

소형폭파를 이용한 부분파괴공법

Partial Demolition by Mini-Blasting

문 정 호*

Moon, Chong Ho

콘크리트 구조물의 파괴공법에 대한 중요성은 크게 증가하고 있다. 구조물의 전체 혹은 일부를 파괴할 수 있는 효과적인 방법에 대한 요구도 지속적으로 증가하고 있다. 세계적으로 모든 주요도시의 오래된 주택들은 끊임없이 새로운 주택으로 대체되고 있으며, 공업 및 상업용 건물들도 토지가격이 저렴한 도심의 외곽으로 이동하고 있다. 또한 기간산업의 끊임없는 증대로 인하여, 재건축, 보수, 그리고 증축 등에 관한 요구도 증대되고 있다. 그리고 도시의 발전은 사무소 건물, 상가, 병원, 공장 등과 같은 공공 및 개인 서비스의 필요성도 증대시키고 있다. 그러나 경우에 따라서는 건물의 기능을 이동을 할 수 없기 때문에 내부적인 재개발이나 증축이 필요하게 되며, 이러한 경우에 부분파괴공법이 필요하게 된다. 또한 많은 건물들이 전쟁, 지진, 태풍 등과 같은 재해로 인하여 심각한 손상을 받고 있으며, 화재, 폭발, 설계상의 오류 등으로 인한 손상도 그 정도가 심각할 수 있다. 전세계적으로 이와같이 보수되어야 할 건물들이 수없이 존재하고 있다.

증축, 개축, 보수 등은 부분파괴 및 콘크리트의 제거를 필요로 한다. 그러나 주변 건물을 손상시켜서 아니되며, 남아있는 철근도 다시 사용할 수 있도록 유지하여야 한다. 이러한 경우에 부분파괴 공법은 주택, 유리창, 그리고 자동차 등과 같은 민감한 곳에 근접한 경우에도 쉽게

사용될 수 있다. 그러므로 주변환경은 손상시키지 않도록 정밀한 작업이 필요하다. 이와같은 부분파괴공법은 지속적으로 그 필요성이 증가하고 있다. 그러나 단가가 높으며, 적절한 방법의 선정과 수행계획시 주변환경을 고려해야 하는 등의 특별한 주의가 필요하다.

1. 파괴기법

주변환경의 손상없이 콘크리트의 제거와 철근의 노출 작업을 수행하기 위해서는 적절한 공구의 사용이 필요하다. 대규모 파괴공법은 다소 조악한 방법에 의해서 작업이 수행되는 반면에 소규모의 부분파괴를 위해서는 미세하고 정교한 방법이 필요하다. 그러므로 작업도구를 고려하여 파괴지역의 면적을 조절하는 것도 때로는 효과적일 수 있다.

콘크리트의 파괴를 위해서 다양한 방법을 사용할 수 있는데, 이들을 다음과 같은 여섯 개의 분야로 구분할 수 있다.

- 압착(Crushing)
- 타격(Chopping)
- 쪼갬(Splitting)
- 폭약이나 팽창약품에 의한 폭파(Blasting)
- 자름과 구멍내기(cutting and drilling)
- 레이저, 전기 가열(Electric heating), 극초단파(Microwave)의 사용

볼(ball)을 사용하는 압착법이나 유압 혹은 수동식 햄머 등은 가장 많이 사용되고 있는 일

* 한남대 건축공학과 조교수, 공학박사

상적인 방법이다. 그러나 이러한 방법들은 인체와 환경 모두에게 커다란 영향을 줄 수 있기 때문에 새로운 방법에 대한 추구가 필요하며, 미소량의 약품에 의한 폭파방법은 이러한 새로운 공법의 하나의 예에 해당한다.

파괴공법을 선정할 때에는 다음과 같은 사항들이 고려되어야 한다.

- 경제적 요소
- 시간적인 한계
- 콘크리트의 품질
- 파괴대상의 형상
- 규모 및 장소
- 파괴대상의 경계
- 환경
- 위험요소
- 콘크리트 조각의 재활용
- 폐기물의 운반 및 매장

다른 조건들이 동일하다면, 경제적인 요소가 공법의 선정에 주된 요소가 될 수 있다. 콘크리트의 파괴 및 제거에 필요한 최소 비용이 대체로 새로운 콘크리트의 타설에 필요한 비용과 유사하다. 그러나 때로는 파괴에 필요한 비용이 상당히 많이 소요되기도 하며, 경우에 따라서는 새 콘크리트의 타설에 필요한 비용의 10~20배가 될 수도 있다.

콘크리트의 품질은 주로 작업도구의 선정에 영향을 미치게 된다. 수동식 타격법은 콘크리트의 강도가 40MPa 이상인 경우에는 곤란하다. 그러나 압축공기를 사용하는 연장은 비교적 고가이며, 작업환경에도 좋지 않은 영향을 미치기 때문에 그 사용 빈도를 최소화하는 것이 바람직하다.

2. 폭파공법

콘크리트는 뚫린 구멍을 통한 순간적인 파열 작용에 의해서 쪼개질 수 있는데, 이러한 작용을 할 수 있는 매개체를 폭발물이나 비폭발물 등으로 분류할 수 있다. 전자는 폭파제를 이용한 것이며, 후자는 비폭파 화학팽창제를 이용한 것이

다. 폭파제는 기둥, 보, 벽체, 그리고 바닥판(두께 15mm이하) 등에 주로 사용된다. 폭파제와 비폭파 화학팽창제는 부분 및 전체적인 파괴에 각각 실용적으로 사용할 수 있다. 그리고 대규모의 구조물에 대해서는 두가지 방법 모두 부분 파괴의 방안으로 사용할 수 있다.

폭파제의 사용은 특정한 기계를 사용하지 않고, 단지 폭약 장착용 구멍을 뚫을 수 있는 드릴이 필요하며, 이 과정에서 미소한 위험이 수반될 수 있다고 할 수 있을 뿐이다. 화학적 팽창제는 주변환경을 전혀 손상시키지 않으며, 단지 먼지와 약간의 진동과 같은 약간의 거슬림만을 수반한다. 팽창제의 사용을 위해서 특별한 면허를 가져야 할 필요는 없으나 이 경우에는 작용시간이 비교적 길다는 점과 파괴력이 작다는 단점이 있어 폭파제에 비하여 경쟁력이 떨어진다.

3. 폭파제의 이용

폭파제의 종류는 폭파의 속도에 따라 보통 혹은 고속 폭파제 등으로 분류할 수 있다. 보통 폭파제는 작용 속도가 30m/sec 이하이며, 4000m/sec~7000m/sec의 고속 폭파제에 비하여 소음과 진동이 작다. 고속 폭파제는 철근으로부터 콘크리트를 보다 확실하게 제거할 수 있으므로, 부분파괴에 더욱 적절하다고 할 수 있다. 고속 폭파제를 이용한 소형폭파공법은 보수·보강을 위한 부분적인 파괴에 대하여 매우 효과적인 방법이다. 그러나 남아있는 콘크리트나 주변환경을 손상시키지 않으면서, 최소량의 폭파제로 콘크리트를 제거하기 위해서는 정교한 폭파기술이 필요하다. 이러한 폭파공법의 용도는 매우 다양하여 안쪽이 막힌 용광로, 교각의 수면 아래부위, 고층의 주거건물 발코니 등에 효율적으로 사용될 수 있다. 폭파는 계획된 위치 폭약을 장착하고 0.02~0.03초의 간격으로 폭파되도록 계획된다. 이러한 방법으로 폭파효과의 진행방향(주로 진동방향) 및 파편의 낙하지점을 통제할 수 있다. 그러나 콘크리트에 대한 폭파효과는 매우 복잡하기 때문에, 폭파 성능에 대한 판단은 경험적인 수치

와 폭발전문가의 경험에 의존하게 된다.

폭파에 의해서 발생하는 순간적인 소음이 지속적인 소음에 비하여 그 거슬림이 더 작다. 그러나 폭파로 인하여 발생하는 먼지, 진동, 폭발물의 낙하 등에 대한 특별한 주의가 필요하다. 그러므로 Kevlar blasting mat와 같은 장비의 사용으로 이러한 문제를 해결할 수 있다. 이러한 장비는 설치도 간편하며, 폭파에 소요되는 시간도 약 2분 내외밖에 되지 않으므로 현장에 대한 접근을 통제하는 시간도 아주 일시적으로 할 수 있다. 폭파작업은 콘크리트와 구조물에 대한 전문적인 지식과 함께 폭발전문면허를 소지한 전문가를 필요로 한다. 그러나 극히 짧은 작업시간과 낮은 단가를 고려하면, 부분폭파공법은 아주 효율적인 공법이라 할 수 있다..

4. 철근의 노출작업

철근에 부착되어 있는 콘크리트를 제거하는 작업은 다음과 같다.

1. 콘크리트의 구획구분과 제거 단계
2. 보수면과 철근을 깨끗이하고 마감하는 단계
3. 철근의 교체 및 추가
4. 새로운 콘크리트의 타설

이상과 같은 철근으로부터 콘크리트를 제거하는 작업에서 가장 어려운 점은 철근의 간격이 너무 좁아서 발생하는 작업조건으로 인하여 시간이 많이 소요된다는 점이다. 그러나 이러한 경우에도 소형 폭파공법과 수작업의 병용은 아주 효율적이 된다.

5. 소형폭파공법의 사례

덴마크에서는 발코니 브라켓부위에 염분으로 인한 철근의 부식과 콘크리트의 박리 및 균열이 많이 발생한다. 1984년에 코펜하겐의 한 건물에서 225개의 발코니 브라켓을 수리하여야 했다. 이 때 콘크리트에 대한 염분검사와 철근의 부식에 대한 육안 검사의 결과, 콘크리트의 염분은 약 900~3700ppm으로 나타났다. 이는 철근의 부식을 초래할 위험성이 아주 높은 양이며, 실제

로 철근에 크기는 약 1mm 정도의 부식이 발생한 것으로 나타났다. 그리고 발코니 브라켓은 상당한 강도의 손실이 예상되었는데, 이는 초기 설계강도의 약 30% 정도인 것으로 평가되었다.

따라서 발코니 브라켓의 파괴를 위한 몇가지의 방안이 있었으나, 1개층의 총 15개의 브라켓을 동시에 파괴하여야 하며 입주자들의 출입에 불편함을 최소화해야 하는 문제가 있었다. 이 때 이를 수작업으로 할 경우 하나의 브라켓에 8시간이나 소요되는 등의 문제가 있었다. 이는 주로 작업위치의 선정이 쉽지 않은 점이 주된 요인이었다. 그리고 상부 발코니의 슬래브에 구멍을 내고 화학 팽창제를 투입하는 방안도 검토되었다. 그러나 화학약품의 투입에 소요되는 직경이 30mm인 반면에 실제로 가능한 투입구의 직경은 18~19mm 내외로 한정되어 있었다. 또한 화학팽창제가 약 35MPa 이상의 소요 팽창력을 발휘하기 위해서는 2~3일이 필요하였다. 그리고 유압식 타격방법도 고려하였으나, 장비의 무게가 작업조건에 비하여 너무 무거웠다.

폭파공법을 실험한 결과 적절한 폭약의 사용에 의해서 철근으로부터 콘크리트를 제거하고 약 25cm 정도만의 브라켓 그루터기를 남긴채 작업을 완수할 수 있었으며, 남은 부위는 공기햄머를 사용하여 쉽게 제거할 수 있었다. 따라서 폭파공법이 이상의 다른 세가지 공법에 비하여 가장 효율적인 것으로 판단되었다. 한번의 폭파에 약 2~3분 정도 밖에 소요되지 않았으며, 작업조건 및 환경에 미치는 불리한 여건, 특히 소음을 최소화할 수 있었다. 수동식 공기햄머의 소음정도는 연속적으로 110dB(A)이며, 진동은 145~150dB(HA)이다. 그러나 소형폭파공법의 경우에는 소음이 지속적으로 발생하지 않으며, 최대 약 90~95dB(A)의 소음 정도에서 한개층에 필요한 드릴구멍을 뚫는 데 약 8시간정도가 소요되었다. 그리고 상대적으로 낮은 충격음을 발생하면서 15개의 폭파와 더불어 이후 약 6시간 정도의 브라켓 그루터기 제거작업으로 한 개층의 작업을 마무리할 수 있었다.

또다른 예로 석탄부두의 하부에 사용된 보의

보수를 들 수 있다. 바다와 인접해 있으며, 크레인과 같은 장비의 사용으로 인하여 발생한 균열 때문에 보수가 필요하였다. 이 경우에도 소형 폭파 공법은 효율적으로 부두의 보를 제거하는데 사용되었다.

그리고 고가도로의 기둥을 보수하는데도 소형 폭파공법을 사용할 수 있다. 도로에 과다한 양의 염분을 사용하기 때문에 콘크리트 기둥이 손상되기 쉽다. 일반적으로 염분도가 500ppm 이상이면 콘크리트를 제거하여야 하며, 기존의 철근은 새로운 콘크리트와 함께 다시 사용되어야 한다. 이 경우에도 소형 폭파공법을 사용하였을 때 교통을 통제하지 않은 상태에서 약 3.5m 정도의 기둥에 대한 폭파 및 보수작업을 완수할 수 있었다. 약 10회 정도의 폭파작업으로 손상된 콘크리트를 제거할 수 있었다.

6. 결 론

폭파공법은 파괴를 위한 공법중에서 가장 효율적인 방법이다. 그리고 적절한 보호막을 사용할 경우에는 어떠한 상황에서도 사용할 수 있다. 그러나 폭약의 사용은 범죄와도 연결될 가능성이 있어 주의가 필요하다. 또한 폭파에 대한 일상적인 편견으로 인하여 폭파작업은 항상 혼잡하지 않은 외진 곳에서만 진행이 되었으며, 이는 폭파공법의 발전에 장애 요소가 되어왔다. 그러나 폭파공법을 사용하는 현장에서 발생하는 사고의 수는 일상적인 장비를 사용하는, 특히 수동식 햄머를 사용하는 현장에서 발생하는 사고의 수에 비하여 훨씬 작다. 이러한 사실만으로도 수동식 작업보다는 폭파공법의 사용을 고려해야 하는 훌륭한 이유가 된다고 할 수 있다.

국내최장 죽령터널 관통

길이 4천520m, 착공 2년여만에 오는 2002년 완공, 공사비 2천350억

“죽령터널이 관통됐다”

터널길이 4천520m에 달하는 국내 최장의 터널인 죽령터널이 지난 96년 8월 공사에 들어가 2년만인 최근 양쪽 방향이 관통돼 21일 관통식을 가졌다.

한국도로공사에 따르면 죽령터널은 높이 7.15m, 폭 11.6m, 길이 4천520m로 우리나라 도로터널중 가장 길며 이렇듯 대규모의 공사이기 때문에 사업비도 다른 터널공사에 비해 많은 2천350억원이 소요되고 96년 8월 착공해 오는 2002년 10월경 완공될 목표로 공사를 진행하고 있다.

대구-춘천간 중앙고속도로 건설공사구간 중 가장 험난한 죽령터널공사는 영주-제천간 건설공사 9공구 시공사인 코오롱건설(주), (주)한양, 세원건설(주)에 의해 시공되고 있으며 이번에 영주와 단양쪽에 각각 굴착시공(TBM)과 발파시공(NATM)방

식으로 공사를 벌여 경상북도와 충청북도를 분단하는 험준한 소백산 자락이 죽령을 관통시켰다.

이번 관통으로 죽령터널공사는 본격적인 활기를 띠것으로 기대되며 앞으로 죽령터널은 상·하행선 별로 각2차별로씩 분리시공된다.

죽령터널 공사는 국내 최장의 길이를 자랑하는 때문에 발생하는 환기 문제가 최대 난제로 대두되고 있다.

때문에 죽령터널의 환기 방식은 대구 방향은 집진기 부착 종류식으로 춘천방향은 수직갱 송배기 종류식으로 각각 시공된다.

이 수직갱은 높이가 142m, 직경이 7.5m 규모로 국내 고속도로에서는 최초로 시도되는 Raise Clrber 공법을 도입해 시공한다.

또 죽령터널에는 대형차, 소방차, 구급차 통행 및 운전자, 승객대피용인 피난 연락갱 6개소가 약

550~ 650m간격으로 설치되며 터널내에서 화재나 기타의 사고가 발생했을 때 사고발생과 동시에 터널관리소에 통보되어 2차적인 사고 및 화재가 발생치않도록 터널의 안전관리에 대한 방재설비(통신, 비상경보, 소화, 배연, 피난, 비상용 전화)등이 갖추어진다.

특히 죽령터널은 뛰어난 자연환경을 갖고 있는 소백산국립공원에 위치하고 있으므로 자연경관과의 조화, 그리고 미관을 해치지 않도록 터널 입·출구 상부에 되메우기가 불필요한 면벽식(Arch Wing)개문 형식으로 건설된다.

오는 2002년 완공될 죽령터널은 터널개통시 단양 IC에서 풍기 IC간 운행 시간이 종전 50분에서 10분으로 40분 가량 단축될 것으로 기대된다.