

성남 하대원 주공 아파트 및 화정 지하구조물 발파해체 사례분석

이 천식, 이 윤재, 김 형섭
(주)한화

1. 서 론

최근 노후화된 구조물의 증가 및 건축물의 용도의 변경으로 기존의 구조물을 철거하고 재건축하는 공사가 증가하고 있다. 특히 IMF를 거치면서 침체되었던 재건축 시장의 회복에 따라 일부 지역에서는 급속히 진행되고 있는 경향을 보이고 있다. 현재 해체되고 있는 구조물은 주로 1970년대말-1980년대 초반에 건축된 주거용 건물이 주를 이루고 있으며 발전소, 공장, 학교, 사무실 등의 산업공공 시설물도 점차로 증가되고 있는 실정이다.

대한주택공사에서 성남 하대원동 주공아파트 재건축공사를 시행하면서 발주한 아파트해체 공사와 한화 오벨리스크 신축공사에 따른 기존의 지하구조물 해체에 발파해체공법을 적용하여 수행 하였다. 본 아파트 해체는 기존의 아파트 발파해체공법과는 달리 경제적인 면을 고려하여 전도공법을 채택하여 시공하였으며, 화정의 한화 오벨리스크 신축공사에는 부분 발파해체 공법을 적용하여 지하층 별로 발파를 실시하였다.

화약을 사용한 해체공법의 시공사례를 통하여 향후 재건축의 활성화 및 콘크리트 발파에 적용함으로써 보다 효율적이고 원활한 공사가 진행될 수 있는 공법으로 자리를 잡았으면 한다.

2. 성남하대원 주공아파트

성남 하대원주공아파트는 재건축에 따라 기존 건축물을 해체하는 공법으로 발파해체가 실시 되었으며 총 9개동의 발파해체를 실시하였다.

2.1 공사규모

- 1) 위 치 : 경기도 성남시 하대원동
- 2) 규 모 : 전체 아파트 20개동 중 9개동 발파해체.
- 3) 구 조 : RC 라아멘 형식.
- 4) 연면적 : 9개동 20,543.7m² (6,214평)
- 5) 층 고 : 5층 16m

2.2 적용공법

Felling(전도공법), Progressive Collapse(점진붕괴공법)

2.3 공사기간

2000.3.15 - 2000.4.11 (18일간)

2.4 아파트 배치 현황

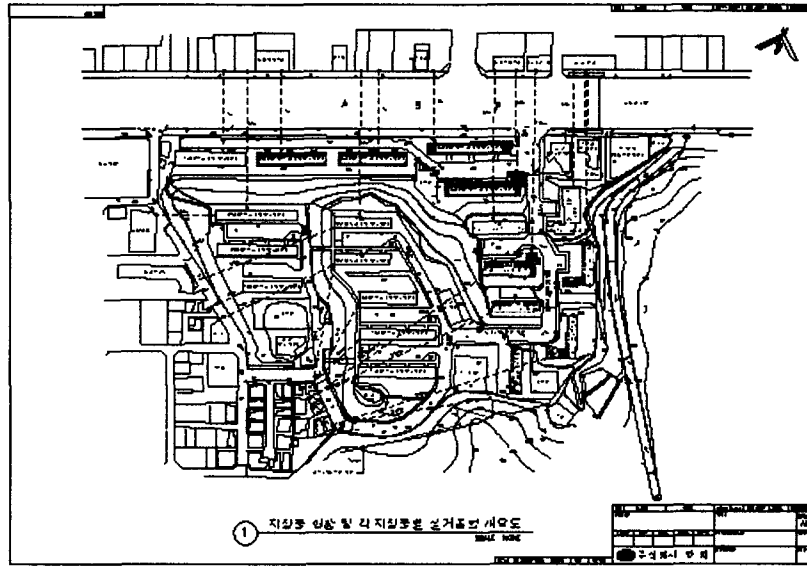


그림 1. 성남 하대원원주공아파트 현황도

2.5 공사내용

1) 현황

- 2,3,5,6동은 전도공법 (Felling)과 점진 붕괴공법(Progressive collapse)을 혼용하여 실시하였고, 대상 아파트의 위치도 도로 주변에 배치되어 있다.
- 아파트의 형태는 일자형 3개동과 ㄱ자형 1개동으로 구성되어 있으며, 구조는 기둥과 보로 구성된 라아멘 구조로 되어 있다.
- 9,10,11,12,13동은 발파해체는 전도공법(Felling)을 사용하여 실시하였으며 위치는 아파트 단지의 내부에 모두 존재하였다.
- 아파트의 형태는 일자형과 ㄱ자형이며, 라아멘 구조로 되어있다.

2) 주요내용

가) 발파설계

- 전도공법 적용에 따라 발파 대상 층과 사전 파쇄 부분의 설계
- 건물이 전도에 따라 Hinge Point를 구성하고 충분히 전도 될 수 있도록 장전부분과 사전 파쇄 부분을 고려하여 설정 하였다.

표 1. 각 동별 발파제원

구분	연면적	건물길이	적용공법	장전층
2동	2,700㎡	54m×10m	점진붕괴공법	1층,2층
3동	2,700㎡	54m×10m	점진붕괴공법	1층,2층
5동	3,112㎡	63m×10m	전도공법	1층,2층(1열)
6동	3,285㎡	66m×10m	전도공법	1층,2층(1열)
9동	2,385㎡	48m×10m	전도공법	1층,2층(1열)
10동	1,812㎡	48m×7.6m	전도공법	1층,2층(1열)
11동	1,368㎡	36m×7.6m	전도공법	1층,2층(1열)
12동	1,812㎡	48m×7.6m	전도공법	1층,2층(1열)
13동	1,368㎡	36m×7.6m	전도공법	1층,2층(1열)

표 2. 발파설계 요약

구분	대상범위
사전파쇄	1층 과 2층의 전면 및 중간열까지 사전파쇄
방호	직접방호 부직포와 능형철망을 사용 간접방호로 부직포와 능형망 사용하여 발파 대상층 방호
화약장전	1층 2열 ,2층 1열만 발파

나) 사전파쇄

- 사전파쇄는 기둥에 천공을 하기 위해 필요한 공정이며, 이외에도 구조물의 붕괴시 저항을 없애 주기위해 실시하는 공정이다.
- 사전파쇄는 발파대상층(1,2층)을 대상으로 하며, 기계장비를 이용하여 파쇄를 실시하였다.
- 사전파쇄는 기존의 방법과는 달리 백호우에 압쇄기를 부착하였으며 주로 Hinge point를 기준으로 외벽과 중간벽을 파쇄하였다.
- 사전파쇄는 주로 외벽 (두께 20cm 조적벽) 및 일부 slab를 파쇄하였다.
- 대형 장비를 이용시 세밀한 부분까지의 파쇄가 어려운 점도 있었다.
- 대형장비와 인력방법 두 가지를 혼용하여 사용하는 방안이 가장 효율적이다.

표 3. 인력파쇄와 장비파쇄와의 장단점 비교

구분	장점	단점
대형장비파쇄	<ul style="list-style-type: none"> ■ 공기 단축 ■ 비용감소 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 정밀파쇄 불가 ■ 층고에 따른 제한 ■ 과 파쇄 발생 ■ 불안정 및 안전 문제 발생
인력파쇄	<ul style="list-style-type: none"> ■ 정밀 파쇄 가능 ■ 층고에 따른 제한 없다. ■ 필요부분만 파쇄 가능 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 비용 증가 ■ 공기증가 ■ 지속적 소음발생

다) 천 공

- 발파대상 기둥을 중심을 천공을 실시하였으며 화약이 장약되는 깊이를 계산하여 천공 깊이를 산정하였다.

- 대상 기둥의 단변은 모두 250mm이며, 장변은 400mm-800mm 까지 다양하게 분포해 있다.
- 국내는 아직 신형 천공장비가 보급되지 않은 관계로 주로 레그 드릴을 사용하였으며 장비가 무겁고 취급이 어려워 2인 1조로 구성하여 3개조가 천공을 실시하였다.
- 전도공법의 경우 1층은 2공씩 2층은 1공씩 천공 하였고 점진붕괴공법의 경우는 1층,2층 발파 대상 기둥을 2공씩 천공 하였다

표 4. 다면적별 천공 제원

구분	천공경	천공장비	천공장
250mm×400mm	38mm	TY-24 레그드릴	250mm
250mm×500mm	38mm	TY-24 레그드릴	300mm
250mm×600mm	38mm	TY-24 레그드릴	350mm
250mm×700mm	38mm	TY-24 레그드릴	450mm
250mm×800mm	38mm	TY-24 레그드릴	500mm

표 5. 2,3,5,6동 천공수

구분	2동	3동	5동	6동	합계
천공수	120공	120공	86공	81공	407공

표 6. 9,10,11,12,13동 천공수

구분	9동	10동	11동	12동	13동	합계
천공수	63공	59공	54공	65공	53공	294공

- TY-24 LEG DRILL의 효율을 산정해 보았다.
- 작업 환경과 공의 깊이, 장비의 상태, 작업자의 숙련도에 따라 큰 차이를 보이고 있으며 1차 와 2차를 비교해 보아도 큰 차이를 보이고 있다.

표 7. 천공비교표

구분	조 건	내 용			
		인당 총천공수	시간당 천공수	1공당 투입인원	1공당 투입시간
1차	-일 투입인원 6명 -천공수 297공 -일 작업시간 9시간 -작업소요일 2.5일	인당 총천공수	49.5공	1공당 투입인원	0.051인
		시간당 천공수	13.2공	1공당 투입시간	0.0757hr
		일당 천공수	118.8공	1조당 일천공수	39.6공
2차	-일 투입인원 6명 -천공수 416공 -일 작업시간 9시간 -작업소요일 2.1일	인당 총천공수	69.3공	1공당 투입인원	0.030인
		시간당 천공수	22.0공	1공당 투입시간	0.0454hr
		일당 천공수	198.1공	1조당 일천공수	66.0공



그림 2. 사전파쇄



그림 3. 기둥 천공

라) 방호

- 1차 발파(9,10,11,12,13동)시 방호는 1차방호와 2차방호, 3차방호를 실시했고 2차 발파(2,3,5,6동)에서는 1차와 2차방호 만을 실시하였다.
- 1차방호는 부직포 2겹과 능형철망 1.5겹으로 기둥을 감싸 주었고 필요에 따라 골함석으로 추가 방호를 하였다.
- 건물외벽 부분은 부직포에 PVC#10 능형철망을 부착하여 1,2층 외부에 설치하였다.

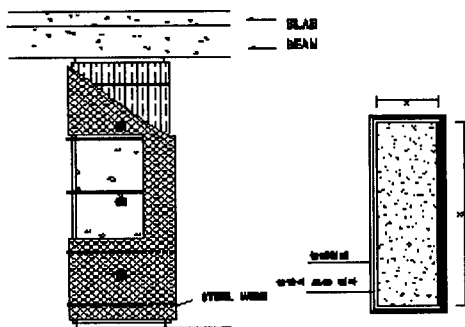


그림 4. 방호개념도

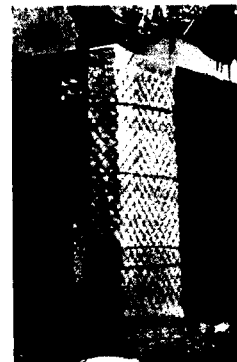


그림 5. 직접방호

■ 2차방호는 1층,2층 부분에 방호를 실시했으며 능형철망에 부직포를 부착하여 건물 외부에 방호를 실시하였으며 2차 발파에서는(2,3동6동 일부) 능형철망을 사용하지 않고 부직포만으로 방호를 실시하였다.

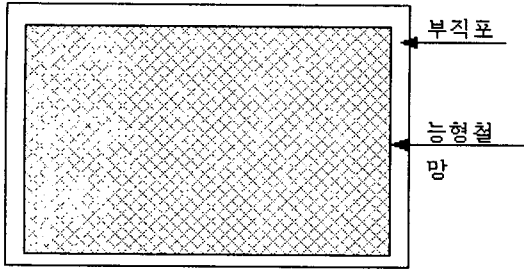


그림 6. 2차방호 개념도

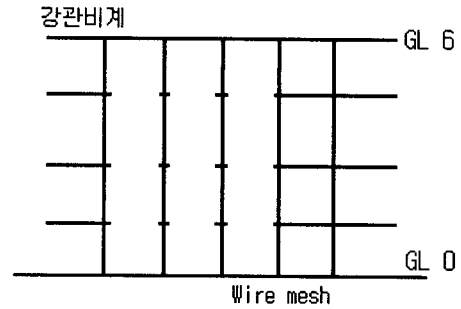


그림 7. 3차방호 개념도

■ 3차방호는 1차발파에만 적용하였으며 기공식 행사 장앞을 9동과10동의 외곽부분에 외줄 강관 비계를 설치하고 Wire mesh (Φ 0.1mm)를 전면에 설치하였다.



그림 8. 6동 1차방호



그림 9. 2차방호

표 8. 방호 현황1

구분	1차방호	2차방호
2동	부직포 2겹 능형철망 2겹(#8아연도금망) 골합석 1장(3.5t)	부직포1겹
3동	부직포 2겹 능형철망 2겹(#8아연도금망) 골합석 1장(3.5t)	부직포1겹
5동	부직포 2겹 능형철망1.5겹(#8아연도금망)	골합석 1겹(창문) 부직포1겹
6동	부직포2겹 능형철망 2겹(#8아연도금망) 골합석 1장(3.5t)	부직포1겹

표 9. 방호 현황 2

구분	1차방호	2차방호	3차방호
9동	부직포 2겹 능형철망 2겹(#8아연망)	PVC 능형망1겹 부직포1겹 골합석 1겹(창문)	6m외줄비계 1mm wire mesh
10동	부직포 2겹 능형철망 2겹(#8아연망) 골합석 1장(3.5t)	PVC 능형망1겹 부직포1겹 골합석 1겹(창문)	6m외줄비계 1mm wire mesh
11동	부직포 2겹 능형철망1.5겹(#10PVC)	골합석 1겹(창문)	
12동	부직포2겹 능형철망 2겹(3.5t) 골합석 1장(3.5t)	PVC 능형망1겹 부직포1겹 골합석 1겹(창문)	
13동	부직포2겹 능형철망1.5겹(#10PVC) 골합석 1장(3.5t)		

마) 장약제원

- 화약은 MegaMITE 25mm을 사용하였고 너관은 HIDE TO LP를 사용하였다. 또한 5개 동의 결선은 동 내부에서는 직렬 결선하였고 아파트간은 병렬 연결하여 최종 직병렬 발파와 4개동을 직렬로 연결하는 발파방법을 사용하였다.
- 또한 기둥크기가 큰 기둥 일부는 Deck Charge를 실시하여 저항선이 짧아 발생하는 문제를 해결 하였다.

표 10. 화약 및 기폭시스템 제원 1

구분	장약량	너관	최종초시	전색제	천공방법	결선방법
2동	6.0kg	MS0 LP4,8,11,13	1.6Sec	모래+점토	수평	직렬결선
3동	6.0kg	LP1,5,10 LP13,15,16	2.5Sec	모래+점토	수평	직렬결선
5동	3.44kg	LP18,20	4.5Sec	모래+점토	수평	직렬결선
6동	3.24kg	LP1,4,15,17	3.0Sec	모래+점토	수평	직렬결선
합계	18.68kg	407 EA				

표 11. 화약 및 기폭시스템 제원 2

구분	장약량	너관	최종초시	전색제	천공방법	결선방법
9동	2.52kg	LP1,3,9 LP14,15,16	2.5Sec	모래+점토	수평	직렬결선
10동	2.36kg	LP10,11,13 LP16,17	3.0Sec	모래+점토	수평	직렬결선
11동	2.16kg	LP18,20	4.5Sec	모래+점토	수평	직렬결선
12동	2.60kg	LP12,13,15 LP17,18	3.5Sec	모래+점토	수평	직렬결선
13동	2.12kg	LP22,24	6.5Sec	모래+점토	수평	직렬결선
합계	11.76kg	294 EA				

2.6 결 과

IMF 이후 재건축 시장이 활성화되고 있는 가운데 성남 하대원동 주공아파트의 발파해체는 중요한 의미를 가진 공사로 진행되었다.

기존 재래식공법의 과열경쟁으로 저층 아파트에서 발파해체공법은 경제성에서 경쟁력이 약화 되었으나 기계식공법과 발파해체공법을 효과적으로 혼용함으로써 보다 효율적인 공사의 방안으로 제시 되었다.

1) 2동, 3동 (점진붕괴공법)

일 방향으로 긴 구조물로서 건물을 약 5등분으로 분할하여 시차를 구성하였다.

발파 2동의 경우는 400ms 간격으로 직선으로 분할하였고 3동의 경우는 500ms 간격으로 사선으로 분할하여 발파 실시하였다.

두 방법 모두 충분한 파쇄 효과를 보여 5층 건물이 약 2층 건물 높이로 붕괴되었으며 기본 구조체가 대부분 Crack이 발생하여 전도공법 보다 파쇄율이 더 좋게 나타났다.

2) 5동, 6동 (전도공법)

건물의 세로 방향이 10m로 낙하하는 높이보다 긴 구조 형상을 보이고 있으며 이에 따라 완전전도 되지 않고 하중에 의해 파쇄 되는 현상을 보였다. 건물이 거동에 따른 사전파쇄 ,초시 차에 의해 파쇄 상황이 다르게 나타났다.



그림 10. 2, 3동 붕괴후



그림 11. 5, 6동 붕괴후

3) 9동,10동,11동,12동,13동 (전도공법)

단변의 길이가 짧아 전도에 따른 Hinge point 구성이 용이하여 계획된 대로 전도되었으나 콘크리트의 파쇄 형상은 5동,6동이 더 좋은 상황을 나타내었다.

구조물이 전도되면서 지면에 충분한 충격을 주지 못하고 건물이 그대로 전도되는 형상을 나타내었다. 즉, 전도에 따른 파쇄부의 높이, 건물의 형상, 지면의 조건등이 파쇄의 정도에 영향을 주는 요인으로 볼 수 있다.

4) 전도된 건물은 전체의 40%정도가 전도 충격에 의해 파쇄되어 후속 2차파쇄를 용이하게 하였다.

5) 건물 붕괴에 따른 진동 및 소음은 1차,2차 발파한 결과 최고 0.11cm/sec를 나타내어 충격 진동에 의한 진동의 발생은 미미한 것으로 나타났다.

표 12. 1차발파 진동 측정 결과

(단위 : cm/sec, dB(L))

구분	계측 거리	지반진동	소음
현장내 #1	50 m	No-T.	No-T.
현장내 #2	60 m	No-T.	No-T.
현장내 #3	70 m	No-T.	No-T.
남서쪽 가옥	105 m	No-T.	No-T.
대하속셈학원	87 m	No-T.	No-T.

표 13. 2차 발파 진동 측정 결과

(단위 : cm/sec, dB(L))

구분	계측 거리	지반진동	소음
현장내 #1	30 m	0.11	-
현장내 #2	40 m	0.06	107.0
현장내 #3	50 m	0.03	113.4
오일뱅크 주유소	47 m	No-T.	No-T.
음식점(쌍용)	47 m	No-T.	No-T.
세류장	10 m	0.46	122

상기의 결과와 같이 2차 파쇄를 제외한 9개동의 발파해체공사는 18일 소요되었으며 동당 공사 기간을 비교시 상당한 효율이 있는 것으로 판단되었다.

각 동별로 크기 및 형상은 각각 다르지만 평균적으로 보면 동당 공사기간은 2일로 볼 수 있다.

따라서 1개동에 대한 해체 기간은 약 3일로 볼 수 있으며 2차 파쇄는 상차 가능한 크기를 기준으로 한 것이다.

전도에 의한 충격에너지로 콘크리트 내부에는 상당한 균열이 발생하였고 이에 2차파쇄는 수월한 작업이 가능 한 것으로 판단되었다.

표 14. 동당 발파해체 작업 기간

공종	소요기간	비고
사전파쇄	0.7일	압쇄기 1대
천공/방호	1일	
장약/발파	0.3일	
2차 파쇄	1일	압쇄기 1대, 버켓1대



그림 12. 5동 붕괴 모습



그림 13. 5동 붕괴후

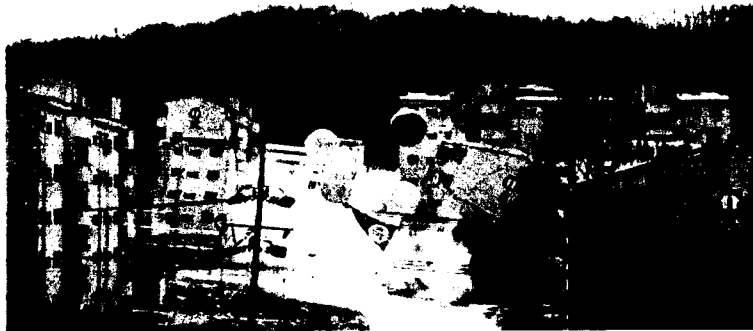


그림 14. 9동 붕괴 모습



그림 15. 붕괴후 모습

3. 화정 지하구조물 발파해체

화정 지하구조물은 당초 백화점용으로 계획되어 지하7층 완공후 일정 기간 방치되어 왔으며 신 축 중 용도 변경으로 오피스텔을 신축하기위해 기존 구조물을 해체하는 공사가 필요로 하였으며 지하부의 안정성 확보를 위하여 보강공법을 병행하여 작업을 실시해야 하므로 장비에 의한 해체가 어려운 상황에서 부재의 발파공법을 적용하는 공법으로 실시하게 되었다.

3.1 공사규모

- 1) 위 치 : 경기도 고양시 덕양구 화정동
- 2) 규 모 : 지하7개층 중 4개층 부분 발파해체.(약14,311m²중 8,000m²)
- 3) 구 조 : RC 라아멘 형식.
- 4) 대 상 : 기둥,보,거더 및 E/V Core

3.2 적용공법

Small blasting - Progressive Collapse(점진붕괴공법)

3.3 해체 대상체 평면도

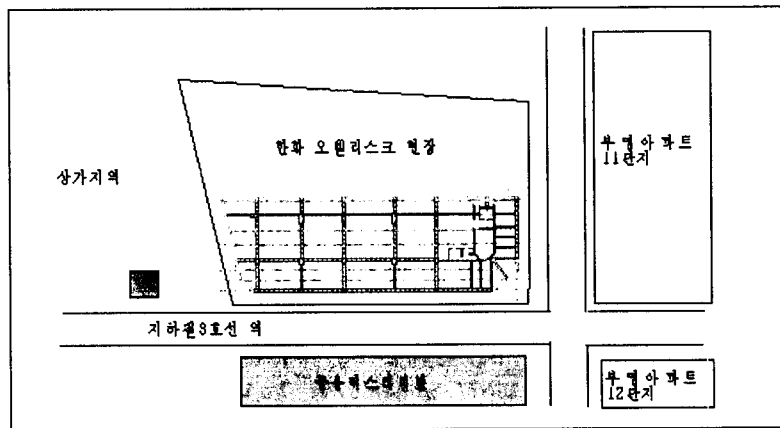


그림 16. 주변현황도



그림 17. 지하 구조물 입체도

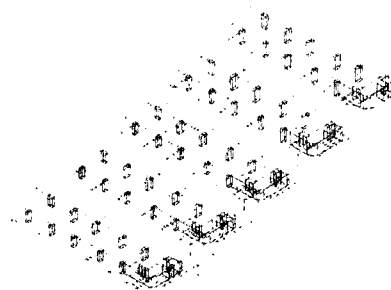


그림 18. 지하구조물 전개도

3.4 공사내용

1) 현황

- 발파는 지하1층 slab의 보와 기둥을 대상으로 실시되었으며 1개층을 4 block으로 분할하여 발파를 실시하였다.
- 대상 구조물의 주변은 터미널, 아파트, 지하주차장, 지하철인 인접한 위치에 있으며 이에 따른 진동 계측을 병행하여 발파를 실시하였다.
- Strut 보강공법으로 인해 지하층에 장비가 이동할 수 있는 공간이 없으며 이에 따라 부분 발파해체공법을 사용하여 기둥과 보를 발파한다.
- 기둥의 크기는 2800mm ■1000mm로 압쇄장비에 의한 파괴가 불가능 하였다.

가) 발파설계

- 부분 발파공법에 따라 발파대상 부재의 선정과 기폭 방법 및 기폭시스템 선정이 우선적으로 설계하였다.
- 건물의 자중에 의한 파쇄 방법이 아니고 화약의 힘으로 콘크리트를 파쇄하는 만큼 적용 화약량 설계를 위하여 시험 발파를 우선적으로 실시하였다.

표 15. 발파 설계 요약

구분	대상범위
사전파쇄	지하철과 인접한 벽체의 보와 슬래브 Saw 절단
방호	직접방호- 부직포와 능형철망을 사용 간접방호- 고무매트 및 방폭슈트를 이용 상부층에서 방호
화약장전	보와 기둥을 대상으로 장전

나) 사전파쇄

- 본 공사의 사전파쇄는 천공을 위한 것이 아니며 진동의 제어를 목적으로 사전 파쇄가 실시 되었다. 인접한 지하철과의 최단 거리는 약 7m이며 이때 보와 기둥의 발파로 인하여 전달되는 진동을 제어하기 위하여 합벽과 보의 연결 부분을 절단한다.
- 사전 절단은 Strut 보강이 완료된 후에 실시하였다.

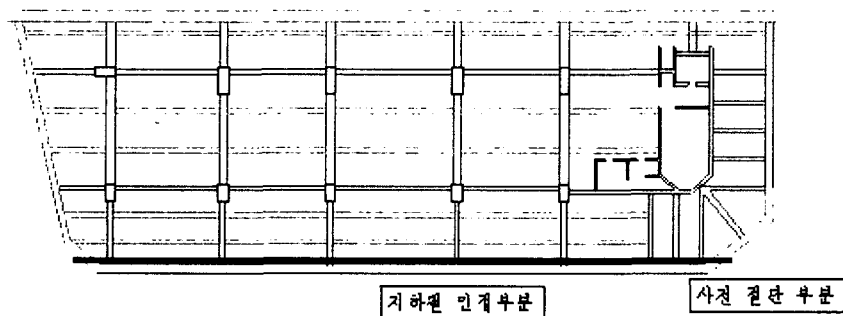


그림 19. 사전 절단 모식도

다) 천공

■ 발파대상인 보와 기둥을 대상으로 천공을 실시하였으며 보의 크기 등을 고려하여 천공 깊이를 각각 달리 하였다.

■ 보의 경우 단변은 700mm이며, 장변은 500mm-1000mm 까지 다양하게 있다.

■ 기둥의 경우 단변은 1000mm이고 장변은 1800mm-2600mm 이다

■ 보의 공간격은 약 600mm간격으로 천공을 실시하였다.

■ 기둥의 경우는 당초 장방향으로 천공을 실시하였으나 철근의 배열에 따라 천공의 어려움이 발생하였고 정밀 천공이 불가능하여 단변으로 천공을 변경 하였다.

■ 또한 보의 경우도 천공의 방향을 Slab상부에서 천공하는 것에서 보 측면에서 천공을 실시하는 것으로 계획을 변경하였다.

■ 4.5m x 20m의 두께 700mm의 측벽은 상부에서 장공 3m 천공을 실시하였다.

표 16. 보 단면별 천공 제원

구분	천공경	공간격	천공장
700mm×500mm	38mm	600mm	300mm
700mm×600mm	38mm	600mm	350mm
700mm×800mm	38mm	600mm	450mm
700mm×1000mm	38mm	600mm	700mm

표 17. 기둥 단면별 제원

구분	천공수	공간격	천공장
1800mm×1000mm	22	700mm	700mm
2100mm×1000mm	24	700mm	700mm
2600mm×1000mm	27	650mm	700mm

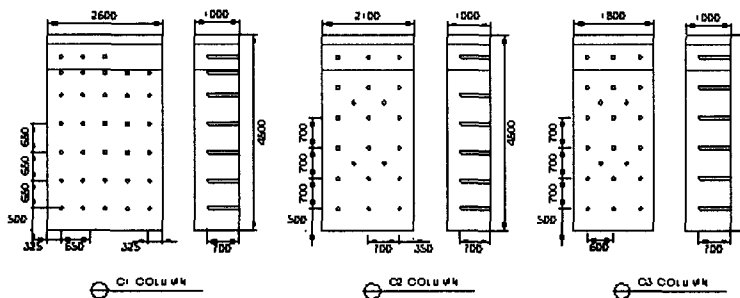


그림 20. 기둥 단면별 천공 배치도

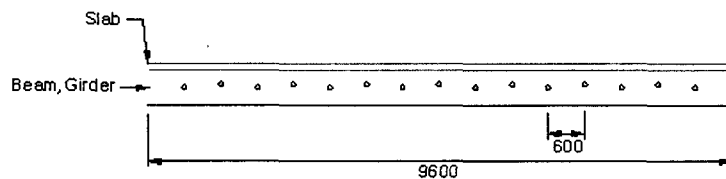


그림 21. 보 천공 상황

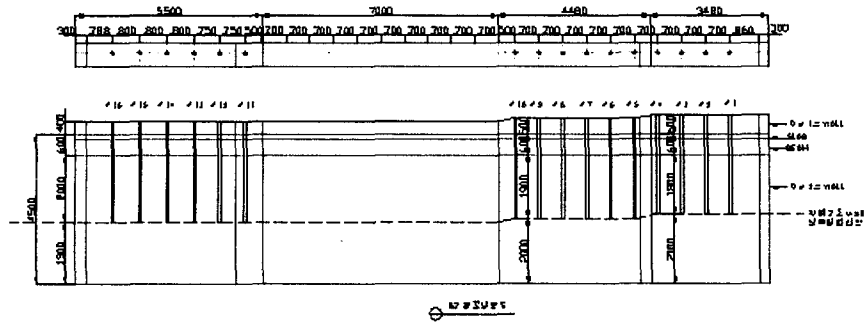


그림 22. 합벽 천공 현황도

라) 방호

발파로 인한 공해를 최소화하기 위해 다양한 방호를 실시하였다. 진동, 소음, 분진등 도심지에서 콘크리트부재 발파에 따라 기둥, 보 및 건물의 외부에도 방호를 실시하고 분진제어를 위해 다량의 살수 장비도 도입하였다.

- 1차 방호 : 능형철망, 부직포, 고무매트를 이용하여 전면에 걸쳐 방호함으로 비석, 소음, 분진 확산 방지.(기둥, 보 상부)
- 2차 방호 : 능형철망과 부직포로 통로를 폐쇄함으로 분진, 소음확산방지.
- 3차 방호 : 발파 대상 구역 전면에 걸쳐 고무매트, Geotextile을 이용하여 소음, 분진등 제어.(발파구역상부 slab)
- 4차 방호 : 방폭쉬트를 이용하여 작업장 1/2구역까지 방호쉬트 이용하여 소음 차단막 형성.(발파구역상부)
- 5차 방호 : 0.1t두께의 비닐을 작업장 1/2구역까지 덮어 분진제어. (발파구역상부)
- 6차 방호 : 발파로 인한 분진 발생을 최대한 억제할 목적으로 발파 전후로 발파 대상구역을 고압살수기(3대)를 이용하여 물을 뿌려줌으로써 분진 발생 및 확산 제어. (고압 살수)



그림 23. slab 매트 방호



그림 24. 분진제어용 방호

마) 장약제원

- 화약은 Megamite 25mm을 사용하였고 뇌관은 HiNEL MS/LP를 사용하였다.
- 보와 기둥은 Deck Charge를 실시하여 천공장에 따라 화약을 분산하였다.

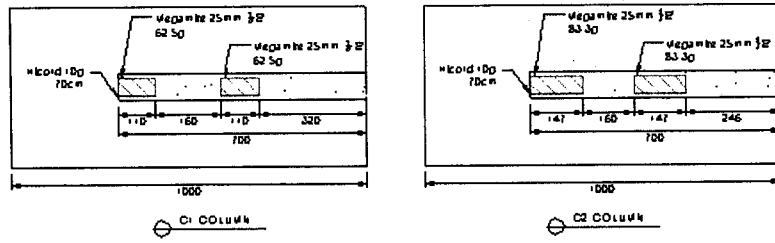


그림 25. 장약 제원도

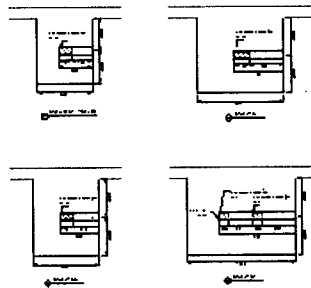


그림 26. 보 제원도

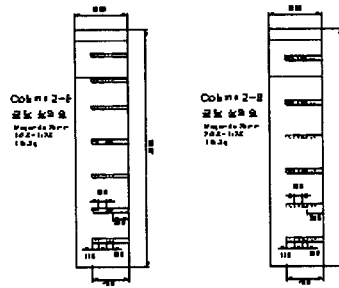


그림 27. 기둥 천공 제원도

표 18. 기둥 천공 및 화약제원

구분	제원	구분	제원
크기	2600mmX 1000mm	평균공당장약량	125g
천공장	700mm	기폭방법	비전기뇌관 기폭
천공경	38mm	결선법	TLD 결선
공간격	700mm	방호방법	능형철망+방폭슈트
최소저항선	400mm	발파공수	96
사용화약	Megamite25mm	총뇌관수	120 발
총화약량	12.5kg		

표 19. 보 천공 및 화약제원

구분	제원	구분	제원
크기	(500mm-1000mm)X 700mm	공당장약량	62.5g-100g
천공장	300-600mm	기폭방법	비전기뇌관 기폭
천공경	38mm	결선법	TLD 결선
공간격	6000mm	방호방법	슬래브상부 방호
최소저항선	300mm	발파공수	306
사용화약	Megamite25mm	총뇌관수	381 발
총화약량	21.562Kg		



그림 28. 기둥장약 모습

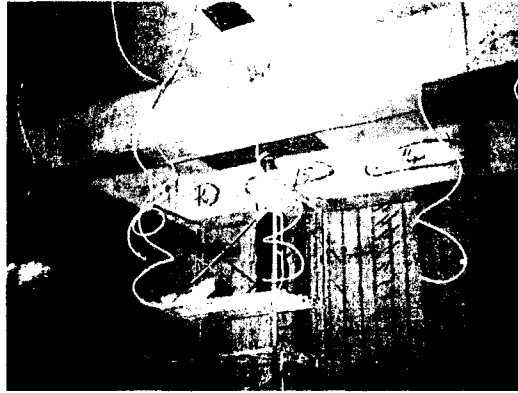


그림 29. 보 장약 모습

3.5 결 과

1) 합벽 발파

합벽의 발파는 천공의 정밀도가 발파후의 상황에 큰 영향을 주었다. 즉 38mm Leg drill을 사용하여 콘크리트를 수직으로 3m 천공한 결과 장약 및 전색시 상당한 어려움이 있었으며 발파 후 결과에 영향을 준 것을 알 수 있었다. 일반적인 암반에서의 천공오차는 $d/1000+0.03 \times H$ 으로 표현하고 있으며 이 경우 천공 오차는 약 12.6cm가 계산된다. 즉 80cm 두께의 콘크리트 벽에서 사방으로 12.6 cm의 천공편차를 예상 할 수 있으나 실제로는 더 많은 천공오차를 나타내고 있다.

- 콘크리트 내부의 골재의 강도에 따라 천공의 방향이 변경된다.
- 천공경이 작고 Rod의 굵기가 작을수록 천공오차는 크게 발생한다.

결론적으로 합벽의 발파는 천공 상황에 따라서 벽체의 양쪽이 일정하게 파쇄 되지 않으며 천공오차에 따라서 일 방향만 파쇄되는 현상을 나타내었다.

2) 기둥 및 보 발파

기둥의 발파는 2회의 시험 발파를 통하여 화약량을 산정하였으며 당초에 장공 천공 계획 에서 단 공천공 패턴으로 변경하였다. 화약의 사용은 약장약 즉, concrete에 균열을 발생시켜 소형장비가 쉽게 파쇄 할 수 있도록 하기위해 Megamite 25mm 125g을 1/2씩 Deck charge를 실시하여 발파를 시행한 결과 충분한 파쇄 효과를 얻을 수 있었다. 또한 보의 발파는 공간격 60cm로 발파를 실시하였고 발파 후의 균열 상태 역시 소형장비로 파쇄 가능하게 발파가 되었다.

공간이 협소하여 중장비에 의한 파쇄가 곤란한 경우 부분 발파공법의 적용이 상당한 효과가 있는 것으로 확인되었다. 그러나 주변이 아파트가 존재하는 상황에서의 도심지 발파는 발파소음의 제어에 상당한 어려움을 겪고 있으며 이또한 도심지 부분 발파해체에서 해결 해야하는 숙제인 것 같다.

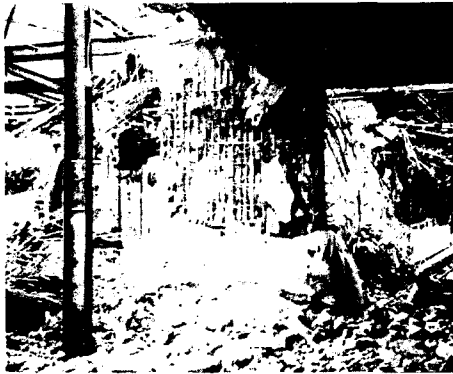


그림 30. 기둥 발파 완료 후



그림 31. 보 발파 완료 후

4. 결론

구조물발파해체는 국내에서 점차적으로 증가할 것으로 예상된다. 5층 아파트뿐만 아니라 중층, 고층 아파트의 해체도 발생 할 것이며 일부는 현재 재건축이 진행되고 있다.

■ 저층 아파트(5층내)의 발파해체공법

- 전도공법을 적용하는 것이 공사비, 공기를 줄일 수 있으며 전도에 따른 충격 진동은 최대 0.11kine으로, 미미한 것으로 나타났다.
- 파쇄도 에서도 점진 붕괴공법이 전도공법보다 우수하게 나타났다.
- 건물전도 시 40%정도가 충격진동으로 콘크리트 내부에 균열이 발생되어 2차 파쇄는 용이한 것으로 나타났다.
- 채래 기계식 철거보다는 공사 기간 내 외부에서 알 수 없어 민원발생 소지가 줄어들었다.

■ 부분 발파해체 공법

- 기계식 압쇄 장비가 작업하기 어려운 건축 구조물을 부분 발파를 시행함으로써 병행공법의 가능성을 제시하였다.
- 도심지에서의 건축물 부재의 부분 발파는 소음이 발생되어 이를 차단하는 방안이 더욱 강구되어야 함을 알 수 있었다.
- 향후 토목구조물(교각, 댐, 지하철, 우물통) 해체 시 발파공법과 기계식 공법의 혼합 적용 가능성을 볼 수 있어 이를 더욱 발전시키면 큰 효과를 볼 수 있다.

발파공법은 일반적인 암발파와 같이 여러 분야의 건설공사에 적용 할 수 있으며 이를 통하여 안전하고 효과적인 건설공사가 시행될 수 있으며 적용 분야의 확대를 통하여 화약의 분야를 발전시킬 수 있는 계기가 되었으면 한다.