

구조물 발파 효율 개선 방안

안명석* · 최영천** · 최원규**

(*안명석기술사사무소 · **상지대학교 자원공학과)

1. 머리말

발파해체공법은 해체공사의 모든 준비 작업이 해체 대상 구조물 내부에서 이루어지고, 짧은 시간에 구조물을 폭파 해체함으로써 공사시간, 공사비용 등의 측면에서 경제적인 뿐 아니라 일반적인 구조물 해체 공법과 비교하여 환경 공해 발생 요인을 최소화할 수 있는 장점을 가지고 있다.

최근 우리 나라에서도 발파 해체 분야가 새로운 산업의 하나로 부각되고 있으며, 특히 1960년대를 전후하여 건축된 아파트, 교량, 공장 등의 각종 콘크리트 구조물은 도심지 재개발 사업, 토지 활용의 극대화, 또는 도시미관 개선 등의 목적으로 철거되어야 할 시점에 이르렀으므로 향후 국내 구조물 발파 해체 수요가 급속히 증가될 것으로 전망되고 있다. 그러나, 국내외적으로 발파 해체에 관한 핵심 기술의 교류가 부족한 실정이므로, 현재 국내에서는 빈약한 연구 경력과 시공 실적으로는 UR 협상 타결 후 국내 건물 해체 시장이 전면 개방될 경우, 월등한 기술력을 보유한 외국 선진기업들에 의하여 국내 시장을 급속히 잠식당할 우려가 높다는 점을 감안하면, 관련 정부 기관, 업계 및 학계의 적극적인 지원과 자체 기술 개발이 시급한 실정이다.

본 글에서는 국내의 구조물 해체 시공 사례 중 기술적으로 검토 가치가 있고 성공적으로 해체 작업이 이루어진 모범 사례와 실패 및 니어미스(near-miss) 사례를 소개하고, 그에 따른 개선 방안 및 시공시 유의 사항과 앞으

로의 연구 과제를 살펴 보았다.

2. 국내 해체 공법 적용 현황

국내의 구조물 발파 해체 기술은 1991년 8월 29일 한국화약(주)가 지상 1층의 육군사관학교 생도 식당과 지상 3층의 시험용 모형 건물에 대하여 발파 해체 시험을 한 것을 필두로 최근까지 2~3개사에서 20여 건의 구조물 발파해체를 성공적으로 수행하여 경험을 축적해 왔다. 그러나, 본격적인 도심지 고층 건물에 대한 발파해체는 1994년 11월 20일 남산 외인아파트 해체와 여의도 구 라이프빌딩 해체로부터라고 볼 수 있다. 따라서 본 글에서는 속초 킹덤호텔 발파해체[1993. 6. 21. 17:00, 한국화약(주)], 쌍용양회(주) 창동공장 시멘트 사일로 발파 해체(1994. 7. 27 카코사, 성도건설), 남산 외인아파트 발파해체[1994. 11. 20. 15:00, 코오롱(주)], 여의도 구 라이프빌딩 발파 해체[1994. 11. 27. 11:00, 대림엔지니어링(주)]의 니어미스 사례 등을 분석하고, 그에 대한 문제점과 개선 방안에 대하여 살펴 보았다.

3. 발파 해체 공법

3.1 발파해체공법의 정의

구조물 발파해체 공법이란 기둥이나 전단면과 같은 구조물의 주요 지지점에 적당량의 화약을 넣고 순간적으로 발파함으로써 지지점을 순간적으로 제거, 구조물의 안정성을 와해시키거나 강성도를 떨어뜨려 구조물 자중에 의

표 1 발파해체 공법의 종류와 특징

공법 종류	특 징
단축붕괴 공법 (Telescoping Method)	-구조물 지지점을 시차를 두고 발파 -구조물이 일정 방향으로 기울면서 붕괴 -구조물 주위에 공간적 여유가 없는 경우 적용 -발파시 구조물 하부의 파쇄물 충격 흡수 작용 -대형 굴뚝 또는 건물에 적용
전도 공법 (Felling Method)	-기술적으로 가장 간단한 공법 -전도 방향으로 충분한 공간 확보 필요 -발판 전에 구조물의 일부 철거 및 취약화(Preweakening) 기능 -도폭선 사용 가능 -굴뚝 또는 유사한 구조물에 적용 -구조물 하부에 췌기형 구멍 필요 -기존의 개구부 유의 -비교적 진동이 심함
내과 공법 (Implosion Method)	-구조물 중심부 부터 발파되어 외벽의 붕괴를 내부로 유도 -구조물 주위 공간 확보가 어려운 경우 적용 -도심지 등 제약된 지역에서 적용
상부붕괴 공법 (Toppling Method)	-전도 공법과 단축붕괴 공법을 혼합한 공법 -일정 방향의 공간이 확보된 경우 적용 용이 -구조물에 기둥이 2~3열 있는 구조물에 적용 -점진적 붕괴 유도 기폭 시스템 설계 필요 -고층 건물에 적용 -고층 건물을 전도시킴으로써 분쇄 효과
점진적 붕괴공법 (Progressive Collapse Method)	-내과 공법과 유사하나 발파가 선형으로 진행 -길이가 긴 구조물 해체에 효율적 공법 -해체 후 파편 제거 작업 용이 -구조물 주위 일정 공간 확보 필요

해 전도 또는 자유 낙하시켜 파쇄물 상호간의 충돌작용을 유도함으로써 짧은 시간에 구조물을 붕괴해체시키는 방법이다.

상부붕괴공법, 내과공법 및 점진적 붕괴공법 등으로 분류할 수 있으며, 공법별 특징은 표 1에서 보는 바와 같다.

3.2 발파해체 공법의 장점

구조물 발파해체 공법은 고층 건물의 해체 시 기계식 철거에 비하여 매우 경제적이고 해체 작업이 순간적으로 진행됨으로 공사 기간이 현저히 단축될 뿐만 아니라 타 공법과 비교하여 작업 안전도가 높은 장점이 있다. 또한, 소음 및 진동 공해 등의 환경 공해 요인을 감소시킬 수 있으며, 발파시 주민에게 순간 파괴에 대한 불거리를 제공하는 효과도 있다.

3.3 발파해체 공법의 종류와 특징

발파 해체 공법은 전도공법, 단축붕괴공법,

4. 국내 발파 해체 공법 시공 사례

4.1 속초 킹덤호텔 발파 해체

(1) 공사 개요

속초 킹덤호텔 발파해체 공사는 한국화약(주)에 의하여 1993년 6월 21일 17:00시에 실시되었으며 구조물의 규모는 연면적 20,013 cm²(6,054 평), 지하 2층, 지상 8층(지상 40m)의 철근콘크리트 라멘조이다. 구조물 주변 환경은 좌측 5m지점에 직경 100mm의 급수 배관이 있고, 우측 80m지점에 골프장 캐디하우스와 후면 100m지점에 골프장 클럽하우스가 위치하고 있다.

(2) 발파해체 공법

Telescoping 공법과 Toppling 공법을 혼합 적용하여 건물의 중심부 부터 붕괴가 시작되어 좌, 우측이 일정한 시차를 두고 연속적인 붕괴가 발생하도록 유도하였으며, 붕괴시 Kick-Back 현상을 배제할 수 있는 붕괴 방향과 충격 하중으로 인한 지반 진동을 감소시킬 수 있는 붕괴 패턴을 적용하였다. 한편, 건물이 붕괴될 때 발생하는 버력이 쌓일 수 있는 충분한 공간을 확보하였다.

(3) 발파제원

천공수는 2,275공이며, 사용된 화약류의 종류 및 수량은 Gelatine Dynamite $\phi 28$ mm (Himite 5000) 173.8 kg, Electric Detonator (DSD #2~#4) 747개 및 Detonating Cord 10 g/m 1,625 m이다. 비장약량(Specific Charge)은 기둥의 경우 $0.4\sim 0.5$ kg/m³, 전단벽의 경우 $1.0\sim 1.5$ kg/m³이다.

(4) 발파결과

발파 진동은 20 m 지점에서 1.329 cm/sec(예상치 1.831 cm/sec) 50 m 지점에서 0.600 cm/sec(예상치 1.158cm/sec), 100 m지점에서 0.400 cm/sec(예상치 0.818 cm/sec)로 예상치보다 훨씬 낮게 나타났다. 폭풍압에 의한 소음 측정치는 50 m지점에서 142 dB, 100 m 지점에서 142 dB, 115지점에서 137 dB로 나타났다. 발파 대상 건물 전면 80 m거리에 위치한 현장 사무소 앞에서 122.7 dB(A)이었다.

비석은 1차(능형철망, 골함석, 방호시트), 2차(파형 철판), 3차(방호막), 4차(방호막)에 의하여 대부분 제어되었으나 약간의 비산이 있었으며, 분진은 발파 후 5분내에 대부분 침강되었고 나머지는 소방차로 본 건물 남서쪽 방향으로 반경 500 m이내 인근 도로에 살수하여 제거하였다. 본 공사는 보안 물건과 충분한 거리를 확보할 수 있었으며, 안전 조치를 완벽하게 취함으로써 성공적인 해체가 실시되었다.

4.2 남산 외인아파트 발파해체

(1) 공사개요

남산 외인아파트 발파해체 공사는 코오롱(주)에 의하여 1994년 9월 12일 부터 11월 20일 까지 순 공사 기간 45일간 진행되었고 구

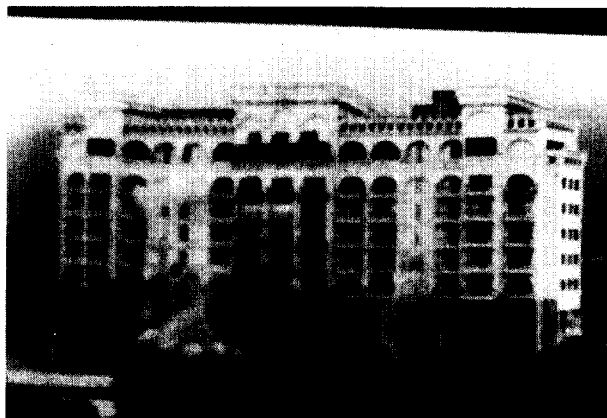


그림 1 속초킹덤호텔 발파해체 전

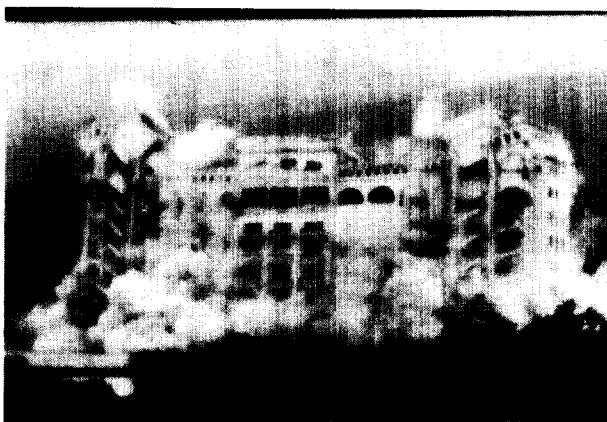


그림 2 속초킹덤호텔 발파해체 후

조물 규모는 연면적 59,598 m²(18,028 평) 16층과 17층 두개의 건물(A, B동)로 기둥은 철근콘트리트 라멘조로 중앙부는 전단 코아벽 구조, 지붕은 콘크리트 슬라브이다. 주변 환경으로는 B동에서 22 m 이격된 곳에 단독주택과 A동에서 북동쪽으로 75 m지점에 남산 1호 터널이 위치하고 있으며, 남쪽으로는 하이아트호텔 등이 위치하고 있다.

(2) 발파해체 공법

본 건물이 높이에 비하여 길이가 긴 구조물이라는 점을 고려하여 붕괴 형태를 건물의 양 날개부에서 중앙부 쪽으로 도미노식 붕괴가 이루어지는 Telescoping과 Progressive Collapse 공법을 복합 적용하였으며, 건물의 저면부에는 각종 시설물이, 후면부로는 남산이 위치하고 있는 지리적 특성을 이용, 후면 쪽으로 약간의 경사를 주어 붕괴시키기로 결정하고, 이에 적합하게 건물의 구역별로 뇌관의 시차를 설정하였다.

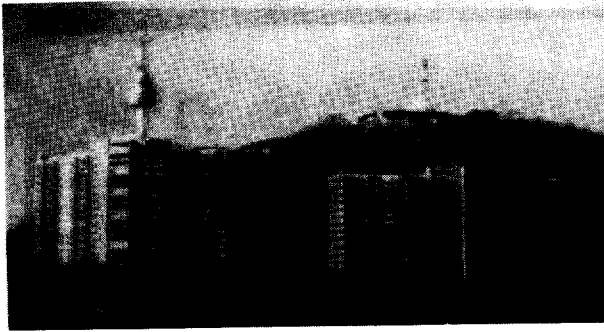


그림 3 남산외인아파트 발파해체 전



그림 4 남산외인아파트 발파해체 중



그림 5 남산외인아파트 발파해체 후

(3) 발파제원

총천공수는 2,279공(천공경 : 41mm(기둥), 30mm(전단벽, 수평천공)이며, 화약류는 Himite 6000(기둥) + Finex(전단벽) 총 357 kg과 HSD 전기뇌관(#0~#13)을 사용하였다.

(4) 발파결과

발파 순간 지연된 카운트다운으로 인하여 발파기의 충전 상태에 이상이 생겨 영상 분석 결과 예절대로 동시에 두 건물이 일시에 붕괴되지는 않았으나, 기술진의 신속한 조치로 해체 작업이 순조로이 이루어졌다. 한편, 해체 대상건물에서 22m이격되어 있는 단독 주택에

서 측정된 진동은 0.41cm/sec, 소음은 139 dB로서 양호한 수치를 나타냈으며, 1차와 2차 방호에 의하여 비석 및 폭풍압도 완전히 제어되었다.

4.3 여의도 구 라이프빌딩 발파해체

(1) 공사개요

구 라이프빌딩 발파해체공사는 대림엔지니어링(주)에 의하여 1994년 7월 28일 부터 11월 27일 까지 순공사 기간 40일간 진행 되었으며, 구조물 규모는 연면적 약 36,363m² (11,000평)의 지하 3층, 지상 17층으로 철근 콘크리트 모멘트 연성 골조에 전단벽을 추가한 이중 골조방식이다. 주변 환경은 발파해체 대상건물을 기준으로 하여 북동 쪽으로 약 10m)에 라이프 오피스텔과 북서쪽 약 10m 지점 (지하부 약 4.5m)에 신축 건물인 라이프 콤플렉스 빌딩이 위치하고 있으며, 전면에는 여의도 순환도로와 올림픽대로 여의도 상류 교차로가 위치하고 있어 고층건물과 통행량이 많은 지역이다.

(2) 발파해체 공법

폭파시 주변 구조물에 대한 충격하중과 폭풍압의 영향을 최소화 할 수 있는 붕괴 패턴이 이루어지도록 Telescoping과 Progressive Collapse 공법을 혼합 적용하였으며, 지반과 접하고 있는 지상층의 부재에 대하여는 발파를 배제하여 발파진동의 전파경로를 차단하는 한편, 지하 3층의 발파를 배제하여 건물 붕괴시 충격진동에 대한 충격 완충작용이 이루어지도록 하였다.

(3) 발파제원

천공 방식은 기둥에 $\phi 38$ mm로 상부는 30°로 상향 천공, 하부는 30~45° 하향 천공하였으며, 전단벽은 $\phi 28$ mm로 천공하였다. 화약의 종류 및 수량은 Gelatine Dynamite ST 80 $\phi 32$ mm(Himite 6,000) 355.1 kg, Detonating Cord 40 g/m 2,660 m, Non-electric Detonator (NONEL)GT/T(#2, 5, 10, 14, 18) 2,400개가 사용되었다.

(4) 발파결과

발파 진동과 소음은 16 m 지점에서 각각 1.24 cm/sec, 139 dB을 기록하였으며, 1차 방호 (골합석 T 6 mm)와 2차 방호의 이중 방호를 실시하였으나, 10여 m이내에 인접한

고층 건물에 대한 비산, 분진 및 폭풍압에 의한 영향(피해)을 완전히 제어하지는 못하였다.

4.4 서울 창동 시멘트사일로 발파 해체

(1) 공사개요

쌍용양회(주) 창동공장 시멘트 사일로 발파 해체 공사는 카코사와 성도건설에 의하여 1994년 7월 27일 실시되었으며, 구조물의 형식은 천정부 방사형 철골 트러스, 철근 콘크리트 슬라브 (2기 사이 연결 슬라브), 벽체부 철근 콘크리트 벽식, 바닥 및 저부 철근 콘크리트 벽식(일부 2중벽) 및 기초부는 철근 콘크리트 원형 기초이다. 한편, 그 규모는 외직경 17.8 m, 벽두께 0.4 m, 높이 지상 50 m 이고 사일로 수는 2기이며, 중량은 기당 약 2,500 tf이다.

(2) 발파해체 공법

옥상의 연결 슬라브 중간을 절단한 후, 벽체부 양측면 (지상 5.7 m 이상 부분)을 기계로 사전 취약화하여 잔류벽을 전방부와 후방부로 분리하였으며, 전방부 벽을 다열 발파하여 전체를 전도시키고 전도 방향을 정확히 유지하기 위하여 후방부의 벽을 약 0.2초 늦게 횡 1열로 지연 발파하였다. 또한, 전도 방향은 부지 조건을 고려하여 2기의 사일로가 중복되지 않는 범위 내에서 사면 방향으로 실시하였다.

(3) 발파제원

총 천공수는 1,560공 ($\phi 38$ mm, 내벽면에서 외측으로 수평 천공)이며, 사용된 화약의 종류 및 수량은 Gelatine Dynamite $\phi 25$ mm (Himite 6000) 159 kg, Detonating Cord 50 g/ft 1,500 m 및 Electric Detonator (MSD# 0#9)90개이다.

(4) 발파 결과

발파 계획에 의하여 발파를 실시하여 초기 단계에서는 예측한 대로 경사가 진행되었으나, 그 각도가 약 5~10° 정도에 그쳐 silo가 전도되지 않고 실패하였다. 즉, 지지를 해주어야 할 후방부의 벽이 뒤로 미끄러지면서 전도 운동이 도중에 중단되었다. 그 결과 silo 전체가 약 10 m 낙하하다가 거의 수직으로 서 있는 상태로 정지하였다. 또한 발파가 지면에서부터 5.7 m 상부에서 시행하였기 때문

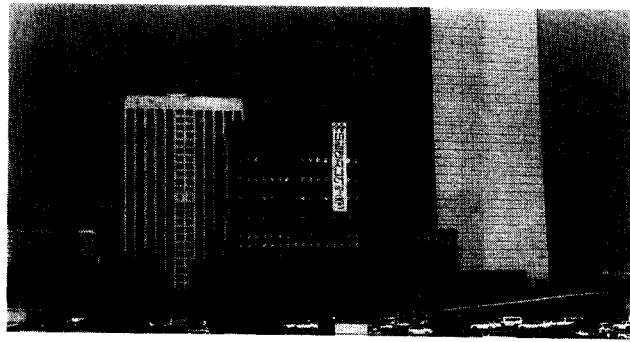


그림 6 구 라이프빌딩 발파해체 전

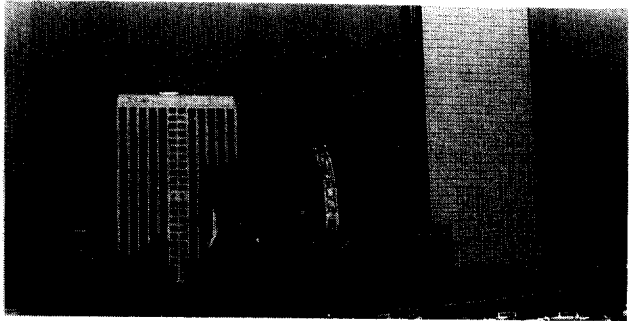


그림 7 구 라이프빌딩 발파해체 중

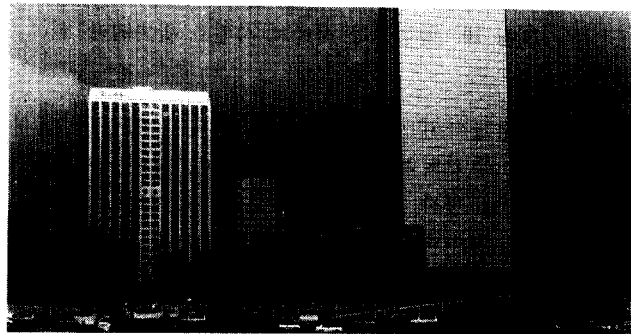


그림 8 구 라이프빌딩 발파해체 후

에 후방부의 벽이 지상까지 낙하하는 이른바 Kick-Back 현상이 발생하므로서 결국 예정대로의 전도가 이루어지지 않았다.

(5) 실패 원인 고찰

전도 지지점으로서의 역할을 해야 할 후방부의 벽을 횡 1열로 약 0.2초의 지연시차를 두고 발파하였으나, 구조물이 완전한 전도를 위하여 필요한 경사 각도 약 5~10°를 형성하기 전에 후방부의 벽이 후방으로 미끄러지며 지상까지 낙하하는 Kick-Back 현상이 발생하였다. 이것은 원형벽체내 잔존 철근의 전부가 동시에 저항력을 갖지 못하고 각 개소의 변형 순서에 의하여 각각 판단이 일어나므로써 철

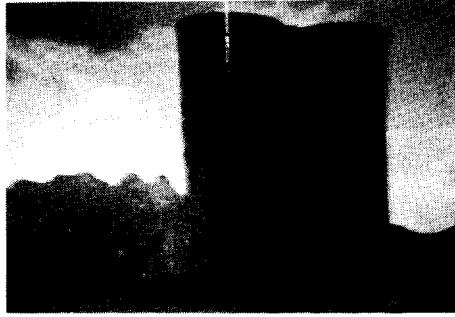


그림 9 창동공장 시멘트 사일로 발파해체 전

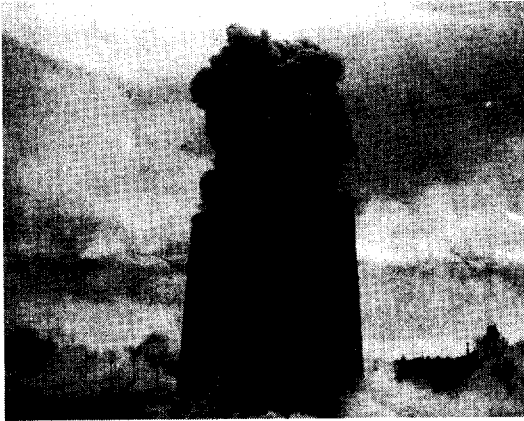


그림 10 창동공장 시멘트 사일로 발파해체 후

근 저항력의 이론적 계산에 오류가 있었던 것으로 추정되며, 결국 구조물이 전도에 필요한 충분한 경사 각도를 얻기 전에 지지점이 저항력을 잃어버려 전도 운동이 도중에 중단되어 해체 작업은 실패하였다.

5. 국내 발파해체의 시공 사례 분석

5.1 모범시공사례와 니어미스 사례

우리 나라에서 처음으로 실시한 발파 해체는 비공개로 실시된 1991년 8월 29일의 육군사관학교 생도식당 건물발파이며, 이후 1992년 6월 1일 부산에서 공개적으로 시행된 보수동 애린유스호스텔 건물발파를 비롯하여 현재까지 20여회 정도의 국내단독기술 및 외국합작기술로 건물해체발파가 진행되어 왔다. 1994년 11월 20일 남산 외인아파트 건물 해체 발파 및 구 조선총독부 건물 발파해체 검토 논란 등으로 인하여 국민적 관심을 끌었으나, 여의도 라이프빌딩과 쌍용 창동공장의 시멘트 사일로 해체발파를 시점으로 공법 개발과 적

용에 더욱 신중한 검토가 요구되기 시작하였다. 따라서, 구조물 발파 해체에 대한 많은 국민적 관심과 이해 및 기술 개발로 얻은 노하우(Know-How)를 정리, 축적된다면 이 분야에 대한 전망은 더욱 밝다. 표 2는 국내 발파 해체 시공 사례와 시공상의 문제점을 분석한 것이다.

5.2 발파 해체 시공상의 문제점 개선 방안

표 2에서 분석된 바와 같이 국내에서 시공된 공사별 문제점에 대한 개선 방안을 사회환경 제도적, 기술적 및 환경 공해적 측면으로 구분하여 제시하면 표 3과 같다.

6. 구조물 발파해체에 따른 개선방안

6.1 공사 시행상의 문제

(1) 허가취득

허가 관청 등의 관련 행정관서에서는 안전상의 문제나 민원 발생 가능성 등의 이유로 인하여 발파 해체에 대한 허가 및 관련 행정에 관하여 매우 과민한 반응을 보이고 있는 실정이다. 따라서, 시행자는 안전 제일의 원칙을 철저히 준수해야 할 것이며, 정책 입안자는 화약류 단속법규 혹은 환경 관련법규를 통폐합 정비하여 행정 간소화 조치가 요망된다.

(2) 민원처리

구조물 발파해체작업에 관하여 발파대상 지역의 주민들은 대부분 거부 반응을 나타내고 있다. 따라서, 발파 해체 공법은 재래식 철거법에 비하여 단시간에 보다 적은 비용으로 더욱 안전하게 철거할 수 있는 첨단 발파 기술이라는 점을 이해, 설득시키고, 마스크의 적극적인 활용으로 지역 이기주의의 현상을 극복하는 등의 노력이 필요하다.

(3) 기술 수준

화약산업에서는 최첨단 기술인 구조물 발파해체공법은 시공경험이 부족한 가운데 기술 정착을 위하여 노력하는 전문 기술자들이 자체 기술 개발에 많은 노력을 해오고 있으나, 아직도 기술 수준 향상에 대하여 많은 연구가 필요한 실정이다. 따라서, 기술 개발 뿐만 아니라 안전 시공에 초점을 맞추어 연구가 진행되어야 할 것이다. 특히, 구조 역학적 해석

방법과 붕괴 거동에 대한 Simulation 기법에 대한 연구가 산·학·연 합동으로 이루어져야 할 것이며, 성형폭약 등의 특수 폭약 개발에

도 많은 연구가 필요하다.

(4) 보험제도

우리 나라의 경우 대부분의 건설업체들이

표 2 국내 발파해체 시공사례와 시공상의 문제점

구조물	개 요	문 제 점
속초킹덤 호텔	-국산 폭약, 도폭선 및 뇌관 사용 -Kick-Back 현상 억제 기술 적용	-도폭선 사용으로 소음 발생 -콘크리트 폐기물 처리 문제
외인아파트	-국산 폭약 및 HSD 전기뇌관 사용 -국내 최고층 발파 해체 시공	-발파기 충전상태 점검 미비 -카운트다운 신호 불일치
라이프빌딩	-국산 폭약, 도폭선 및 뇌관 사용	-소음, 진동, 비산 감소 대책 미비
창동 시멘트 사일로	-국산 폭약, 도폭선 및 뇌관 사용 -외국 기술 합작 발파	-Kick-Back 현상 발생 -수평 이동 구조 계산 오류 -작업자 숙련도 부족
애린 유스 호스텔	-국내 최초 공개 발파 -최초로 비전기식 뇌관 혼용	-육상 수조를 완전 해체 실패 -분진 발생량 예상 초과
구면허 시험장	-GD와 DS 뇌관만 사용 -발파 진동 0.018~0.11 cm/sec -발파 진동 및 비석 방지 완벽	-소음 88~130 dB로 다소 높음
3층 RC구조물	-실험용으로 철골 구조물을 자체 신축함. -순수 국내 발파 기술 적용	-구조물의 강도를 낮게 예측 -완전한 전도 및 해체가 안됨
굴뚝 및 고가 구조	-국내 최초 외국 기술 합작 시공 -국산 폭약 및 뇌관 사용	-전도 방향 예측 미숙 -도폭선 사용으로 소음 발생
노후 철교	-국산 폭약, 도폭선 및 뇌관 사용 -국내 발파 기술 적용	-일반 폭약 사용으로 철재빔 절단 실패 (성형폭약 개발·시판 필요함.)

표 3 니어미스의 원인분석 및 향후 개선 과제

니어미스 원인	향후 개선 과제
사회 환경 제도 측면에서의 분석	
-건물 발파 기술에 대한 외국 기술 의존 -제품의 성능 검정 시험 미비 -숙련공 확보 문제 -Kick-Back 현상 발생	-국내 기술 개발 투자 및 축적 -국가 공인 폭약 실험 기관 및 기구 설립 -기능공 및 기술자 양성 정부 지원 -산·학·연 적극적인 연구 참여
기술적인 측면에서의 분석	
-구조물 강도, 구조 역학적 해석에 관한 파괴 공학적 이론 고찰 미비 -분진, 비산, 소음으로 인한 피해 대책 미비 -카운트다운 지연 -발파기 충전 상태 점검 미비 -비상시 대처 방안 미비	-구조 역학적 해석 및 Simulation 기법 연구 -피해 방지 대책 수립 -저공해 특수 화약류 개발 -신호 체계 개선으로 카운트다운 일치 -발파기 용량 및 충전 상태 확인 -비상시 대체 요령 숙지 및 훈련
환경 공해적인 측면에서의 분석	
-시공 허가 관련 행정 절차의 복잡 -발파 폐기물 등의 처리 문제	-관련 법규의 통폐합으로 허가 업무 일원화 -발파 폐기물 재활용 방안 연구, 개발 지원

해체 공사를 진행하면서 보험 가입을 기피하는 경향이 있다. 따라서, 대형사고 발생시 피해보상 문제가 야기될 수 있으며, 복구, 공사시 경제적인 문제를 수반하게 된다. 구조물 발파해체공사의 경우 사고 발생률은 매우 낮은 편이나, 사고 발생시 큰 피해가 예상되므로 보험 가입을 의무화하는 제도상의 개선이 필요하다. 또한, 합리적인 보험제도의 확립과 동시에 가입 필요성에 대한 제도가 절실히 필요한 시점이라 하겠다.

6.2 시공 기술의 제고

해체대상 구조물의 규모와 구조 형식에 대한 역학적 해석과 이에 따른 구조물의 안정성을 유지하고 있는 주요 지지점을 파악하고 붕괴 과정에서 발생하는 거동 상황을 예측하여 붕괴 유도 방법을 선정하여야 한다. 또한, 해체 작업시 구조물이 계획상의 낙하선으로 붕괴되지 않는 경우(붕괴점을 구성하고 있는 자재의 부등 붕괴 또는 콘크리트 굴뚝의 경우 철근의 부등 붕괴 등의 원인으로 발생)와 Kick-Back 현상 등이 발생하지 않도록 적절한 사전 대책을 마련하여야 한다. 발파 효율을 향상시키기 위하여 발파 구조물의 파괴에 적절한 폭약의 종류, 폭약량, 뇌관의 종류, 천공 깊이, 천공 방향, 천공수 등을 결정하여야 하며, 필요에 따라 구조물의 용이한 붕괴 유도를 위하여 적절한 사전 취약화 작업을 실시한다.

구조물의 규모 등에 따라 붕괴시 지반에 전달되는 충격에너지의 양을 예측하고, 예측 결과에 따라 적절한 발파 Block을 결정하고 발파로 인한 주변 환경 영향 평가를 실시하여 비석, 분진, 진동 및 폭풍압 등의 영향을 최소화할 수 있는 발파 공법을 적용하고 적절한 방호 대책을 수립하여야 한다.

6.3 환경공해상의 문제

(1) 소음공해

구조물의 발파해체 작업시 발생하는 착암기 소음은 보통 120dB 정도이나 작업의 대부분이 건물 내부에서 실시되므로써 작업자에 대한 안전 조치 즉, 귀마개 착용, 작업시간 조정 등의 조치를 철저히 이행할 때 청력장애, 이명, 난청 등의 작업장내 소음공해에 대한

피해를 방지할 수 있다. 주변에 대한 환경공해문제는 작업 시간의 조정, 방음막(벽)설치, 주민을 위한 설명회 개최 등으로 주민의 이해도를 높이는 등의 조치를 취하므로써 발생하는 소음을 줄이고 협조를 얻을 때 작업을 원활히 수행할 수 있을 것이다. 해체 발파시에 발생하는 소음은 폭발 소음과 건물이 무너지면서 발생하는 파괴 소음으로 구분할 수 있으며, 보통 수회의 충격음이 수초 사이에 발생하므로 사용 화약의 선정 및 설계와 시공의 정확성(완전 전색), 완벽한 방호조치, 주민에 대한 사전 홍보 및 발파시 주민들이 직접 관람케 함으로써 체감 소음을 줄이는 등의 보완조치가 필요하다 하겠다. 또한 방음재의 개선, 소음 방지막 설치 등을 통한 방음대책 보완, 도폭선 사용기술, 성형폭약 개발 등 특수 화약류 개발 사용 등의 기술 개선에 연구가 필요하다.

(2) 진동공해

발파 작업으로 발생하는 진동은 주변 구조물 및 시설에 미치는 재산상, 안전상의 영향이 소음에 비하여 크다. 구조물의 발파해체 작업시에 발생하는 폭약의 폭발 진동은 MSD 뇌관 및 비전기식 뇌관을 사용하므로써 진동을 여러 Block으로 분할, 발파를 실시하여 낙하 에너지를 줄임으로써 진동을 현저히 감소시킬 수 있다. 또한, 발파시 건물이 파쇄되면서 전도될 때 발생하는 충격 진동은 고층 건물이나 굴뚝의 경우 특히 중점관리 대상이 되며, 충격 진동은 전도 지점에 미리 파쇄한 폐자재(버럭 또는 페타이어) 또는 흙 등의 완충물을 이용하거나 인위적인 방호구를 구축하여 진동을 제어할 수 있다.

(3) 비석공해

구조물의 발파해체 작업시에 발생하는 비석은 1차와 2차 및 3차 방호막을 설치할 때 이로 인한 피해를 방지할 수 있다. 그리고 장전공당 폭약 사용량을 약 200g이하로 분할하여 사용하므로써 비석 공해를 감소시킬 수 있다.

(4) 분진공해

구조물의 발파해체작업으로 발생하는 먼지는 주로 콘크리트 파쇄로 인한 석영질 입자이므로 자체 무게에 의하여 발파후 수 분내에 자연 낙하되므로 분진 확산으로 인한 문제는

비교적 심각하지 않다. 그러나, 건물의 내장재 등에 포함되어 있는 인체에 유해한 유리섬유, 석면 등으로 인한 피해가 발생할 가능성이 있으므로 내장재 철거 작업 등이 선행되어야 한다. 분진은 날씨가 홀리거나 공기중의 습도가 높을 때는 분진의 자연 낙하 속도가 빠르므로 가능하면 흐린 날이나 비온 전후 혹은 인위적인 살수(소방차)를 실시한다면 분진 공해에 대한 우려는 감소될 것이며, 완료 후 안전 점검시에 주변 분진 피해를 확인하여 살수, 청소 등의 조치를 취하여야 할 것이다.

7. 맺음말

구조물 발파해체 공법은 노후 구조물의 철거, 아파트 재개발 등 대단위 노후 고층 건물 철거시에 매우 경제적이고 과학적인 해결 방법이며, 재래식 철거 방법으로 철거시에 우려되는 안전 사고 및 환경 공해에 대한 피해를 감소시키는 가장 효과적이고 적절한 방법이다. 그러나, 국내 발파 기술 적용 현황은 시공 경력이 짧고 기술 개발의 미진으로 외국 기술 잠식이 예상되고 있으나, 현재까지 각사의 경험과 발파해체 대상 건물에 대한 구조 해석 기술 개발 등을 통하여 국내 화약 및 발파 기술로 설계와 시공이 가능할 것으로 판단된다. 이를 위하여 현재까지 국내에서 실시된 발파 시공에 대한 향후 개선 방안을 요약하면 다음과 같다.

(1) 관계 법규의 정비 및 통합 등으로 허가 업무를 일원화하여 업무 추진의 효율성을 도모할 수 있는 방안이 필요하다. 또한, 발파에 대한 지역 주민의 불안 심리를 해소하기 위한 홍보와 관련 당국과 국민들의 이해 증진을 위한 노력이 필요하며, 만약의 사고를 대비한 보험 제도 적용 방안이 강구되어야 할 것이다.

(2) 해체 대상 구조물의 역학적 해석 방법과 붕괴 거동에 대한 Simulation 기법에 대한 연구, 개발이 요구된다. 이를 위하여 산·학·연 공동 연구체제를 구축하여 pilot 모형 건물을 이용한 발파시험 체계 확립 등을 통하여 know-how를 축적 하므로써 국내 기술을 향상시킬 수 있을 것이다. 또한, 철골 구조물 해체 물량 증가에 대비한 철근 절단, 소음,

비석 발생 억제를 위한 성형 폭약 등의 특수 화약류 개발과 방음, 방호막 개발에 대한 연구도 병행되어야 할 것으로 판단되며, 해체 폐기물의 효율적인 활용 방안에 대한 연구도 필요할 것으로 생각된다.

(3) 기술 향상 및 안전 사고 방지를 위하여 전문 기능공과 기술자 양성을 위한 전문 교육 기관 및 기술 지원 기관의 설립, 운영이 필요하며, 발파 전문가로 구성된 자문 기구를 설립하여 안전 발파 계획 수립 및 감리 체제를 확립하고 시공중 발생한 니어 미스(near-miss) 사례 등에 대한 연구를 수행하게 하는 등의 노력이 필요하다고 생각된다.

●용어해석●

Near Miss 사례

-사고의 발생 가능성이 있었으나, 상해 사고가 발생되지 않은 사례(무상해 사고)로서 재발될 경우 피해가 예상되는 사전으로 아차 사고 혹은 near accident 현상이라고도 함.

Kick-Back 현상

-일반적인 물리 현상의 하나로서 수직으로 선 물체가 자유 낙하할 때 물체의 상부가 수직 낙하함과 동시에 물체의 하부가 뒤로 빠지는 현상 즉, 물체의 하부가 수평 이동하는 현상이다. 즉, 고정된 물체가 자유 낙하하여 전도되면서 물체 상, 하부의 중심점이 변화하면서 물체 상부가 앞쪽으로 쏠리는 힘에 의해 물체 하부가 뒤쪽으로 수평 이동하는 현상.

참고 문헌

- (1) 강영철, 1996, 화약에 의한 콘크리트 구조물의 해체 공법 및 특성, 한국콘크리트학회지, 제8권, 제3호, pp. 29~39.
- (2) 이화창, 1996, 건설현장에서의 제어 발파 설계에 관한 고찰, 대한화약기술학회지, 제14권, 제1호, pp. 49~63.
- (3) 대한주택공사연구소, 1996, 구조물 해체 공법에 관한 연구, pp. 124~204.
- (4) 성도건설산업(주) 기술개발부, 1992, 건축물 해체기술(공법, 안전관리, 적산), pp. 60~83.
- (5) 김태훈, 1996, 해체 공사의 안전관리 및 공해 대책, 한국콘크리트학회지, 제8권, 제

- 3호, pp. 41~60.
- (6) 안명석, 1988, Pyrotechnics 産業의 發展 方向, 대한화약기술학회지, 제6권, 제2호, pp. 19~32.
- (7) 안명석, 1994, 構造物 爆破公法施工時 發 破公害 安全對策, 대한토목학회지, 제42권, 제1호, pp. 39~56.
- (8) 한국자원공학회, 최신엔지니어링 발파특 별심포지엄(발파해체 시공사례발표), 제64 회 연구발표회, pp. 238~294.
- (9) 윤지선, "발파기술," 구미서관, 1992, pp. 160~177.
- (10) 최영천, 1995, 구 라이프 빌딩 발파해체 공법에 관한 고찰, 자연과학 논총 제9집, 상지대학교 자연과학연구소, pp. 15~23.
- (11) 양형식, 1992, "발파진동학," 서울대학 교 출판부, pp. 101~117.
- (12) 김재극, 1986, 산업화약과 발파공학, 서 울대학교 출판부, pp. 361~401.
- (13) 허 진, 1981, "신화약 발파학," 기전연 구사, pp. 253~269.
- (14) 김정진, 1993, "신 발파핸드북," 원기 술, pp. 443~479.
- (15) Per-Anders Persson, Roger Holmberg, and Jaimin Lee, 1993, "Rock Blasting and Explosives Engineering," CRC Press, pp. 371~383.
- (16) Stig O. Olofsson, 1990, "Applied Explosive Technology for Construction and Mining," Nora Boktryckeri AB, pp. 200~217.
- (17) Rune Gustafsson, 1973, "Swedish Blast- ing Technique," Nora Boktryckeri AB, pp. 275~284.