

構造物爆破의 公害 安全對策

—소음·진동·분진·비석공해를 중심으로—

安 明 碩*

On the Pollution & Safe Measure in Building Demolition

Myung-Seog Ahn

Abstract

This paper is on the current and prospect of the most advanced explosive technics, Futhermore, utmost needed and centered interesting basic theory, The demolition is described with counter plan on the problems of carrying out example. Specified description noted on the pollution especially noisy, vibration, dust and disperse pollution with comprehensive counter plan. Although it has some insufficiency, I expect my paper will be to advance the explosive technics.

1. 特殊發破技術의 現況

爆藥은 炭鑛에서 석탄이나 각종 鑛物을 캐거나, 建築土木 現場에서 岩盤除去를 위해서 주로 사용되었다. 戰爭에서 軍事用으로 破壞를 위한 目的으로 사용되기도 하였으나 最近의 東西和解 分圍氣와 南北統一이 무르익는 시대적 趨勢를 볼때 더이상 파괴용으로서의 사용은 抑制될 것이고 이제는 平和를 위하여 建設을 위하여 産業發展을 위하여 더 많이 사용되어지고 應用될 것이다.

작금의 尖端産業의 發達과 産業의 高度化로 우리 화학업계에도 최근에는 尖端發破技術의 開發에 많은 關心과 研究開發을 進行 中이다.

첨단발파기술의 응용사례를 紹介하면, 건축 토목분야에서 老朽高層빌딩 및 굴뚝의 철거, 노후矯梁 및 工場시설의 撤去등에 活用되고 있으며, 위락서비스분야에서 응용으로는 불꽃놀이를 들 수 있다. 최근에는 尖端 科學裝備를 利用하여 각종 꽃불의 모양이 音樂과 美術등 藝術的

인 기능을 記憶시킨 컴퓨터를 活用하여 보다 高 차원의 公예술품(工學-藝術)을 만들어낸다. 아울러 각종 起工式 發破時에도 예술적 기능과 雄壯함을 가미하여 그 華麗함을 極致에 다다르게 한다. 그외에도 로켓트 발사추진체등의 宇宙 開發에의 응용, 석유시추등 海洋開發에의 응용, 각종 工學實驗研究에의 응용, 爆發加工에의 응용, 醫學에의 응용, 鐵鋼産業에의 응용등으로 그 숫자를 이제는 일일이 羅列하기가 힘들 정도로 廣範圍해졌다.

1.1 應用現況

(1) 構造物의 爆破解體技術

우리나라의 경우 1960년대 以前에 지은 各種 構造物들을 이제는 再開發을 위해 撤去해야할 時點에 이르렀다. 그러므로 爆破解體技術은 現 韓國 實情을 볼 때 가장 現實性있는 分野이다. 또한 UR協商 妥結시 外國의 建물해체업체가 國內시장에 進出하여 海체시장을 잠식할 가능성이 큰 火藥關聯 技術用役分野로 보여진다.

* (주)한화 점촌지점장 대리

그러나 현재 국내의 해체기술수준으로는 대처능력이 顯著히 不足하여 시급히 補完이 必要한 實情이다. 국내에는 數個의 業體가 수회의 예비시험을 거쳐 최근에는 3~5회의 市場開入을 始作하였다.

(2) 石油試推를 爲한 爆破應用技術

천연자원이 부족한 우리나라는 특히 石油資源에 대한 期待가 매우 크다. 육지의 해남, 포항 지역에 대한 기대가 稀薄함에 따라 이제는 海洋에서의 석유 探査에 期待를 걸고 있으며 그중 7 鑛區의 석유부존 可能性에 큰 期待를 걸고있다. 석유탐사를 위한 試錐作業에는 다음과 같은 火藥이 使用되고 있다.

試錐船에서 내린 Drilling Pipe의 Tool내에 Shape Charge를 장착하여 1ft가량 左右로 穿孔하여 油徵 有無로 調査한다. 주로 Pipe Cutting 및 암석의 천공이 목적이기 때문에 Shape Charge가 소요된다. 시추공내의 網管穿孔用으로는 4"고성능 RDX, 도폭선 起爆用으로는 전기식 뇌관인 White deto, 시추공내 Sample채취용인 CST Cartridge, 시추공내 플러그, 팩커, 시멘트 파쇄용인 Baker Power Size20, 시추공내 Tubing 절단용인 Pengo Cutter등이 있다.

(3) 工學實驗을 爲한 爆破應用技術

戰鬪車輛用 鐵板등 방위산업용 新素材 開發을 위한 금속의 動的破壞 引張實驗을 하기 위해 (그림 1)과 같은 실험장치내에서 試片의 한쪽편에 附着된 Loading head에 불인 폭약을 폭파시킴으로서 動的引張力을 測定한다. 이때 폭발은 진공 Chamber 내에서 일어나므로 시편과 시험장치의 破損을 막는다. 이대 使用되는 火藥은 직경 5mm정도, 길이 25mm정도의 E-106Deto와 63%PETN을 두께 6mm 정도로 만든 Deto sheet C를 사용하여야하나 국산 다이내마이트와 전기 뇌관을 技術的으로 使用하였을때 要求되는 結果를 얻을 수 있었다.

(4) 醫學에서의 微小發破應用技術

방광결석증 환자의 尿路結石을 除去하기 위해서는 Laser 및 超音波를 이용하는 방법과 放射에 의한 衝擊波를 이용하는 방법이 있으나 여

기서는 爆藥을 利用하여 粉碎하고 除去하는 法을 說明하기로 한다. 요로결석은 磷酸칼슘이 主成分이다. 여러가지 결석종류 중에서도 $Ca_3(PO_4)_2 + Ca(COO)_2 + NgNH_4PO_4$ 의 結石이 가장 높은 強度를 가지고 있다. 壓縮強度가 $65kg/cm^2$ 에 가까우므로 低強度의 岩石에 該當된다. 이러한 강도의 결석을 除去하기 爲해서는 내경 2mm, $1000kg/cm^2$ 으로 압축장진한 파쇄기를 尿路에 넣어 爆破시켜 결석을 除去한다. 이 방법은 매우 精密한 高度의 技術을 要한다. 중국의 경우 1980년 4월에 방광결석증 환자를 미소 발파에 의해 치료하였고 1985년까지 20여회 성공하였다. 일본의 경우는 1981년 9월부터 1985년까지 6회에 걸쳐 이상없이 성공하였다.

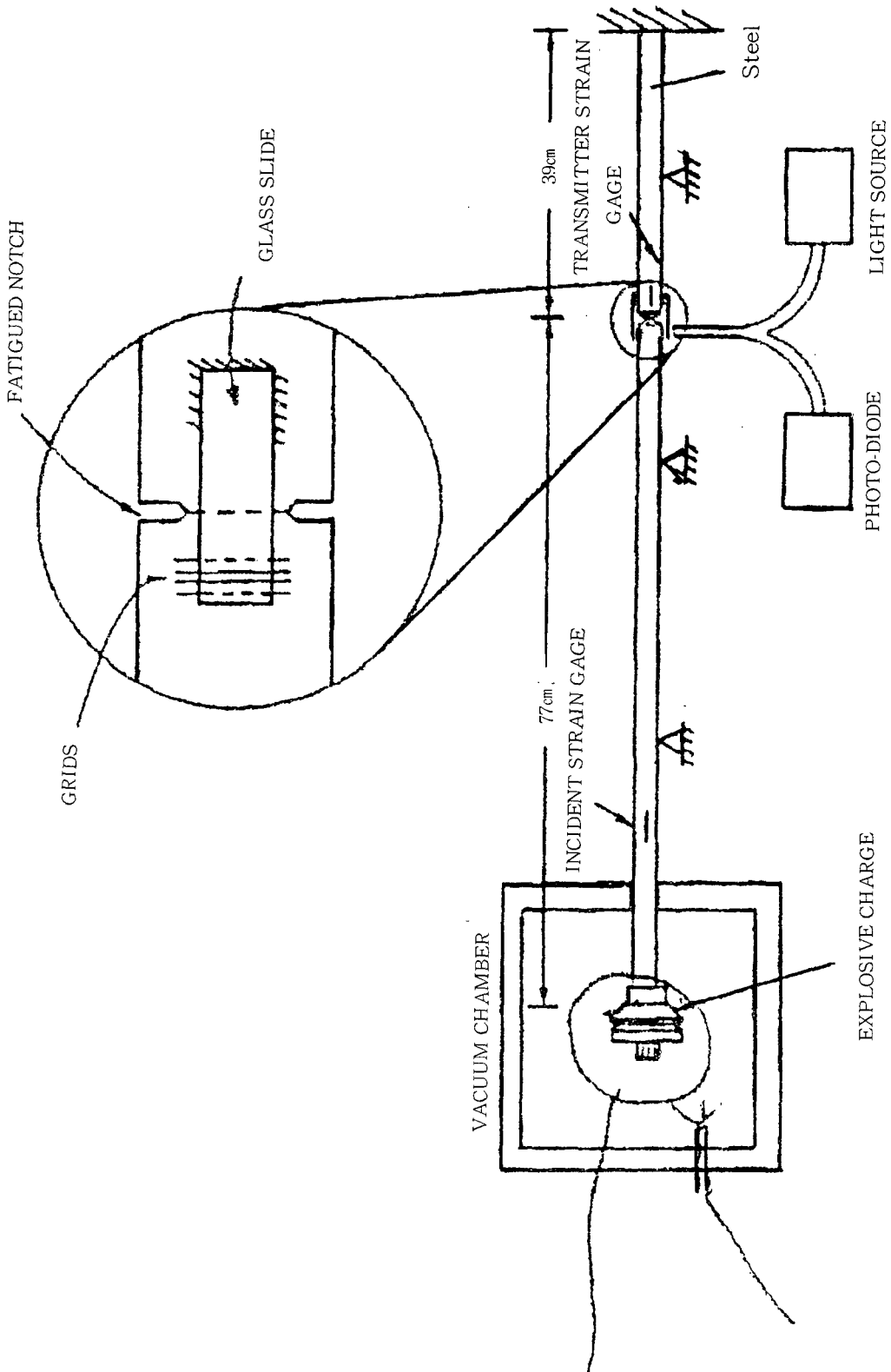
(5) 컴퓨터를 利用한 불꽃使用技術

새로운 文化가 빠르게 創造되고 發展되어가는 最近의 趨勢와 발맞추어 우리 국민들의 藝術水準과 鑑賞能力도 매우 높아졌다. 이에 副應하여 새로운 레저관람 및 축제행사 수단으로 火藥을 利用한 불꽃놀이가 漸次 - 般化 되어가는 실정이다. 때문에 불꽃의 제조기술 및 사용기술도 시대에 맞게 高度化, 藝術化되었고 더욱 精密한 製造와 設計하에 使用되고 있다. 86아세안게임, 88올림픽유치 등 超大型國際行事를 치르면서 여러가지 모양의 불꽃이 새로이 開發되고 종류 또한 수십가지로 늘었으며 發射裝備과 發射技術도 더욱 科學적으로 체계화되었으며 대규모화, 컴퓨터화 하였다. 밤하늘을 보다 華麗하고 보다 예술적인 오케스트라를 演奏하기 위해 최근에는 유명하고 경쾌한 音樂을 컴퓨터로 분석, 분류, 편집하여 이를 불꽃의 크기, 모양에 따라 적절하게 프로그래밍한다.

프로그래밍한 자료로 품목별 제품을 選定企劃하고 발사장비를 준비, 설치 및 발사작업에 임한다. 이는 首 圈에서 컴퓨터로 발사한 불꽃놀이를 관람해 본 사람은 在來式은 재미가 없어서 보지못하겠다고 할 정도에까지 이르렀다.

고도화된 예술화된 불꽃작품만 鑑賞하겠다는 것으로써 일반국민들의 불꽃에 대한 예술수준이 急速히 成長했음을 알 수 있다.

(그림 1)



Schematic diagram of apparatus employed for dynamic fracture experiments.

프로그래밍한 예를들면 (별표 1)과 같다.

(6) 水中發破 應用技術

수중발파는 1585년경 戰鬪中인배에 火藥을 積載하여 적을 奇襲攻擊하기 위한 목적으로 使用되었으며, 1961년에는 獨逸에서 河川採掘을 위해서, 1963년에는 이태리에서 港灣採掘을 위해서 산업발전에 이용되기 始作하였다. 수중발파의 형태로는 폭약을 물속에 달아매는 법, 수중의 구조물에 附着하는 법, 천공하여 裝藥하는 법 등이 있다. 주로 항만과 수로와 하천이나 호수에서 港灣新設工事用으로, 교량이나 교각의 기초조성을 위한 岩石破碎用으로, 해저에 침몰된 침몰선박의 引揚을 위한 解體用으로, 지질탐광을 위한 海底發破用으로 이용되고 있다. 수중 수십 m 아래는 매우 높은 壓力을 받으므로 지상에서 사용하는 일반폭약으로 발파는 어려우므로 耐水壓에 강한 特殊爆藥을 使用하여야 한다.

뇌관도 添藏藥을 強化시킨 特殊用을 使用하여 야 하며, 기폭방법도 有線電氣起爆法을 쓰며, 최근에는 無線電氣起爆法(전자유도 원격기폭법, 초음파 원격기폭법 등)도 개발되어 적용 실시되고 있다.

(7) 其他 分野에서 發破應用技術

항만, 댐, 터널, 지하철건설 등의 각종 건설공사장에서 起工式行事時에 사용하는 建設起工式 特殊效果는 수중행사시에는 水中色素기동과 晝間用煙火를 使用하고 육상행사에는 陸上煙幕기동과 꽃가루, 晝間用煙火등으로 화려함과 웅장함을 한층 더하여 많은 호응을 얻고 있다.

또한 사람을 치고 ฆ소니치는 盜走車輛을 잡기 위한 爆發應用技術에의 活用이나 쇳물을 부어 만들던 鑄物加工法에서 폭약을 사용하여 가공하거나, 용접이 불가능한 大型配管을 폭약으로 接着한다거나, 굵은관을 적당한 크기로 壓縮하는 爆發成型技術, 폭발열로 강철의 강도를 강화하는 爆發硬化技術, 금속분말을 폭발시켜 일정한 형태로 압축가공하는 爆發壓縮技術, 금속분말을 폭발시켜 일정한 형태로 압축가공하는 爆發壓縮技術, 폭약을 터뜨려 철도레일이나 파이프등을 쇳뭉으로 자르듯 절단하는 爆發切斷技

術, 차량의 충돌사고시 운전자를 보호하는 에어백의 爆發膨脹技術, 용광로의 철광석 찌꺼기를 화학을 이용하여 공정을 세우지않고 간단히 除去하는 爆發應用技術등을 들 수 있다.

1.2 國內開發現況

1980년대 이후 화학개발을 위해 外國研修, 見學, 出張등을 통해 눈을 뜨기 시작한 특수발파 기술은 1985년 경부터 본격적으로 舉論되었고 각 기업에서 자체적으로 사업성을 검토하고 기술에 대한 研究開發을 始作하였으며 1988년 6월에는 關聯學會에 實用化 方案이 發表되어 관련 기술자와 학계에 큰 關心을 끌기도 했다.¹⁾

그후 일부 화학기술관련 先驅者들에 의해 외국이 폭파해체기술자료를 입수, 번역하여 관련 기술자에게 傳達하거나 自體研究를 꾸준히하였으며 최근에는 세미나나 외국연수 등으로 더욱 具體化되고 活性化되었다.

현재 실용화를 위해 국내에도 3~4개의 기업이 本格的으로 본사업에 參與하기 시작하였으며 H기업은 이미 자체 연구개발을 거쳐 受注活動을 進行中이며 또한 D기업은 외국의 해체전문업체와 技術合作을 통해 國內市場進出을 본격적²⁾으로 試圖하고 있다. 그리고 1~2개 업체는 준비단계 혹은 관망형태를 취하고 있다.

1.3 關聯機關現況

- (1) 銃砲火藥安全技術協會
- (2) 大韓火藥技術學會
- (3) 韓國騷音振動工學會
- (4) 韓國岩盤力學會
- (5) 韓國資源工學會
- (6) 韓國터널技術協會
- (7) 韓國火藥技術者聯合會
- (8) 騷音振動測定 및 施設業體(별표 2)
- (9) 騷音振動機器 販賣業體(표 1)
- (10) 大學附設研究所等

2. 特殊發破技術의 展望

구조물 폭파해체 용역업의 경우 美國, 英國,

獨逸, 스웨덴등의 先進國에서는 이미 20~30년 전부터 老朽된 高層빌딩이나 老朽된 橋梁, 鎔鑛爐, 化學工場, 發電所, 原子爐 施設, 굴뚝, 送電塔, 廢水處理場, 下水處理場등 各種 構造物을 경제적이고 安全하면서 신속한 方法인 爆破解體 工法으로 구조물을 撤去해 오고 있다. 정부기관

이나 국민들의 인식도 普遍化되어 있는 實情이다. 그러나 우리나라의 경우 1960년대 이전에 건축된 아파트, 교량, 굴뚝, 공장 등 各種 産業 施設이 老朽되거나, 도심지 재개발사업이나 土地 利用의 極大化 또는 都市 美觀向上등의 目的으로 撤去해야할 時點에 이르렀다. 그러나 아직

〈표 1〉 수입판매 및 대행업체

판매회사	소 음 계			진 동 계			제조회사
	품 명	모 델	특 성	품 명	모 델	특 성	
선일기계진흥	소음계	NA-20 NA-23 NA-40	휴대용 "	진동레벨계	VM-12B VM-14B VM-51 VM-63	0.01~ 10cm/s 범위측정 디지털 0.1~199m/s ² 측정	Rion Co, LTD. JAPAN
명성과학	소음계 소음진동 기록계	NA-25 LR-04	디지털 NA25, VM51과 연결가능	진동계	VM-51	디지털 아날로그	상 동
만도기계(주)							미국 FORD사
B&K Korea Ltd							
(주)명 코퍼레이션				레이저 바이 브로메터	AT3200-20 AT3200-30	Laser 광원사용 측 정속도 범위 20um/ s-5m/s	GRAPH TEC COR PORAT ION. JAPAN
동성화약				ZEB진동 측정기	SM3-DO+ SM3-DS	손쉬운 사용 범 저렴한 가격	WASAG CHEMIE. Germany.

도 大部分의 철거작업이 브레이크나 컷트기를 利用하는 등 在來式 工法에 依存하고 있는 實情이다. 앞으로 더욱 높은 高層建築物이나 大規模建築物을 除去하거나, 部分的인 撤去가 要求될시에는 폭파해체공법이 必須的인 事項이 될 것이 分明하다. 연구발표된 자료에 의하면 在來式 해

체공법의 경우 단층 철거시에는 철거비용이 坪當 3萬원이 들고 18層 高層建築物의 撤去時에는 坪當 14萬원이 소요되지만 爆破解體工法으로 解體時에는 坪當 4~5萬원 정도가 所要된다고 한다.³⁾

즉 高層建築物일수록 經濟性이 매우 높은 편이

다. 재래식 공법에 비할때 훨씬 低廉한 공사비용과 함께 짧은 공사기간이 所要되는 特徵이 있지만, 허가관계기관과 인근주민들의 發破作業에 對해 認識轉換이 切實하다. 아울러 소음진동 등의 發破公害에 대한 技術的인 事項에 對해 기술진은 보다 積極的인 勞力을 해야할 것이다.

水中爆破는 대형선박의 증대로 인한 기존항만의 深度를 補完하기 위한 항만의 재정비, 항암벽의 수리 및 深海鑛山의 開發, 대교의 橋脚建設등을 위하여 그 수요가 增加할 豫定이다. 수중발파는 종사자의 危險度가 특히 높으므로 로봇화로의 연구, 魚具類 및 水中構造物에 대한 被害를 最小化하기 위한 發破衝擊壓과 地盤振動의 輕減對策에 대한 研究등에 心血을 기울여야할 것이다. 最近에는 컴퓨터를 이용하여 더욱 詳細하고 正確한 豫測을 위한 연구가 實用化段階에 들어서고 있다.

3. 構造物爆破解體工法の 原理

3.1 設計의 基本原理

- (1) 건물자체 중량의 주된 지지부를 파괴한다.
- (2) 충분한 파괴가 되도록 장약을 분발한다.
- (3) MS발파를 하고, 단수는 원하는 방향으로 붕괴 및 파괴되도록 설계한다.

3.2 基本 安全 手段

- (1) 무거운 플라스틱매트와 방호용카바로 장약부를 덮는다.
- (2) 주변건물과 설비에 대해 지반진동을 측정한다.
- (3) 분진억제를 위해 발파작업시에 물을 살포한다.
- (4) 암석발파와 마찬가지로 주위사람들을 피난시키고 감시한다.
- (5) 인접발파서는 대기중의 쇼크파도 측정해야 한다.

3.3 裝藥量 設計

구조물 폭파시에는 일반발파와는 달리 穿孔徑은 가능한 적게하여야하며, 穿孔角度는 보통 5~45도로하고, 穿孔깊이는 15~50cm로, 裝藥量은 30~200g으로 한다. 그리고 裝藥量 算定式은 $L=CA$ 나 $Q=KL$ 을 사용한다. 이때 L은 장약량으로써 Kg단위이고, C는 발파계수으로써 Kg/m^2 이며, A는 파쇄단면적으로써 m^2 이다. 또한 Q는 공당장약량으로써 G이고, K는 발파계수으로써 0.8~1.2에 해당하며, L은 천공깊이로써 cm이다.

3.4 騒音制御 理論

騒音이라 함은 기계, 기구, 시설 기타 物體의 使用으로 인하여 發生하는 소리로써 “바람직하지 않은 음” 즉 生活에 障害를 주거나 苦痛을 주는 音을 말한다. 소리는 본질적으로 대기의 작은 압력의 변화를 우리귀의 고막에 의해 감지하는 현상이다. 따라서 소리의 크기는 압력의 크기로 정의되고, 사람이 들을 수 있는 소리의 크기는 최저가청압력인 $2 \times 10^{-5} \text{Newton} / m^2$ 에서 $200 \text{Newton} / m^2$ 까지 광범위하다. 따라서 Log 값을 이용하여 음압도 $\text{decibel} = 10 \text{Log}(\text{power} / \text{기준power})$ 로 표시된다. 즉 dB은 어떤 기준값에 의해 정의된 相對的인 量이다. 일반적으로 타자기 소음은 60dB전후이고, 도로교통 소음은 80dB전후, 鑿岩機 騒音은 100dB前後이다. 사람이 痛症을 느끼기 시작하는 소음은 140dB 정도이다. 사람의 귀는 1000Hz이상 고주파영역에서 예민하고 주파수가 감소됨에 따라 감지도는 감소한다. 그러므로 1000Hz에서 30dB로 느끼는 소리의 세기는 20Hz에서는 90dB이 되어야 같은 세기의 소리로 느낄 수 있다.

dB은 등감도 곡선으로 보장한 A특성치와 B특성치, C특성치로 구분되며 일반 소음은 dB(A)로 측정·표기하고 있으며 衝擊音은 dB(C)로 측정·표기하여야 함이 더욱 精密하다고 한다. 그러나 大部分 dB(A)로 測定하고 整理하는 것이 一般化되어 있다.

3.5 振動制御 理論

發破振動은 지진진동에 비해 주파수가 높아서 수10~수100Hz에 이른다. 발파진동에 대한 구조물의 피해정도는 變位, 粒子速度, 加速度, 周波數중에서 粒子速度⁴⁾에 많이 左右한다. 이들의 相好關係는 $D=Vdt$, $V=dD/dt=Adt$, $A=dV/dt$ 로 表示된다. 그러므로 發破振動 豫測實驗式은 $V=K(D/wb)n$ 로 表現할 수 있다. 여기서 D는 폭원으로 부터의 거리(m), W는 지발당 장약량(kg), V는 지반의 진동속도(cm/sec), K, n, b는 지반조건에 따른 상수⁵⁾이다. 즉 發破振動은 爆原과 構造物 사이의 距離에 反比例하고 지발당 裝藥量에 比例한다고 定義된다.

그리고 콘크리트 破碎器(CCR)를 使用할 경우는 $V=7W0.5D-1.75$ 로 表示된다. 여기서 W는 약량(本), v는 진동속도(cm/sec), D는 거리(m)⁶⁾이다. CCR의 경우 동일 약량의 다른 폭약에 비해 파쇄진동이 약 1/2~1/10정도가 절감된다고 한다.

발파진동과 지진진동의 차이는 <표 2>와 같으며 발파진동에 관한 被害에 對한 研究는 우리나라의 경우 1990년 6월에 S大學校 工學研究所에서 實施한 H석유개발공사 A프로판 지하저장시설 증설공사시 “發破振動에 依한 構造物 相互影響 評價報告書”에서 미광무국(U.S.B.M)의 발파진동 허용기준치인 5cm/sec의 1/2 수치인 5cm/sec를 限界許用 振動速度值로 設定하였을

때 正常的인 地上構造物일 경우 充分하다는 結論을 얻었다.⁵⁾

지반조건에 따른 발파진동 피해수준의 예는 <표 3>과 같다.

3.6 飛散制御 理論

비산은 구조물의 강도와 노후정도를 감안한 適定裝藥量 算定이 가장 重要하다. 대체로 구조물을 넘길 方向으로는 다소 過裝藥을 하기도하나 다른 장약 위치에는 弱裝藥을 하는것이 보다 安全하다. 中國 鑛業大學에서 연구한 資料에 의하면 파편의 비석거리 $D=K \times \{ 20(Q1/3/W) \} / g$ 로 표시된다.

3.7 爆破解體 施工順序

- (1) 파괴대상 건물의 구조와 주변상황 조사
- (2) 발파해체를 위한 붕괴공법의 선정
- (3) 사용폭약의 선정 및 설계
- (4) 사전파쇄 및 절단
- (5) 천 공
- (6) 장약 및 전색등
- (7) 비석방지등 방호대책
- (8) 교통규제와 인근주민대피 및 경계
- (9) 발파준비완료 및 최종점검
- (10) 발 파
- (11) 불발 및 잔류약확인
- (12) 주변피해여부조사 및 파쇄물처리

<표 2> 발파진동과 지진과의 비교

	발 파 진 동	자 연 지 진
진 원 의 깊 이	지표 또는 지표가까운 내부	지하 10km 이상
진 동 주 파 수	수 10~수 100Hz	1Hz 정도 또는 그 이하
진 동 계 속 시 간	0.1sec 정도 이내	10sec 이상, 대지진은 분단위
진 동 파 형	비교적 단순	복 잡

서울地下鐵公社 發破振動 許容値

區 分	I	II	III	IV
建 物 分 類	文 化 財	住宅, 아파트 실 금이 나타나 있는 程度	商街금(crack)이 없는 狀態	鐵筋콘크리트빌 딩 및 工場
建物基礎에서의 許容 振動値(cm /sec)	0.2	0.5	1.0	1.0~4.0

備考 : (1) 위 表는 西獨의 Vornorm DIN 4150, Teil 3를 基準하였음.
(2) 周波數는 약 100Hz까지 通用된다.

<표 3> 발파진동에 의한 피해수준 (제안자 : Langefors & Kihlstrom)

지반조건 ----- 진동범위	지하수 수준 이하의 점토, 모래, 자갈	퇴석(Moraine) 슬 레이트(Slate) 연약 한 석회석	강한 석회석, 석영질 사암, 편마암, 화강 암, 현무암	피해정도
종파의 전 달속도	300~1,500 (m/sec)	2,000~3,000 (m/sec)	4,500~6,000 (m/sec)	
발파에 의 한 진동속 도(cm /sec)	0.4~1.8이하	3.5이하	7.0이하	피해없음
	0.6~3.0	5.5	11.0	무시할 수 있는 피해 (피해 한계값)
	0.8~4.0	8.0	16.0	균열생성
	1.2~6.0이상	11.5이상	23.0이상	상당한 피해 발생

4. 構造物爆破解體工法の 施工例

4.1 A회사

당사는 수년간 自體研究를 통해 얻은 技術蓄積을 바탕으로하여 91. 8.26. 16시 육사 단층건물 발파결과 만족한 결과를 얻었다. 당 구조물은 건물 연면적이 1,280㎡, 벽체의 두께가 20cm 인 라멘조로써 사용한 폭약은 GD28mm, 뇌관은 NONEL Primadet와 17, 24, 42, 100ms의 Trunk Line Delay를 사용하였다. 천공경은 32~40mm, 천공각도는 5~20도로써 공당장약량은 200g 이하로 하였다. 발파소음진동은 30m 지점에서 소음이 86dB, 진동은 0.13cm/sec로 아주 양호한 결과를 얻었다.

92. 7. 19 14:00에 실시한 구 인천면허시험장의 3층 철근콘크리트 구조물의 해체작업은 고무할만한 技術發展을 이룩하였다. 해체된 건물의 면적은 1,125㎡으로써 1970년에 건축된 기둥식지 지 라멘조구조물이며 본 발파전에 2회의 시험발파를 하였고 사용폭약은 GD28mm, 뇌관은 DS를 사용하였다. 천공경은 32~38mm, 천공장은 38cm, 천공간격은 40~70cm, 최소저항선 18.5cm, 천공각도 30~45도, 공당장약량 40~80g, 기둥당 천공수는 3공으로써 총천공수는 150공으로 총장약량은 7.9kg이었다.

DS뇌관은 2~11번을 사용하였으며 천공장 D=1.4d의 식을 적용하였다. 발파소음진동은 30m 지점에서 소음은 80~90dB로 예측하였으

나 결과치는 88~130dB 정도로 다소 높았고 진동은 0.61~0.66 m/s로 예측했으나 0.018~0.11cm/s로써 예측치에 훨씬 못미쳤다. 그리고 비석거리는 22~35cm로 예측했으나 2차에 걸친 방호막의 엄밀한 조치로 인해 5m 이내에 머물렀다. 붕괴패턴은 Inside Demolition(원위치붕괴)이었다. 기폭시스템과 붕괴패턴은 (별표 3)과 같다.

4.2 B회사

당사는 정유공장, 일반토목분야 등의 設計 및 建設, 施工 전문업체로서 폭파해체사업을 위해 폭파전문회사인 영국의 C.D.G.와 技術提携로 본 해체사업에 뛰어난 업체이다. 시공실적으로는 91.1.23. 포항종합제철에서 높이 70m의 STACK와 높이 40m의 HEAD WATER TANK의 해체경력이 있다. 굴뚝의 외경은 7m, 두께 40cm 정도로써 폭약은 GD25mm, 뇌관은 손발 및 MS전기뇌관, 도폭선등을 사용하였다. 천공장은 35cm, 천공경 30mm, 최소저항선 50cm 정도였으며 천공각도는 45도 전후, 천공수는 70공, 공당장약량은 약 80g으로써 총화약 사용량은 GD62.5kg, 전기뇌관 100개, 도폭선 250mm 정도가 소요되었다. 붕괴패턴은 One Side Demolition(정방향붕괴)이었다.

92.6.1. 14:00 우리나라에서는 최초로 공식적인 건물해체발파가 釜山에서 試圖되었다. 약 1200평 규모의 3, 4층 콘크리트 건물인 구 애린 유스호텔의 건물발파는 C.D.G의 회장인 Mr. CHARES MORAN을 主軸으로 하여 D엔지니어링의 기술진이 總力을 기울인 결과 성공적으로 완료되었다. 사용한 폭약은 GD25mm, 뇌관은 NONELprimadet와 ED, DS를 사용하였다. 공당장약량은 60~80g으로써 370공을 천공하였으며 총폭약사용량은 GD23kg, ED130개, NONEL378개가 사용되었다. 예상진동치는 15m 거리에서 0.2cm/sec였으나 결과치는 0.015cm/sec로써 매우 낮은 편이었다. 붕괴패턴은 Out Side Demolition(원위치붕괴)이었다.

4.3 C회사

당사는 모군부대내의 老朽 破損된 鐵橋를 除去하기 위해 非公開로 92.2.16. 14:30에 교량발파를 시행하여 만족한 결과를 얻었다. 교량의 무게는 약 24ton으로써 T형 빔아치형의 철근과 콘크리트로 이루어져 있었다. 폭약은 GD25mm, 뇌관은 DS를 사용하였다. 천공경은 35mm, 천공장 70~140cm, 천공간격 15~50cm, 장약량은 80g 전후였다. 매우 양호한 결과를 얻었으나 철재빔은 375g의 폭약으로 절단을 시도했지만 복토법으로 엄밀한 시공이 되지 못한 관계로 切斷에 失敗했다. 소음은 대략적으로 90~120dB 정도였다. 붕괴패턴은 One Side Demolition(정방향붕괴)이었다.

4.4 D회사

당사는 구조물 폭파해체분야에서 世界最大의 施工經歷을 가지고 있는 구조물폭파 전문업체로서 대표적인 시공사례를 들자면 국제과학기술박람회장이었던 반구형 dome의 폭파해체를 들 수 있다. 이 돔은 높이 23.7m, 직경 41m로써 총중량 1900ton의 규모였다. 약 20일간의 예비작업을 끝내고 86.3.6 10:00에 발파를 실시했다. 폭약은 Emulsion계 함수폭약 312kg을 사용했고 뇌관은 MS, DS등으로 총 28개단에 1,265개를 사용하여 2회의 발파로 해체작업을 완료했다.

4.5 E회사

당사는 英國最大의 구조물 폭파전문업체로서 Manchester에 위치한 셸포드아파트 8개동을 동시에 발파했는데 연면적 59,000㎡으로써 9~12층 건물이었다. 총천공수는 6,400개였고 총사용화약량은 512kg이었다. 뇌관은 NONEL 뇌관을 사용하였다.

4.6 來島海峽 岩礁除去

1978.11~12月사이 14m 水深下에 있는 來島海峽岩礁除去를 위해 水中發破를 실시했다. 제1회 발파는 1공에 장약량 100kg, 제2회는 3공에

〈표 4〉 외국 해체 업체의 예

국 적	회 사 명	해 체 경 력	사원수	안전기준 및 특징
U.S.A	E.D.L	경력 : 20년 이상 시공 : 150건 이상	30명	폭풍압 150dB로 자주 규제
"	C.D.I	경력 : 45년 가량 시공 : 5,000여건		원자력발전소 해체경력 2,000건 세계최대, 일요일 아침에 실시
"	BROCO			수중발파 경력 많음
U.K	C.D.G	경력 : 18년 이상 시공 : 수 10건	30명	폭풍압 160dB, 진동 14m에서 5Kine 발파 4시간 전~1시간 후 대피 5인의 안내원이 24시간 경계 분진청소비 계상
스웨덴	N.C.AB	경력 : 18년 이상	40명	High Explosive와 NONEL사용

구조물 폭파 해체 시공예(국내)

폭파대상	구 조	사용폭약	폭파업체	시공일자	비 고
	층, 규모	사용뇌관		성공여부	
육군사관학교 생도식당	RC 구조	DYNAMITE	(주) 한화 육사토목부	1991. 8.29.	
	1층, 1동	비전기식뇌관		△	
(주) 한화 자체폭파시험	RC 구조	DYNAMITE	(주) 한화	1991. 9.17.	폭파시험용 건물제작
	3층, 1동	전기뇌관		△	
굴뚝 및 고가수조	RC 구조	DYNAMITE	대림 ENG. 영국 CDG.	1992. 1.23.	외국기술진과 합작
	70m, 40m	전기뇌관		△	
부산 보수동 애린유스호텔	RC 구조	DYNAMITE	대림 ENG. 영국 CDG.	1992. 6. 1.	외국기술진과 최초의 합작사례
	3, 4층 복합	전기, 비전기식		○	
인천 연수동 구면허시험장	RC 구조	DYNAMITE	(주) 한화	1992. 7. 9.	국내기술진에 의해 최초 성공
	3층, 1동	단발전기뇌관		○	
서울 영등포 영남국민학교	RC 구조	DYNAMITE	대림 ENG. 영국 CDG.	199. 7.19.	성 공
	4층, 2동	전기, 비전기식		○	
고려시스템 사 옥	RC 구조	DYNAMITE	(주) 한화	199.	성 공
		단발전기뇌관		○	
설악산 킹덤호텔	RC 구조	DYNAMITE	(주) 한화	1993. 6.21.	성 공
	9층 1동,	단발전기뇌관		○	

350kg, 제3회는 6공에 1,080kg을 장약하고 電磁誘導起爆法으로 발파하였다. 掘穿량은 44,000m³이었다.⁹⁾

4.7 爆破解體業體의 例

구조물 폭파해체업체의 예 (외국)은 <표 4>와 같다.

5. 構造物爆破工法 施工時 問題點

5.1 工事施行上 問題

(1) 許可取得

許可官廳등의 관련행정관서에서는 새로운 기술의 試圖에 대한 安全上문제로 인해 허가 및 기타행정에 대해서 매우 過敏한 反應을 보이므로 시행자는 安全第一의 原則을 철저히 遵守하여야 할 것이다.

(2) 民願處理

구조물 폭파해체작업은 국내시공 경력이 짧고 화약을 사용한다는 점에서 발파대상 주변의 주민들은 대부분 무조건적으로 拒否反應을 나타내는 경향이있다. 그러나 재래식철거법에 비해 단시간에 보다 적은 비용으로 철거하는 잇점이 있고 오히려 더욱 安全한 尖端技術이라는 점을 浮刻하고 說得시킬 필요가 있다.

(3) 技術水準

화약산업에서 최첨단기술인 구조물폭파해체 공법은 施工經驗이 많이 不足한 가운데 국내정착에 애쓰는 일부 기술자들은 自體 技術開發에 매우 많은 노력을 해오고 있으나 기술수준이 아직 많이 未洽한 實情이다. 개발단계부터 기술향상 뿐 아니라 안전시공능력 향상에도 큰 비중을 두어야 할 것이다.

(4) 保險制度

우리나라의 경우 대부분의 건설업체들이 공사를 해오면서 건설공사보험가입을 기피하는 경향이 있다(91년 기준 96.66%). 때문에 大型事故 發生時에는 被害補償이 제대로 되지 않고 복구공사시 많은 어려움에 처한다. 91년 기준으로 건설공사 총발주액 32조7천8백92억원중 보

험가입은 1백80건에 1조9백36억원으로 가입률이 3.34%에 그쳤다. 건설공사시 보험가입률이 매우 저조한 실정이다. 우리나라의 보험가입현황과 예는 <표 5>와 같다.

구조물폭파해체공사의 경우 發生率은 매우 낮은 편이지만 만약 사고가 發生時에는 큰 被害가 豫想되므로 保險加入이 必須事項이라고 思料된다. 외국의 경우는 폭파해체작업시 수십억원의 피해보상까지 가능한 보험에 가입한 예가 있다.

이러한 경우 인근주민과 허가관청의 불안사항이 保險證書의 提出로 인해 心理的 不安이 거의 解消되어 공사 또한 順調롭게 進行된다고 한다. 우리나라에서도 이제는 기술수준의 향상은 물론이고 관계주민과 허가관청등의 인식전환이 이루어져야겠으며 保險社會의 保險制度確立과 함께 加入必須性에 대한 再考가 必要한 時點이다.

5.2 環境公害問題

(1) 騒音公害

우리나라의 소음공해는 交通騒音이 가장 많은 比重을 차지하고 있으며⁷⁾ 그 다음으로는 建設騒音이 차지하고 있다. 현행 騒音振動 規制法에 의하면 1일 200kg 이상의 화약을 사용하는 사업장·채석장등은 공사개시 7일전까지 행정관청에 사전 신고해야 하며 해당관청은 주변여건을 고려한 騒音防止對策과 화약사용량·사용시간·사용회수의 制限을 命할 수 있게 되어 있다.

소음공해가 人體에 미치는 影響을 살펴보면 먼저 생활의 불쾌감과 함께 일상생활의 방해, 생식기 변화, 청력장해, 소화불량, 맥박증가, 흥분, 두통등을 들수 있으며 특히 騒音性 難聽은 우리나라에서 塵肺症 다음으로 많은 직업병 중의 하나이다. 난청의 발생은 트럭엔진조작, 금속업의 기계조작, 광업·터널공사·채석작업에서의 착암기·채탄기의 사용장소에 종사하는 사람에게서 가끔 발생한다.

우리나라의 경우 騒音規制基準은 일반지역 40~70dB, 도로변지역 55~75dB로 정해져있다. 보통 소음은 개인·연령차에 따라 일정하지는 않으나 80dB 이하는 청력장해의 가능성이

〈표 5〉 건설공사 보험가입 현황과 전망

건설업체보험가입현황	보험기피원인	가입기피로 인한 사례	향 후 전 망
(1) 87년 15.27% 가입 (2) 89년 8.7% 가입 (3) 90년 4.4% 가입 (4) 91년 3.4% 가입 *매년 감소추세임*	(1) 보험에 대한 인식 부족 (2) 경기침체로 보험료 지출에 대한 부담가중	(1) 92.8 신행주대교 붕괴사고 ; 재공사 재원조달 문제로 고심 (2) 93.1 청주 우암상가 아파트 붕괴사고 ; 시공업체, 주민, 상인등이 가입치 않아 애로 (3) 93.3.28 부산열차 전복사고 ; 보상애로	건설공사불량은 계속적으로 증가할 것이므로 현 추세로는 보험가입 기피에 따른 피해보상분쟁이 한층 확대될 것으로 보인다.

거의 없다고 한다. 騒音이 150~160dB일 때는 순간적으로 귀의 손상을 가져오고 그 이하에서도 장시간 들으면 聽力이 疲勞하고 수년간 계속 되던 난청이 된다고 한다.

구조물의 폭발해체작업시에 발생하는 소음으로는 먼저 착암기의 소음을 들수 있다. 보통 120dB내외에 달하나 거의가 건물내부에서 작업을 하므로 인해 작업자에 대한 안전조치 즉 귀마개 착용·작업시간 조정등의 조치를 철저히 이행한다면 청력장해·이명(귀울림)·난청등의 영향이 발생하지 않을 것으로 보이며 주변에 대한 환경문제도 작업시간의 조정·주민의 이해도를 높이는 등의 최소한의 조치를 취하면 큰 문제가 없을 것으로 보인다. 발파시에 발생하는 폭발소음은 보통 수회의 소음이 수 mses 사이에 발생하므로 사용화약의 선정 및 설계와 시공의 정확성, 완벽한 방호조치, 주민에 대한 사전 홍보등의 보완조치를 해야 할 것이다.

(2) 振動公害

진동공해는 소음공해에 비해 關心이 적은 편이고 研究實績도 많지 않은 實情이다. 그러나 구조물 등 시설에 미치는 재산상·안전상 문제는 소음에 비해서 훨씬 높은 편이므로 앞으로 發破作業에서 騒音公害보다 더큰 影響을 미칠 것이다. 현행 소음진동규제법에 의하면 공장소음진동의 경우에만 배출허용기준이 정해져있

다.

기타 범적인 규제사항은 전술한 소음공해와 비슷하다.

진동공해가 인체에 미치는 영향을 살펴보면 자율신경계와 내분비계의 이상이 발생할 수 있고, 장내압의 증가, 피로의 증대, 시력저하, 압박감, 두통, 이비인후의 감각이상, 창백을 일으킬 수 있다. 이러한 영향은 개인차·신체부위차·노출방법·개인감정도 많은 差異가 있다. 발파진동은 자연지진과는 달리 주파수가 수 10Hz에서 수 100Hz 경우에 따라서는 1000Hz에 달하기도 하는 등 주파수가 높은 편이나 진동의 지속시간은 길어야 수msec에 不過하다. 발파진동허용기준을 살펴보면 美國은 광무국기준으로 5cm/sec, 日本은 1cm/sec를 허용치로 보고 있으며 우리나라는 서울地下鐵建設時 주택과 아파트는 0.5cm/sec, 문화재는 0.2cm/sec를 適用 施工하였으나 아직 公式의인 허용기준치 設定은 되어있지 않은 實情이다.

우리나라의 경우 발파진동허용기준은 전기한 3.5에 의하면 一般의인 發破에는 2.5cm/sec를 適用함이 適當하다고 보여지며, 都心地에서의 發破는 0.5cm/sec, 古住宅이나 아파트 密集地域 혹은 建物地盤이 特히 弱한 곳은 0.2cm/sec를 適用함이 適切하다고 보여진다.

구조물이 폭발해체작업시에 발생하는 진동으

로는 장진한 폭약이 터질때 발생하는 爆破振動을 들 수 있다. 폭파진동은 MSD뇌관을 사용하거나 Primer deto를 사용하여 분할발파를 실시할때 현저히 감소시킬 수 있다. 발파시 건물이 파쇄되면서 넘어질때 발생하는 衝擊振動은 고층건물이나 굴뚝의 경우 특히 중점관리대상이 된다. 충격진동은 전도지점에 미리 파쇄된 파편과 비산물을 이용하여 지반에 대한 緩衝役割을 하게하거나 人爲的인 緩衝材 構築등으로 진동을 最小化시키기도 한다.

(3) 粉塵公害

분진공해의 대표적인 질병으로는 塵肺症을 들 수 있다. 이병은 주로 炭鑛이나 粉塵 多發發生 工場등의 극악한 작업환경 속에서 작업하는 근로자 중에서 發生되나 최근에는 작업환경의 개선, 보호장비의 착용철저, 정기적인 건강진단 실시철저, 전문병원의 설립·운영확대 등으로 發生이 減少되는 趨勢이다. 이러한 분진공해는 현행 대기환경보전법에 의해 규제대상에 속한다. 대기환경보전법 제3장 제28조에 의하면 비산먼지를 발생하는 건축·굴착·토목·철거공사를 하는 건설업의 경우 환경처 장관에게 신고하고 飛散먼지의 發生을 抑制하기 위한 시설을 설치하거나 필요한 조치를 하여야한다고 되어 있다.⁸⁾ 이경우 필요한 조치나 조치가 적합치 않을때는 필요한 시설의 설치나 조치의 이행·개선을 명할수 있고 명령을 이행치 않을 때는 당해 사업의 중지·시설등의 사용중지·사용제한을 명할 수 있게 되어있다. 배출허용기준은 94.12.31까지는 30mg~300mg, '95.1.1~98.12.31은 20mg~200mg, 99.1.1 이후는 10mg~150mg으로 되어 있다.

구조물의 폭파해체작업시에 발생하는 먼지는 콘크리트 파쇄로 인한 石英質 결정입자임으로 自體무게와 重力으로 인해 발파후 수분내에 自然落下로 除去되므로 분진확산으로 인한 문제는 그다지 크지 않을 것으로 보인다. 그러나 날씨가 흐리거나 공기중의 습도가 높을때는 자연 낙하 속도가 더 크므로 가능하면 흐린날이나 비 온전후 혹은 인위적으로 撒水를 한다면 분진공

해에 대한 우려는 훨씬 減少될 것이다.

(4) 飛石公害

비석공해는 환경보전법상으로는 적용이 제외되어 있지만 發破作業에서는 安全管理側面에서 매우 重要限 問題이므로 여기서는 別途로 區分하여 다루기로 한다.

비석에 의한 사고는 대부분이 암반의 층리·절리등의 不連續面의 未確認이 원인이었다. 그러므로 안전매트·안전망 사용을 철저히 하고 待避에도 徹底를 기해야겠으며 화약선정시에도 岩質과 주변상황을 감안하여 신중을 기해야겠다.

구조물이 폭파해체작업시에 발생하는 비석은 1차, 2차防護幕을 使用할 때 거의 遮斷되지만 해체건물에 3차防護幕을 設置時에는 거의 完璧히 遮斷된다. 대체로 장진공당 폭약소요량은 200g 미만으로써 적은 편이지만 하층장약의 경우 상층장약에 비해 양이 많은 편이므로 더욱 엄밀한 방호조치와 주의를 요한다.

5.3 其他 發破安全問題

最近 建設土木工事場에서 發生한 大型事故는 釜山무궁화호 列車顛覆事故와 新행주大橋 崩壞事故, 淸州牛岩商街아파트 崩壞事故 및 기타 地下鐵工事場의 落盤事故등을 들 수 있다. 이들은 모두 설계·시공·감리상의 制度的問題와 함께 構造力學·掘鑿工學·岩石力學등 技術上의 問題가 한꺼번에 露出된 事故였다. 그중 發破作業으로 인한 安全事故이며 掘鑿工法과 技術의 未備로 일어난 93.3.28 釜山 무궁화호列車轉覆事故를 상기하면 이사고로 78명의 死亡者와 106명의 重輕傷者가 發生된 초대형의 安全事故였다.

그리고 地下鐵工事場에서 發破로 인한 安全事故로는 92.6.6 發生한 과천지하철落盤事故로써 3명이 다쳤으며, 3일 후에는 지하철 5호선 종묘 구간에서 落盤事故로 1명이 死亡하고 1명이 重傷을 입었다. 이처럼 連續的이고 잦은 안전사고는 90년부터 시작된 서울의 2기 지하철 공사장에서 4일에 1번꼴인 213건이 發生하였고 사망자수는 15명, 부상자수가 199명에 이른다.

이처럼 높은 사고율은 터널掘鑿技術者 및 現場監督이 턱없이 不足하고 안전대책이 形式에 그치고 있으며 공기단축을 위한 無理한 工事와 원청과 하청을 거치는 受注體系의 不合理的인 因해 공사현장에서 實工事費用이 不充分함으로써 不實施工이 이루어지는데에도 그 原因이 있다.

실제로 원청에서 하청업체로 넘어오는 공사비는 대체로 原都給 價格의 75% 水準에 不過하며 하도급대금의 70%가 60일 以上 長期어음으로 支給되고 있어 부실공사의 根本的인 原因이 되고 있다. 최근 모 터널굴착공사의 경우 발주처로부터 원청건설회사에 책정된 공사비가 하청회사로 넘어올때 절반정도로 줄어들기도 하였다.

이러한 원청과 하청건설업체간의 공사비 책정에 대한 문제점을 해소하기 위해서는 제도적·정책적인 개선이 필요한데 몇가지 방안을 제시한다면 먼저 下都給 直佛制를 강력히 推進하여야하며, 중소하청 건설토목업체의 공사수행능력 및 기술향상을 위해 중소기업지원측면에서 정부차원의 支援策과 함께 기업 스스로 우수기술자 유치·양성등의 自救策을 마련해야할 것이다.

그리고 중소형건설현장에서는 산업안전보건법에 의한 標準安全管理費가 규정대로 사용되지 않는 경우가 많으므로 이러한 비용이 제대로 投入되고 使用되어지도록 감독관청의 持續的이고 徹底한 管理監督이 並行된다면 안전사고율은 顯著히 減少될 것이다.

구조물의 폭파해체작업의 경우에도 업체간의 과당경쟁으로 인한 사고와 도산을 미리 막기 위해서는 조속히 基準품셈등을 定立하고 관련기관·연구소·학계의 도움과 참여로 技術向上에 主力해야 할 것이다. 기타 발파후 안전대기 시간 준수, 우천낙뢰시 화약취급 등 위험작업의 금지, 바닥층의 내부벽체와 문짝제거 등의 약화작업철저, 인접건물에 대한 발파시 파편비산 방지를 위한 동발이 설치등의 安全措置가 아울러 필요하다.

6. 施工時 4대發破公害와 發破安全對策

6.1 騒音(爆音)公害對策

(1) 해체대상 구조물의 종류와 성질, 주변 지형 및 건물의 규모와 氣溫·風速·風向등을 고려하여 발파소음대책을 수립하고 試驗發破時에 소음측정을 실시한다. 그리고 本 發破時에도 2군데 이상 소음을 측정 및 기록·관리하고 시공시에 참고한다.

(2) 사용하는 폭약과 뇌관의 종류·사용약량·기폭방법·분산장약요령등을 충분히 고려하여 設計하고 장진과 결선작업시에도 세심한 주의와 철저한 確認施工이 필요하다.

(3) 사용화약은 가능한 폭속이 낮은 것이 좋으나 불가피한 경우는 고품속화약을 사용하기도 한다. 이때는 Tamping시 더욱 徹底를 기하여 공구로의 급작스런 분출을 억제하여야한다.

(4) 장약시에는 모래·진흙·석고 등의 배합비율과 물주머니 등 진세물질의 종류와 사용량·진새깊이등을 충분히 고려하여 設定해야 한다.

(5) 착암작업시에 발생하는 소음의 외부유출을 줄이기 위해서는 그라스울·스폰지·담요 등의 구하기 쉽고 간단한 防音材를 사용한 차음막을 자체설치하거나 정도가 심할때는 소음진동 방지시설업체에 의뢰하여 遮音施設을 설치한다.

(6) 착암작업시에는 착암작업자에게 귀마개·귀덮개·방진장갑등의 保護裝備를 必히 着用하도록 교육·독려하고 作業時間調整등의 조치를 취한다.

(7) 소음이 특히 심하게 발생하거나 학교·병원등이 인접한 장소에서 작업할 때는 상기조치외에도 防音울타리를 設置하거나 防音 COVER를 등의 設置하는 특별한 조치가 필요하다. 또한 作業時間의 短縮과 調整이 필요하며 低騒音形의 鑿岩裝備를 使用하거나 騒音器 附着 등의 조치를 취한다.

6.2 振動公害對策

(1) 구조물의 종류와 성질·주변지형 및 건물의 규모·지반의 성질·성층상황 암반의 상태·거리등을 고려하여 발파진동대책을 수립한

다. 특히 구조물의 老朽程度와 암반의 층리·절리·지하공동의 有無·단일암맥여부·암종·지반의 含水率등은 발파진동에 큰 影響을 미친다.

(2) 상기 영향을 고려하여 3군데 이상 진동 상태를 試驗測定하고 본 발파작업시에는 효과적인 관리가 요청되는 主要地點에 센서를 위치하고 發破振動値를 測定한다.

(3) 弱裝藥은 충격과 발파효과가 減小되며 過裝藥은 진동과 폭풍이 增加하여 過破碎와 飛散을 일으키므로 適當한 比裝藥이 必要하다.

(4) 低爆速 低比重의 小藥經 爆藥을 專用하여 Decoupling effect를 利用한다.

(5) 뇌관은 DSD나 MSD·비전기식 뇌관등을 사용하여 최대한 分散發破 效果를 내며 적당한 MSD발파에 의한 干涉效果를 利用하기도 한다. (8ms이하는 동일발파로 간주한다).

(6) 천공에서는 可能한 많은 自由面을 利用하고 천공간격은 작게, 저항선과 간격은 같거나 크게(연암에서는 작게), 천공장은 짧게, 공경은 가늘게, 지발당장약량은 적게하는 것이 진동감소에 매우 효과적이다.

(7) 지반과 가까운 층을 먼저 파쇄하고 폭파충수의 간격조절등으로 衝擊 振動을 最小化한다. 이때 순간적으로 먼저 파쇄된 파면이 지반에 대해 緩衝材 役割을 한다.

(8) 굴뚝 등 높은 구조물을 one side Demolition(정방향 붕괴)으로 파괴시 착지에 흙이나 모래를 인위적으로 쌓거나 이전 발파 파쇄물을 그대로 두는 등으로 緩衝材 役割을 하도록 한다.

(9) 상기외에도 地盤의 龜裂이나 構를 利用하거나 人爲的인 空孔의 穿孔 즉 pre splitting 혹은 도랑 굴삭등의 人工構를 設置한다.

6.3 粉塵公害對策

(1) 적정장약과 방호조치를 완벽히 취한후 건물외벽 및 창문등의 개구부를 합판등의 가벼운 防護材를 利用하여 막아 外部로의 粉塵流出을 抑制한다.

(2) 氣溫, 氣壓, 風速, 風向등을 고려한다. 특히 분진공해의 측면에서는 흐린 날이나 비온후가 매우 유리하다.

(3) 착암공의 환경안전을 위해서는 마스크, 방진마스크등의 保護具 着用을 習慣化하고 濕式 鑿岩機의 專用을 勸裝한다.

(4) 분진이 특히 심할때는 작업장 내외부 및 주변건물 근처에 撒水를 함으로써 좋은 효과를 얻을 수 있으며 移動式 集塵裝置의 設置도 考慮할 수 있다.

(5) 분진공해 피해예상 지역주민들에게 세탁물, 음식물등의 管理徹底와 발파전후 약 20분간 待彼하는 등의 협조를 요청하고 발파후 주변 清掃를 實施하는 등의 조치를 완벽히 취한다.

6.4 飛石公害對策

(1) 가능한 低爆速·低比重의 爆藥을 사용하고 裝藥密度를 낮게 하는 등 最低限界裝藥量을 選定한다.

(2) 뇌관은 DSD, MSD, 비전기식뇌관등을 사용하여 최대한 分散發破效果를 利用한다. 점화순서면에서는 MSD발파가 유리하나 지나친 지발시간(100ms 초과)은 장벽효과가 없어진다.

(3) 천공방법·깊이 및 장약량 산정등에 대해 正確한 設計가 필요하며 아울러 천공오차를 최소한 줄여 過裝藥이나 集中裝藥이 되지 않도록 한다.

(4) 대상 구조물의 콘크리트 강도저하가 크거나 균열이 있거나 연약한 면은 위험성이 매우 크므로 내부상황과 인자를 면밀히 파악하여 더욱 嚴密한 設計로 裝藥量과 穿孔角度등을 정해야 할 것이다. 그리고 點火順序 錯誤로 인한 飛石의 發生에도 많은 主意를 要한다.

(5) 비석공해 방지의 가장 중요한 점은 방호막에 의한 방호조치를 들 수 있다. 1차 방호막은 보통 쿠션이 있는 纖維質 종류의 담요등이 좋으며 이를 비석발생이 우려되는 지점에 密着하여 附着하는 것이 좋다. 2차 방호막은 철망·합석판 등의 견고한 鐵物類가 좋다. 완벽한 방호조치에도 불구하고 발생우려를 근절시키기 위

해서는 天幕등으로 3차 방호막을 설치하여 최종 제어한다.

6.5 其他 發破安全對策

(1) 특수한 경우를 제외하고는 폭약의 공당 사용량을 200g 이내로 제한한다.

(2) 발파기는 목적에 적합한 특수제작품 (대형발파의 경우 대용량발파기사용)을 사용한다.

(3) 위험이 크거나 규모가 큰 과쇄작업은 先行破碎作業이나 테깅기·Pre-weakening을 미리 정확하게 실시한다.

(4) 隣接建物에는 발파시 파편비산 방지를 위해 동발이를 設置하거나 천막이나 비닐·천등으로 방호하고 필요한 경우 臨時 防護壁을 設置하거나 周邊의 構造物 利用도 檢討할 必要가 있다.

(5) 危險地域과 安全限界地域을 區分·設定하고 끈이나 상각표시 등으로 表示한 후 監督者를 두는 등의 안전관리에 대한 管理監督을 철저히 한다.

(6) 발파시에는 自體 警械要員뿐 아니라 警察官·消防官등의 協助를 얻어 人員統制와 車輛統制를 徹底히 한다.

(7) 4대 발파공해와 기타 발파안전대책에 대한 自體基準을 設定하고 이들이 正確히 지켜질 수 있도록 管理監督을 철저히 한다.

(8) 여기치 않은 被害가 發生했을 때의 補償을 위해서나 공사에 대한 信賴와 公信用을 위해서 該當 工事保險에 꼭 加入하고 적절한 安全管理費를 算定하여 執行한다.

(9) 부실시공으로 인한 安全事故를 防止하기 위해서는 下都給制度의 점진적인 廢止, 下都給直拂制 推進加速, 중소건설토목업체의 政府持援強化, 基準품셈의 定立, 기업자체의 自求勞力 등 제도적·정책적인 改善이 함께 並行되어야 할 것이다.

7. 結 論

(1) 技術開發만이 활기찬 新韓國의 未來를 保障할 수 있는 重要한 時點에 處해 있는 현재, 우리 화약업계 역시 特殊發破 技術의 개발에 總力을 기울여야 할 것이다. 그중 構造物 爆破解體技術은 時期的으로 經濟的으로 가장 適切한 때라고 보여지며 폭파해체시 工事費用은 平均 4~5만원선으로 高層일수록 經濟性이 좋은 편이며 수주물량은 2000년대에 약 1000억 정도로 推算된다.

(2) 地下鐵工事나 地下空洞·터널掘鑿時에 發生하는 落盤 및 崩壞事故등의 重大安全事故를 未然에 防止하기 위해서는 우수한 技術陣과 자격을 갖춘 大型建設土木業體가 直接 해당工事を 施工하거나 技術上等 專門掘鑿技術者나 技能工을 確保한 專門中小建設土木業體에게 직접 해당 공사를 發注하여 無理한 공사수행을 遮斷하여 부실공사를 예방해야겠다. 덧붙여 下都給制度의 점진적 廢止와 下都給直拂制를 더욱 擴大·정착시키는 등의 制度的 改善이 必要하다.

(3) 發破作業에 對한 騒音基準을 再整備 하여야겠으며 振動基準도 조속 設定하여야 할 것이다. 미국과 일본등의 先進國의 例와 國內 研究結果를 綜合해 보면 우리나라의 경우는 正常的인 一般構造物의 경우 限界 許用振動速度値는 2.5cm/sec일때 充分하며 都心地에서의 發破는 0.5cm/sec, 文化財나 古住宅 혹은 아파트 密集地域이나 地盤이 特히 弱한 곳은 0.2cm/sec를 適用함이 適切하다고 본다.

(4) 火藥發破를 爲한 穿孔作業時 作業者에게 귀마개·귀덮개·방진마스크·방진장갑등을 支給·着用토록하고 必要時 방음울타리·방음카바·消音器附着·인공굴·防音幕설치·방호막설치·撒水등의 環境安全對策을 세우고 危險地域과 安全限界地域을 設定하여 출입금지·안내등의 安全表示를 한후 출입자통제 등의 管理監督을 徹底히 하여야 한다.

(5) 火藥發破에 關한 安全管理를 보다 徹底히 하기 위해서는 現행 관계법인 銃砲刀劍火藥類等 團束法規를 整備할 必要가 있다. 이를 위해서는 騒音振動 團束法規와 産業安全保健法에

分散되어 있는 騒音振動基準 및 安全管理基準을 檢討·測定하여 現實情에 맞게 整備하고 감독등의 責任所在를 보다더 明確히 할 必要가 있다.

(6) 構造物爆破解體工法の 施工時에는 一般的으로 低爆速·低比重·小藥經의 爆藥이 좋다고 研究되어 있으나 우리나라의 境遇는 현재 大部分 低層發破임으로 다이나마이트와 硝安爆藥만으로도 發破가 可能한 것으로 判明되었다. 또한 外國의 경우 非電氣式雷管이나 MSD雷管으로 發破를 하고 있으나 우리나라의 경우 ED나 DSD·MSD로도 滿足한 發破가 이루어졌다. 그러나 향후 高層發破와 大量發破가 있을 것으로 豫想되므로 애물전폭약 등 特殊爆藥과 비전기식뇌관등 特殊雷管의 開發과 市販이 期待된다.

(7) 水中發破에서는 不發殘溜藥의 回收는 거의 不可能하므로 다른 發破에 比해서 더욱 完璧限 設計와 施工을 해야할 것이다. 水中穿孔發破의 完璧을 위하여 自己昇降式作業台船(Self-Elevating Platform)활용을 考慮해 볼 수 있다.

(9) 水中發破技術의 現況과 展望, 福山 有生の 세미나자료, 1992.9.3, p.2, 3, 4

〈參考文獻〉

- (1) PYROTECHNICS產業의 發展方向, 火藥發破, VOL. 6, NO2, JUNE30, 1988, p. 19~32
- (2) 91.8.6, 93.4.2 每日經濟新聞
- (3) 爆破解體工法, 大韓土木學會誌, 제39권 제4호, 1991.8, p.10.
- (4) 産業火藥과 發破工學, 서울대학교 출판부, 1988.8.25, p.361-3
- (5) 發破振動에 依한 構造物 相互影響 評價成果 報告書, 서울대학교 공학연구소
- (6) 火藥產業의 發破安全對策, 騒音振動, VOL 2, NO.1, March, 1992, p.16.
- (7) 91騒音計測 및 制御講習會 教材, 韓國騒音振動工學會, p.7, 12, 18, 20, 21, 249
- (8) 環境關係法規, 全國環境管理人聯合會篇, 1991.5.28. p.998


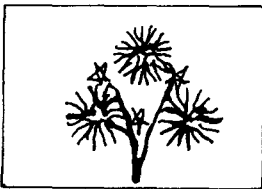
(별표 1)

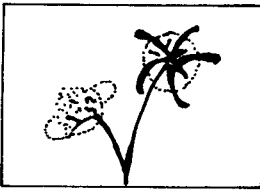
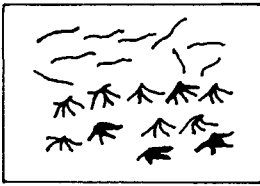
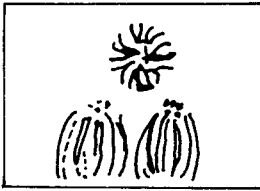

煉火 發射 Program

KEF-N300

6Min(5"속화선)

KEF-N300-1

時 間	順序	設 計 內 容	名稱 및 種類	區分	LAP	備 考
00' : 00"	1		* 개막축성 * 색뇌명 W 5 * 국 화 B 5	연타	60"	* 발사무 1분대기
01' : 00"	2		* 국화원 * #48 국화 5 * 국화 R 5 * 국화 R-B 10	"	20"	

時 間	順序	設 計 內 容	名稱 및 種類	區分	LAP	備 考
01' : 20"	3		* 단 발 * 토 성 5 * 나팔꽃 5 * #136 국화 5	단타	30"	
01' : 50"	4		* 공중 정원 * 방 전 A 10 * 야 국 A 5 * #10 국화B-R 5	연타	20"	
02' : 10"	5		* 만 주 * #17, 55 국화 5 * 국 화 Gd 5 * 버 들 A 10	연타	20"	
02' : 30"	6		* <u>흠, 光의 세계</u> * 전광뢰 10 * 색너명 B 5 * #46 국화 5	연타	15"	

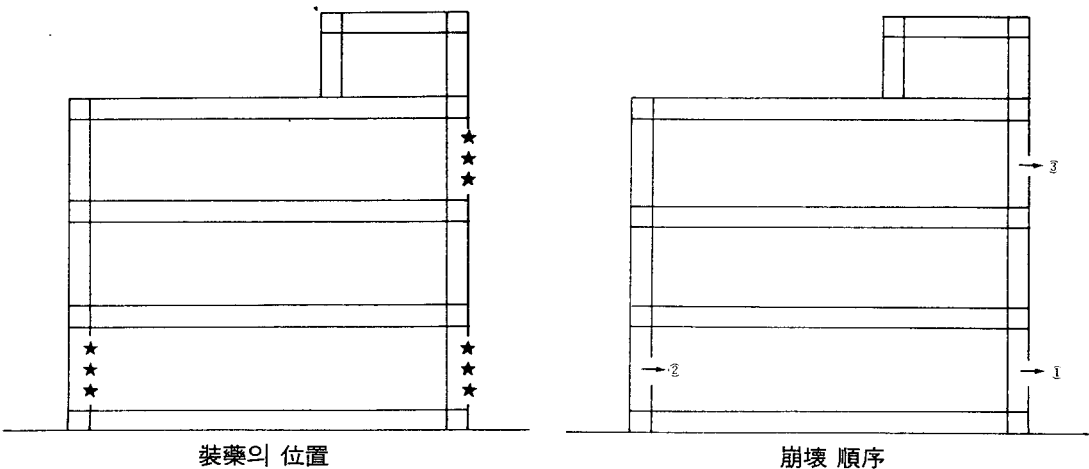
(별표 2)

騒音 振動 防止施設業 現況

NO	상 호	대표자	전 화	주 소
			팩 스	
1	한국화학장치(주)	옥정권	783-9101 785-6601	150-010 서울시 영등포구 여의도동 12-31
2	선일기술개발(주)	최순근	563-1231 554-5122	138-280 서울시 강남구 대치동 999-2
3	디비엔지니어링(주)	이득웅	586-1161 583-1966	138-070 서울시 서초구 서초동 1490-32
4	유니슨산업(주)	이정수	553-9161 553-6415	137-072 서울시 서초구 서초2동 1306-3
5	신성내장건설(주)	조성환	688-2788 681-2790	152-100 서울시 구로구 오류동 75-2
6	의성개발(주)	이호연	333-9711 333-9716	121-210 서울시 마포구 서교동 395-166

NO	상 호	대표자	전 화	주 소
			팩 스	
7	사운드 메카 엔지니어링(주)	이계혁	292-4481 292-4482	133-040 서울시 성동구 도선동 22 (다남매빌딩 310호)
8	(주)농우정공	윤여춘	419-5889 419-5741	138-130 서울시 송파구 삼전동 9-14 (광덕빌딩 301호)
9	한일엔지니어링(주)	조경론	785-1941 785-5267	150-010 서울시 영등포구 여의도동 44-26 (중앙빌딩 604호)
10	국제음향(주)	이풀재	785-0829 782-1348	140-113 서울시 용산구 원효로3가 43-1 (원광빌딩 2층)
11	중 부(주)	한경일	556-6161 556-2253	138-280 서울시 강남구 대치동 890-42
12	(주)유일산업플랜트	김유일	675-0651 675-2028	150-044 서울시 영등포구 당산동4가 32-41
13	케이.에스.씨(주)	정상준	679-0361 679-0364	150-040 서울시 영등포구 당산동 121-155
14	세주공조산업(주)	임병모	414-8417 414-8417	138-150 서울시 송파구 방이동 37-2 (남강빌딩 402호)
15	경상금속(주)	엄금수	556-5506 556-5988	135-080 서울시 강남구 역삼동 831 (혜천빌딩 503호)

(별표 3)



裝藥의 位置

崩壞 順序