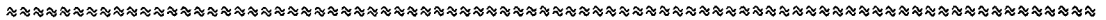


特攻APT 發破解體 施工事例

On the explosive demolition of APT Building

박 근 순* (Park Keunsoon)
김 광 태** (Kim Kwangtae)
정 영 민*** (Jung Youngmin)



I. 머리말

지구상에 인류의 출현 이래로 문명의 발달과 인구의 증가가 산업혁명을 거쳐오면서 현대에 이르기까지 급성장을 거듭하고 있는 만큼, 부작용도 심각하게 대두되고 있다. 점점 인구는 증가하고 있으며 주어진 공간은 한정적일 수 밖에 없다. 더군다나 우리나라와 같이 산지가 많고 도시인구밀도가 높은 나라는 도시공간의 고집적화가 환경의 보존을 위해서 필수적이라고 할 수 있다.

각종 건물이나 토목구조물들은 기능상의 변화, 사회 경제적가치의 변동 또는 내구성의 자연적 감퇴등의 이유로 해체가 불가피해지는 경우가 많다. 90년대에 들어서면서 도심지 재개발의 확산으로 우리나라의 해체산업의 기술적 동향은 과거의 재래성에서 탈피하여 점차적으로 기계화, 고도화 경향이 짙어지고 있다. 기존의 구조물 해체 공법은 소음, 진동, 분진발생 등에 의한 민원의 소지가 많고 공사의 장기화에 따른 공사비용 증가 등의 문제점을 안고 있다. 또한 해체대상물의 고층화가 대두된다면 현존하는 기계중장비에

의한 방법으로는 공사 안전성과 기간, 경제성 등에 있어서 한계에 부딪힐 수 밖에 없다.

선진국에서는 이미 1950년대부터 발파해체에 의한 고층건물의 철거를 시작하여 왔고 이제 안전한 해체공법중의 하나로 확고하게 자리잡고 있다. 우리나라의 경우 90년대 초반부터 몇몇 업체에서 시작된 발파해체공법의 시도가 고층건물의 해체물량부족 및 인식부족으로 아직 결실을 맺지 못하고 있는 실정이다. 그러나 다가올 2천년대 이후 몇백년간은 화약류의 순간적인 폭발과괴현상을 이용한 발파해체공법이 고층건물의 해체에 주류를 이룰 것이기에 꾸준한 연구개발과 경험의 축적이 절실히 요구되고 있다.

특공 아파트 발파해체 시공사례는 한국중공업(주)에서 96년부터 발파해체공법의 개발을 추진해오던 중 얼마전 10월달에 시공한 것으로 군으로부터 해체의뢰를 받아 시행하게 되었다.

비록 그동안 시공되어왔던 건물들에 비해 작은 규모이기는 하지만 발파해체의 전반적인 시공흐름은 대동소이하며, 관심있는 여러 기술자들의 욕구를 충족시키기에는 충분하리라 생각된다.

II. 공사개요

1. 공사명 : 특공아파트 발파해체공사

* 한국중공업(주)/건설, 발파기술팀장, 화약류관리 기술사

** 한국중공업(주)/건설, 발파기술팀 과장

*** 한국중공업(주)/건설, 발파기술팀 대리

2. 위 치 : 강원도 화천군 간동면 유촌리 2군 단 특공연대 불사조아파트 단지내

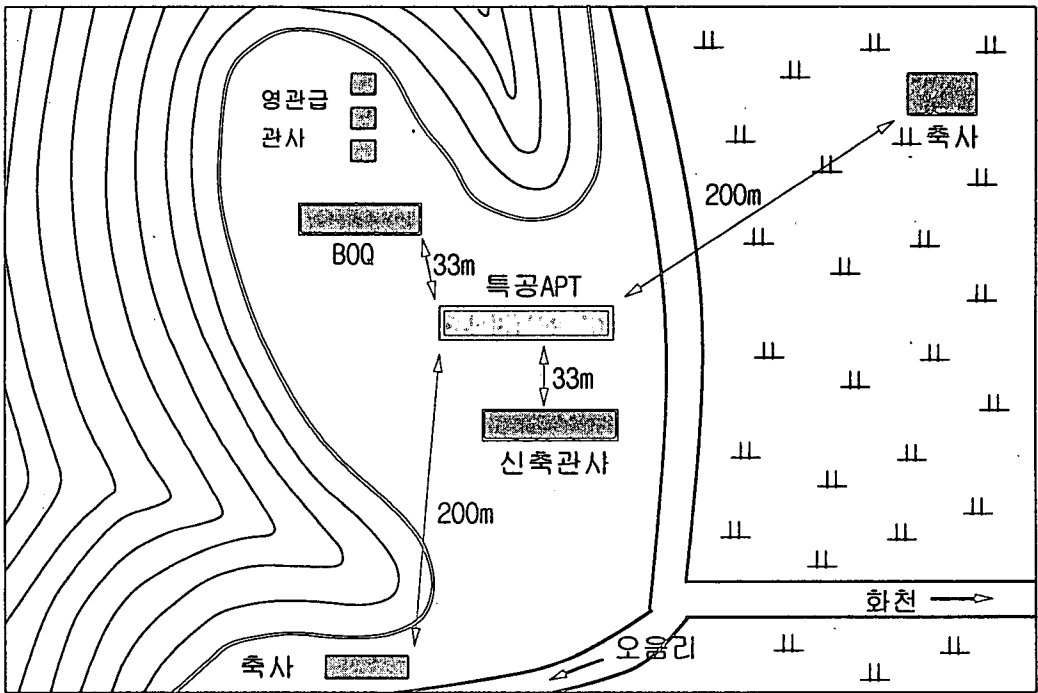
3. 대상건물

- 가. 건물명 : 특공연대 구 하사관아파트
- 나. 구 조 : 철근콘크리트라멘조 5층 1개동 (기둥 3열)
- 다. 규 모 : 가로 70m, 세로 8.2m, 높이 17m

가. 당 건물은 5층아파트로 장단변의 비가 10 : 1이며 구조형태가 일직선으로 길어서 전형적인 점진붕괴공법 적용대상 구조물이었다.

나. 점진적 붕괴공법 적용시 건물의 길이 방향으로 붕괴 시간대를 분리할 수 있으므로 발파해체시 건물의 붕락으로 발생하는 충격진동을 세분화하여 줄일 수 있다.

다. 또한 다른 공법에 비해 지발당 장약량을 최소로 할 수 있기에 발파폭풍압, 소음, 비석



[그림 1] 특공아파트 주변현황도

라. 연면적 : 675평(13.5평/세대, 50세대)

등의 제어가 쉬워지므로 환경적 측면에서도 유리하다.

4. 공사기간

- 가. 총 공사기간 : 40일(1997. 9. 20~ 1997. 10. 29)
- 나. 발파해체기간 : 21일
- 다. 발파일시 : 1997. 10. 10. 14 : 50

라. 5개층중 1, 2, 4층을 발파대상층으로 설정하였다.

5. 적용 발파해체공법 : 점진적붕괴공법 (Progressive Collapse)

6. 천공 및 사용화약류

- 가. 총 천공수 : 566공
- 나. 젤라틴 다이내마이트 : 19.63kg(HiMITE 5500)

- 다. 정밀폭약 : 5.25kg(FINEX I)
- 라. 전기뇌관 : 581개(HIDETO LP)

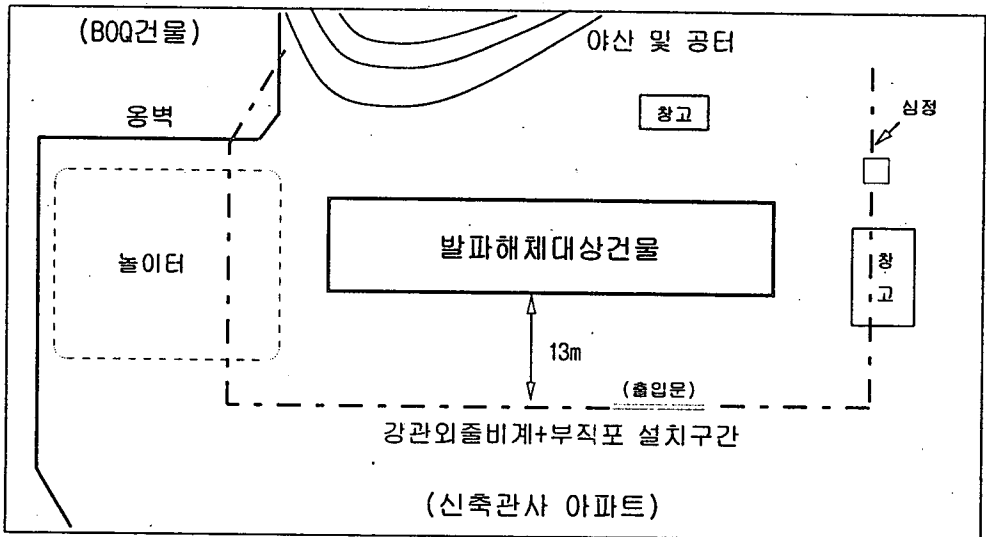
7. 주변현황

해체대상 건물 부지는 군인관사 지역으로 다른 민가지역과는 200m 이상 이격되어 있었으나 관사지역내에 군인과 가족들이 거주하고 있는 신축관사 및 BOQ가 각각 발파해체 대상건물(특공아파트)과 33m 떨어져 있었고, 특히 대상건물에 근접하여 있는 관사급수용 심정의 수도배관이 3m 지점에 위치하고 있어 시공시 유의

의 비석, 분진제어, 소음감소를 목적으로 건물 후면을 제외한 3면으로 건물로부터 13m 이격하여 높이 6m, 길이 162m로 강관외줄비계 설치 후 부직포 1겹을 부착하였다.

V. 사전파쇄

사전파쇄공사는 사전취약화, 사전약화공사라는 개념으로 이해되기도 하며, 발파해체시 붕괴 거동의 원활을 기하기 위하여 장전층 및 일부 비장전층의 조적벽체 및 전단벽체 등을 발파이



[그림 2] 가설공사 범위

하여야 했다.

III. 내장재 철거

발파해체시 발생할 수 있는 분진저감 및 발파해체 후 콘크리트와 생활쓰레기의 혼합을 미연에 방지할 목적으로 창틀, 생활쓰레기 등을 사전에 제거하였다.

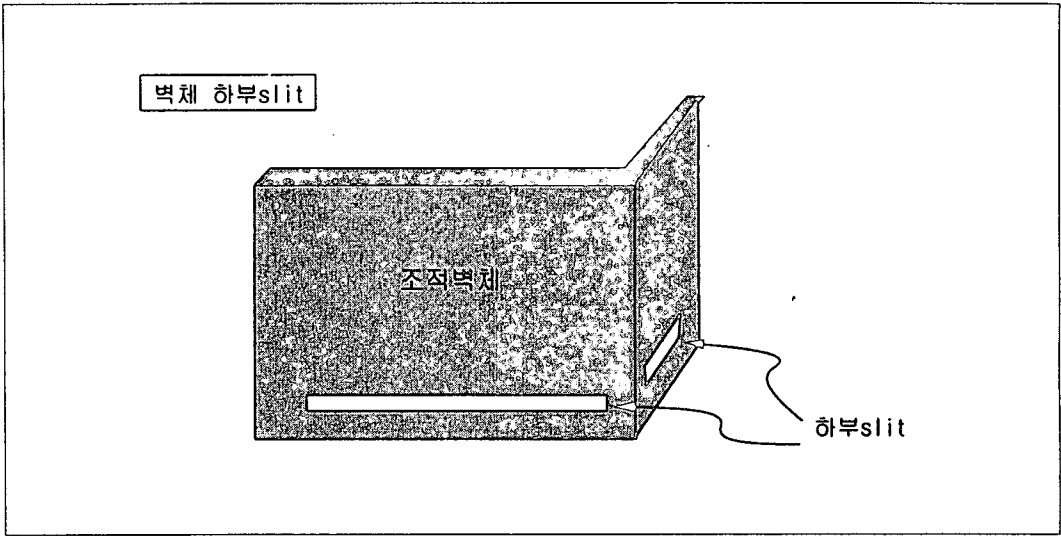
IV. 가설공사

작업중의 소음감소, 분진 제어 및 발파해체시

전에 완전파쇄제거 또는 일부 범위를 약화시키는 것을 말한다.

화약을 장전하는 부분은 건물의 주요 구조부재가 되는 기둥, 보, 전단벽 등이며, 구조적으로 보면 이들 구조체는 건물의 안정도를 확보하는데 중요한 역할을 하고 있다. 사전파쇄는 이러한 안정을 지키는데 영향을 주지않는 부위를 대상으로 주로 실시하고, 이들 구조체를 대상으로 건물의 붕괴에 저항하는 요소를 제거하여 붕괴를 촉진시켜 준다.

사전파쇄의 범위는 주로 화약의 폭발효과를



(그림 3) 벽체하부 slit 방법

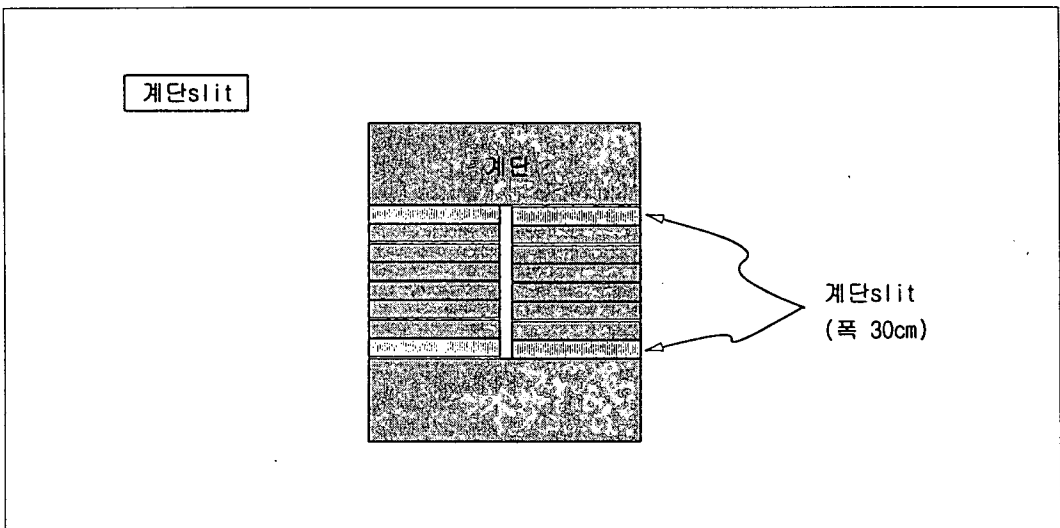
최대한으로 이용할 수 있도록 화약을 장전하는 층을 주 대상으로 하며, 화약을 장전하지 않는 일부 층에 대해서도 붕괴의 효과를 높이기 위해 실시하기도 한다.

1. 조적벽체 사전파쇄 방법

발파대상층인 1층, 2층, 4층의 조적벽체는 완

전파쇄한 후 건물내부에 남아 있는 버력을 건물 외부로 반출하여 내부를 깨끗이 정리하므로써 화약작업의 편의성을 향상시킴과 동시에 발파해체시 분진의 발생량을 줄였다.

비발파층 중 3층과 5층은 내부의 조적벽체에 대하여 약화작업을 실시하였다. 이중 3층은 완전파쇄, 5층은 폭 30~40cm로 slit 처리하여



(그림 4) 계단 slit 방법

발파해체시 조적벽체가 붕괴거동에 의하여 쉽게 이탈되어 파쇄되도록 처리하였다.

2. 계단 사전파쇄 방법

계단이나 엘리베이터 박스는 발파해체시 붕괴 거동에 저항성이 높으므로 사전약화 작업을 실시해야 하는데, 당 공사에서는 핸드브레이커로 계단 상하부를 폭 30cm로 slit 처리하고 노출철근은 그대로 유지하였다.

3. 기둥 사전약화 방법

보통의 5층 아파트에 비하여 특공아파트는 층 당 기둥수가 73개로 과다하여 비장전층의 경우 발파해체시 완전붕괴에 지장을 초래할 수 있으므로 3층 내부 기둥에 한해서 chipping(모따기)을 시행하였다. 이때 노출된 철근은 산소절단기로 절단하여 붕괴시 기둥의 인장력을 상실토록 유도하였다.

VI. 천 공

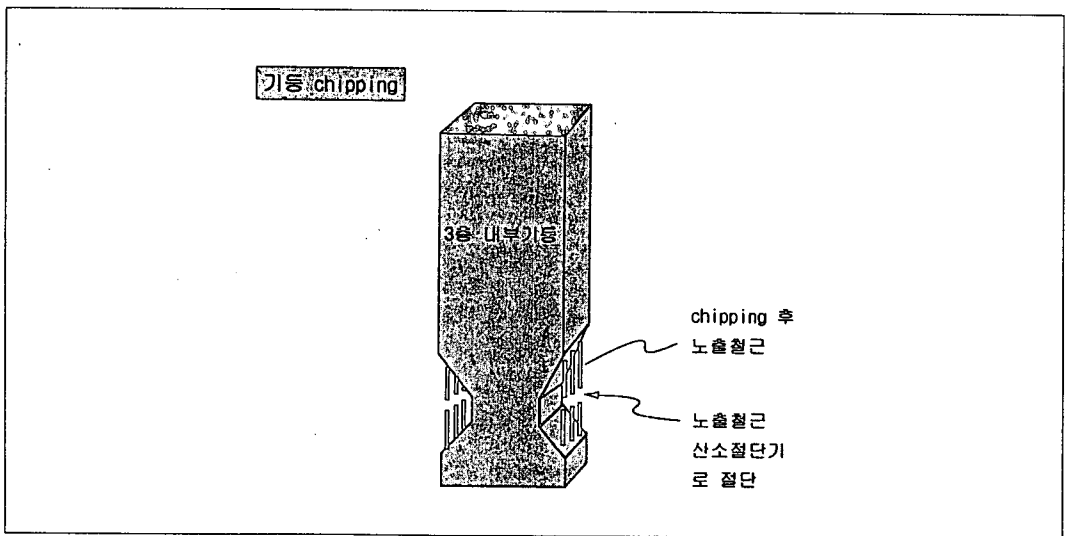
발파대상층의 기둥 크기와 층별에 따라 천공

제원을 달리하였다. 착암기(TY24LD)를 사용하여 1, 2층의 경우 50cm 간격으로 3공, 4층의 경우 50cm 간격으로 2공을 기본으로 수평천공하였고, 1층의 가운데열은 장단변의 비가 크므로 정밀폭약1호를 사용하기로 결정하고 천공간격을 40cm로 줄였다. 천공장은 부재크기의 2/3를 기준으로 하여 천공하였으나 1층 가운데열의 경우는 부재크기의 3/4를 기준하였다. 천공경은 38mm 일자형 비트를 사용하였고, 천공방향은 기둥의 장변방향으로 하여 화약의 폭발력을 발파대상부재 전면에 고루 미치도록 하였다. 이것은 전색장을 길게 해주어 폭발력의 손실도 최대한 줄일 수 있는 방법이 된다.

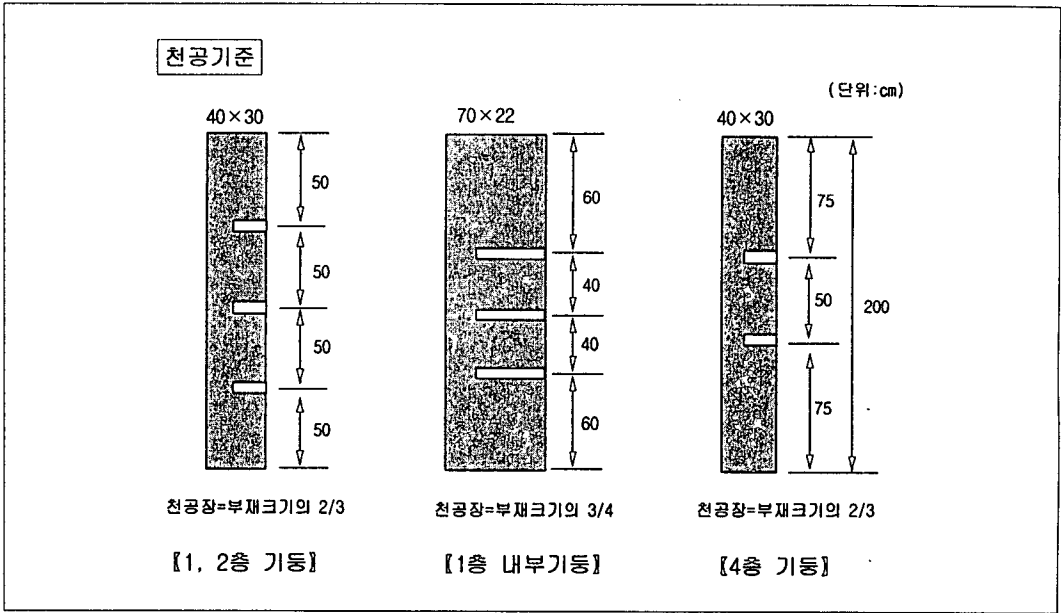
〈표 1〉 층별 천공수

층 별	천 공 기둥수	기둥별 천공수	천공수	장전공
1 층	73기둥	3 공	219공	213공
2 층	73기둥	3 공	219공	213공
4 층	70기둥	2 공	140공	140공
합 계	216기둥	-	578공	566공

※ 1, 2층의 최우측 외곽기둥은 3공/기둥 천공하였으나, 1공/기둥만 장전하기로 결정.



(그림 5) 기둥 chipping 방법

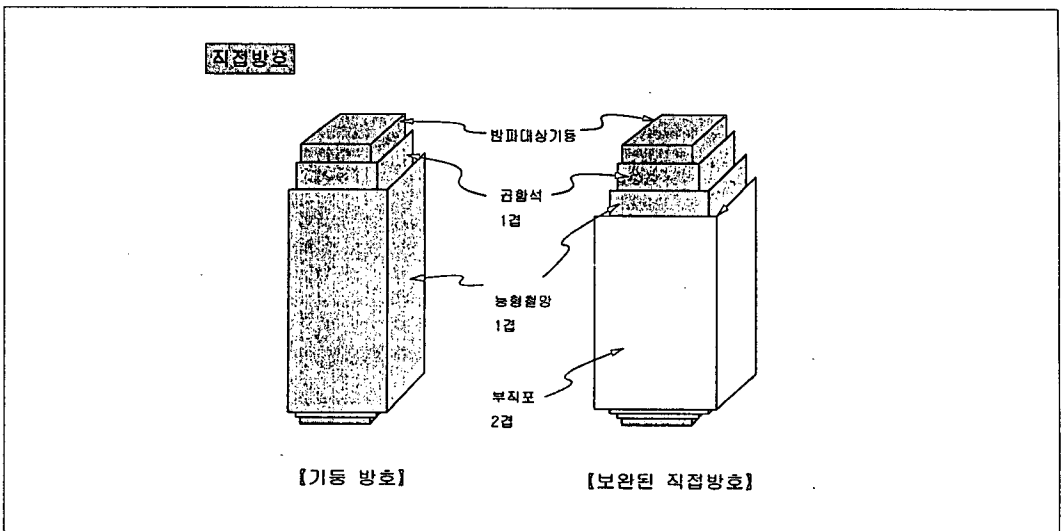


(그림 6) 천공 기준도

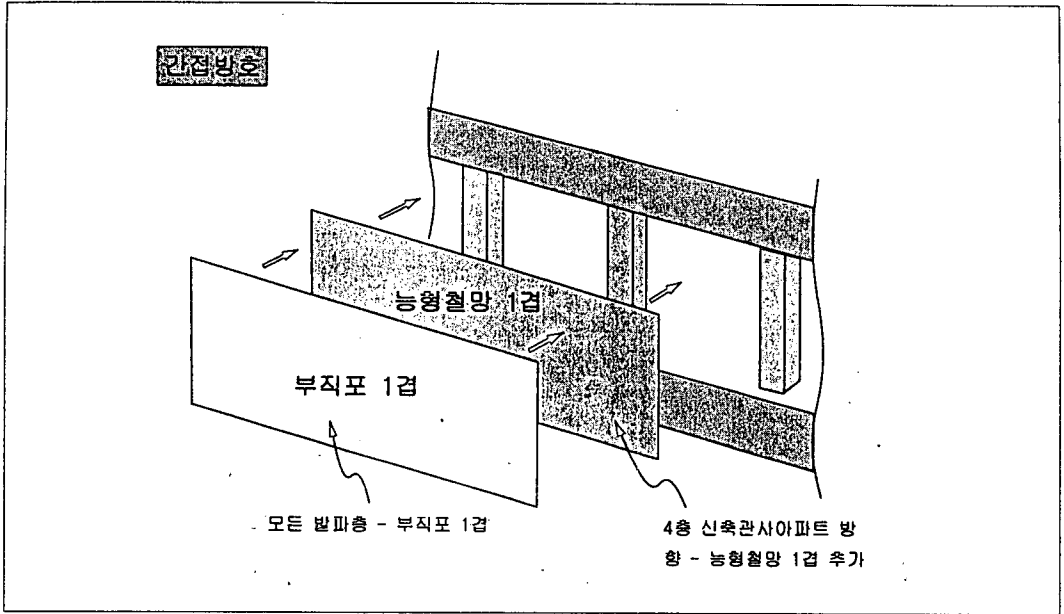
VII. 방 호

발파는 일반적으로 충격파에 의해서 균열이 발생하고, 생성되는 균열에 큰 팽창압이 작용하여 물체가 파괴되는 것을 이용한다. 화약의 폭발

시 분출하는 가스의 팽창압력에 의해 비산되는 콘크리트 파편을 제어함과 동시에 분진을 1차적으로 제어하는 것을 목적으로 방호를 실시하게 된다. 발파해체는 일반적으로 주거지와 상가가 밀접한 도심지역의 건축물을 대상으로 행해지므



(그림 7) 직접 방 호 도



(그림 8) 간접방호도

로 콘크리트 비산편과 분진을 억제하는 대책을 펴야 세워야 한다.

1. 직접방호

직접방호는 화약이 장전되어 발파되는 구조체를 대상으로 콘크리트 비산편을 막을 수 있는 제어막을 설치하는 것을 말하며, 폭발압력에 의해 비산되는 분진이나, 파편을 방호막 내부에 가두는 역할을 한다. 당 공사에서는 골합석 1겹으로 기둥을 감싼뒤, 능형철망 1겹을 추가로 설치하여 발파시 골합석의 팽창을 제어하도록 하였다. 또한 신축관사 방향의 기둥열에는 부직포 2겹을 추가로 부착하여 완전한 비석제어를 목표로 직접방호를 보완하였다.

2. 간접방호

화약이 직접 장전되지 않는 부위를 대상으로 방호하는 것으로 주로 창문, 출입구 등의 개구부를 대상으로 직접방호에서 빠져 나올 수 있는 작은 파편과 분진을 제어한다. 직접방호 보다 범

위가 크며 화약이 장전되는 모든 층에 실시하게 된다. 서구에서는 일반적으로 창문 등에 목재틀과 골합석, 문짝등을 부착하여 사용하나, 화약폭발에 의한 폭풍압과 건물의 붕괴시 분출하는 공기압에 의해 일부 간접방호막이 파괴되어 비산되는 사례가 있다.

이번 공사에서는 부직포 1겹으로 장전층 외부를 두르는 공법을 기본으로 하여 직접 방호에서 빠져나오는 비석을 제어함과 동시에 폭풍압의 적절한 배기역할을 할 수 있도록 하였다. 4층의 신축관사아파트 방향으로서는 능형철망을 1겹 추가로 설치하였는데, 이는 1, 2층보다는 4층에서 비석발생시 더 멀리 비산하게 되는 것을 방지하기 위함이었다.

VIII. 시험발파

대상구조물 전체의 구조역학적 안정성을 해치지 않는 부위를 선정하여 설계상 최소한의 화약량을 사용하여 실시하며, 설계된 화약의 종류,

화약량 및 천공 등의 설계치가 대상구조체에 적합한지를 검증, 보정할 수 있다.

1. 300mm×400mm 기둥 2개를 대상으로 첫번째는 공당 50g으로 3공에 150g을 사용하여 시험발파를 하였으나 과장약이었고, 두번째는 공당 40g으로 3공에 120g을 사용한 결과 적합한 것으로 나타났다.

2. 220×700 기둥을 대상으로 정밀폭약 (Finex I)을 공당 75g으로 225g을 사용한 결과 적합으로 판정되었다.

IX. 본 발 파

1. 발파제원

시험발파를 실시하여 각 부재별로 설계된 화약류의 적정 장약량을 확인하여 발파제원을 결정한 뒤 하루동안 장전작업을 완료하였다. 장전작업중 전기뇌관의 길이가 젤라틴다이아마이트의 길이보다 길었기 때문에 모래로 전색작업시 뇌관에 충격을 가하지 않기 위해서 매우 신중을 기하였다. GD의 경우 40g/공, FINEX의 경우 75g/공 장약하였으며 본 발파시에 사용한 폭약은 총 24.88kg(GD 19.63kg, FINEX 5.25kg)이었다. 최대지발당 장약량은 2.755kg으로 #19에서 발생하였고, 비장약량은 0.78~1.20 kg/m³이었다.

2. 기폭시스템

한화제품 LP 전기뇌관을 #1-#21까지 사용하

여 장전공내에 지발시차를 주었으며 전체회로를 11개의 시리즈로 직병렬 연결하여 본 발파를 실시하였다. 기폭순서는 건물의 좌측하부에서부터 시작하여 우측으로 진행하므로써 선형적인 붕괴패턴을 유도하였다.

3. 통제상황

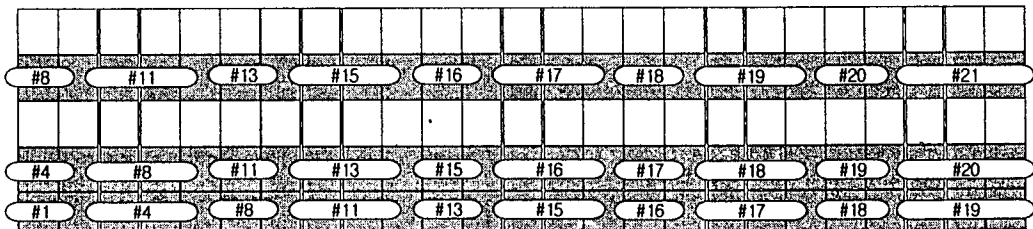
발파 일주일 전부터 공사안내문을 제작하여 인근주민, 관할경찰서, 면사무소에 홍보를 하였으며, 관람석의 위치를 지정하여 인원통제에 완활을 기하였다. 발파 30분전부터 반경 200m이내의 도로에 경계원을 배치하여 차량과 인원통제를 시작하였으며 발파 10분전에 완전통제를 완료하여 발파를 실시하였다. 이때 소방차를 대기시켜 발파해체후 인근 도로에 살포될 수 있는 분진을 청소하고자 하였으나, 발파결과 청소를 시행할 필요가 없을 정도로 분진량이 적었다.

4. 발 파

군경, 학계, 업계관계자와 동네 주민들의 카운트 다운으로 발파해체를 진행하였으며, 기폭후 5초동안 장전된 모든 화약이 폭발하였고, 계획대로 건물의 좌측에서부터 점진적붕괴를 마쳤다. 발파해체의 성공을 확인한 참관객들은 순수국내 기술로 이룩한 시공능력에 대해 매우 좋은 반응을 보였다.

5. 계 측

가. 진동 및 소음치를 1개 지점에서 Instan-tell Blastmate III로 측정하였다.



[그림 9] 기 폭 초 시 도

〈표 2〉 계 측 치

거 리 (m)	최대진동속도(mm/sec)				폭풍압 (dB)
	진행성분	수직성분	접선성분	벡터합	
42	1.86	0.508	1.19	1.86	128(L)

◇ 충격진동의 주 주파수 대역은 약 7-15Hz 정도로 나타났다.

◇ 충격진동의 지속시간은 약 6.5초 정도였다.

나. Crack Gauge

공사시작 초기부터 신축관사아파트, 특공아파트 옆 옹벽, BOQ건물의 이미 금이 가 있는 곳에 Crack-gauge를 6개소에 설치하여 발파해체 전후의 수치변화를 측정하였으나 특공아파트 옆 7m 떨어져 있는 콘크리트 옹벽에서 +0.15mm의 소폭변위외에 별다른 변화를 보이지 않았다.

X. 맺 음 말

위에 소개된 5층아파트의 발파해체사례는 경제성과 공사기간에 있어서 기존의 해체공법에

비해 비공위에 있다고는 할 수 없다. 발파해체공법의 개발과정중 한단계로서의 시공사례인 것이다.

현재 발파해체사업을 시행하고 있는 대다수의 국내업체들은 외국기술을 사용해 비교적 안전하다는 인식하에 해체공사를 수행하고 있으나 자체공법개발의 부재로 인하여 많은 로열티를 지급하고 있다. 따라서 기존의 해체방법보다 공기는 짧아질 수 있으나 로열티로 인한 공사비의 증가는 해결하기 어려운 실정이다. 외국기업들과 기술 제휴중인 국내기업들은 현재까지 전수받은 기술이 적고 앞으로도 기대하기 힘들것으로 판단되므로 자체기술개발의 노력이 선행되어야 한다.

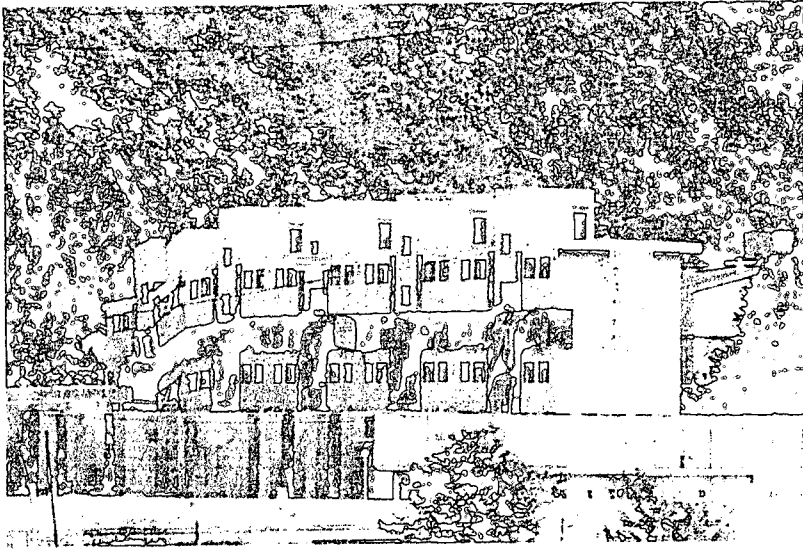
그러한 취지에서 한국중공업(주)에서는 지속적으로 발파해체공법의 개발을 추진중이며 발전소, 화학플랜트, 용광로 등의 특수구조물들을 대상으로 하고 특히, 원자로 등의 고강도 철골구조물과 도심지 철골건물에게까지 발파해체공법의 적용을 확대하고자 노력하고 있다.

문의 ☎ : 한국중공업(주)/건설, 발파기술팀
(02)513-6470~2.

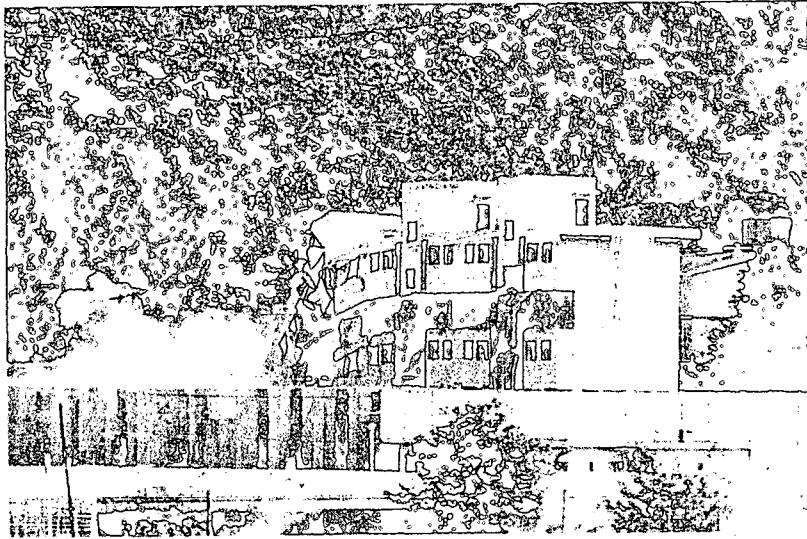
本學會發刊書籍

- ANFO 爆劑新發破學, 東亞出版社
- 新火藥發破學, 機電研究社
- 新火藥發破學解說, 寶晉齋
- 서울地下鐵工事 3, 4號線發破工法, (非賣品)
- 岩石 力學, 機電研究社.
- 岩石 力學解說, 同上.
- 智山許墳博士回甲記念集.
- 智山許墳博士古稀記念集.

붕괴과정



붕괴시작



붕괴진행



붕괴종료