

火藥類의 特性과 用途

On The Explosives Character and Usage

李 千 植°
Lee, Chun Shik

1. 화약의 개념

가. 화약의 정의

화약을 정의하기 위해서는, 먼저 폭발물(explosive substance)이 정의되어야 한다. 폭발물이란 열역학적으로 불안정한 평형상태에 있는 화합물 또는 혼합물로서 경미한 자극에도 물리적 혹은 화학적 변화를 일으켜 주위에 급격한 압력 상승을 일으키는 물질을 말한다. 따라서, 이용가치가 있는 액체 또는 고체의 물질로서 그 일부분에 경미한 작용(가열 또는 충격, 마찰 등)을 가하였을 때 순간적으로 화학적 변화를 일으켜 막대한 용적의 가스를 방출함과 동시에 고온의 열이 발생되고 이 열로 인하여 가스가 급격히 팽창됨으로써 압력상승을 일으켜 주위의 물체를 추진, 파괴하고 다른 부분의 계속적인 분해를 유발시키는 물질을 화약류라 한다.

나. 화약류의 분류

화약류는 기준에 따라 다음과 같이 구분할 수 있다.

1. 법규에 의한 분류

- 가) 火藥 : 흑색화약, 무연화약 등
- 나) 爆藥 : 초안폭약, 니트로글리세린, 다이너 마이트 등

다) 化工品 : 뇌관, 신관, 도폭선, 도화선 등

2. 성능에 의한 분류

- 가) 高級화약류(폭약) : 맹성(猛性)
- 가) 低級화약류(화약) : 완성(緩性)

3. 造成에 의한 분류

- 가) 和合火藥類(explosive compounds)
 - (1) 무기화합물 : 질화납, 질산암모늄 등
 - (2) 유기화합물
 - 질산에스테르(-C-ONO₂)류 : NC, NG 등
 - 니트로화합물(-C-NO₂)류 : TNT, 피크린산 등
 - 니트라민화합물(-C-ONO₂)류 : RDX, HMX 등
 - 니트로소화합물(-C-NO) : 테트라센
 - 금속 유도체 : 뇌홍, 스티프니트납 등

나) 혼합화약류(explosive mixtures)

- (1) 초산염 화약류 : BP
- (2) 염소산염 혼합화약류 : Carlit
- (3) 과염소산염 혼합화약류 : Composite propellant
- (4) 액체산소폭약

4. 용도에 의한 분류

- 가) 發射藥(Gun or Rocket 추진제, BP, 무연화약)

* 韓火(株) 技術開發課長, 正會員, 技術士

나) 破壞藥

- (1) 작약(炸約) : TNT, Comp B 등
- (2) 爆破藥 : Blasting Exp, Dynamite, Kovex 등
- (3) 점화점폭약 : Detonator, Fuse 등
- (4) 점폭약 : Booster

다. 화약의 주요성질

화약의 성질은 다음 네 가지 측면에서 살펴볼 수 있다.

1. 파괴효과

파괴효과는 특정한 조건 아래에서 수행할 수 있는 일의 양이다. 그러나, 화약은 다양한 성질을 내포하고 있기 때문에 화약의 위력을 한 가지 개념으로 나타내기에는 매우 어렵다.

암석발파의 경우 경험에 의하면 단단한 암석일수록 爆速이 빠른 화약을 사용하는 것이 유리하며 연암이거나 균열이 많은 암석을 발파할 때는 폭속이 느리더라도 발생가스량이 많은 쪽이 유리하다.

화약이 폭발할 때 일어나는 현상을 설명하면 발파공 속에서 화약이 폭발할 때 발생하는 가스의 온도가 최고점에 도달하여 압력이 최대가 되기 전에 먼저 강력한 암석으로 발산된다.

즉, 암석파괴의 초기단계는 이 충격파에 의하여 초기에는 강한 압축력으로서 작용하지만 이어서 인장력으로 나타난다. 이 인장력은 自由面에서 충격파가 반사됨으로써 더욱 커진다. 초기단계에서는 발파공을 중심으로 방사형 균열대가 형성되며, 그 균열대 사이로 강한 압력의 가스가 침투해서 암석이 파괴된다.

2. 안전성

화약은 운반 또는 현장에서 사용시 우발적인 폭발로 인한 위험을 최대한 줄여야 하기 때문에 낙추감도시험, 마찰감도시험 등 엄격한 시험을 통하여 안정성을 평가하고 있으나, 발파현장에서 화약을 취급시 뇌관이 삽입된 기폭약포를 신중히 다루는

것은 매우 중요하다.

3. 起爆에 대한 감도

화약은 기폭이 용이해야 하는데 대부분의 화약은 雷官만으로 기폭이 가능하나, 어떤 화약은 보다 강력한 기폭제를 요하는 것도 있다. 그리고 기폭의 충분성 여하에 따라 화약의 폭발력은 크게 좌우된다. AN-FO는 뇌관만으로는 기폭이 안되며 다이너마이트 또는 다른 기폭제가 필요하다.

4. 저장성

화약은 장기간 저장하는 경우 膠質 다이너마이트는 제조시 형성된 기포의 전부 또는 일부가 시간의 경과에 따라 없어지므로 고화현상이 일어나며, 이렇게 되면 폭발효과는 변하지 않으나 순폭도가 저하된다. 저장온도가 높을 경우 NG가 약포지로 스며나오면서 약포가 변형되므로 사용하기 어려워진다.

혼합화약의 경우 장시간 저장하면 성분들이 분리되어 성능이 완전히 달라질 수도 있다. 그러나, 일반적으로 이러한 현상이 발생하지 않도록 화약이 제조된다. 모든 화약은 깨끗하고 건조한 곳에 저장하는 것이 중요하며 항상 가장 오래된 화약을 먼저 사용토록 하고 가능한 한 저장기간을 줄이는 것이 바람직하다.

2. 산업용 화약

산업용 화약에 대해서는 국내에서 생산되고 있는 제품을 위주로 설명하기로 하며 편의상 화약구분은 성분에 의한 분류로 한다.

가. 혼합화약류

2~3종의 非爆性물질이 혼합하여 폭발성을 갖는 것을 가리킨다.

1. 흑색화약(Black Powder)

硝石(KNO_3) 40-80%, 유황(S) 3-30%, 木炭(C) 10-40%의 배합범위로 제조되며 입자 크

기에 따라 용도가 달라진다. 粉狀이면 導火線용, 球狀이면 암석발파용, 粒狀이면 發射용(혹은 用)으로 사용되며, 소량이면 연소되지만 다량이면 폭연된다. 발화점은 분상일 때 265℃, 입상일 때는 275℃이다.

2. 초안폭약

초안(硝安)을 기제로 하며 銳感劑로 NG, DNT, 減熱소염제로 식염, 염화加里, 가연물로 澱粉 또는 木粉이 사용되며, 폭발온도는 약 2,000℃이며 固化경향과 흡습성이 크다. 발화온도는 225℃이며 주로 채석장 또는 탄광에서 사용된다.

이 밖에 아마톨(amamol)은 초안과 TNT가 8 : 2 또는 4 : 6으로 혼합된 것이며, 암모날(ammonal)은 초안, 알미늄, TNT가 22 : 11 : 67로 혼합된 것이나 현재 사용되지 않고 있다.

3. 과염소산염 혼합화약류

과염소산염(KClO₄, NH₄ClO₄ 등)을 기제로 한 폭약으로 카리트(carlit)가 이에 속한다. 충격, 마찰에 예민하여 취급에 주의를 요하며 염산개스가 발생하여 抗 내에는 부적당하다.

4. AN-FO(초유폭약)

초안을 기제로 하고 여기에 경유를 혼합한 폭약이다. 흡습성이 커서 장기 저장에 부적당하며 水工에 사용할 수 없다. 경유와의 혼합시 혼합기의 회전 횟수에 따라 혼합 정도가 달라지고 따라서 폭발감도도 달라진다. 또한 질산 암모늄의 표면에 대한 규조토의 피막 여부에 따라서도 폭발감도가 달라진다. 취급이 안전하고, 사용현장에 원료를 운반하여 제조사용할 수 있으며, 값이 저렴하고, 기폭만 되면 종래의 폭약과 동등한 위력을 발휘하는 특징이 있다. 주로 석회석 광산이나 채석장 등 항 외에서 사용된다.

5. 슬러리폭약

AN-FO와 같이 초안을 主劑로 하고 다량의 물을 함유하는 것이 특징이다. AN-FO의 경우 물이 있는 곳에서 사용이 곤란한 결점을 보완하고자

1960년초 미국의 M.A. Cook가 질산암모늄과 물 및 압착된 TNT를 예감제로 하는 죽형태의 유동성 폭약을 고안하여 물기가 있는 곳에서도 사용할 수 있게 하였는데 그 형상을 따라 슬러리폭약이라고 이름붙였다. 슬러폭약은 고체성분이 물 속에 현탁되어 콜로이드상태로 gel化한 것으로 gel 중에 미세한 기포를 분산시키는 것이 있어 뇌관에 의해 기폭되기 쉬운 조건을 형성하고, 예감제로 MMAN, 가교제 등이 혼합되어 있다. 또한, 물을 함유하고 있으므로 안전하고 화염을 붙여도 폭발하지 않고 耐水性和 後가스가 양호하다.

나. 화합화약류

1. 니트로 글리세린(NG)

글리세린을 황산 및 질산의 혼산으로 硝化하여 만들며 순수 NG는 상온에서 무색, 무취의 투명한 무거운 폭발성 액체로 충격, 마찰에 매우 예민하다. 응고점은 8~13℃이고, 발화점은 205~215℃이며, 가성소다 수용액에 의해 분해된다.

2. 니트로 글리콜

니트로글리세린 제조법과 같으며 NG와 비슷한 油狀액체로서 점도는 작고 휘발성이 높다. 응고점은 -22.8℃이고 難凍 다이너마이트를 만드는 데 사용된다.

3. 면약(Nitro Cellulose)

면을 황산과 질산의 혼산으로 초화하여 만들며 충격, 마찰에 예민하고 점화시키면 폭연한다. 자연 분해성이 있으며 발화점은 195~205℃로 다이너마이트의 원료로 사용되며 아래와 같은 종류가 있다.

강면약 : 질소량 13% 이상(발사약)

약면약 : 질소량 10~12%(다이너마이트)

취면약 : 질소량 10% 이하(셀룰로이드용)

4. Pentrit(PETN)

penta erithrit를 혼산하여 초화해 만들며 백색 분말의 결정형이며 발화점이 185~200℃로서

NG에 비해 충격, 마찰에 둔감하나 뇌관에 의해 폭발된다. 도폭선의 芯藥과 뇌관의 爆藥 등에 사용된다.

5. 디디엔피(DDNP)

피크린산, 가성소다, 아질산소다, 황산 등으로 제조하여 황색 미세결정으로 융점은 158℃, 발화점은 170~180℃로 기폭약으로 최대의 위력을 발휘한다.

6. 아지화연

아지화소다의 수용액에 질산연 또는 빙초산연의 수용액을 가하여 제조하며 무색 침상결정으로 발화점은 320~350℃이다. 수중에서도 폭발하며 뇌관의 기폭약으로 사용된다.

다. 다이너마이트류

다이너마이트는 1876년 알프레드 노벨이 NG의

폭력을 유지시키면서 안정성을 높인 矽藻土 다이너마이트를 발명한 이래 사용목적에 따라 다양한 종류로 발전되어 왔다.

다이너마이트는 발달순서에 따라,

- 규조토 다이너마이트
- 암모니아 다이너마이트
- 교질 다이너마이트(gelatine dynamite)
- 암모니아 교질 다이너마이트

등으로 구분할 수 있는 국내에서 생산하고 있는 제품은 Ammonia Gelatine Dynamite로 NG에 소량의 NC를 첨가하여 질산암모늄에 넣어 만든 것으로 위력이 커서 암석 발파에 널리 사용되고 있다.

별첨 1은 국내에서 생산하고 있는 제품의 제원을 도표화한 것이다.

[별첨 1]

품 목	약상	내수성	가비중 (g/cc)	S-T (%)	순폭도	낙추감도 (cm)	후가스	폭속 (m/sec)	화약력 (ℓ , kg/cm ³)	포장규격				
										약경	길이(m/m)	중량(gr/톤)	단위(톤)	
다이 나마 이트	고성능	교질	양호	1.4	80	4배 이상	15	우수	5,500	10,200	φ25%	218	125	200
											φ50%	400	1,000	25
이트	일반용	교질	우수	1.3	70	4	15	양호	5,500	9,000	φ25%	218	125	200
											φ28%	271	200	125
											φ36%	400	500	50
											φ50%	400	1000	25
초안 폭약	일반용	분상	보통	1.0	65	2	15	양호	3,500	7,500	φ28%	261	s156.25	160
	탄광용	분상	보통	1.0	65	2	15	우수	3,500	7,500				
향수 폭약	k-100	Gel	우수	1.1	65	1	100	Class1	4,500	7,600	φ25%	433	250	100
											φ28%	350	250	100
	k-300	Gel	우수	1.0	55	1	100	Class1	3,500	8,500	φ28%	390	250	100
											k-700	Gel	우수	1.2
ANFO	입상	불량	0.9	65	-	-	Class3	2,800	9,600	Bag : 25kg, Bulk : 10M/T				
정밀 폭약	I	반교질	양호	1.2	47	-	15	우수	3,700	4,400	φ17%	510	125	2200
											II	분상	양호	1.05
φ28%	665	390.63	64											

3. 화약류 취급시 안전사항

현장에서 화약을 취급할 때 소홀하기 쉬운 “靜電 氣 재해 방지대책”과 “발파안전”에 대해 설명하기로 한다.

가. 정전기에 의한 발파재해의 방지대책

1. 복장

작업복, 내의, 양말 등은 帶電하기 쉬운 화학섬유를 피하고 면 같은 흡습성으로 導電性이 있는 섬유로 만든 것을 착용한다. 그리고, 신발도 될 수 있는 한 고무장화 등의 절연성이 높은 것을 피하고 도전성이 있는 정전기용 안전화를 신도록 한다.

2. 천공작업

천공중의 岩粉은 구멍에서 나올 때 돌가루의 마찰 등으로 정전기가 발생하여 대전되어 있으므로 천공작업 장소에서는 전기뇌관이나 기폭약포를 격리시켜야 한다.

3. 기폭약포 제작

가) 작업장소

기폭약포를 만드는 장소는 고무호스, 비닐파이프, 송풍관과 같이 정전기가 대전하기 쉬운 부근을 피해야 한다. 또한 철관, 레일 등 전류 누전의 위험성이 있는 곳의 부근은 절대 피하도록 한다.

나) 맨손의 접지

기폭약포를 만들기 전에는 필히 맨손으로 지면 등에 손을 대어서 신체의 대전을 제거한다. 특히 장전기로 AN-FO를 장전할 경우 주위에는 대전된 AN-FO의 미립자가 널리 부유할 수 있으므로 주의해야 한다. 기폭약포 제작시 만약 대전입자가 전기뇌관이나 작업자의 신체에 붙는다면 전하가 축적될 가능성이 높으므로 이것을 제거하기 위해서 작업 도중에도 종종 맨손으로 접지를 실시할 필요가 있다.

다) 각선의 취급

전기뇌관의 각선이나 보조모선을 취급할 때 각선을 훑어내지 않도록 한다. 특히, 고무나 비닐로 피복된 장갑으로 각선을 훑어내리면 정전기가 대전하

기 쉬워 위험하므로 가능한 한 맨손으로 취급해야 한다.

4. 발파공의 소재

발파공을 에어호스로 소재할 경우는 호스 또는 분진에 정전기가 대전될 수 있으므로 전기뇌관을 가까이 하여서는 안된다.

5. 기폭약포 장진과 결선

가) 맨손의 접지

기폭약포 장진시에는 맨손으로 접지를 실시한 후 작업을 시작한다.

나) 장진봉

장진봉은 PVC 등 정전기가 발생, 대전하기 쉬운 것은 피하고 목재나 혹은 半導電性의 물질을 사용한다.

6. 殘留藥의 회수

殘留 화약류 등을 회수할 경우 에어플로우(air flow)를 하면 정전기가 발생하여 전기뇌관이 폭발할 우려가 있으므로 새로운 기폭약포로 순폭시키거나 물호스를 이용하여 회수한다.

나. 落雷에 의한 전기뇌관의 폭발 및 대책

1. 雷의 영향

뇌에 의한 전기뇌관의 폭발은 뇌가 직접 전기뇌관이나 발파의 결선회로에 떨어지거나 또는 뇌에 의해서 각선이나 발파결선 회로에서 발행하는 유도전류에 의해 폭발하는 경우가 많다.

낙뢰는 여러 가지 파장의 전파를 발생하고 전기뇌관의 각선이나 발파 결선회로에서 유도전류를 일으킬 수 있는데 이 유도전류가 전기 뇌관의 발파전류 이상이 되면 폭발하게 된다. 이 경우 발파 결선회로를 短絡하지 않으면 전기뇌관은 폭발 부분과 비폭발 부분으로 나누어 진다. 이와 반대로 발파의 결선회로를 단절시키면 이 회로의 전기뇌관이 전부 폭발할 염려가 있다.

유도전류에 의한 전기뇌관의 폭발방지를 위해서는 단락시키면 loop안테나의 역할을 하게 되어 뇌전파를 받기 쉬워진다. 뇌에 의한 유도 전류가 발생할 기회를 적게 하기 위해서는 발파결선회로를

열어두는 것이 바람직하다.

또한, 발파결선회로의 전연장이 뇌방전에서 일어나는 전파의 반파장과 일치했을 때 생기는 유도전류는 회로 양단의 전류가 zero이며, 전압은 최대가 되고 역으로 회로 중간은 전류가 최대이고 전압이 최소가 된다. 발파결선 회로의 길이가 전자파장이 1파장으로 동조되어 생기는 유도전류는 회로의 양단과 중간이 전류가 제로이며 전압은 최대이고 그 중간이 전류는 최대로 전압이 최소가 된다.

2. 낙뢰에 의한 재해방지대책

가) 日氣상황의 파악

계절적으로 뇌 발생상황을 잘 조사해 두고 발파작업 당일의 일기예보에 주의하도록 한다.

나) 뇌의 탐지약

현장에서 뇌의 탐지를 파악하기는 어려운 입장이나 국내 석회석 광산에서 보유중인 낙뢰경보기를 설치한다면 낙뢰에 의한 피해를 예방할 수 있다 (별첨 2의 낙뢰탐지시스템 참조).

【별첨 2】

낙뢰탐지기

落雷探知機는 발파현장 내지 위험물을 다루는 현장에서 낙뢰의 발생을 미리 예견하여 위험에 대비할 수 있도록 하는 데 목적이 있다. 즉, 현장 주변의 大氣중 靜電氣 조건을 분석하여 낙뢰발생가능성에 대한 합리적인 정보를 제공하여 주는 일종의 측

정시스템으로서 구성, 기능 및 제원면에서 상술하면 다음과 같다.

1. 구성

1) 感知장치(Sensor Unit)

옥외에 설치하며 아래와 같은 구성품들이 있다.

- Field Mill : 대기중의 靜電氣場 강도를 측정
- 안테나 : 뇌의 순간정과 雷聲의 음폭을 측정하며 2개로 구성되어 있음.

Field Mill과 안테나는 신호케이블로 연결되어 있으며 최대허용거리는 300m임.

2) 중앙통제장치(Central Unit)

실내에 두는 것이 원칙이나 만약 옥외에 두는 경우 비나 눈을 피할 수 있는 천정이 있는 곳에 설치하도록 한다. 감지장치로부터 오는 신호를 받아 분석, 예보하는 장치로서 아래와 같은 구성품들이 이루어져 있다.

- 통제판과 신호판이 부착되어 있는 AI케비넷
- 流入되는 신호를 분석하는 전기장치
- 동력공급회로
- 외부경보를 조절하는 전기장치
- 기록계

3) 외부경보장치(External Alarm Unit)

외부경보장치 모델의 하나인 VSYL2의 배치를 보면 그림 a)와 같다.

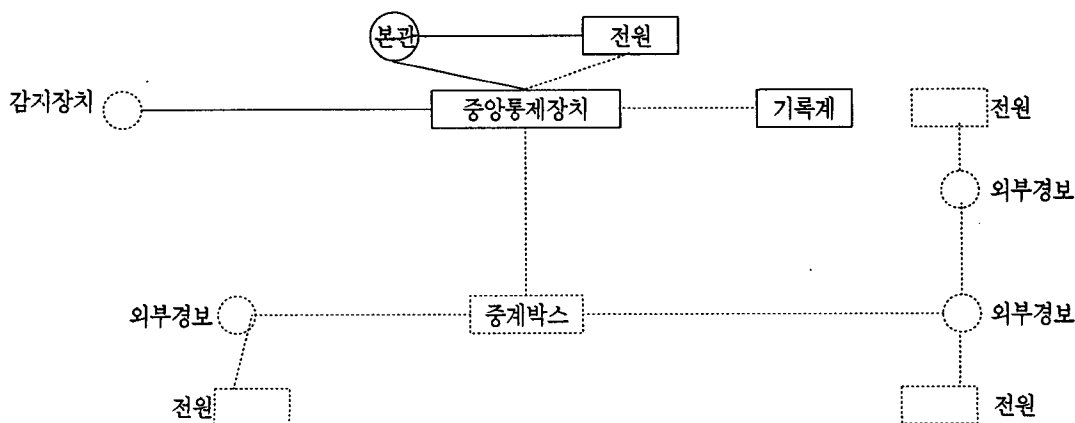


그림 a. 외부경보장치 배치도

2. 기능

1) 뇌의 종류

- 위험지역으로 들어선 뇌
 - 위험지역으로 들어서려고 하는 뇌
 그때 최초의 뇌방전이 인접지역에서 발생할 수 있음
 - 비나 눈의 형태로 정전기적으로 충전된 뇌
- 타입 1은 Field Mill과 라디오파 안테나에 의해

관찰지역 내에서 뇌방전에 의한 전자기 방사가 추출 기록된다.

2) 경보시스템

- 황색경보 : 램프에 황색점등 - 대기중의 전 기조건이 비정상적임. 일시적인 현상일 수도 있으나 뇌가 접근하면 다음 단계인 적색 경보로 이어짐

* 중북유럽에서의 황색, 적색 경보 운영예

경 보	상 황	비 고
황색경보	전자기장 1.5KV/m 이상 또는 15km 반경 내 뇌발생	뇌성 없을 때
	전자기장 3KV/m 이상 또는 15km 반경 내 100초 사이에 뇌 2회 발생	뇌성 있었을 때
적색경보	황색경보 발효상태에서 15km 반경 내 뇌발생 또는 전자기장 4.5KV/m 이상	뇌성 없을 때
	전자기장 3KV/m 이상	뇌성 있을 때

3. 제 원

모 델	구 분	규 격	중량	성 능
VSL2 낙뢰시험기	중앙통제장치	400×240×145mm	10kg	전자기장 측정범위(통상)±5KV/m 측정범위(특수)내부스위치 ±1KV/m 계측측정치 오차범위±20% 전원 : 110V, 220V 전원 또는 12V 건전지
	Field mill	φ190 및 85mm 길이 360mm	3kg	
	안테나	2개 φ45mm 길이 1,000mm	3.5kg	
	받침다리	φ250mm 길이 550mm	6kg	
총중량(50m 단선케이블 포함시) 약 30kg				
VSYL2 외부 경보장치	경보기	450 300 200mm	4.5kg	사운드 레벨 122-127dB A 주파수 1.9~2.6KHz 조정주파수 3HZ 전원 : 12V DC
	스탠드	2개 φ45mm 길이 1,000mm	3.5kg	
	받침대	φ250mm 길이 550mm	6kg	
총중량(100m 연결케이블 포함시) 약 25kg				

- 적색경보 : 램프에 적색점등-10분 이내 에 낙뢰의 위험이 있음. 부저작동-부저는 수동차단 가능 전기장의 강도는 중앙 통제장치의 전면 미터기에 직접 표시된다. 또한 중앙통제장치에는 기록계 VSSI2가 연결될 수 있다.

이 기록계는 장의 강도, 뇌, 황색 및 적색 경보신호를 표시한다. 기록계 모델 VSSI2B는 또한 전자기 소음레벨도 측정 가능하다.

다) 낙뢰시의 발파

불가피하게 발파를 해야 할 경우는 전기발파를 피하고 도폭선이나 비전기식 뇌관(Nonel)을 이용한 발파를 행하는 것이 좋다.

다. 強風대책

강풍시에는 전기뇌관의 각선이나 발파결선 회로에 정전기가 대전할 염려가 있으므로 이러한 기후 불량시에는 가능한 함 전기발파를 피하도록 한다.

라. 무선전파에너지(RF Energy) 대책

라디오, TV, 무전기, 레이더, 방송국, 중계소 등에서 방사시키는 전기에너지는 공중으로 전파, 이동한다. 이러한 전기에너지를 RF에너지라고 하는데 무선전파와 동조를 일으킬 때는 발파회로에 큰 전류가 흐르며 전기뇌관을 발파시키는 데 충분한 에너지가 발생하게 된다. 그러나, 실제로는 무선전선에너지로 인하여 뇌관이 기폭하려면 우선 발파현상 근처에 고압 송신안테나가 있고 또한 발파회로가 실질적인 수신안테나 역할을 하여 동조회로가 형성되고 동조된 에너지가 회로에서 뇌관으로 효율적으로 이동하여야 하는 등 제한조건이 충족되어야 하기 때문에 이러한 현상이

원인이 되어 사고가 발생할 확률은 높지 않다. 우리나라에서는 아직까지 RF에너지로 인하여 뇌관이 폭발한 실례는 확인된 바 없으나 외국에서 RF에너지에 의한 뇌관 폭발사고가 종종 발생하여 이의 예방대책을 세우고 안전거리를 설정하는 등 다각적으로 대처하고 있다.

RF에너지에 대한 예방대책은 다음과 같다.

- 발파작업현장의 가까운 곳에 방송국, 무선국이 없는지 살펴본다. 또한, 앞으로 새로운 국이 설치되는 곳은 없는지 주의하여 둔다.
- 자동차에 무선기가 탑재되어 있을 때는 발파현장에 접근하면 안 된다. 발파현장에 타고 들어올 때는 무선기의 스위치를 끄도록 한다.
- 발파모선은 비닐코드로 하고 loop가 되지 않도록 한다.
- 발파현장 가까이에 방송국, 무선국 등이 있을 때는 안전거리를 지켜 발파작업을 수행하여야 한다. 이것은 전파의 형식에 따라 다르지만 각각의 무선전파의 종류에 따라 안전거리가 설정되어야 한다.

〈안전거리표〉

① AM라디오 방송국(0.535-1.605MHz)

안테나 출력(W)	4,000	5,000	10,000	25,000	50,000	100,000	500,000
안전거리(m)	230	260	370	610	860	1,200	2,700

② 무선국(30MHz 이하)

안테나 출력(W)	100	500	1,000	5,000	50,000	500,000
안전거리(m)	250	550	750	1,700	5,200	17,000

③ 이동안테나(Mobile transmitter)

안테나 출력(W)	안 전 거 리 (m)				
	MF(MHz) 1.6~3.4	HF(MHz) 28~29.7	VHF(MHz) 35~36, 42~44	VHF(MHz) 150.8~161.6	UHF(MHz) 450~470
10	15	40	15	5	5
50	30	70	30	10	5
100	40	100	50	15	10
180	40			20	15
250	65	150	70	25	15
500	90		90		
600	100	240	100	40	20
1,000	125	300	130	50	30
10,000	400		400		

④ VHF텔레비전(FM 라디오 방송국)

안테나출력 (W)	안전거리(m)	
	채널2-6, FM방송	채널 7-13
1,000	310	230
10,000	550	400
100,000	980	700
316,000	1,300	950
1,000,000	1,800	1,250
10,000,000	3,100	2,300

⑤ UHF텔레비전

안테나 출력(W)	거리(m)
10,000	85
1,000,000	610
5,000,000	920
10,000,000	1,850

마. 고압선(High Voltage Power Line)

고압선 근처에서 발파작업을 수행할 때는 발파회로가 고압선에 의하여 손상되지 않고 발파 후 고압선도 손상되지 않도록 세심한 배려가 필요하다. 대

부분의 고압선은 3~5개의 導線이 사용된 교류시스템이다. 일반적으로 고압선의 최상단부 전선은 중립도체의 역할을 하며 철탑이나 전신주 등에서 지면에 접지되어 낙뢰로부터 도선을 보호하는 역할을 한다.

발파회로에 대한 고압선의 영향에는 다음의 세 가지가 있다.

① 용량결합 및 유도기전

고압선의 전자장에 의하여 발파회로에 유도되는 전기에너지

② 누설전류

중립도체 전선을 통하여 흐르는 전류가 고압선 전체의 평균보다 낮을 때는 약간의 불균형 전류가 존재하게 된다. 이 불균형 전류는 접지된 청탑 또는 전신주 등을 통하여 지표로 누설된다.

③ 폭발에 의하여 회로에서 분리된 배선

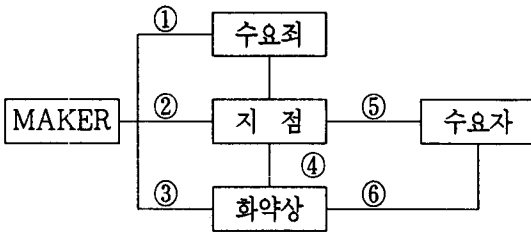
발파모선이나 기타 회로배선의 일부가 폭발력에 의하여 공중으로 튀어올라 고압선에 접촉되는 수가 있다. 이때는 동력선에 누전이 일어날 수 있는데 동력선을 전원으로 사용하므로 발파에서 일어나기 쉬운 가장 큰 위험은 이것이다. 그러므로 발파위치

에서 고압선까지의 거리는 모선과 각선을 합한 거리가 모선과 각선을 합한 거리 이상 떨어져서 발파하지 않으면 안 된다.

다음은 고압선의 전압에 따른 고압선과 발파회로 사이의 안전거리다.

전압(KV)	70	100	130	220	400
안전거리(m)	22	-	30	40	60

4. 화약의 획득



화약류 판매는 화약류 저장소를 갖춘 수요자 ①, ⑤에 대한 메이커의 직판과 화약류 저장소를 갖추지 못한 수요자 ⑥에 화약판매상에 의한 판매가 있다. 수요자 ①, ⑤는 총포·도검·화약류 단속법 제 25조에 의거 화약류 저장소 허가를 필한 수요자로서 사용허가, 양도, 양수 허가, 운반신고를 마친 경우에는 메이커에서 직접 구입할 수 있다.

수요자 ⑥은 화약류 저장소가 없는 경우로 화약류 저장소 설치허가를 필한 화약판매상으로부터 화약류 일일공급 계약을 맺어 사용허가를 관할경찰서로부터 허가를 받아 구매할 수 있다(단, 하루 사용하고 남은 화약은 화약판매상에게 반납하여야 한다).

국내의 경우 전국 7개 도시에서 수요자와 화약 판매상에 화약을 공급하고 있으며 각 지점 지역까지의 운반비는 다음과 같다.

용두리	부산	광주	천안	점촌	제천	태백	동해
550	1,450	1,300	600	1,200	1,150	1,350	1,750

또한 1991년 11월 현재 화약류 가격은 별첨 3과 같다.

5. 화약류에 관한 최근의 신제품

가. 非電氣式 뇌관(Nonel)

Nonel은 스웨덴의 Nitro Nobel사에서 개발한 비전기식 기폭 system으로 단발전기 뇌관과 도폭선의 장점을 취합한 것이며 극히 미세한 도폭선을 전기발파시 母線과 各線에 대신하여 사용하는 방법이다. 비전기식 뇌관은 국내에서도 '93년초에 보급을 목표로 개발이 거의 완료된 상태이다.

비전기식 뇌관의 특징을 보면

- 미주전류, 정전기, 뇌, 전파 등에 안전한다.
- 뇌관 내부에 연시장치를 가지고 정밀한 초시로 단발발파가 가능하다.
- 무한의 단수로 발파 가능하다.
- 연결관을 사용함에 따라 극히 단초시의 단차가 일어나지 않으며 발파진동의 제어에 활용된다(NN·AB는 UNIDET, ICI는 Trunkline delay).

- Nonel Tube의 폭음은 극히 적어 인근 물체에 아무영향을 주지 않는다. 폭약과 접해 있어도 폭약은 기폭이 안 되며 ANFO 中을 통과해도 사압 등의 영향을 주지 않는다.

나. HERCUDET 뇌관

HERCUDET는 미국 Hercules사에 의하여 1973년 개발된 비전기식 발파기폭 system이며 HERCUDET 뇌관은 전기적인 발파기구 없이 때문에 정전기, 미주전류, 뇌 등에 의한 영향을 받기 어렵다.

이 뇌관은 전기뇌관의 각선 대신 가는 tube가 부착되고 점화 쪽 부분은 공간으로 되어 있다. 발파회로는 tube를 접속함으로써 형성되며 이 회로에 전용 bottle box에서 산소와 연료가스를 일정 혼합비로 보내 전용발파기로 점화하는 방식이다. 즉 혼합된 가스는 발파회로에 충전 전에는 회로가 기폭되지 않으며 점화는 혼합가스에 전용발파기의 spark에 의해 행해진다.

점화 후 가스폭발 반응은 2,500m/s로 진행되며 뇌관에 전달된다.

그러나, HERCUDET뇌관은 가스연료통을 가지고 다니는 불편함 때문에 널리 보급되지 못하고 있다.

다. MBS 뇌관

MBS는 Electro magnetic Induction Blasting System(전자유도 발파 시스템)의 약어로 일본유지에서 전자유도 원격 기폭 시스템(RCB System)과 병행하여 수중발파 전용 기폭 System을 연구 중 이것을 터널발파 등을 포함, 범용성 있는 system를 끼워 전자적으로 전기뇌관의 loop부(2차 coil)에 유도전압을 발생시켜 뇌관을 기폭시킨다.

MBS는 전기에너지와 정전기로부터 차단되므로 안전하며, 수중발파, 물이 분출하는 곳에서도 사용 가능하며 결선부가 없어 수중발파에 특히 유리하다.

라. Emulsion 폭약(EMX)

Emulsion폭약(이하 EMX로 칭함)은 Commercial Solvents사의 1961년 R.S.Egly등의 발명에 의해 처음 소개된 다음 water-in-oil형 상태로 계속 개발되었다. 이후 Atlas사, Dynamite Nobel사, DuPont사 등에서도 개발에 성공, 1977년 현재와 유사한 EMX조성물의 특허가 미국 및 일본 등에 출원되었다.

상품화된 것으로서 소구경의 종이폭약EMX(뇌관 기폭)가 있으며 현재 여러 나라에서 유사제품이 생산되고 있다. 한국화약은 1982년부터 EMX개발에 착수하여 1984년 유중수형폭약을 특허출원하여 1987년에 발명특허를 획득하였다. 1992년 12월부터 量産에 들어갈 예정이다.

1. EMX란?

EMX는 한 액체 속에서 비혼합성의 다른 액체를 분산한 계로서 보통 물에 섞이지 않는 유류등을 사

용한다. 兩者의 액체는 서로 비중이 상이하므로 만약 입자 크기가 수mm 이상일 경우 상호 분리되므로 입자를 적게 하여 분산한다. EMX의 외관은 유백색으로 형태에 따라 다음과 같이 분류된다.

-水中油形(Oil-in-Water)

우유, 바니쉬(vernish), 크림 등과 같이 물이 연속적이고 기름이 분산상으로 된 형태

-油中水形(Water-in-Oil)

콜드크림이나 마가린과 같이 기름이 연속적이고 물이 분산인 형태

2. EMX의 특징

-온도영향: -20~100℃ 사이에서 온도에 따른 성질변화가 거의 없다.

-최소 1년 동안 약상 및 성능상의 문제가 없다.

-마찰, 충격, 화염에 대한 안전성이 우수하며 제조, 운반, 사용상 유발될 수 있는 위험이 지극히 낮다.

-내수성 및 내한성이 좋아 보관상 안전하다.

3. EMX의 성능

-爆速: 4,500m/초

-순폭도: 1배

-낙추감도: 100cm에서 不爆

-RWS: 60%

6. 화약을 이용한 기타 응용분야

현재까지 화약류의 사용 용도로는 군사용이나 각종 토목공사와 채광용 등 주로 파괴적인 목적으로 사용되어 왔으나 2차세계대전 이후 화약을 금속재료가공에 이용하는 방법이 개발되기 시작하였는데 이와 같이 금속을 가공하는 에너지원으로 화약의 폭발력을 이용한 방법을 "폭발가공"이라 한다.

이러한 폭발가공이 실용화될 수 있었던 배경으로는 다음을 생각할 수 있다.

-제척기술의 발달에 따라 高速度現象의 측정이

가능하여졌다.

- 충격하중 아래에서의 재료거동에 관한 기초 연구가 많이 이루어졌고 이에 따라 많은 데이터가 축적되었다.

- 폭발가공에 적합한 화약들이 개발되어 폭발 에너지 및 방향성을 제어할 수 있게 되었다.

- 폭발가공된 대형 성형품의 가공 cost는 낮아지는 반면 가공 精度는 높일 수 있게 되고, 종래의 기계적인 가공에서 볼 수 없는 특징을 갖는 제품을 만들 수 있게 되었다.

이러한 폭발가공방법을 기능에 따라 분류하면 표1과 같다.

표 1에서 볼 수 있듯이 폭발가공은 그 범위가 매우 넓음을 알 수 있는데 그 중에서도 응용범위가 가장 광범위하고, 실용화 정도가 큰 폭발압접에 대해 간단히 살펴보기로 한다.

폭발압접이란 재질이 다른 두종류의 금속판을 폭약의 폭발력에 의해 고속으로 충돌시켜 양 금속을 접합시키는 것을 현재까지도 비교적 알려지지 않은 용접방법 중의 하나이다.

피용접물의 재료 및 형상의 제약에 따라 적용 분야가 다소 제한이 있음에도 불구하고 금속판의 전면에 걸쳐 신속하고 효율적인 용접이 가능하여 각종 금속의 CLAD 제조에 유용하게 응용될 수 있다. 이와 같이 제조된 CLAD 제품은 석유화학 기기, 원자력 발전장치 또는 기타 내식성이 요구하는 압력용기 등에 이용된다. 폭발가공작업에서는 화약의 폭연 또는 폭발에 의해 발생하는 압력을 이용하여 가공하는 것으로 무연화약과 폭약을

사용하는 두 가지 방법이 있다.

이 외에 예술작품을 만드는 데도 화약이 이용될 수 있다. 동판, 나뭇잎, 출판물이나 그림과 얇은 성형 화약을 넣어 snadwich를 만든 다음 폭발시키면 인쇄물을 복사하는 것처럼 再現 되어서 나오므로 섬세한 예술작품의 제작이 가능하다.

이와 같이 화약을 응용하여 여러 분야에 활용할 수 있는데 화약 응용분야를 소개해 드린 것은 화약이 단지 암석을 발파하는 데만 사용되는 것이 아니고 여러 분야에서 응용 활용할 수 있음을 알려드리기 위해서이다.

마지막으로, 현재 국내의 경우 지하철공사, 지하 유류비축기지 건설 또는 각종 고속도로 공사 등 대규모 토목공사가 시행되고 있으며 여기에는 많은 발파작업이 수행되고 있다. 따라서 本稿를 통하여 화약취급에 관한 토목기술자들의 이해에 보탬이 되기를 희망하며 이 글을 맺고자 한다.

當學會發刊書籍

- ANFO 爆劑新發破學, 東亞出版社
- 新火藥發破學, 變電研究社
- 新火藥發破學解說, 寶晉齋
- 서울地下鐵工事 3, 4號線發破公法(非賣品)
- 岩石 力學. 機電研究社
- 岩石 力學解說. 同上
- 智山許墳博士回甲記念集(非賣品).