調査立會	被害者 遺家族 에 對한 損害賠償 請求	建設部, 市, 道 行政에 依한 指名停止
大部分 拘束送 廳 禁 錮刑	是正命令, 使用 停止命令, 工事 中止命令等이 通用되고 重大한 違反은 書類 送廳	勞動災害保險은 定額方式, 民事 訴訟은 호프만 方式에 依한 算 出로서 高額이 된다.	發注者에 依한 入札指名停止, 公共工事의 경우 自動停止

1. 刑事上의 責任에 대하여 人事事故(死亡)에 대해서는 通例的으로 警察官이 現場 責任

\* 韓國技術士會 監事  
美國建設(土木) 技術士  
三中엔지니어링(株) 會長

者(所長, 安全管理責任者 兼)를 拘束(20日間)한 후에 裁判에 의해 刑事上의 責任이 작은 경우 釋放된다.

美國에서는 人事事故에 대하여 建設安全 監督官(司法權)이 現地調査하여 書類送應한다. 現場의 安全管理責任者를 拘束하는 일은 故意가 아닌 限 거의 없는 狀態이다.

2. 勞働者가 死亡 혹은 後遺症이 發生했을 경우 被害者의 關係者 및 本人이 會社를 相對로 損害賠償의 請求權을 가지고 있다.
3. 發注者側에 의한 指名中止

發注者側에 의한 指名中止는 企業側에 있어서는 重大한 影響을 招來한다. 指名中止 期間中에는 公共工事의 受注가 不可能하기 때문에 企業存亡의 危機는 勿論, 社會的인 信用低下를 招來하므로 그 被害는 企業側에 대하여 重大한 問題이다. 이 때문에 死亡事故를 包含한 重大事故의 發生防止에 慎重히 對處하지 않으면 안된다.

以上과 같이 社會的 背景下에서 建設業의 安全性의 向上에 努力하고 있으나 現在까지 社會의 耳目을 集中시키는 大型事故가 繼續되고 있는 現狀이다.

## 建設現場 事故災害

筆者가 多年間 直接 事故現場의 技術調査를 하여 關係官에게 報告한 人事事故 例를 分析한 敎訓으로서 今後의 事故防止의 資料로 하는 것은 우리를 韓國技術士 會員뿐만 아니라 日本技術士 諸賢에게도 多少의 參考가 되었으면 저의 榮光이라고 믿습니다.

### 1. 서울, 무악재 地下鐵工事 崩壞事故

(3-18 工區)

[經驗에 依한 自慢은 12百萬人의 서울 市民을 놀라게 했다.]

日 時: 1982年 4月 8日(木) 午後 5時 35分

原 因: GL~25m, 幅2~3m Fault(鏡肌) 面 岩盤(花崗岩) 發破에 依한 崩壞

開鑿式工法(Open Cut)

火藥類: Dynamite 43.5375kg

DSD 雷管 249個

收去雷管: DSD 雷管 47個(60% 不導通)

殘留雷管: DSD 雷管 146個

財產被害額: 33億圓(US\$ 4,125천)

死 亡: 10名

重輕傷: 45名

筆者가 서울 地下鐵公社에 勤務中, 軍人出身 社長과 함께 事故現場에 갔더니 1時間정도 밖에 經過되지 않았는데 電氣 電話線은 自動的으로 切斷되었으나 700mm의 高壓 上水道管과 下水管이 破裂되어 Waste slurry가 구린냄새와 함께 점점 솟아올라오는 중에 坑內로 diving된 2臺의 Bus속의 乘客은 必死의 脫出을 하고 있는 現場은 地獄을 聯想하는 一大 修羅場이었습니다.

變是 軍人出身인 서울市長은 재빨리 工兵隊의 爆藥撤去 隊員 4名을 待期시켜 놓고 있었고, 저는 隊長인 陸軍大領에게 말하였습니다. 『俗談에 船長이 2名이면 배가 산으로 올라간다.』는 것과 같이 民間技術로 不可能한 경우에는 軍隊의 技術을 動員要請하겠으나 지금 事故收拾에는 充分하므로 저에게 맡겨주십시오 라고 말하고 25m 밑에서 솟아 올라오는 slurry속에 轉落된 車體를 잡으면서 坑底에 連結되어 있는 電氣雷管을 잡아보니, 裝填되어 있는 Dynamite와 填塞이 完全히 分離되어 있는것에 感激하여 이것이야말로 天祐神助라고 생각하면서 10餘個의 電氣雷管을 收去하여 가지고 올라왔다.

朴市長이 準備하여 기다리고 있었다. Water hose로 급한대로 온몸을 청소하고 收去한 電氣雷管을 Galvanometer로 Check해 봤더니 10個中 60%가 不導되므로 모든 것이 安心하게 되었으니 即時 朴市長과 社長에게 報告하였다.

지금부터 作業員에게 고무長靴를 신게하고 轉落된 Bus車體를 解體하여 人命救助를 서둘러 하십시오 라고...

事故原因은 막장에 發達한 길이 25m, 幅 2~3m 정도의 風化된 花崗岩의 斷層(dip NW60°)의 부근에서 H-pile로부터 1.5m 거리

에 位置하는 막장에서 下記와 같이 掘下發破作業을 目的으로 249孔을 點火當 4孔씩을 發破한 結果 H-pile의 根掘이 되어 50cm 間隔의 H-pile이 Domino理論과도 같이 차례차례 崩壞되고 이 瞬間 2台的 Bus가 開鑿式작업장 속으로 轉落되었던 것이다.

가. 最大裝藥量

$$4\text{孔} \times 281.25\text{g} = 1.125\text{kg}$$

나. 最低裝藥量

$$4\text{孔} \times 112.5\text{g} = 0.450\text{kg}$$

서울 地下鐵公社 振動實驗式

$$V = K \times W^{0.57} \times D^{1.7}$$

V=發破振動值(cm/sec)

K=136 常數

W=點火當裝藥量(kg)

D=爆源과의 距離(m)

最大裝藥量

$$1.07 = 136 \times 1.125^{0.57} \times 10^{1.7}$$

最低裝藥量

$$0.63 = 136 \times 0.450^{0.57} \times 18^{1.7}$$

서울 刑事地方法院의 2審判決에서 業務上 過失致死傷罪로서 現場所長과 火藥技師에게는 禁錮 10個月, 工事課長 禁錮 4個月, 工事監督官 禁錮 8個月, 掘鑿班長 禁錮 6個月이 言渡되었다.

韓國의 俗談에 『비가 온후에는 땅이 굳어진 다』는 말과 같이 이번의 事件을 契機로 火藥學會에서 對政府 建議의 結果

1. 地下鐵工事時는 Dynamite는 使用禁止, Slurry로 對替한다. 電氣雷管도 DS에서 MS로 對替되었다.
2. 火藥使用許可申請書에 火藥技師와 現場所長이 共同責任制로 轉換하였다. 等으로 一大 變革을 招來하였다.

## 2. 開浦洞 道路工事 爆發事故 事例

『설마(寸志의 不注意)가 深夜 數千名의 아파트 住民의 一大騷動을 招來하였다.』

日 時: 1987年 3月 24日 0時 30分

被 害: 重輕傷 31名, 硝子板 965枚(破損額 488,220원)

(20層 住宅아파트 2棟 外部 硝子大破)

原 因: 다다미 床下에 保管中인 Slurry 506.25g가 秒速 11.50m/sec의 強風으로 煉炭난로가 轉倒, 轉火되어 爆發하였다.

節氣가 發達한 強度가 높은 片麻岩을 道路工事中, 發破한 後 殘藥을 發見하고 臨時倉庫로 使用하고 있던 天幕속의 다다미밑에 藏취 두었다. 매지를 만들기 위하여 婦人勤勞者가 使用하던 연탄난로가 深夜, 秒速 11.5m.sec의 強風에 의해 연탄난로가 顛倒되어 1000℃ 以上의 高溫中에서 다다미 밑에서 壓縮狀態에 있던 slurry가 引火 爆發하였던 것이다.

爆發에 의한 爆風壓이 0.1kg/cm<sup>2</sup> 以上으로 올라가 31m 距離에 있는 正面앞의 15層 高層아파트 外部의 硝子が 破損되었던 것이다.

爆風壓 計算은 下記와 같다. (美國 The Ballistic Research Lad. 公式)

$$\log \Delta P = -1.575 \log \frac{d}{3W} + 1.224$$

(kg/cm<sup>2</sup> . m . kg)

$$= -1.575 \log \frac{31}{3 \times 1.0125} + 1.224$$

(kg/cm<sup>2</sup> . m . kg)

$$= -1.1221$$

$$\Delta P = 10^{1.221} = 0.07549 \text{kg/cm}^2$$

이것이야 말로 常識以外의 事故로서 火藥類管理가 얼마나 徹底하지 않으면 안되는가를 證明한 標本이라고 느끼고 있습니다.

表-1 爆風에 의한 家屋의 被害

爆風壓(kg/cm)	被 害 狀 況
0.06	窓 유리가 破損
0.08~0.1	受壓面의 窓, 유리는 大部分 破損
0.15~0.2	窓門틀은 折損
0.25~0.35	窓門틀은 大部分 折損
0.4~0.5	기와가 떨어진다.
0.6~0.7	지붕, 기둥이 부러진다.
1.5	建坪 15坪 程度의 家屋이 破損
10	重木造 및 煉瓦建物 崩壞
20	重量 Concrete 構造物 崩壞

### 3. 裡里驛 火藥列車 爆破事故例

『護送員이 1分の 잠에 취한 한순간이 18万 裡里市民을 一大 修羅場으로 몰아넣고 90億원의 財産을 빼앗아 갔다.』

日 時 : 1977年 11月 11日 21時 50分

調査者 : 團長 徐 廷 覺 大檢檢事, 技術責任者 許 堧 博士

被 害 : 財産損失 86億원(民間 55億, 鐵道 31億)

機關車 2輛, 貨車 70輛, 客車 20輛, 死亡 49名, 重傷 175名, 失蹤 7名, 輕傷 1,169名, 建物全破 675棟, 罹災民 1,982 世帶 9,973名

被害範圍 : 爆破地點 基準(爆風壓에 의한 被害)

- 300m 半徑 : 驛構內의 1~5番 Home과 5條의 入荷線路의 rail은 全部 휘어지고 말았다. 驛舍 客貨車 事務所, 補線事務所 等은 大破狀態
- 500m 半徑 : Block造 煉瓦造 建物は 大破 RC造의 非構造體인 二次部材(天井, 窓門, 簡易壁) 等은 大破, 主構造體는 異常없음.
- 1km 半徑 : 鐵筋 Concrete 建物を 除外한 商街 및 家屋의 roofing은 流失되어 道路上에는 破損된 硝子, 看板 等이 散在되어 있었다.
- 4km 半徑 : 比較的 地帶가 높은 곳의 住宅의 기와가 破損되거나 또는 Block壁에 部分的인 龜裂(crack)을 發見하였다.
- 爆破地點 : 깊이 19m, 直徑 30m의 粘土 crater가 形成됨.
- 爆破火藥類 : 爆破 26 M/T(Dynamite, 硝安 爆藥, ANFO)

原 因 : 仁川火藥工場에서 光州驛까지 火藥을 運搬途中 裡里驛에서 待期中 貨物車輛에 爆藥 26 M/T을 積載하고 있던 爆藥의 頂上에 電氣雷管을 따로 保管하

여 運送中, 護送員은 밤이 지루해 하던 차 Candle을 頭部에 놓고 잠깐 잠이든 사이에 自身도 알지 못하는 사이에 Candle이 ANFO의 紙袋에 着火되어, 드디어는 護送員이 着用하고 있던 닥털 잠바에 轉火되어 비로서 잠에서 깨어났다. 『불』이라고 소리지르면서 車內에서 脫出한지 12分後 爆發한 것이다.

當時 原因糾明의 技術責任者였던 筆者는 貨車에 積載된 同類의 火藥類를 가지고 假說物을 만들어 再演한 結果 12分이 時間을 確認하였다.

適用된 爆風壓, 爆音 및 振動値는 下記와 같다.

#### ① 爆風壓

$$\begin{aligned} \log \Delta P &= -1.575 \log \frac{d}{3W} + 1.224 \\ & \quad (\text{kg/cm}^2, \text{m}, \text{kg}) \\ &= -1.575 \log \frac{500}{3 \cdot 26000} + 1.224 \\ & \quad (\text{kg/cm}^2, \text{m}, \text{kg}) \\ &= -0.7093 \\ \Delta P &= 10^{-0.7093} = 0.196 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

여기서 P = 爆風壓 (kg/cm<sup>2</sup>)  
d = 爆源에서의 距離 (m) (500 m)  
w = 爆藥重量 (kg) (26000 kg)

#### ② 爆音

$$\begin{aligned} S &= 20 \log_{10} P + 194 \\ &= 20 \log 0.2 + 194 \\ &= 180.04 \text{ dB} \end{aligned}$$

여기에서 P : 爆風壓 (kg/cm<sup>2</sup>)  
(0.196 ≒ 0.2 kg/cm<sup>2</sup>)  
S : 音壓 (dB) (500 m 地點)

以上の 計算値에서 概略的인 感知는 可能하다.

4. 發破音에 對한 人間과 構造物의 影響

(一般音) A	dB (一般音) B (發破音)	
.....	180	..... 構造物破損
.....	.....	.....
튼튼한 窓 유리가 破損	160	中程度の jet機 音 ..... 大部分의 窓이 破損
.....	.....	.....
허술한 窓 유리 破損 人間的 귀의 騒音安全 基準	140	弱한 種類의 窓이 破損 ..... 被害가 없는 限界
.....	.....	.....
提案된 發破에 의한 最大許可 level	120	空襲사이렌 住民의 ..... 不平不滿의 始作 窓이 덜덜덜덜 흔들린다.
.....	.....	.....
.....	100	동조립 製造工場 ..... 大都市 交通騒音 地下鐵 騒音
.....	.....	.....
.....	80	繁忙 事務所
.....	.....	.....
.....	60	標準的 話聲 ..... 個人的 事務所
.....	.....	.....
.....	40	조용한 住宅 (病室)
.....	.....	.....
.....	20	속삭이는 소리
.....	.....	.....
.....	0	可聽下限
.....	.....	.....

(備考) 一般音 A와 B는 各各 文獻에 依함.

5. 地盤振動

振動值, 爆源과의 距離, 遲發當爆藥量 間의 函數關係는  $V=KW^b D^a$ 가 通用되고 있으나 今番과 같이 地上의 貨車內에 積債한 爆藥爆破

에 關한 實驗式은 없으므로 參考로 問題 解答 接近을 위하여 USMM, Nicholeset 1971., 實驗式을 應用하여 計算해 보면 下記와 같이 된다.

$$V_R = 0.052 \left( \frac{d}{W^{0.512}} \right)^{-1.03}$$

爆藥源 - 距離 - 振動速度 關係

距離	振動速度		備考
	in/sec	cm/sec	
50 m	207	525.78	① 裝藥量 26M / T
100 m	67	170.18	
200 m	22	55.88	② 岩質 및 發破 條件 採石場의 地下 發破
300 m	11	27.94	
400 m	7	17.78	
500 m	4.9	12.45	
1,000 m	1.6	4.06	
2,000 m	0.5	1.27	
3,000 m	0.26	0.66	
4,000 m	0.17	0.432	

實測值에 의한 被害狀態 分類

分類	振動值		構造物 狀態
	in/sec	cm/sec	
最大被害	7.6	19.30	灰壁落下, 大龜裂 發生
最小被害	5.4	13.72	舊龜裂 擴大, 弱龜裂 發生
安全限界	2.0	5.08	異常없음.

上記 實驗式은 採石場에서의 穿孔에 爆藥을 裝藥한 경우로서 大部分의 energy가 岩石破壞에 消費되고 其中 0.5~20% 程度가 基礎地盤에 衝擊波, 彈性波로서 傳波되고 一般의 貨車爆破의 경우에는 大部分 energy가 爆風壓이 되어 地盤振動에 影響된 energy는 깊이 19m, 直徑 30m인 粘土의 crater만들이 主로서 clay에 影響된 地盤振動은 上記 試驗式值의 1~5% 程度로 推定된다.