

화약을 이용한 응용기술 소개

공 창식, 이 상철

두산중공업

1. 서론

화약의 발명은 1242년 영국의 로저 베이컨(Roger Bacon)이 흑색화약 개발과 베솔드 슈바르츠(Bethold Schwarz)가 포를 발명하여 돌을 발사하기 위해 흑색화약을 처음 사용한 이래 1867년 노벨이 다이나마이트를 발명하고, Ohlsson 과 Norrbein 은 질산암모늄(AN)을 발견, 그것을 이용하여 질산암모늄 폭약을 개발하는 등 꾸준한 연구개발을 통하여 화약을 발달시켜 왔다. 이와 같이 연구개발에 의한 성능이 우수한 화약의 출현으로 토건 분야에 적용되는 등 많은 발전을 이루어 왔으나, 대부분 암석발파 등의 토건분야와 군사적인 목적에 제한적으로 사용되어 왔다. 화약이 산업에 적용된 것은 20세기 초에 화약의 폭발압력을 이용한 폭발용접 기술에서 출발하여 폭발 확관 기술, 이종금속 간의 폭발 크래딩 기술 등의 많은 분야에 기술을 개발하여 일부 적용하였다. 국내의 경우에는 거의 토건이나 군사용으로 화약을 개발하여 사용되었을 뿐 산업으로의 개발 및 적용은 1990년대 한화(株)의 폭발 크래딩 기술에 의한 제품 제작 및 두산중공업(株)의 튜브 폭발확관 기술개발에 의한 적용이 전부로 폭발 응용기술개발이 거의 이루어지지 않았다고 할 수 있다.

본 논문에서는 화약의 폭발력을 이용한 응용기술 중 토건분야 등은 간단하게 기술하고, 주로 산업용으로 사용되는 응용기술에 대해 사용방법과 사용 분야 등에 대해 기술하였다.

2. 폭발응용기술

2.1 토목, 건축분야

2.1.1 암반 발파

현재 화약을 가장 많이 사용되고 있는 분야가 암반 발파라고 할 수 있을 것이다. 암반 발파는 터널이나 도로 설치 등을 하기위해 지하나 산에 있는 암반을 절취하거나 파쇄하는 목적으로 수행하는 발파기술로서 현재 발파의 정확성과 소음 및 진동 등을 최소화할 수 있는 제어발파 등의 많은 연구가 진행 중이며, 향후에도 많은 연구가 진행될 것으로 사료된다.

2.1.2 건물 발파 해체

건물 발파해체는 기존 암반 등을 파쇄하는 목적으로 사용하던 화약을 건물을 붕괴하는데 사용 함으로서 해체기간이나 비용을 절감하는 등의 경제적인 이익의 발생으로 적용되기 시작하여 일반 콘크리트 구조물의 경우 기계 장비의 투입에 의해 해체하는 방법과 비

교 검토하여 요구사항을 만족할 경우 적용되고 있으며, 국외의 경우보다 국내의 경우 극히 소량의 건물해체에만 적용되고 있는 실정이다. 이는 국내의 건물의 경우 기초가 비교적 취약하고, 화약이라는 위험물에 국민의 인식부족 및 민원 발생 시 해결하는 보험 제도 등이 아직 선진국에 비해 미비하기 때문일 것으로 사료된다. 향후에는 정밀 제어발파 기법 등의 개발로 인접 건물에 거의 영향을 미치지 않는 기술이 필요할 것으로 사료된다.

2.1.3 철 구조물 발파 해체

공장이나 발전소 및 변전소 등은 일반 구조물이 철근 콘크리트 구조물인데 반해 주로 철 구조물인 빔이나 앵글 등이 용접이나 접합으로 구성되어 있다. 이러한 구조물의 경우 일반적으로 산소절단 등의 기술을 사용할 경우 환경적인 문제와 경제적인 측면에서 많은 문제를 야기 함으로서 최근에는 플라즈마를 이용한 해체공법이나 워터 젯트 공법 및 성형폭약에 의한 발파해체 공법이 일부 적용되고 있는 실정이다. 대형 공장이나 발전소 등의 해체에는 성형폭약을 활용한 발파해체 공법이 외국의 경우에 많이 적용되고 있으나 국내의 경우 공장이나 발전소 등의 해체에 적용하기 위해 노력하고 있는 실정이다.

2.2 금속 분야

2.2.1 폭발 크래딩 기술

폭발 크래딩 기술은 1 차 세계대전 중 폭발물의 폭발로 인해 Casing 이 인접 금속류에 접촉되는 현상을 보고 개발된 기술로서 금속 플레이트와 플레이트를 일정간격과 각도를 두고 설치한 후 금속류의 음속보다 낮은 폭발속도를 가지는 화약을 기폭시킴으로 폭발 압력에 의해 상부 플레이트가 가속되어 하부 플레이트와 충돌에 의해 액체와 같이 거동하는 Jet 의 발생으로 금속과 금속을 기계적으로 연결해주는 Wave 형 용접이다. 이 용접은 일반 아크 용접보다 접착강도가 우수하고 열영향 부위가 없어 건전성이 우수하며 용융용접이 불가능한 금속간에도 접합이 가능하다는 장점이 있으나 제작 기술이 정교하고 정확해야 하며, 비교적 넓은 작업장을 구비해야 한다는 단점을 가지고 있다. 현재 플레이트 간의 폭발용접 기술은 국내의 경우 한화(주)에서 작업장을 구축하고 기술개발을 주력하여 일부 적용하고 있으며, 해외에는 일본의 Asahi Chemical(株), 미국의 일부 화약회사에서 제작하고 있다. 폭발 크래딩 원리는 아래 그림 1에 나타냈다.

2.2.2 폭발 용접 기술

폭발용접기술은 폭발 크래딩 기술과 동일한 기술이나 튜브(파이프)와 플레이트의 용접, 파이프와 파이프 간의 용접 등으로 튜브를 플레이트 홀에 간격과 각도를 가지도록 설치한 후 폭발 시킴으로 폭발력에 의해 접합시키는 공정이다. 파이프와 파이프간의 용접도 동일한 공정으로 제작하는 기술이다. 튜브를 플레이트 홀에 폭발용접 함으로서 용융용접이 불가능한 재질간의 접합이 가능하며, 경제적인 측면도 우수한 것으로 보고되고 있다. 튜브 내에 화약을 설치하는 공정이 제한되고 있으나 영국의 YIMPACT 사의 경우 열교환기류에 적용하여 제작한 실적이 있다. 파이프와 파이프 간의 폭발용접의 경우에도 튜브시트와 튜브 폭발

용접과 유사하게 일정 각도를 형성하도록 배열하여 기폭할 경우 폭발용접을 할 수 있다. 튜브와 플레이트간의 폭발용접 원리도는 그림 2에 나타냈다.

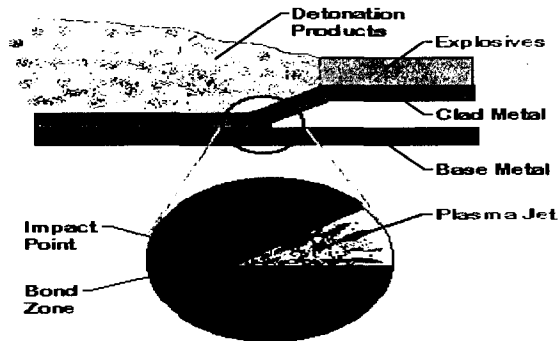


그림 1. 폭발 크래딩 원리

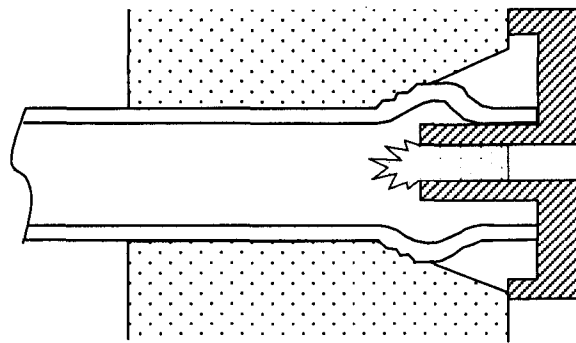


그림 2. 튜브시트와 튜브 폭발용접 원리도

2.2.3 폭발 확관 기술

폭발 확관 기술은 폭발용접 기술에서 금속간의 용접을 형성할 수 없는 화약을 사용 함으로서 튜브나 파이프의 외경을 팽창시켜 플레이트 홀 내에 밀착을 시키는 기술이다. 폭발확관 기술의 경우 두산중공업(주)에서 1991년 기술을 도입하고, 변경 개발하여 현재까지 발전 및 산업용 열교환기류의 폭발확관 작업을 수행하고 있다. 폭발 확관 기술은 직경 9mm 정도의 작은 튜브에서 직경 300mm 이상의 대형 파이프까지 많은 적용이 되고 있다.

폭발 확관 기술의 중요사항은 확관에 필요한 화약 설정과 완충재의 균일성 및 화약의 정확한 설계에 의한 확관 기술이 제품의 품질을 좌우 함으로 매우 정밀한 작업이라 할 수 있다. 아래 그림 3은 두산중공업(주)에서 열교환기의 튜브와 튜브시트의 폭발확관 장면이다.

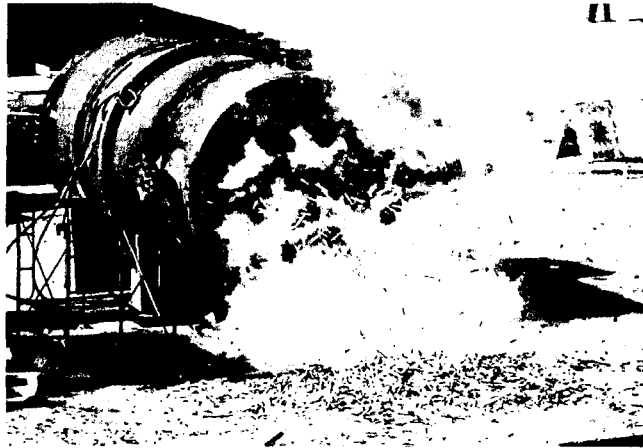


그림 3. 열교환기 튜브와 튜브시트 폭발확관 작업

2.2.4 폭발 성형 기술

폭발 성형 기술은 화약의 폭발력을 이용하여 금속류를 원하는 형상으로 성형하는데 이용하는 기술로서 폭발압력의 균일한 전파를 위해 주로 수중에서 작업을 수행하고 있다. 폭발 성형 기술은 비교적 크고 복잡한 형상을 가지며 구조가 비교적 대칭인 구조를 성형하는데 적합하다. 그러나, 작업 공간이 제한되고 고도의 기술자가 필요하며 많은 제품 생산은 어렵다는 단점이 있으므로 국내의 경우 거의 사용되지 않고 있으나 영국의 경우에는 일부 적용되고 있다. 단순한 폭발성형 형상은 그림 4에 나타냈으며, 성형하고자 하는 다이에 맞게 폭발 압력으로 성형하는 기술이다.

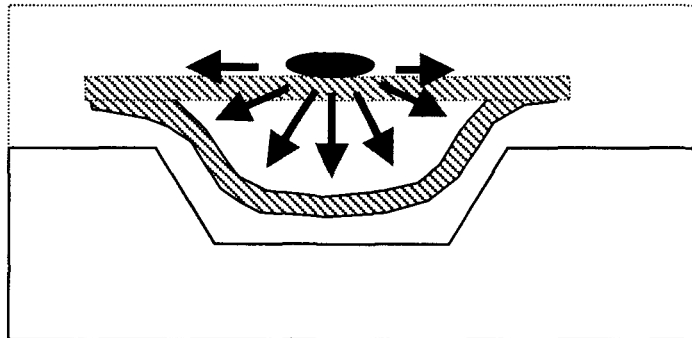


그림 4. 화약의 폭발력에 의한 금속 플레이트가 성형되는 현상

2.2.5 폭발 세정 기술

폭발 세정 기술은 화약의 폭발에 의해 발생하는 진동과 풍압을 이용하여 발전 설비인 보일러 튜브 등의 외면에 붙어있는 Ash 나 Slag 를 제거하는 기술로서 최근 미국에서 많이 이용되고 있는 기술이다. 국내에서는 울산 화력 발전소에 미국 기술진을 이용하여 한번 적용한 적이 있으며, 동해 화력 발전소에도 1999년에 미국 기술진을 이용하여 폭발 세정 기술을 적용하려 했으나 화약 사용 법규가 복잡하여 적용하지 못하였다. 폭발 세정 기술에 사용하는 화약은 도폭선이며, 도폭선을 보일러 튜브 외면에 설치하여 기폭 함으로서 폭발 진동에 의해 Slag 를 제거하는 기술이다.

2.2.6 폭발응력 제거 기술

폭발응력 제거 기술은 화약의 폭발력을 잔류응력이 존재하는 용접부위에 부가 함으로서 잔류응력을 감소시켜 구조물의 수명을 연장하는 기술로서 사용되는 화약은 보통 도폭선을 사용한다. 금속과 금속의 용접부위에는 항상 용접 열영향으로 인해 높은 잔류응력을 가지므로 이 부위에 대한 잔류응력을 감소시켜야 구조물의 수명을 보장할 수 있다. 기존의 잔류응력을 감소시킬 수 있는 방법은 열처리 방법으로서 시간이 많이 소요되고 구조물 전체적인 강성이 감소하는 단점이 있다. 그러나, 폭발에 의한 응력 제거처리 기술은 도폭선을 용접부위에 감아 폭발처리 함으로서 이 부위의 잔류응력을 감소시킬 수 있음으로 작업이 용이하고, 시간이 단축된다는 장점이 있다. 폭발 응력 제거 처리 장면은 아래 그림 5에 나타냈다.



그림 5. 폭발 응력제거 처리를 위해 설치된 화약 배열 영상

3. 결 론

화약을 이용한 폭발응용기술은 토목, 건축 분야 뿐만아니라 산업 분야에도 적용할 수 있는 기술이 많이 있다. 그러나, 사회적으로 위험물이라는 인식과 화약 사용에 대한 규제들에 의해 대부분 기술로서 소개만 되고 많은 분야에 적용이 되지 못하는 사례가 많다. 그러므로, 많은 화약 기술자의 화약에 대한 기술과 일반 공학자들의 기술을 접목하여 산업 전반에 적용하기 위한 많은 연구와 노력이 있어야 할 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

- 1) M. D. Chadwick, Evans, "Explosive welding techniques for joining steel pipes", Int'l conference 'Use of high energy rate methods for forming, welding, and compaction', University of Leed, 27~29, March 1973.
- 2) Brown, D. J. and Dunmore, O. J., "Explosive expansion od tubes in tube plates", Ibid, 19, pp1~4.