

RC구조물 발파해체공법 연구

A Study on the Method of Blasting Demolition of Reinforced Concrete Structures

최 영천

Young-Cheon Choi

상지대학교 자원공학과

Abstract

Reconstruction and redevelopment of old and dilapidated apartment and housing have been increasing to provide more housing accommodation and to secure the safety of building structures since the middle of 1990's. Since, however, little researches on the demolition technique have been made, conventional mechanical demolition method were applied to the most of works that resulted in flooding in small demolition companies.

Problems associated with mechanical demolition method are increase not only in working days and costs, but also in public claims, particularly for high-rise building structures.

This is to contribute the demolition industries by providing the concept, standards, and technique of demolition engineering while maximizing working efficiency and minimizing public claims.

Keywords : blasting demolition, RC structure, working efficiency, public claim

1. 서 론

90년대 중반부터 부족한 주택공급률을 증가시키고 안전을 감안하여 노후화된 아파트 단지를 대상으로 한 재건축 사업이 활발하게 진행되고 있으며, 슬럼화 되어 가는 노후 도심지에 대한 재개발 사업이 본격적으로 이루어지고 있다. 현재의 이런 추세를 고려해 볼 때 우리나라에서는 막대한 해체대상물이 쏟아질 것으로 예상되며, 지금의 중·저층 아파트에서 10년 내에는 노후 고층아파트까지 향후 수십

년간은 해체대상물이 기하급수적으로 증가할 것으로 예상된다. 그러나 국내에서는 이러한 해체공사의 역사가 일천하므로 막대한 증가 양상을 보이는 해체공법에 관하여 개념정립 및 연구개발이 미흡한 상태이며, 또한 90년 초반을 기점으로 중소 해체업체들이 난립하여 실적에만 치중하고 있는 실정이다.

또한 이러한 해체공사 수행 시에는 어떠한 공법을 적용하더라도 인근 주민의 소음, 진동, 분진 및 재건축에 따른 일조권시비 등의 생활 불편사항들에 대한

민원발생은 필연적이라고 볼 수 있다.

현재 해체공사의 대부분을 수행하는 기계식해체 공법은 저층구조물의 경우 위의 민원에 대하여 적절히 대응할 수 있지만, 대규모, 중·저층아파트 이상의 구조물에 대해서는 공사기간의 증가에 따른 민원발생 요인이 그만큼 증가하게 되어 공사기간 지연, 공사비 상승 등의 원가상승의 요인이 발생하고 있다.

따라서 일률적인 기계식해체 공법에서 탈피하여 민원발생 요인을 단기간으로 제어하고, 최소화시켜 해체산업을 좀 더 발전시키기 위해서 발파해체 공법의 도입과 발파해체 공사에 수반되는 각종 공법, 관련 기준의 설정 및 이해가 필요하다.

2. 발파해체공법의 기본 원리

발파해체공법은 해체대상 구조물의 주요 지지구조부재인 기둥이나 내력벽과 같은 구조재를 화약의 폭발력을 이용하여 파괴함으로써 구조물의 안정성과 강성을 저하시켜 불안정한 상태를 형성하고, 구조물 자체의 위치에너지를 자중에 의해 붕괴시킬 때 발생하는 운동에너지로 전환시켜 파쇄물 상호간의 충돌작용으로 유도함으로써 짧은 시간 내에 구조물이 붕괴되도록 유도하는 공법이다. 재료적인 측면에서 철근콘크리트 구조는 강성과 연성이 좋고, 동작거동에 있어서 하중 재분배가 비교적 좋지만 중량이 크기 때문에 외적 또는 내적 불안정요소에 의해 쉽게 변형되고 취성파괴의 특성을 가지고 있다. 특히, 국부적인 불안정성에 대단히 취약하여 구조물의 일부가 붕괴되었을 경우 하중 및 모멘트의 재분배 과정을 거치면서 내력이 작은 곳부터 파괴되기 시작하여 연쇄적으로

인접부재가 파괴되는 도미노 현상을 초래하여 구조물 전체가 짧은 시간에 붕괴된다. 따라서 콘크리트 구조물의 이러한 특성과 화약의 순간적 파괴력을 응용하여 발파에 의해 구조물을 붕괴 해체시킬 수 있다. 발파에 의한 해체시간은 주로 5~15초 이내에 매우 짧기 때문에 주민 불편을 최소화하기에 적합한 공법이다. 이외에도 타 공법에 비해 소음, 진동, 분진 등으로 인한 환경공해의 발생시간이 순간적인 것도 환경적인 측면에서 유리한 점이다.

3. 발파해체공법의 종류

발파해체공법은 구조물의 종류 및 특성, 사용재료, 주요 구조형식, 건물의 형상, 지하층유무, 구조물 주변여건에 따라서 다양한 기법을 적용할 수 있다. 각 기법의 종류별로 그 특성과 거동원리에 관하여 살펴보면 다음과 같다.

3.1 전도기법

(1) 원리

여유공간이 있는 한쪽으로 구조물을 넘어뜨리는 공법으로 전도방향의 부재를 가장 먼저, 반대쪽의 부재를 가장 늦게 발파시키거나 발파시키지 않고 아래 그림 1과 같이 전도를 유도시킨다.

(2) 특성

기술상 가장 간단한 기법으로 구조물을 전체적으로 파쇄시킬 목적보다는 기계식 파쇄작업이 수월하도록 전도시키는 것이 주된 목적이다. 이에 화약량을 적게 사용할 수 있고, 이로 인해 사전처리에 소용되는 기간을 단축하여 전체적인 공기단축이 가능하다. 그러나 전도방향에 특별한 조치가

없으면 다른 공법에 비하여 진동이 크게 발생되고 소할과쇄 품이 많이 소요된다. 또한, 전도순간에 분진이 상당히 많이 발생하게 된다.



(a) 전도 전



(b) 전도 후

그림 1. 전도공법

(3) 적용구조물

기계식 공법에 종종 적용되는 방법이지만 전도 시 지반진동과 함께 순간적으로 많은 분진의 발생으로 인해 도심지에서는 현실적으로 적용이 어렵고, 여유공간이 충분히 확보되어야 한다. 4~7층 정도의 RC 및 SRC조 건물, 원통형 쉘 구조물인 굴뚝이나 사일로 등이다.

3.2 점진붕괴기법

(1) 원리

구조물을 한쪽에서 또는 중앙에서부터 여러 개의 블록으로 나누어 각 블록 간에 시차를 두고 발파하여 그림 2와 같이 한쪽부터 다른 끝 쪽으로 또는 중앙에서 양쪽 끝 방향으로 순차적으로 제자리에서 붕괴되도록 유도하는 기법이다





그림 2. 점진붕괴공법

(2) 특성

아파트 등 일반건물을 대상으로 주로 적용할 수 있는 기법으로 주변 건물의 근접도에 그리 영향을 받지 않으며, 발파블록을 세분화 할 수 있으므로 지발당장약량을 작게 하여 진동과 소음을 줄일 수 있다. 그러나 기둥의 열이 제한된 규모가 작은 정방형 건물이나 굴뚝, 사일로와 같은 특수 구조물에는 적용하기 어려운 기법이며, 각 발파층의 외곽열의 구조 부재도 발파를 실시하므로 방호에 만전을 기해야 한다.

(3) 적용구조물

발파블록을 최소한 3개 이상 나눌 수 있는 길이가 길고 폭이 좁은 구조물이 가장 적합하다.

3.3 단축붕괴기법

(1) 원리

구조물을 제자리에서 순차적으로 단축시키면서 붕괴시키는 기법이며, 제한된 단면을 가진 구조물을 전도나 점진 붕괴시키지 않고 같은 발파층을 동시에 기폭시켜 붕괴시키는 기법이다. 기법에 따라 선정된 발파층을 전체를 동시에 기폭시키는

경우와 하부 발파층부터 상부 발파층으로 순차적으로 기폭하여 발파를 유도하는 두 가지 방법을 적용할 수 있다.

(2) 특성

기술상으로 아주 단순한 기법으로 제자리에서 그대로 붕괴가 이루어지므로 주변 공간을 최소화 할 수 있어 대상구조물 주변에 여유공간이 적은 경우에도 적용할 수 있으며, 먼저 붕괴된 하부구조물 위로 상부구조물이 낙하하므로 구조물끼리의 충돌로 파쇄 효과가 좋아지며, 하부구조물을 제외한 상부구조물은 지반에 직접적인 충격을 가하지 않으므로 낙하진동을 줄일 수 있다. 그러나 엘리베이터 타워와 같이 구조물이 낙하하는데 저항성이 큰 강성을 가진 구조부위에 대한 붕괴설계가 미흡하게 되면 구조물이 붕괴 중에 제자리에 서는 불완전 붕괴나 저항성을 가진 구조부재가 회전축 역할을 하여 예기치 않은 방향으로 전도되는 등의 요소를 가지고 있으므로 발파층에 대한 철저한 사전처리 작업이 병행되어야 한다. 또한, 같은 발파층에서는 발파블록을 나누지 않으므로 지발당장약량이 증가하여 지반진동과 소음이 커질 우려가 있다.

(3) 적용구조물

폭과 길이가 그리 크지 않은 정방형의 고층 건물에 가장 적합하며, 조적식 굴뚝도 적용이 가능하다.

3.4 내 파기법

(1) 원리

구조물 중앙부의 하단부를 먼저 발파한 후 일정시차를 두고 인접 블록들을 사방으로 동일하게 순차적으로 발파시킴으로써 중앙부를

중심으로 건물이 전체적으로 안쪽으로 함몰되는 동시에 외벽을 안쪽으로 끌어들이면서 붕괴되는 기법이다.

(2) 특성

단축붕괴기법과 같이 대상건물 주변으로 여유공간이 전혀 없는 경우에 적용할 수 있는 기법으로 구조물 중앙부터 발파가 이루어지고 전체적으로 안쪽으로 함몰되므로 인접 건물이 있는 경우에 주변 건물에 대한 피해 없이 공사가 가능하다. 또한, 외벽을 철거하지 않고 붕괴시키므로 건물의 외곽열 부재에 대한 발파를 실시하지 않아도 되어 소음 및 비석으로 인한 피해를 줄일 수 있다. 그러나 중앙블록을 중심으로 외곽으로 시차를 두고 순차적으로 발파해야 하므로 정확한 시차계산이 필요하다.

(3) 적용구조물

건물의 평면이 정방형이거나 짧은 기역자(ㄱ) 형태의 건물이면서 평면적이 상대적으로 넓은 건물에 적합하다.

3.5 상부붕락기법

(1) 원리

구조물을 한쪽으로 전도시키는 도중에 제자리에서 단축붕괴되도록 유도하는 기법으로 붕괴 방향 쪽의 기둥열을 가장 먼저 발파시켜 구조물이 거동하면서 회전력을 발휘하기 전에 힌지 역할을 하는 마지막 기둥열을 파쇄하여 전도 중에 제자리에서 붕괴하도록 한다(그림 3).

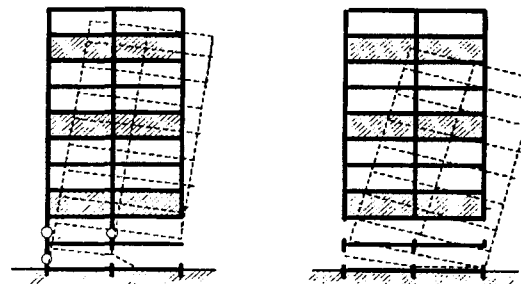
(2) 특성

전도기법과 같이 건물 주변에 최소한 1방향으로 여유공간이 있는 경우에 적용이 가능하며 전도기법이 가질 수 있는

지반진동의 문제를 제어할 수 있다. 또한, 구조물끼리의 충돌에 의한 파쇄효과를 극대화 할 수 있지만 여유공간이 충분치 않은 경우와 규모가 큰 정방형 건물이나 층고가 낮은 중·저층 구조물에는 적용이 어려운 기법이다.

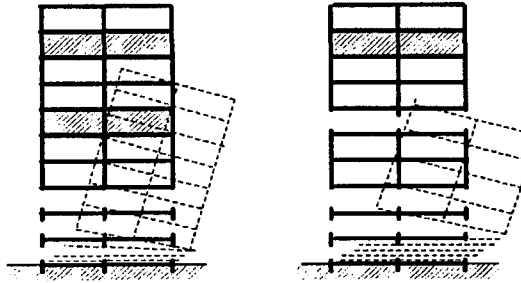
(3) 적용구조물

기둥열이 2~3열 정도로 폭이 좁은 8층 이상의 고층 구조물에 적합하다.



(a) t1 발파 후

(b) t2 발파 후



(c) t3 발파 후

(d) t4 발파 후

그림 3. 상부붕락기법

4. 발파해체공법의 시공

발파해체 공사의 시공과정은 가설작업→내외장재철거→사전취약화작업→천공작업→방호작업→시험발파→장약 및 전색→결선→본 발파 의 순서로 진행되며, 이와 같은 과정은 일반적인 건축이나 토목공사와 같이

복잡한 공정이 아닌 하나의 단일공법이므로 중첩되는 공정이 거의 없다. 단, 몇 단계의 공정 중 사전파쇄작업과 천공작업, 천공작업과 방호작업은 시공 중 현장상황에 따라 중첩시킬 수 있는 정도이다. 따라서 공사 수행 시에 관련자들이 쉽게 이해하고 적용할 수 있도록 공정별로 일반적인 시공기법을 기술하고자 한다.

4.1 가설작업

인근 주민이나 통행인들에 대한 시각상의 위해요인 제거, 현장에서 발생하는 분진방지막의 역할, 발파 시 발생하는 비석의 최종제어를 목적으로 대상건물 주변에 비계를 이용한 가시설물을 설치하는 작업이 가장 우선적으로 실시되어야 한다.

비계의 설치 높이는 해체대상 건물의 1, 2층은 반드시 발파층에 포함되고, 이들 하부층은 다른 상부층에 비하여 집중적인 장약이 이루어지기 때문에 경우에 따라 다르지만 최소한 6m 이상이 되도록 하여야 한다. 또한, 가시설물과 해체대상 건물과의 이격거리는 내장재 철거 및 사전취약화 작업 시 사용되는 장비의 작업공간 확보와 1, 2차 방호에서 제어되지 않은 비석을 최종적으로 제어하는 3차 방호막 역할을 위하여 건물과 10~13m 이내로 설치하는 것이 좋다.

4.2 내외장재 철거작업

가시설 설치와 완료되면 구조물 내부의 내외장재 철거작업을 실시한다(그림 4). 현재 기계식이나 발파해체 시 이들 내외장재의 사전철거가 형식적으로 이루어져 해체공사가 수행되는 경우가 있다. 이러한 경우 상부층의 유리창은 발파 시 폭풍압에 의하여 비석으로 작용할 수 있으며, 강재로

된 출입문 및 문틀은 발파층에서 붕괴거동에 크지는 않지만 영향을 줄 수 있다. 또한, 석면이나 유리섬유는 특히 석면의 경우는 외국에서 유해성 물질로 규정하고 있어 이들의 완전한 사전철거가 이루어지지 않으면 해체공사 승인을 받을 수 없을 정도로 규제하고 있어 환경적 측면에서 민원이 발생하여 해체공사비보다 더 많은 대가를 치뤄야 하는 경우가 발생하며 건물의 붕괴 후에는 분리수거가 어렵거나 분리수거에 상당한 시간과 인력을 필요로 하게 되므로 해체공사 수행 전에 반드시 사전에 가능한 것은 모두 철거해야 한다.

4.3 사전취약화 작업

사전취약화는 발파층의 발파대상 구조부재 전부 또는 일부를 사전에 제거함으로써 하부층에서는 원활한 붕괴를 유도하고, 상부층에서는 붕괴 시 효과적인 파쇄효과를 얻으며, 하부 발파층 및 각 발파층에서 가질 수 있는 예기치 못한 저항성을 사전에 제거함으로써 예정된 붕괴패턴과 붕괴방향을 정확하게 유도하며, 사전에 제거가 가능한 부재를 미리 철거하므로 발파 시 최소 화약만을 사용하여 과도한 화약의 사용으로 발생할 수 있는 소음, 진동을 감소시키기 위하여 발파에 의하여 구조물을 붕괴시키기 전에 구조적으로 지장을 주지 않는 범위 내에서 구조부재의 일부, 비 내력벽 등을 철거하는 작업을 말한다(그림 4).



(a) 계단부 취약화



(b) 사전취약화 완료(전도공법 적용)

그림 4. 사전취약화 작업

사전취약화는 발파층, 특히 하부발파층의 발파대상 부재를 제외한 나머지를 모두 철거하는 전면철거와 발파층의 일부 내력벽 및 기둥, 비 발파층의 일부 벽체 및 기둥, 전체 층의 계단부 파쇄, 엘리베이터 홀 등 코어 역할을 하는 구조 벽체의 일부를 철거하는 부분철거로 나눌 수 있다. 이런 취약화의 특징은 작업 중 구조물의 안정성을 해칠 우려가 크므로 건물내부로 장비를 투입하기 어려워 대부분의 작업이 인력으로 이루어진다. 따라서 발파해체 공사 중 가장 많은 품과 공기가 소요되는 공정이 사전취약화 작업으로 향후 발파해체 공법이 경쟁력을 갖추기 위해서는 소형장비의 도입이나 개발하여 품 및 공사비를 줄일 수

있는 기술개발이 이루어져야 한다.

4.4 천공작업

사전취약화 작업이 어느 정도 진행되면 발파대상 부재에 대한 천공작업을 실시해야 한다. 천공설계는 대상부재의 크기와 형상에 따라서 설계되어야 하며, 천공결과는 부재의 파쇄효과에 상당한 영향을 미치므로 현장에서 엄격하게 관리되어야 한다.

(1) 천공작업 시기의 결정

천공작업은 사전취약화 작업이 선행되어야 실시할 수 있다. 사전취약화 작업이 완전히 종료된 후에 천공작업을 실시하면 천공작업 여건이 좋아 천공이라는 단일 작업에 관해서는 효율적이지만, 부재에 정해진 길이만큼 천공하면 되는 천공작업에 비하여 사전취약화 작업은 인력에 의해 많은 부재를 취약화 하여야 하므로 많은 시간이 소요되며, 소음의 발생기간이 길어져 공사수행과 민원의 발생요인을 증가시키기도 한다. 따라서 세부적인 작업공정을 수행하여야 한다.

(2) 천공설계

발파대상 부재에 대한 천공기준은 주로 부재의 형상, 치수 등에 의하여 결정되지만 장약량과 화약의 종류에도 영향을 받는다.

가. 철근콘크리트 기둥

콘크리트 기둥은 축하중을 받고 있는 상태이므로 발파로 파쇄부위가 형성되고 축하중에 의하여 아래로 주저앉게 되어 구조물이 거동하게 된다. 이것은 일정한 암 절취가 목적인 암 발파와는 상이하므로 암 발파이론을 그대로 적용하는 데는 무리가 있다. 또한, 파쇄되지 않고 남아있는 부분은

발파로 인하여 이미 콘크리트의 강도가 많이 저하되어 있는 상태로 그 자체로 하중에 대한 저항성을 이미 대부분 상실한 상태가 된다. 이러한 논리에 의하여 콘크리트 기둥에 대한 천공간격은 2공시에는 최소저항선의 2.0~2.5배(기둥단폭의 1~1.25배), 3공 이상 시에는 최소저항선의 2.5~3.0배(기둥단폭의 1.25~1.5배)로 하는 것이 적절하다. 천공깊이는 최소저항선이 같더라도 천공시점 부분이 천공중점보다 파쇄효과가 좋게 나타나므로 부재의 중심보다 조금 안쪽으로 위치할 수 있도록 하며, 중앙에 위치하도록 한다.



그림 5. 천공편중에 따른 발파효과

표 1. 철근콘크리트 기둥의 설계기준

기둥단폭	천공깊이 (m)	공간격 (m)	천공열수 (열)	기둥 당 천공수 (개)
80cm 미만	(W+EL)/2	1.25B	1	1층 : 최대 4공
80cm 이상	(W+EL)/2		2	2층 : 최대 3공 3층 이상 2공

* W : 기둥의 장변폭, EL : 화약의 길이, B : 기둥의 단변폭
천공위치는 기둥 상하단의 중간을 기준으로 천공수에 따라 배분한다.

표 2. 국내 벽식 아파트 발파해체 시 적용 천공기준(도폭선 사용 시)

천공깊이 (cm)	천공직경	공간격 (cm)	천공열수	벽체 당 천공수
최대 1.5m이하	40mm 이하	40~50	1열	하부층 : 최대 5공 상부층 : 3공

나. 철근콘크리트 벽체

벽식 구조 고층구조물은 80년대 초에 등장하여 주 단면 RC벽체의 두께는 보통 18cm, 보조벽체는 15cm 정도로 현재 많이 건립되고 있다. 따라서 철근콘크리트 기둥과는 달리 많은 실험이 이루어지지 못하였으며, 개략적인 기준만 제시되고 있는 실정이다.

4.5 방호작업

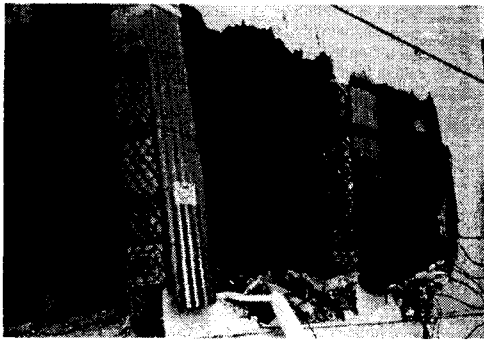
발파로 인한 위험 요소들은 비석, 폭발압, 비산먼지(분진), 소음, 진동 등이며, 가장 직접적인 피해를 줄 수 있는 것은 비석으로 인한 피해이다. 비석으로 인한 피해는 암 발파나 구조물발파에 관계없이 어디서나 발생할 수 있으며, 피해범위는 주변건물의 유리창 파손, 주차차량 및 시설물 파손에서 인명피해까지 이어지므로 비석의 비산거리를

최대한 억제할 수 있는 방호작업이 필수적이다.

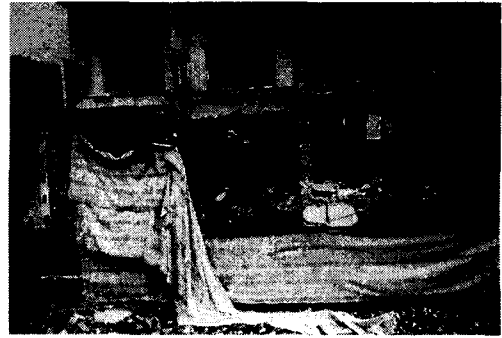
방호작업은 크게 직접방호와 간접방호, 이를 더욱 세분하여 1차, 2차, 3차방호로 구분할 수 있다.

1차 방호는 직접방호라고 하여 발파대상 부재인 기둥, 벽체 등을 방호재로 직접 감싸므로써 발파로 인한 폭풍압 및 비석을 1차로 제어하는 역할을 한다. 방호재로는 부직포, 능형철망, 골합석이 가장 많이 사용되며, 특수한 경우를 제외하고는 단독으로 사용되는 경우는 드물고 부직포+능형철망, 골합석+능형철망, 부직포+능형철망+골합석과 같이 서로 복합시켜 사용하는 것이 일반적이다.

2차 방호는 발파대상 부재가 아닌 건물에 직접 실시하는 방호로 1차 방호막을 뚫고 나오는 비석을 2차적으로 제어하기 위한 것으로 정형화된 패턴이 있는 것은 아니며, 개구부를 막아주는 방법, 발파층 전체를 방호자재로 둘러주는 방법, 해당 기둥열만을 방호하는 방법 등이 있다.



(a) 1차 방호(부직포+능형철망+골합석)



(b) 2차 방호

그림 6. 방호작업

3차 방호는 발파대상 건물주변에 보호해야할 건물이나 시설물이 있는 경우에 발파대상 건물과 보안물건 사이나 보안물건에 직접 실시하는 방호로 외줄이나 쌍줄비계를 세워 분진망이나 부직포를 설치하는 방법 등이 있다.

4.6 시험발파

시험발파란 설계된 화약류 및 장약량을 그대로 적용시켜 발파대상 부재중 제거되더라도 전체구조물의 안정성에 영향을 주지 않는 부재를 선택하여 실제로 발파시켜봄으로써 그 결과를 분석하고, 설계상의 조건과 구조물마다의 고유특성을 비교하여 설계치를 보정하여 본 발파에 적용하기 위하여 실시하는 발파작업을 말한다. 이러한 시험발파에 의한 주요 측정항목은

- ① 선정된 폭약류의 위력 및 적정성 판단
- ② 설계 장약량의 적정성 판단
- ③ 구조물의 설계도와 실제상태 비교분석
- ④ 단위 발파시의 소음, 진동, 비석 등 기준자료 습득 등이다.

시험발파는 그 대상부재 수가 많을수록 신뢰성 있는 결과를 얻을 수 있지만,

구조물의 안정성 면에서 너무 많은 부재를 대상부재로 할 수 없으므로 그 수가 제한적일 수밖에 없다. 이에 적정장약량 보정과 방호효과 분석을 가장 우선순위로 하여야 한다.

4.7 장약, 전색 및 결선

장약작업의 순서는 아래와 같이 진행된다.

① 장약 당일 날 오전에 해당지역 화약저장소에서 화약 및 뇌관을 수령하여 현장으로 운반하고 안전하게 보관한다.

② 장약 시에는 먼저 설계 장약량만큼 화약을 절단하고, 절단된 화약 및 뇌관을 정해진 기폭시스템에 맞추어 각 공에 배열한다.

③ 배열이 모두 끝나면 화약에 뇌관을 삽입하거나 연결하고 필요하면 테이핑 작업을 실시한다.

④ 연결이 끝나면 정기폭인지 역기폭인지를 확인하고 다짐봉을 이용해 화약을 공저로 밀어 넣고 뇌관에 충격이 가해지지 않도록 다진다.

⑤ 전체적인 장약상태와 뇌관의 배열 상태를 다시 한번 확인하고 기폭시스템에 맞추어 결선을 실시한다.

위의 일련의 작업 중 몇 가지 유의사항을 살펴보면 전색의 경우는 화약의 폭발 시 대상부재의 파쇄효과에 큰 영향을 미치므로 전색재 선택과 방법에 주의하여야 한다. 일반적으로 전색재로 모래가 가장 많이 이용되나, 천공장이 짧아 전색길이가 약 15cm이하의 경우에는 전색효과를 충분히 거둘 수 없으므로 점토전색을 실시하는 것이 유리하다. 결선작업 시는 장약작업 전에 각 뇌관의 저항을 측정하여 단선유무를 확인하고, 직병렬 회로의 경우는 각 분로의 저항을 측정하여 분로의 균형을

맞춰줘야 한다. 또한, 발파모선과 뇌관회로를 연결하기 전에 모선의 단선이나 단락여부를 확인하여야 한다.

4.8 발파

위에 열거된 각종 준비작업이 최종적으로 완료된 후에는 구조물의 붕괴를 위한 본 발파를 실시하게 된다. 본 발파 전에는 주변건물에 미치는 영향 등을 파악하기 위하여 지정된 장소에 진동/소음측정기를 설치하고, 발파 후 예기치 않은 화재대비 및 분진제어를 위하여 살수차를 대기시키며, 필요한 최소시간 동안만 통제구역 주변을 지나는 도로의 차량을 통제한다.

발파로 구조물이 붕괴되면 붕괴와 동시에 분진이 발생하므로 발파와 동시에 살수를 실시하여 분진을 최대한 가라앉히며, 현장의 안전유무를 파악하여 안정성에 이상이 없을 때까지 현장을 통제한다.

5. 발파해체공사비 산정기준

1998년까지는 발파해체에 관한 표준품셈 기준이 제정되어 있지 않았으나, 1999년 품셈기준이 마련되었으므로 발파해체 품셈기준을 기술하고자 한다.

5.1 공통가설공사

- 1) 건설공사 표준품셈 토목부분 2-5 「파이프비계(강관비계)의 1. 강관비계 매기」를 적용한다(강관복식비계 기준임).
- 2) 대한주택공사의 「강관외출비계 매기」 기준을 적용한다(표 3).
- 3) 가설비계에 설치하는 방진막 설치해체품은 건설공사 표준품셈 2-12 「방진막 설치」를 적용한다.

표 3. 대한주택공사 강관외줄 비계매기 기준(브라켓, 3개월 5층 이하)

구분	강관 (비계용) (m)	이음철물 (단관) (개)	조임 철물 (개)	지지 보수대 (개)	까치발 (개)	PSP (발판) (m ²)	비계공 (인)	보통 인부 (인)
기준	0.08712	0.02892	0.06528	0.00378	0.00318	0.00287	0.03870	0.0036

*① 기구손료는 인건비의 5%로 별도 계상한다.

② 본 품에는 강관비계와 까치발 6%, 철물 12%, 지지 보수대 및 PSP 9% 등 각각에 대한 손료가 포함되어 있다.

5.2 내장재 철거 및 사전취약화

(1) 내장재 철거

1) 건설공사 표준품셈 건축부문 21-1 「해체철거공사의 2. 건축물 구조체별 철거」의 각 부위별 철거기준을 적용한다.

2) 이 기준은 해체재를 재사용할 때의 품이므로 해체재를 재사용하지 않을 때에는 21-1의 「1. 해체철거공사의 건축목공의 해체재의 재사용 시와 아닐 때의 요율」을 준용하여 적용한다.

(2) 사전취약화

사전취약화 작업은 지상에서 대형장비를 이용하여 1, 2층 내외벽체 및 3층 외벽체를 철거하는 공정과 3층 내부벽체와 4층 이상의 취약화 부재에 대한 소형브레이커를 이용한 인력철거로 구분해서 적용해야 한다.

1) 대형장비를 이용하는 경우는 건설공사 표준품셈 토목부문 10-19천공 및 발파」의 「대형브레이커, (1) 구조물 헐기」의 기준을 적용한다.

2) 소형브레이커를 이용하는 경우는 건설공사 표준품셈 토목부문 7-7 「구조물 헐기(소형브레이커+공기압축기)」의 기준을 적용한다.

5.3 발파작업

발파작업은 천공작업, 방호작업, 장약 및 발파작업의 세 가지로 구분하였다.

(1) 천공작업

건설공사 표준품셈 건축부문 21-3 「RC 구조물 발파해체공법, 3. 기준을 적용하며, 표준품셈 상에는 천공과 발파의 원단위를 m로 동일하게 적용하였으므로 천공만을 구분하여 기준을 나타내면 아래의 표 4와 같다.

(2) 방호작업

건설공사 표준품셈 건축부문 21-3 「RC 구조물 발파해체공법, 4. 방호」의 기준을 적용하며, 표 5와 같다.

(3) 발파작업

건설공사 표준품셈 건축부문 21-3 「RC 구조물 발파해체공법, 3. 천공 및 발파」의 기준을 적용하며, 표준품셈 기준은 표 6과 같다.

표 4. 천공작업의 품 기준

(천공 m당)

	착암공 (인)	화약공 (인)	착암기 (인)	공기압축기 (시간)	비트 (개)
RC라멘조 건물	0.1481	0.0333	0.6134	0.3067	-
대단면 RC구조물	0.0153	0.0044	0.1135	0.1135	0.0025

- *① 대단면 부재는 교대 및 교각, 댐 구조체, 벽체두께 1.2m 벽식구조물, 수평으로 2열 이상 천공이 필요한 기둥을 칭함.
- ② 대단면 구조물의 착암기는 크로울러 드릴 1대, 공기압축기 1대를 기준 함.
- ③ 라멘조 건물의 비트는 암 절취 품(토목-토공)을 기준함.
- ④ 라멘조 건물의 착암은 공기압축기(10.3m³/min(365cfm) 1대, 레그 해머 30kg급 2대를 기준 함.

표 5. 방호작업의 품 기준

(m²당)

구조물 종류별	종별	보통 인부 (인)	화약공 (인)	비계공 (인)	부직포 (m ²)	철망 (m ²)	골합석 (m ³)	철선 (kg)	단관 비계 (m)	조임 철물 (개)	이음 철물 (개)	작업 대차 (시간)
RC 라멘 건물	1차 방호	0.0679	0.0123	-	2.0320	1.3393	1.6875	0.9653	-	-	-	0.0077
	2차 방호	0.0193	-	-	1.0671	1.0342	-	0.1047	-	-	-	0.0273
	3차 방호	-	-	0.0202	1.100	1.100	-	-	2.0302	0.7170	0.1209	-
대단면 RC구조물		0.0974	-	-	2.1855	1.5709	-	1.1364	-	-	-	0.1633

- *① 기준치 m²는 건물전체 평면적이 아닌 방호대상 부재의 면적을 기준한 것임.
- ② 대단면 구조물의 방호 품은 1차 방호만을 기준한 것으로 현장특성에 따라 2, 3차 방호가 필요할 때는 별도 계상하며, 라멘조 건물의 1, 2차 방호는 반드시 계상되어야 하나 3차 방호는 주변에 방호가 반드시 필요한 시설물이 있을 경우에만 계상하고 생략할 수 있음.
- ③ 철망은 1, 2차 방호에서는 능형철망(#8-52×52)을, 3차 방호는 메탈라스(#200)를 기준함.
- ④ 1차 방호는 발파대상 기둥을 골합석 1겹(3.5t), 철망 1.2겹, 부직포 2겹을 기본방호로 했을 때의 기준이며, 2차 방호는 발파층 외부 전체를 부직포 1겹, 능형철망 2겹으로 둘러주었을 때를 기준 함.
- ⑤ 3차 방호는 발파대상 건물 주변의 피해를 방지하기 위하여 방호가 필요한 시설물 방향으로만 설치하는 것으로서 높이 6m인 단관 외줄비계를 띠장 간격 1.5m, 기둥간격 1.5m, 버팀대를 내외부로 6m 간격으로 설치했을 때를 기준 함.

표 6. 발파작업의 품 기준

(천공 m당)

구조물종류별	종별	화약공 (인)	보통 인부 (인)	폭 약 (kg)	뇌 관 (개)
RC라멘조 건물		0.2077	0.0534	0.2786	2.0
대단면 RC구조물		0.1041	0.0722	0.4572	1.3

- *① 폭약은 국산 상용다이내마이트, 뇌관은 각선 길이 6m, 지연초시 0.1초 이상의 지연뇌관을 기준함.
- ② 라멘조 건물의 뇌관개수는 천공길이 0.5m당 1개를 기준한 것이며, 발파설계방식 및 천공길이에 따라 뇌관개수를 조정할 수 있음.
- ③ 대단면부재의 뇌관개수는 대단면부재인 경우이며, 장약 중심 간의 거리가 약 90cm인 경우를 기준함.
- ④ 라멘조 건물의 폭약량은 단면의 단변치수 40cm인 기둥을 기준으로 한 것이며, 단면의 변화에 따른 장약량 산정은 아래 도표를 참조하여 별도 계상할 수 있음.
- ⑤ 대단면부재는 비장약량 개념으로 소요폭약을 분산 장약시키므로 상기의 표와 같은 부재단면의 치수 변화에 따른 장약량의 변화는 없으므로 제시된 품 기준을 일률적으로 적용함.

표 7. RC라멘조 콘크리트 기둥의 장약량 산정 기준

단면치수 (cm)	30	40	50	60	70	80	90	100
장약량 (kg)	0.280	0.280	0.280	0.320	0.350	0.350	0.360	0.400

5.4 구조물 2차 파쇄

발파로 붕괴된 구조물을 상차·매립하기 쉽도록 파쇄하는 작업으로 붕괴된 구조물을 지상에서 대형장비를 이용하여 소할 하므로 작업능률이 좋다. 따라서 2차 파쇄물량은 원구조물 전체의 체적 중 과연 몇 %정도 파쇄효율이 증가하는가를 판단하여야 한다.

(1) 붕괴구조물 파쇄작업

1) 0.7m³급 대형브레이커로 철거하는 경우는 건설공사 표준품셈 토목부문 10-19 「대형브레이커, (1) 구조물 헐기」의 기준을 적용.

2) 1.0m³급 백호우, 대형브레이커, 압쇄기를 조합 시공하는 경우는 건설공사

표준품셈 건축부문 21-1 「해체철거공사, 3. 헐기 및 부수기의 (2)기계사용」의 해설 기준을 준용.

(2) 살수작업

살수비에 대한 기준은 품셈에 명시되어 있지 않으나, 물탱크를 적재한 트럭(5.5ton급)이 왕복하면서 물을 뿌리는 기준을 준용하거나 예상 살수량을 산정하여 현장에 연결된 상수도의 비용을 실계상하는 것이 가장 좋은 방법이다.

(3) 철재류 절단작업

철재류 절단작업은 산소절단을 기준으로 하며. 표준품셈 건축부문 21-1 「해체철거공사,

3. 헐기 및 부수기의 「(2)기계사용」을 적용한다.

6. 결 론

현재 노후 중·저층 및 고층 아파트에 대한 재건축이 활발하게 시행되고 있으나, 이들 대부분이 기계식해체공법으로 진행되고 있는 실정이다. 본 연구에서는 발파해체공법에 대한 기본적인 개념 및 작업방법과 발파해체공사의 표준품셈을 정리하여 해체공사 담당자가 발파해체공사를 이해하는데 참고자료로 활용되어 남산외인아파트와 라이프 빌딩 발파해체 이후 침체되어 있는 발파해체공사의 활성화를 가져오고자 한다. 또한 발파해체공법과 기계식해체공법을 혼용하여 구조물을 해체할 수 있는 새로운 공법들이 지속적으로 연구되어 해체공사 시 발생하는 소음, 진동, 비산 및 분진에 대한 민원발생을 최소화하여야 할 것이다.

사 사

본 연구는 2000년도 상지대학교 학술연구 조성비에서 도움을 받아 수행되었으며, 연구비를 지원해준 상지대학교에 감사를 드린다. 또한 본 연구를 위해 자료를 협조해주신 대한주택공사 연구개발실 과장 김효진님께 감사드립니다.

참고문헌

1. 대한건설진흥협회, 1999, 건설공사 표준 품셈 - 토목, 건축, 기계설비.
2. 대한주택공사, 1996, 구조물의 해체 공법에 관한 연구(I).
3. 대한주택공사, 1997, 발파해체공법의 설계 및 시공기술 개발연구.
4. 대한주택공사, 1999, 재개발지구 내 중·고층 건축물의 발파해체공법에 관한 연구.
5. 대한주택공사, 1998, RC구조물 발파해체 공사의 품 기준설정 연구.
6. 안명석, 최영천, 최원규, 1997, 구조물 발파효율 개선방향”, 화약발파 제15권 1호, 대한화약기술학회, pp. 26~35.
7. 최영천, 1995, (구)라이프빌딩 발파해체 공법에 관한 고찰, 자연과학 논총 제9집, 상지대학교 자연과학 연구소, pp.15~23.
8. International Society of Explosives Engineers, 1995, Technical Information DEMOLITION.
9. Lelio Stragiotti, Explosives, LA Moderna, pp.413~479.