

構造物爆破工法 施工時 發破公害 安全對策
- 소음·진동·분진·비석공해를 중심으로 -

Four Pollution and Safe Measure in Building Demolition

안 명 석*
Myung-Seog Ahn

ABSTRACT

This paper is on the current and prospect of the most advanced explosive technics, special explosive technics. Futhermore, utmost needed and utmost centered interesting basic theory, struction explosive demolition is descrbed with counter plan on the problems of carrying out example and carry out of it. Specified description noted on the four 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 主로 使用되었다. 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 南北通一이 무르익는 시대적 趨勢를 볼때 더이상 파괴용으로는 사용은 抑制될 것이고 이제는 平和를 위하여 建設을 위하여 産業發展을 위하여 더 많이 使用되어지고 應用될 것이다.

각금의 尖端産業의 發達과 産業의 高度化로 우리 火藥업계에도 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, 建築토목 분야에서 老朽高層빌딩 및 굴뚝의 철거, 노후橋梁 및 工場시설의 撤去 등에 活用되고 있으며, 위락써비스분야에서 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 起公式 發破時에도 예술적 기능과 雄壯함을 가미하여 그 華麗함을 極致에 다다르게 한다. 그외에도 로켓트 발사추진제등의 宇宙開發에 응용, 석유시추 등 海洋開發

* (주)한화 점촌지점

용시켜 정화통의 수명을 예측할 수 있으며 특별한 장비없이 각 사업장에 많이 보급된 기존의 공기 채취기 및 샘플링 튜브를 그대로 사용할 수 있는 장점이 있다.

한편, 방독마스크의 수명예측에 대하여는 여러 모델식이 제안되었으며, Underhill¹⁾은 Dubinin-Radushlievich식과 Polanyi Potential 이론을 적용하여 높은 수준의 습도에서 활성탄의 성능을 평가하였으며, 또한 Cohen등²⁾은 정화통에서 채취한 활성탄을 총 잔류시간이 같게 관에 충전시켜 습도에 따른 정화통의 수명을 예측하였다. Yoon등^{3,4)}은 시간에 따른 분자의 흡착될 확률의 감소 속도는 흡착될 확률과 파과될 확률에 비례한다는 원리를 적용하여 농도와 습도의 변화 그리고 혼합물에 대한 정화통의 파과시간을 예측하였다.

본 연구에서는 고정층 흡착모델을 이용하여 정화통의 파과곡선을 모사하고 입자직경, 공극률 등의 영향을 파악하였다. 그리고 측정관의 모양 및 크기변화, 유량의 변화 등이 파과곡선에 주는 영향을 파악하여 정화통의 파과현상을 추정할 수 있는 방법을 찾고자 하였으며, 총 잔류시간에 따른 파과시간을 모사하여 10% 파과시간을 비교하였다.

2. 본 론

2.1 연구의 배경

작업현장에서 정화통의 수명에 영향을 줄 수 있는 인자는 경쟁 흡착을 일으키는 다른 화학물질, 수명을 단축하거나 혹은 경우에 따라 증가시킬 수 있는 습도, 대상되는 유해가스의 농도 그리고 작업자의 작업강도에 따른 호흡량의 영향 등으로 정화통에 파과시간이 표시되어 있지만 이것은 시험규격에 의한 일정 농도에서의 수치이므로 실제로 현장에서 파과되는 시간과는 커다란 차이가 있다.

가장 많이 사용되는 유기가스용 방독마스크 정화통은 흡착제로 주로 활성탄을 사용하고 있으며, 산업안전보건법에서는 일정 이상의 습도에서 사염화탄소를 사용하여 이의 흡착 제거 능력으로 그 성능을 검정 받도록 되어 있다. 그런데 정화통의 흡착능력은 유기가스의 종류 및 사용 환경에 따라 크게 달라지며, 현장에서는 수 많은 종류의 유기가스를 사용하고 있으므로 사염화탄소만으로 추정할

성능을 모든 유기가스에 적용할 수 없다.

지금까지 방독마스크 정화통의 수명 예측에 대한 모델은 여러 가기가 발표되었으나, 그 대부분은 특정 유기증기를 여러 농도와 유량에서 실험하여야 추정할 수 있으며 이때 흡착제의 여러가지 물리적 특성을 측정해야 한다. 이를 위하여 특별한 실험장치가 있어야 하며, 그리고 작업현장의 다양성을 감안한다면 현장에 직접 적용할 수 있는 자료는 거의 없다고 할 수 있다. 본 연구에서는 작업현장에서 방독마스크 정화통의 수명을 작업현장의 여러 조건에 따라 간편하게 추정할 수 있는 방법을 강구하고자 하는 것이며, 이를 위하여 작은 측정관을 만들어 이 관속에 현장에서 사용하고자 하는 방독마스크의 정화통에서 꺼낸 활성탄층 소량을 충전하고, 작업현장에서 측정값을 얻어낸다. 작업환경 측정에 일반적으로 사용되는 샘플링 튜브를 이 측정관의 후미에 연결시키거나, 가스분석 장치를 사용하여 파과곡선을 측정하며, 이 결과를 흡착모델에 적용시켜 실제 정화통의 수명을 예측한다. 본 연구에서는 이 방법에 의한 수명 예측을 위하여 방독마스크 정화통과 샘플관에 대한 파과곡선을 모사하고 충전밀도, 샘플관의 모양 등의 영향에 대하여 고찰하고 수명을 예측할 수 있는 방법을 찾고자 하였으며, 흡착관의 형태는 Fig. 1과 같다.

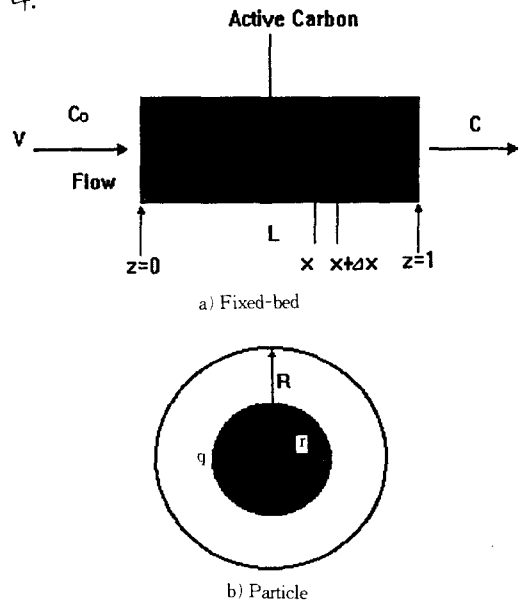


Fig. 1 Schematic of the fixed-bed and particle model

새로운 文化가 빠르게 創造되고 發展되어 가는 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 一般化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하여 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 과학적으로 체계화되었으며 대규모화, 컴퓨터화 하였다. 밤하늘을 보다 華麗하고 보다 예술적인 오케스트라를 演奏하기위해 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. 이제는 首都圈에서 컴퓨터로 발사한 불꽃놀이를 관람해 본 사람은 在來式은 재미가 없어서 보지못하겠다고 할 정도에까지 이르렀다.

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

프로그래밍한 예를들면 (별표1 과) 같다.

(6) 水中發破 應用技術

수중발파는 1585년 경 戰鬪中인 배에 火藥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 기초 조성을 위한 岩石破碎用으로, 해저에 침몰된 침물 선박의 引揚을 위한 解體用으로, 기질탐광을 위한 海底發破用으로 이용되고 있다. 수중 수십m아래는 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하여야 하며, 기폭방법도 有線電氣起爆法을 쓰며, 최근에

는 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 使用하는 建設起工式 特殊效果는 수중행사시에는 水中色素기동과 畫間用 煙火를 使用하고 육상행사에는 陸上煙幕기동과 꽃가루, 畫間用 煙火 등으로 화려함과 웅장함을 한층 더하고 많은 호응을 얻고 있다.

또한 사람을 치고 擄소니치는 盜走車輛을 잡기 위한 發破應用技術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한 다거나, 굵은관을 적당한 크기로 壓縮하는 發破成型技術. 폭발열로 강철의 강도를 강화하는 發破硬化技術. 금속분말을 폭발시켜 일정한 형태로 압축 가공하는 發破壓縮技術. 차량의 충돌사고시 운전자를 보호하는 에어백의 發破膨脹技術. 용광로의 철광석 찌꺼기를 화약을 이용하여 공정을 세우지 않고 간단히 除去하는 發破應用技術 등을 들 수 있다.

1.2 國內開發現況

1980년대 이후 화약개발을 위해 外國研修, 見學, 出張 등을 통해 눈을 뜨기 시작한 특수발파기술은 1985년경부터 본격적으로 擧論되었고 각기업에서 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 관련기술자와 학계에 큰 關心을 끌기도했다.¹⁾

그후 일부 화약기술관련 先驅者들에 의해 외국의 폭파해체기술자료를 입수, 번역하여 관련기술자에게 傳達하거나 自體研究를 꾸준히 하였으며 최근에는 세미나나 외국연수등으로 더욱 具體化되고 活性化되었다.

현재 실용화를 위해 국내에도 3~4개의 기업체가 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 관망

형태를 취하고 있다.

1.3 關聯機關現況

- (1) 銃砲火藥安全技術協會
- (2) 大韓火藥技術協會
- (3) 韓國騒音振動工學會
- (4) 韓國岩壁力學會

- (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) 騒音振動測定 및 施設業體(별표2)
- (9) 騒音振動機器 販賣業體 (Table 1)
- (10) 大學附設研究所 등

Table 1 A Marketing Route

Selling agent	Sound gauge			Vibration gauge			Maker
	Name	Model	Special	Name	Model	Special	
Sunil Ltd	sound gauge	NA-20	portable	Vibration Level Meter	VM-12B	range : 0.01~10cm/s	Rion Co. LTD. JAPAN
	〃	NA-23	〃	〃	VM-14B	(Digital)	
	〃	NA-40	〃	〃	VM-15 VM-63	range 0.1~199m/s ²	
Myungseong Science	Sound gauge Record gauge	NA-25 LR-04	Digital NA25, VM51 connect	Vibration gauge	VM-51	Digital Analog	〃
Mando Co. Ltd.							Ford Co. Ltd. U.S.A.
B & K Korea Ltd.							Brüel & Kjaek Export A/S Denmark
Myung Corporation				Laser Vibrometer	AT3200 -20 AT3200 -30	Laser Beam Range : 20um/s~5m/s	GRAPHTEC CORPORATION JAPAN
Dongseong Expro-sive				ZEB Vibrometer	SM3-D0 ⁺ SM3-DS	easy use, Low price	WASAG CHEMIE, Germany.

2. 特殊發破技術의 展望

구조물 폭파해체 용역업의 경우 美國, 英國, 獨逸, 스웨덴 등의 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해오고 있다. 정부기관이나 국민들의 인식도 普遍化되어있는 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 목적으로 撤去해야할 時點에 이르렀다. 그러나 아직도 大部分의 철거작업이 브레이크나 카트기를 利用하는등 在來式 工法에 依存하고

있는 實情이다. 앞으로 더욱 높은 高層建物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 해체공법의 경우 단층 철거시에는 철거비용이 坪當 3萬원이 들고 18層 高層建物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 高層建物일수록 事項에 對한 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 努力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 위

하여 그 수요가 增加할 豫定이다. 수중발파는 종사자의 危險度가 특히 높으므로 로보트화로의 연구, 魚貝類 및 水中構造物에 대한 被害를 最少化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 基本原則

- (1) 건물자재 중량의 주된 지지부를 파괴한다.
- (2) 충분한 파괴가 되도록 장약을 분할한다.
- (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) 인접발파시는 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 30~200g으로한다. 그리고 裝藥量 算定式은 $L=CA$ 나 $Q=KL$ 을 사용한다. 이때 L 은 장약량으로써 kg단위이고, C 는 발파계수로써 kg/m^2 이며, A 는 파쇄 단면적으로써 m^2 이다. 또한 Q 는 공당장약량으로써 g 이고, k 는 발파계수로써 0.8~1.2에 해당하며, L 은 천공깊이로써 cm 이다.

3.4 騒音制御 理論

騒音이라 함은 기계, 기구, 시설 기타 物體의 사용으로 인하여 發生하는 소리로서 “바람직하지 않은 음” 즉 生活에 障害를 주거나 苦痛을 주는 音을 말한다. 소리는 본질적으로 대기의 작은 압력의 변

화를 우리귀의 고막에 의해 감지하는 현상이다. 따라서 소리의 크기는 압력의 크기로 저어이되고, 사람이 들을 수 있는 소리의 크기는 최저가청압력인 $2 \times 10^{-5} \text{Newton/m}^2$ 에서 200Newton/m^2 까지 광범위하다. 따라서 Log값을 이용하여 음압도 $\text{decibel} = 10 \text{Log}(\text{power}/\text{기준 power})$ 로 표시된다. 즉 dB은 어떤 기준값에 의해 정의된 相對的인 量이다. 일반적으로 타자기 소음은 60dB이고, 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 보정한 A특성치와 B특성치, C특성치로 구분되며 일반소음은 dB(A)로 측정·표기하고 있으며 衝擊音은 dB(C)로 측정·표기하여야함이 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~수 100Hz에 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 D 는 폭원으로 부터의 거리(m), W 는 지발당 장약량(kg), V 는 지반의 진동속도(cm/sec), k, n, b 는 지반조건에 따른 상수이다.⁵⁾ 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 W 는 약량(분), V 는 진동속도(cm/sec), D 는 거리(m)이다. CCR의 경우 독일약량의 다른폭약에 비해 파쇄진동이 약 1/2~1/10정도가 절감된다고 한다.⁶⁾

발파진동과 지진진동의 차이는 <Table 2>와 같으며 발파진동에 관한 被害에 對한 研究은 우리나라

라의 경우 1990년 6월에 S대학교 工學研究所에서 實施한 H 석유개발공사 A 프로판 지하저장시설 증설공사시 “發破振動에 의한 構造物 相互影響 評價 報告書”에서 미광무국(U. S. B. M)의 발파진동허용기준치인 5cm/sec의 1/2수치인 2.5cm/sec를 限界許容 振動速度值로 設定하였을때 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.

Table 2-1 Comparison of Blasting and Natural Vibration

	Blasting Vibration	Natural Vibration (an earthquake)
Depth	near of the earth's surface	underground 10km over
Vibration Hz	several 10Hz~several 100Hz	1Hz or under
Vibration Time	about 0.1sec under	10sec over
Wave Type	Comparatively Simple	Complication

Table 2-2 Allowable Blasting Vibration Values of the Seoul Subway

Section	Class I	Class II	Class III	Class IV
Classification	Cultural Treasure	Residential Structure	Commercial Structure	Factory and Reinforced Concrete Structure
Vibration Values on Ground(cm/sec)	0.2	0.5	1.0	1.0~4.0

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

Table 3 Damage Level in Blasting vibration(Langefors & Kihlstrom)

Condition Range	Clay, Sand, Gravel of underground water Level under	Moraine, Slate weak, limestone	Strong Limestone Sandstone, Gneiss, Granite	Damage Level
Transmission Velocity(m/sec)	300~1500	2,000~3,000	4,500~6,000	
Blasting Vibration Velocity (cm/sec)	0.4~1.8 under	3.5 under	7.0 under	no Damage
	0.6~3.0	5.5	11.0	Damage critical point
	0.8~4.0	8.0	16.0	crack generate
	1.2~6.0 over	11.5 over	23.0 over	Damage occurrence

3.6 飛散制御 理論

비산은 구조물의 강도와 노후정도를 감안한 適正 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 하는 것이 보다 安全하다. 中國 鑛業大學에서 연구한 資料에 의하면 파편의 비석거리 $D = K \times \{20(Q1/3/W)\}^{2/3}$ 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) 천공
- (6) 장약 및 전색등
- (7) 비석방지등 방호대책
- (8) 교통규제와 인근주민대피 및 경계
- (9) 발파준비완료 및 최종점검
- (10) 발파
- (11) 불발 및 잔류약확인
- (12) 주변피해여부조사 및 파쇄물처리

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 91.8.26.16시육사 단층건물 발파 결과 만족한 결과를 얻었다. 당 구조물은 건물 연면적이 1280m², 벽체의 두께가 20cm인 라멘조로써 사용한 폭약은 GD28mm, 뇌관은 nonel primadet와 17, 24, 42, 100ms의 trunk line delay를 사용하였다. 천공경은 32~40mm, 천공각도는 5~20도로써 공당장약량은 200g이하로 하였다. 발파소음진동은 30m지점에서 소음이 86dB, 진동은 0.13cm/sec로 아주양호한 결과를 얻었다.

92.7.9.14 : 00에 실시한 구 인천면허시험장의 3층 철근콘크리트 구조물의 해체작업은 고무찰판한 技術開發을 이룩하였다. 해체된 건물의 면적은 1125m²으로써 1970년에 건축된 기동식지 라멘조 구조물이며 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, 기동당 천공수는 3공으로써 총천공수는 150공으로 총장약량은 7.9kg이었다.

DS뇌관은 2~11번을 사용하였으며 천공장D=1.4d의 식을 적용하였다. 발파소음진동은 30m지점에서 소음은 80~90dB로 예측하였으나 결과치는 88~130dB정도로 다소 높았고 진동은 0.61~0.66cm/s로 예측했으나 0.018~0.11cm/s로써 예측치에 훨씬 못미쳤다. 그리고 비석거리는 22~35m로 예측했으나 2차에 걸친 방호막의 엄밀한 조치로 인해 5m이내에 머물렀다. 붕괴패턴은 Inside Demolition(원위치붕괴)이었다. 기폭시스템과 붕괴패턴은 (별표 3)과 같다.

4.2 B회사

당사는 정유공장, 일반토목분야등의 設計 및 建設, 施工 전문업체로써 폭파해체사업을 위해 폭파 전문회사인 영국의 C. D. G와 技術提携로 본 해체 사업에 뛰어난 업체이다. 시공실적으로는 92.1.23. 포항중합제철에서 높이 70m의 stack와 높이 40m의 head water tank의 해체경력이 있다. 굴뚝의 외경은 7m, 두께 40cm정도로서 폭약은 GD25mm, 뇌관은 순발 및 MS전기뇌관, 도폭선 등을 사용하였다. 천공장은 35cm, 천공경 30mm, 최소저항선 50cm 정도였으며 천공각도는 45도 전후, 천공수는 70공,

공당장약량은 약 80g으로써 총화약 사용량은 GD62.5kg, 전기뇌관 100개, 도폭선 250m정도가 소요되었다. 붕괴패턴은 one side demolition(정방향붕괴)이었다.

92.6.1.14 : 00 우리나라에서는 最初로 公式的인 건물해체발파가 釜山에서 試圖되었다. 약 1200평 규모의 3, 4층 콘크리트건물인 구 애린유스호텔의 건물발파는 C. D. G의 회장인 Mr. CHARES MORAN을 主軸으로하여 D 엔지니어링의 기술진이 總力을 기울인 결과 성공적으로 완료되었다. 사용한 폭약은 GD25mm, 뇌관은 NONEL primadet와 ED, DS를 사용하였다. 공당장약량은 60~80g으로써 370공을 천공하였으며 총폭약사용량은 GD23kg, ED130개, NONEL 378개가 사용되었다. 예상진동치는 15m거리에서 0.2cm/sec였으나 결과치는 0.015cm/sec로써 매우 낮은편이었다. 붕괴패턴은 out side demolitoion(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 80g전후였다. 매우 양호한 결과를 얻었으나 철재빔은 375g의 폭약으로 절단을 시도했지만 복토법으로 엄밀한 시공이 되지 못한 관계로 切斷에 失敗했다. 소음은 대략적으로 90~120dB정도였다. 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 전문업체로써 대표적인 시공사례를 들자면 국제과학기술박람회장이었던 반구형 dome의 폭파해체를 들 수 있다. 이 돔은 높이 23.7m, 직경 41m로써 총중량 1900ton의 규모였다. 약 20일간의 예비작업을 끝내고 6.3.6. 10 : 0004에 발파를 실시했다. 폭약은 Emulsion계 함수폭약 312kg을 사용했고 뇌관은 MS, DS등으로 총 28개단에 1265개를 사용하여 2회의 발파로

해체작업을 완료했다.

4.5 E 회사

당사는 英國 最大의 구조물 폭파전문업체로서 Manchester에 위치한 셸포드아파트 8개동을 동시에 발파했는데 연면적 5900m²로써 9~12층 건물이었다. 총천공수는 6400개였고 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 島海峽 岩礁除去04를 위해 水中發破를 실시했다. 제 1회 발파는 1공에 장약량100kg, 제 2회는 3공에 350kg, 제 3회는 6공에 1080kg을 장약하고 電磁誘導起破法으로 발파하였다. 掘穿量은 4400m³이었다.⁹⁾

4.7 爆破解體業體의 例

구조물 폭파해체업체의 시공예는 <Table 4-1>와 같다.

Table 4-1 Example of Foreign country

Country	Coporation	Career	Safty standard
U. S. A	E. D. L	20 years over 150 matter over	Storm pressure 150 dB
U. S. A	C. D. I	years over 5000 matter over	Operation in the sunday morning
U. S. A	BROCO		under water Blasting
U. K	C. D. G	18 years over several 10matter	Storm pressure 160dB Vibration : 5Kine on 14m shunt : fire 4time before~1time after
Sweden	N. C. AB	18 years over	Use to High Explosive and NONEL

Table 4-2 Example of Korea

Building Name	structure	Explosive	manage	Date	Remark
	Floor	Detonator		Result	
Dining room of the Military Academy	R C	Dynamite	Hanwha, MA	1991. 8. 29.	
	1 Floor	NONEL		△	
Hanwha Examination Hall	RC	Dynamite	Hanwha	1991. 9. 17.	test structure
	3 Floor	E. D		△	
Stack and Head water Tank	RC	Dynamite	Daelim ENG, C. D. G.	1992. 1. 23.	Joint work in Technigue
	70m, 40m	E. D		△	
Pusan Youth Hostel	RC	Dynamite	Daelim ENG, C. D. G.	1992. 6. 1.	Joint work in Technigue
	3, 4 Floor	E. D and NONEL		○	
Inchon yonsudong	RC	Dynamite	Hanwha	1992. 7. 9.	Itself Technigue OK
	3 Floor	DSD and NONEL		○	
Seoul Youngnam School	RC	Dynamite	Daelim ENG, C. D. G.	1991. 7. 19.	OK
	4Floor	ED and NONEL		○	
Inchon Korea System	RC	Dynamite	Hanwha	1992. 12. 20	OK
	3Floor	DSD		○	
Seorak Kingdome Hotel	RC	Dynamite	Hanwha	1993. 6. 21.	OK
	8Floor	DSD		○	

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 相關행정관서에서는 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 경향이 있다. 그러나 재래식철거법에 의해 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 구조물폭파해체공법은 施工經驗이 많이 不足한 가운데 국내정책에 애쓰는 일부 기술자들은 自體 技術開發에 매우 많은 노력을 해오고 있으나 기술수준이 아직 많이 未治한 實情이다. 개발단계부터 기술향상뿐 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 되지않고 복구공사시 많은 어려움에 처한다. 91년 기준으로 건설공사 총발주액 32조 7천 8백92억원중 보험가입은 1백80건에 1조 9백36억원으로 가입률이 3.34%에 그쳤다. 건설공사시 보험가입률이 매우 저조한 실정이다. 우리나라의 보험가입현황과 예는 <Table 5>와 같다.

Table 5 Example

Guarantee Present Condition	evasion origin	case	prospect
(1) 1987, 15.27% present (2) 1989, 8.7% present (3) 1990, 4.4% present (4) 1991, 3.34% present * every year down *	(1) Lack of understanding (2) Burden up to business is dull	(1) 1992. 8 New Hang-Ju Bridge breakdown → recovery hard (2) 1993. 1 Chung-Ju, Uam APT breakdown → reparation difficult (3) 1993. 3. 28 Pusan Train accident → reparation difficult	Construction works increase expect → Damage reparation expansion

구조물폭파해체공사의 경우 發生率은 매우 낮은편이지만 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 공사또한 順調롭게 進行된다고 한다. 우리나라에서도 이제는 기술수준의 향상은 물론이고 관계주민과 허가관청등의 인식전환이 이루어져야겠으며 保險會社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⁾ 그다음으로는 建設騒音이 차지하고 있다. 현행 騒音振動 規制法에 의하면 1일 200kg이상의 화약을 사용하는 사업장·채석장 등은 공사개시 7일전까지 행정관청에 사전신고해야 하며 해당관청은 주변여건을 고려한 騒音防止 對策과 화약사용량·사용시간·사용회수의 制限을 命할 수 있게 되어있다.

소음공해가 人體에 미치는 影響을 살펴보면 먼

저 생활의 불쾌감과 함께 일상생활의 방해, 생식기 변화, 청력장애, 소화불량, 맥박증가, 흥분, 두통 등을 들 수 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.⁸⁾ 보통 소음은 개인·연령차에 따라 일정하지는 않으나 80dB이하는 청력장애의 가능성이 거의 없다고 한다. 音壓이 150~160dB일때는 순간적으로 귀의 손상을 가져오고 그이하에서도 장시간 들으면 聽力이 疲勞하고 수년간 계속되면 난청이 된다고 한다.

구조물의 폭발해체작업시에 발생하는 소음으로는 먼저 착암기의 소음을 들 수 있다. 보통 120dB 내외에 달하나 거의가 건물내부에서 작업을 하므로 인해 작업자에 대한 안전조치 득 귀마개 착용·작업 시간 조정등의 조치를 철저히 이행한다면 청력장애·이명(귀울림)·난청 등의 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 mmsec 사이에 발생하므로 사용화약의 선정 및 설계와 시공의 정확성, 완벽한 방호조치, 주민에 대한 사전홍보등의 보완조치를 해야 할 것이다.

(2) 振動公害

진동공해는 소음공해에 비해 關心이 적은편이고 研究實績도 많지않은 實情이다. 그러나 구조물등 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 소음진동 규제법에 의하면 공장소음진동의 경우에만 배출허용기준이 정해져있다. 기타 법적인 규제사항인 전술한 소음공해와 비슷하다.

진동공해가 인체에 미치는 영향을 살펴보면 자율신경계와 내분비계의 이상이 발생될 수 있고, 장내압의 증가, 피로의 증대, 시력저하, 압박감, 두통, 이비인후의 감각이상, 창백을 일으킬 수 있다. 이러한 영향은 개인차·신체부위차·노출방법·개인감정에도 많은 差異가 있다. 발파진동은 자연지진과

는 달리 주파수가 수10Hz에서 수100Hz경우에는 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 보고있으며 우리나라는 서울地下鐵建設 주택과 아파트는 0.5cm/sec, 문화재는 0.2cm/sec를 適用 施工하였으나 아직 公式인 허용기준치 設定은 되어있지않은 實情이다.

우리나라의 경우 발파진동허용기준은 전기한 3.5에 의하면 一般인 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.

구조물의 폭발해체작업시에 발생하는 진동으로는 장진한 폭약이 터질때 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인 緩衝材 構築 등으로 진동을 最少化 시키기도 한다.

(3) 粉塵公害

분진공해의 대표적인 질병으로는 塵肺症을 들 수 있다. 이 병은 주로 炭鑛이나 粉塵 多發發生 工場 등의 극악한 작업환경속에서 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 하여야 한다고 되어있다.⁸⁾ 이 경우 필요한 조치나 조치가 적합치 않을때는 필요한 시설의 설치나 조치의 이행·개선을 명할 수 있고 명령을 이행치 않을 때는 당해 사업의 중지·시설 등의 사용중지·사용제한을 명할 수 있게 되어있다. 배출허용기준은 94.12.31까지는 30mg~300mg, 95.1.1~98.12.31은 20mg~200mg, 99.1.1이후는 10mg~150mg으로 되어있

6.1 騒音(爆音)公害対策

- (1) 해체대상 구조물의 종류와 설질, 주변지형 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 2군데이상 소음을 측정 및 기록·관리하고 시공시에 참고한다.
- (2) 사용하는 폭약과 뇌관의 종류·사용약량·기폭방법·분산장약요령 등을 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 고폭속화약을 사용하기도 한다. 이때는 Tamping시 더욱 徹底를 기하여 공구로의 급작스런 분출을 억제하여야 한다.
- (4) 장약시에는 모래·진흙·석고 등의 배합비율과 물주머니 등 진쇄물질의 종류와 사용량·진쇄깊이 등을 충분히 고려하여 設定해야 한다.
- (5) 착암작업시에는 발생하는 소음의 외부유출을 줄이기 위해서 그라스울·스폰지·담요 등의 구하기 쉽고 간단한 防音材를 사용한 차음막을 자체설치하거나 정도가 심할때는 소음진동방지시설업체에 의뢰하여 遮音施設을 설치한다.
- (6) 착암작업시에는 착암작업자에게 귀마개·귀덮개·방진장갑 등의 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·병원 등이 인접한 장소에서 작업할 때는 상기조치외에도 防音울타리를 設置하거나 防音COVER를 設置하는 등의 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 振動公害対策

- (1) 구조물의 종류와 성질·주변지형 및 건물의 규모·지반의 성질·성층상향 암반의 상태·거리 등을 고려하여 발파진동대책을 수립한다. 특히 구조물의 老朽程度와 암반의 층리·절리·지하공동의 有無·단임암맥여부·암종·지반의 습수率 등은 발파진동에 큰 影響을 미친다.

- (2) 상기 영향을 고려하여 3군데이상 진동상태를 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 減少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을 使用하여 Decoupling effect를 利用한다.
- (5) 뇌관은 DSD나 MSD·비전기식 뇌관 등을 사용하여 최대한 分散發破 效果를 내며 적당한 MSD발파에 의한 干涉效果를 利用하기도한다 (8ms이하는 동일반파로 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 적게 하는 것이 진동 감소에 매우 효과적이다.
- (7) 지반과 가까운 층을 먼저 파쇄하고 폭폭파충수의 간격조절등으로 衝擊 振動을 最少化한다. 이때 순간적으로 먼저 파쇄된 파편이 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 굴삭 등의 人工構를 設置한다.

6.3 粉塵公害対策

- (1) 적정장약과 방호조치를 완벽히 취한 후 건물의 벽 및 창문 등의 개구부를 합판 등의 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, 風俗, 風向 등을 고려한다. 특히 분진공해의 측면에서는 흐린 날이나 비온후가 매우 유리하다.
- (3) 착암공의 환경안전을 위해서는 마스크, 방진마스크 등의 保護具 着用을 習慣化하고 濕式鑿岩機의 專用을 勸奨한다.
- (4) 분진이 특히 심할때는 작업장 내외부 및 주변

다.

구조물의 폭파해체작업시의 발생하는 먼지는 주로 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 공기 중의 습도가 높을때는 자연낙하 속도가 더 크므로 가능하면 흐린 날이나 비온전후 혹은 인위적으로 撒水를 한다면 분진공해에 대한 우려는 훨씬 減少될 것이다.

(4) 飛石公害

비석공해는 환경보전법상으로는 적용이 제외되었지만 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·절리 등의 不連續面의 未確認이 원인이었다. 그러므로 안전멧트·안전망 사용을 철저히 하고 待避에도 徹底를 기해야겠으며 화약선행시에도 岩質과 주변상황을 감안하여 신중을 기해야겠다.

구조물의 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 200g미만으로써 적은편이지만 하층장약의 경우 상층장약에 비해 량이 많은 편이므로 더욱 엄밀한 방호조치와 조위를 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列車顛覆事故를 상기하면 이사고로 78명의 死亡者와 106명의 重輕傷者가 발생된 초대형의 安全事故였다. 그리고 地下鐵工事場에서 發破로 인한 安全事故로는 92.6.6발생한 과천지하철

落盤事故로써 3명이 다쳤으며, 3일 후에는 지하철 5호선 종묘구간에서 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 발생하였고 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로 인해 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되어있어 부실공사의 根本的인 原因이 되고있다.²⁾ 최근 모 터널굴착공사의 경우 발주처로부터 원청건설회사에 책정된 공사비가 하청회사로 넘어올때 절반정도로 줄어듣기도 하였다. 이러한 원청과 하청건설업체간의 공사비책정에 대한 문제점을 해소하기 위해서는 제도적·정책적인 개선이 필요한데 몇가지방안을 제시한다면 먼저 下都給 直佛制를 강력히 推進하여야하며, 중소하청건설토목업체의 공사수행능력 및 기술향상을 위해 중소기업지원측면에서 정부차원의 支援策과 함께 기업 스스로 우수기술자 유치·양성 등의 自救策을 마련해야 할 것이다. 그리고 중소형건설 현장에서는 산업안전보건법에 의한 標準安全管理費가 규정대로 사용되지않는 경우가 많으므로 이러한 비용이 제대로 投入되고 使用되어지도록 감도관청의 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 경우에는 업체간의 과당경쟁으로 인한 사고와 도산을 미리 막기 위해서는 조속히 基準품셈 등을 定立하고 관련기관·연구소·학계의 도움과 참여로 技術向上에 主力해야 할 것이다. 기타 발파 후 안전대기 시간 준수, 우천낙뢰시 화약취급 등 위험작업의 금지, 바닥층의 내부벽체와 문짝제거 등의 약화작업철저, 인접건물에 대한 발파시 파편비산 방지를 위한 동발이 설치 등의 安全措置가 아울러 必要하다.

6. 施工時 4대發破公害와 發破安全對策

건물 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, 음식물 등의 管理徹底와 발파전후 약20분간 待彼하는 등의 협조를 요청하고 발파 후 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, 비전기식뇌관 등을 사용하여 최대로 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 산정 등에 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 注意를 要한다.
- (5) 비석공해 방지의 가장 중요한 점은 방호막에 의한 방호조치를 들 수 있다. 1차 방호막은 보통 쿠션이 있는 纖維質 종류의 담요 등이 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 위해서는 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 200g이내로 제한한다.
- (2) 발파기는 목적에 적합한 특수제작품(대형발파의 경우 대용량발파기 사용)을 사용한다.
- (3) 위험이 크거나 규모가 큰 파쇄작업은 先行破碎

作業이나 테깅기·Pre-weakening을 미리 정확하게 실시한다.

- (4) 隣接建物에는 발파시 과편비산 방지를 위해 동발이를 設置하거나 천막이나 비닐·천 등으로 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 安全制限地域을 區分·設定하고 끈이나 삼각표시 등으로 表示한 후 監視者를 두는 등의 안전관리에 대한 管理監督을 철저히 한다.
- (6) 발파시에는 自體 警戒要員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, 下都給直佛制 推進加速, 중소건설토목업체의 政府持援強化, 基準품셈의 定立, 기업자체의 自求努力 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 평당 4~5만원선으로 高層일수록 經濟性이 좋은 편이며 수주물량은 2000년대에 약1000억 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 技術士 등 專門掘鑿技術者나 技能工을 確報한 專門中小建設土木業體에게 직접 해당공사를 發注하여 無理한 공사수행을 遮斷하여 부실공사를 예방해야겠다. 덧붙여 下都給 制度의 점진적 廢止와 下都給直佛制를 더욱 擴大·정착시키는 등의 制度의 改善이 必要하다.

- (3) 發破作業에 對한 騒音基準을 再整備하여야 故으며 振動基準도 조속 設定하여야 할 것이다. 미국과 일본 등의 先進國의 例와 國內 研究結果를 綜合해보면 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에서 的 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·방진장갑 등을 支給·着用하도록 하고 必要時 방음울다리·방음카바·消音器附着·인공구·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·안내 등의 安全表示를 한 후 출입자동제 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 하 기위해서는 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·調定하여 現實情에 맞게 整備하고 감독 등의 責任所在를 보다더 明確히 할 必要가 있다.
- (6) 構造物爆破解體工法의 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 다이ना마이트와 硝安爆藥만으

로도 爆破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 에멀전폭약 등 特殊爆藥과 비전기식뇌관 등 特殊雷管의 開發과 市販이 期待된다.

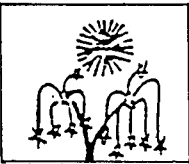
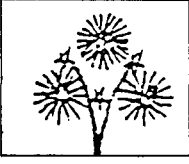
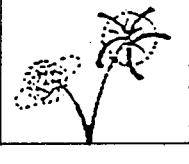

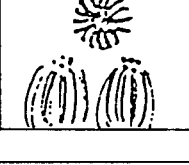
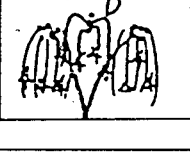
- (7) 水中發破에서는 不發殘溜藥의 回受는 거의 不可能하므로 다른 發破에 比해서 더욱 完璧限 設計와 施工을 해야할 것이다. 水中穿孔發破의 完璧을 위하여 自己昇降式作業培船 (Self-Elevating Platform)활용을 考慮해 볼 수 있다.

참 고 문 헌

- 1) 安明碩, Pyrotechnica産業의 發展方向, 大韓火藥 技術學會誌, Vol. 6, No. 2, pp.19~32, June 30, 1988.
- 2) 每日經濟新聞, 1991. 8. 6, 1993. 4. 2
- 3) 黃賢周, 爆破解體工法, 大韓土木學會誌, 제39권 제4호. pp.10, 1991. 8.
- 4) 金載極, 産業火藥과 發破工學, 서울대학교 출판부, pp. 361~3, 1988.
- 5) 李正仁, 發破振動에 依한 構造物 相互影響評價 成果 報告書, 서울대학교 공학연구소
- 6) 安明碩, 火藥産業의 發破安全對策, 韓國騒音振 動工學會, Vol. 2, No. 1, pp. 16, March, 1992.
- 7) 91騒音計測 및 制御講習會 教材, 韓國騒音振動工 學會, pp. 7, 12, 18, 20, 21, 249.
- 8) 環境關係法規, 全國環境管理人聯合會篇, pp. 998, 1991.
- 9) 福山有生, 水中發破技術의 現況과 展望, 세미나 자료, pp. 2, 3, 4, 1992. 9. 3.

〈별표 1〉

煙火 發射 Program

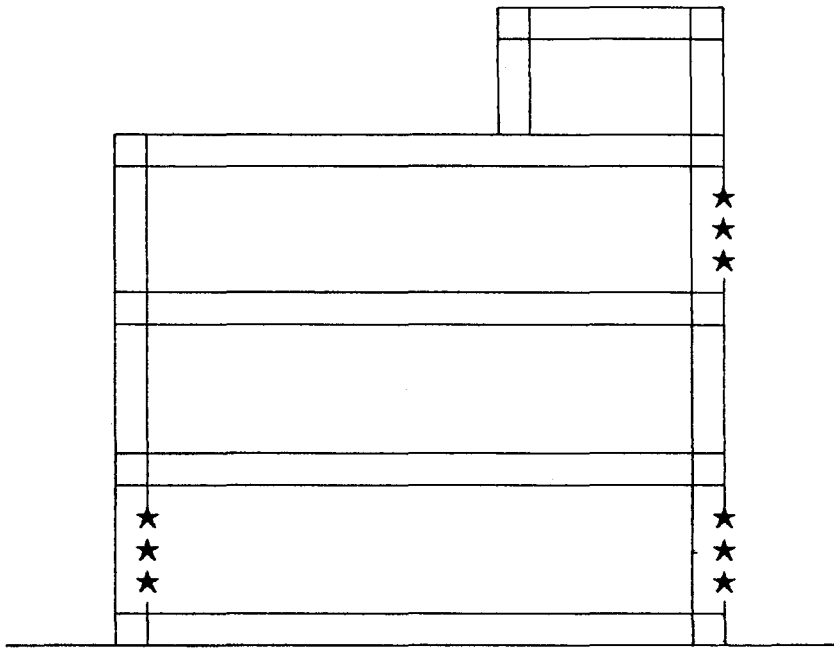
時 間	順 序	設 計 內 容	名 稱 및 種 類	區 分	LAP	備 考
			6Min(5 속화선)			KEF-N300-1
00 : 00"	1		* 개막축성 * 색녀명W 5 * 국 화B 5	연 타	60"	* 박사무1분 대기
01 : 00"	2		* 국화원 * # 48국 화 5 * 국 화R 5 * R-B 10	"	20"	
01 : 20"	3		* 단 발 * 토 성 5 * 나팔꽃 5 * # 136국 화 5	단 타	30"	
01 : 50"	4		* 공중 정원 * 방 진 A 10 * 야 국 A 5 * # 10국 화B-R 5	연 타	20"	
02 : 10"	5		* 만 추 * # 17.55 국화 5 * 국 화Gd 5 * 버 들 A 10	연 타	20"	
02 : 30"	6		* 音, 光의 세계 * 전광퇴 10 * 색녀명 B 5 * # 46 국 화 5	연 타	15"	

〈별표 2〉

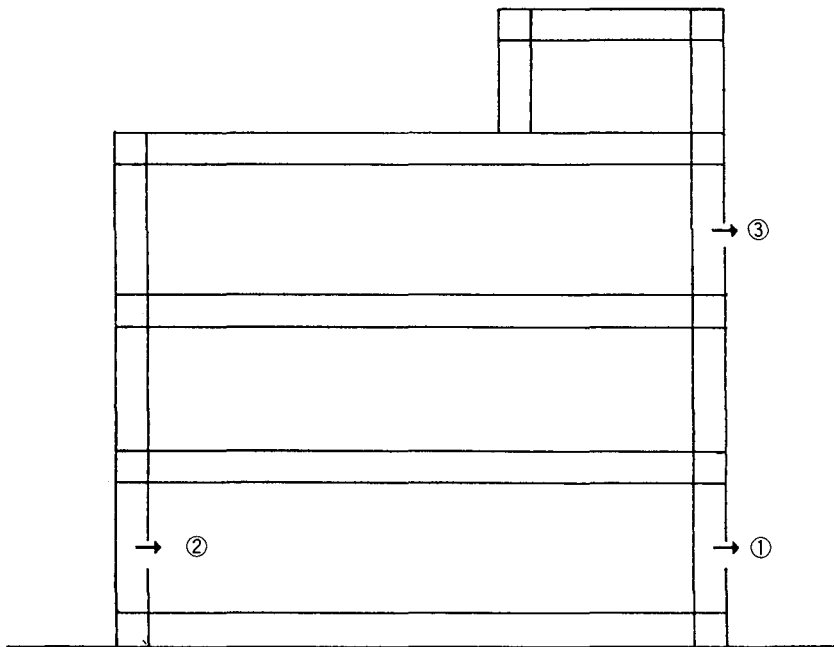
* 騒音 振動 防止 施設 業 現況 *

NO	상 호	대표자	전 화		주 소
				팩 스	
1	한 국 화 학 장 치(주)	옥 정 권	873-9101 785-6601		150-010 서울시 영등포구 여의도동 12-31
2	선 일 기 술 개 발(주)	최 순 근	563-1231 554-5122		138-280 서울시 강남구 대치동 999-2
3	디 비 엔 지 니 어 링(주)	이 득 응	586-1161 583-1966		137-070 서울시 서초구 서초동 1490-32
4	유 니 슨 산 업(주)	이 정 수	553-9161 553-6415		137-072 서울시 서초구 서초2동 1306-3
5	신 성 내 장 건 설(주)	조 성 환	688-2788 681-2790		152-100 서울시 구로구 오류동 75-2
6	의 성 개 발(주)	이 호 연	333-9711 333-9716		121-210 서울시 마포구 서교동 395-166
7	사 운 드 매 카 엔 지 니 어 링(주)	이 계 혁	292-4481 292-4482		133-040 서울시 성동구 도선동 22 (다남매빌딩 310호)
8	(주)농 우 정 공	윤 여 춘	419-5889 419-5741		138-130 서울시 송파구 삼전동 9-14 (광덕빌딩 301호)
9	한 일 엔 지 니 어 링(주)	조 경 돈	785-1941 785-5267		150-010 서울시 영등포구 여의도동 44-26 (중앙빌딩 604호)
10	국 제 음 향(주)	이 풀 재	703-0829 782-1348		140-113 서울시 용산구 원효로 3가 43-1 (원광빌딩 2층)
11	중 부(주)	한 경 일	556-6161 556-2253		138-280 서울시 강남구 대치동 890-42
12	(주)유 일 산 업 플 렌 트	김 유 일	675-0651 675-2028		150-044 서울시 영등포구 당산동4가 32-41
13	케 이.에 스.씨(주)	정 상 준	679-0361 679-0364		150-040 서울시 영등포구 당산동 121-155
14	세 주 공 조 산 업(주)	임 병 모	414-8417 414-8417		138-150 서울시 송파구 방이동 37-2 (남강빌딩 402호)
15	경 상 금 속(주)	엄 금 수	556-5506 556-5988		135-080 서울시 강남구 역삼동 831 (해천빌딩 503호)

〈별표 3〉



装薬의 位置



崩壊順序