

# 뇌관의 정밀성 및 안전성에 대한 연구

원 연 호<sup>1)</sup>, 이 익 주<sup>2)</sup>, 이 상 현<sup>3)</sup>

The Fundamental Study of the Detonator for the Exactness and Safety

Yeon-Ho Won, Ik-Joo Lee and Sang-Heon Lee

## 1. 서 론

폭약을 기폭 시키기 위해서는 위력은 떨어지나 감도가 예민하여 소량의 에너지에 의해 폭발하여 주장약을 기폭시키는 화약이 요구되며 기폭화약을 금속관체에 충전하여 상용화한 것이 뇌관(detonator)이다. 국내에서 뇌관의 연간 사용량은 70년대 2천여만발 수준에서 지속적으로 증가하여 80년대 3천 5백만발로 증가하였으며 90년대 약 4천여만발로 꾸준한 증가추세를 보이고 있다. 뇌관의 사용량이 증가함에 따라 각 발파 현장에서 발생할 수 있는 뇌관에 의한 사고도 다양성을 띄게 되었으며 이에 대한 대책이 필요하다.

예를들어 터널에서 장약 작업시 부석이나 낙반에 의해 뇌관에 예기치 않은 기계적 충격이 미칠 수 있고 기타 미주전류나 지전류에 대해서도 어느정도 저항성을 가져 폭약으로 인한 산업재해를 미연에 방지할 수 있어야 한다. 또한 불발 잔류약의 발생시 중장비를 동원하여 수거하는 도중 예민한 뇌관의 직접적인 타격이나 마찰에 의해 기폭되는 사고도 빈번하여 이에 대한 주의가 요구되고 있는 실정이다. 이와같이 사용량의 증가와 더불어 특히 강조되어야 할 부분은 성능면에서는 기존뇌관에 뒤지지 않으면서 작업자가 보다 안전한 환경에서 작업을

할 수 있도록 안전상의 측면에서 제품 개발에 지속적인 역점을 두어야 한다.

본 연구에서는 스웨덴의 Dyno Nobel사가 1988년 특허 출원한(US patent : 4727808) NPID 뇌관에 대하여 각종 안전도 실험을 실시하여 기존 뇌관과 비교해 보고 발파효과에 영향을 주는 지발 시차의 정확성을 알기 위한 몇 가지 성능실험을 실시하였다.

## 2. 본 론

### (1) 개 요

뇌관이란 폭약 또는 화약을 폭발하기 위해 기폭약 또는 점장약을 관체에 장전한 것으로 사용에 따라 점화용뇌관, 점폭용뇌관으로 분류한다. 점화용뇌관은 소총이나 피스톨 약함(case)치부에 부착하여 발사약에 점화하는 것으로 격발뇌관과 전기뇌관으로 나뉘어진다. 점폭용뇌관은 폭약을 폭굉시키는 것으로 산업용 뇌관과 군용으로 나누어지고, 산업용에는 공업뇌관과 전기뇌관 및 비 전기 뇌관이 있다.

### (2) 뇌관의 발달

1) 1 & B 기술사사무소 대표 2) 고려화약 품질보증부 부장 3) 고려화약 서울지사 대리

원고접수일 : 2000. 6.11

심사완료일 : 2000. 6.17

1867년, Alfred Nobel에 의해 처음으로 뇌관이 발명되었으며, 1895년 Julius Smith가 전기뇌관을 그리고 1970년대에 Nitro Nobel사에서 제3세대 뇌관으로 분류되는 비전기식 뇌관이 발명되었다. Table.1은 공업용 뇌관에서부터 전자뇌관까지의 발달과정과 각각의 특성을 정리한 것이다.

(3) NPED뇌관

뇌관은 폭약기폭에 100년 이상 사용되어져 왔으며 가장 중요한 활동적인 구성은 지연요소이다. 이것은 뇌관에 지연을 주며 폭발 에너지를 제공해 주는 기초장약으로, 지연요소와 기초장약 사이의 접촉면에 극소량의 점폭약이 있다. 이 점폭약의 주목

Table 1. Development process of detonator

구 분	제 1 세대	제 2 세대	제 3세대	제 4세대
뇌관명	공업뇌관	전기뇌관	전기 및 비전기식 뇌관(NPED)	전자뇌관(NPED)
각선재질	도화선	전선	전선 및 튜브	전선
기폭전달속도	120~130m/sec	-	비전기의 경우 : app. 2000m/sec	-
국내생산뇌관	6호	6호	8호	8호
종 류	완연, 속연	ID 1단 MS 19단 DS 19단	- 전기식 : MS 20단, DS19단 - 비전기식 GT/MS 17단, GT/T 33단 UNIDET 5단, UB 7단	무한단차
장 점	-가격이 저렴	- 단차에 제한을 받는다. - 상대적으로 가격이 저렴 - 소할발파에는 간편하다 - 결선확인이 용이 - 중파(AM) 방송에 위험 - 보편적으로 많이 사용하고 간편	- 단차를 무한대로 줄 수 있으므로 조절발파등 도심지 발파에 적합하다. (비전기뇌관) - 미주 전류에 대해 안전하다. - 낙뢰등에 대해 안전하다. - 사용이 안전하다. - 비 전기뇌관의 경우 결선이 용이하다. - 대발파, 터널등 다용도로 사용	- 정확한 시차에 의한 진동세이
단 점	- 조립이 번거로움 - 습기에 약하다. - 작업 여건이 열악	- 단차가 제한 됨 - 대발파에는 사용이 곤란 - 미주전류에는 위험 - 6호 뇌관으로 사용시에는 기폭력이 약하다	- 상대적으로 고가임. - 결선 확인은 육안 관찰 단이 유효하다. (비전기뇌관)	- 고가이다. - Computer에 의한 조작이 번거로움 - 미주전류에 위험
용 도	소할발파	소 발 파	대발파 , 소발파	대발파, 소발파 미진동발파

적은 지연요소에서 비교적 느린 폭연을 기초장약에 이전시켜주는 것이다. 점폭약의 성격은 대기압에서 급속히 연소하는 것인데 이때는 캡슐에 싸여있지 않으며, 폭연의 몇 분의 1미리로 폭굉을 유도한다. 이 폭굉을 달성시키는데는 단지 미량이 필요할 뿐이다. 이러한 특징들은 기타의 폭약을 기폭시켜 주는데 필요한 사항들이다. 동시에 점폭약의 취급은 위험이 따르는데 이것은 폭발과 열 그리고 마찰에 의해 매우 쉽게 점화되기 때문이다. NPED뇌관이란 점폭약이 전혀 함유되지 않는 산업용 뇌관을 말한다. 이것은 세계 최초로 니트로 노벤사에서 개발하였다. NPED 뇌관은 민감한 점폭약(질화연-뇌홍)을 분리하여 제조에서 운송, 저장등 사용의 모든 단계에서 안전을 더욱 강화했다. 이것은 점폭약을 점장약으로 가득찬 기폭요소라 불리는 것으로 대체한 것이다. 점장약은 점폭약보다 덜 민감하고, 폭굉에 따른 작용없이도 대기압에서 자주 연소된다. 기폭요소에서 폭약은 폭굉변화에서 DDT현상을 발생시킬 수 있도록 특수한 처리가 되어있다. 이 작용은 제어된 방법에서 폭굉을 가속화시키는 것이다.

### 1) NPED뇌관의 구조

NPED뇌관의 모양과 사용법에는 변한 것이 없으며 점폭약이 기폭요소로 대체된 NPED뇌관의 구조는 다음과 같다.

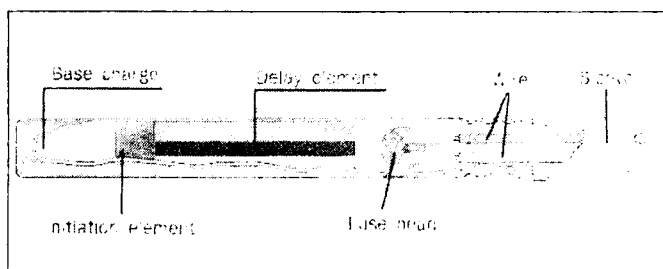


Fig.1 The internal structure of NPED-detonator

① Shell : 뇌관외피는 각 지연시간에 따라 다른 길이를 가진 알루미늄 합금으로 만들어 졌다. 뇌관에 "위험", "폭약", "뇌관"이라고 표기되어 있다.

② Base Charge : 기본장약\*은 알루미늄 외피 안쪽에 직접적으로 압착된 점장약 으로 구성 된다.

③ Initiation element : 기폭요소는 점장약으로 채워진 강철튜브로 구성되어 있다. 취급이 위험한 뇌홍 대신 둔감한 폭약을 사용하므로써 DDT현상\*을 발생할 수 있도록 특별 처리되었다.

④ Delay element : 지연요소는 불꽃화약 성분이 가득찬 알루미늄 튜브로 구성되어 있다.

서로 다른 지연시간은 각 지연요소에 따라 다른 연소속도를 가진 구성에서 얻어진다.

⑤ Sleeve : 가선 손상을 방지하기 위한 고무 봉합 플러그이다.

⑥ Wire : 심선의 재질은 Cu이며 직경은 0.45 mm 정도로 비닐로 피복되어 있다.1)

## 3. NPED뇌관의 특성에 대한 실험

### 3.1 NPED뇌관의 실험

NPED뇌관 특성에 대하여 현장실험이 가능한 뇌관의 순폭거리, 발화전류에 따른 기폭성, 최소전류에 의한 기폭성, 단차성, 내수성, 단별 발화 실험 등 6가지 방법을 선택하여 측정실험을 실시하였다.

### 3.2 실험방법

#### 3.2.1 순폭거리 실험 방법

NPED의 순폭거리 실험은 사전에 도통시험을 실시한 5개의 NPED( # 16 MS뇌관)을 이용하였다. 여기서 칭하는 뇌관의 순폭거리라 함은 1개의 뇌관이 기폭할 때 단절된 뇌관이 감응 기폭하

\* 기준뇌관은 점폭약(질화연-뇌홍)으로 구성된 기폭제이다.

\* DDT(Defragnation detonation transition) : 폭약의 연소로부터 폭굉에 의한 전이현상

는 최단거리를 찾는 것으로 측면 및 정면 순폭 테스트를 실시하였다.

(1) 측면 기폭 실험 방법

① 직경 50cm×50cm의 두꺼운 상자내에 모래를 1/2정도 채우고 두께 1cm 정도의 나무 패널을 설치한다.(Fig.3) 나무판넬은 중앙부를 기점으로 일정 거리를 이격시켜 중앙부의 기폭뇌관에 의해 인접뇌관의 감응 순폭 여부를 체크한다.

② 나무 판넬위에 뚫어진 5개의 구멍에 5개의 NPED뇌관을 움직이지 않도록 고정하였다.

③ 설치된 5개의 뇌관중 중앙부에 위치한 1개의 뇌관에 전원을 연결하였다.

④ 연결된 1개의 뇌관을 콘덴사식 발파기를 이용하여 전원을 공급 기폭하였다.

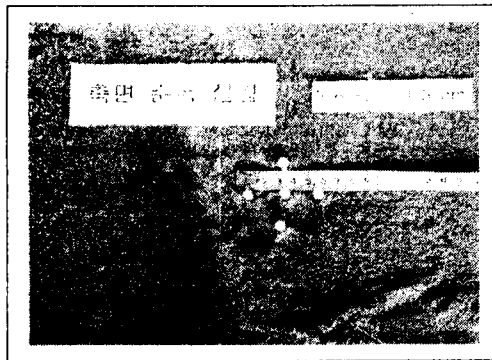
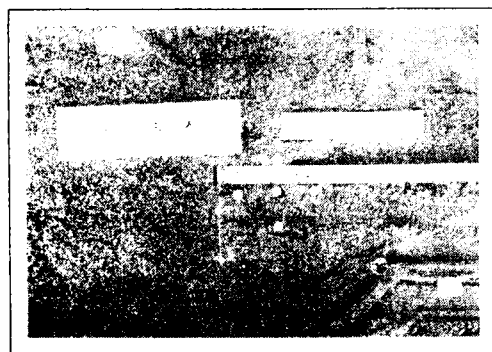


Fig.2 The Photo of Gap test (a frank test)



10cm, 5cm, 2cm, 1.5cm로 변화시켜 반복실험

⑤ 상기와 같은 방법(1~4)으로 이격거리들을 각각 5회 실시하였다.

(2) 정면 기폭 실험 방법

① 직경 50cm×50cm의 두꺼운 상자내에 모래를 1/2정도 채우고 두께 1cm 정도의 나무판넬을 설치한다.(Fig.4)

② 나무판넬 중앙에 뚫어진 1개의 구멍에 NPED 뇌관을 움직이지 않도록 고정하였다.

③ 고정된 뇌관에 정면으로 평행하게 기폭뇌관을 설치한다.

④ 지지대에 고정된 기폭뇌관을 콘덴사식 발파기를 이용하여 전원을 공급 기폭한다.

⑤ 상기와 같은 방법(1~4)으로 이격거리들

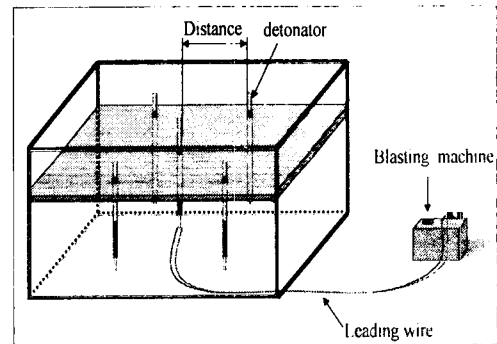


Fig.3 Gap test on the air (Flank test)

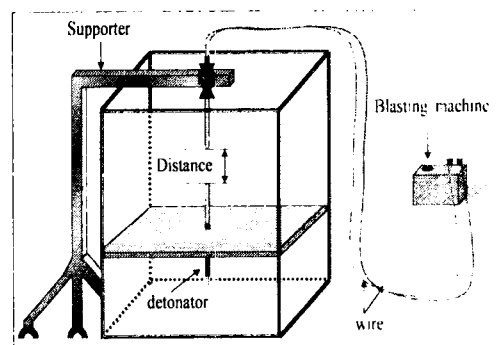


Fig.4 Gap test (a front side test)

10cm, 5cm, 2cm, 1.5cm로 변화시켜 반복실험을 각각 5회 실시하였다

### 3.2.2 발화전류에 따른 기폭성 실험

전기뇌관을 발화시키는데 최소한으로 요구되는 전류를 발화전류라 한다. 작업장내의 누설전류와 지전류 및 발화전류는 뇌관의 각 부저항의 총합과 관계하기 때문에 본 연구에서는 점화옥의 저항 및 전선의 저항치를 우선 측정하여 보았고 이어서 완제품의 뇌관의 저항치를 측정하여 이상 유무를 확인한후 발화전류를 0.5Amp~3.0Amp 범위에서 0.5Amp 씩 증가시켜 발화전류에 따른 기폭성 실험을 실시하였다.

### 3.2.3 최소전류에 따른 기폭성 실험

최소전류에 따른 기폭성을 실험하는 이유는 현

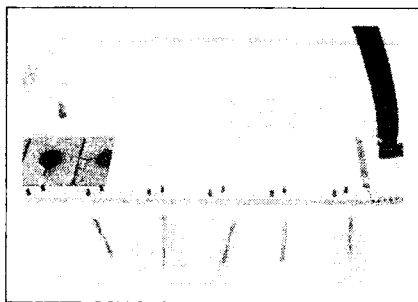


Fig.5 measurement of wire resistance

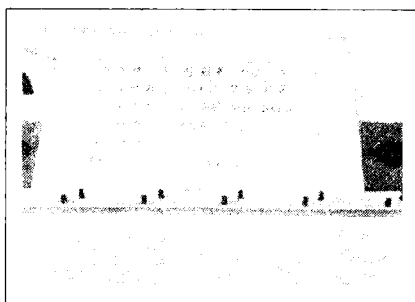


Fig.6 measurement of fuse head resistance

장에서 항시 존재할 수 있는 미주전류 및 누설전류에 의한 기폭에 대한 안전성을 알기 위해서다. 순간적인 방전에 의해서 기폭하지 않는 미세전류를 장시간(100ms) 통전하여 전기회로내 전기뇌관이 발화하지 않는 최대전류를 확인하였다

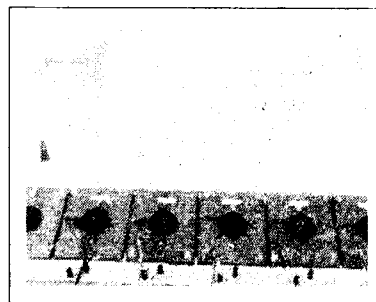


Fig.7 The test of electric transited time

### 3.2.4 단차성 실험

무작위로 추출한 동일 단수를 갖는 10개의 시료 뇌관이 기준 지발시차에 대하여 어느 정도의 흠여짐을 갖는가에 대하여 알아보았다. 현재 국내에서 생산되고 있는 전기뇌관은 MS의 경우 20~25ms의 지발 시차를 가지며 이웃하는 단수의 뇌관 단차가 8ms 이하일 경우 지발효과를 얻을 수 없다는 연구 보고가 있다. 따라서 각 단수에 준하는 뇌관의 지발 시차가 허용범위내에 들어야만 정밀한 발파설계에 따른 만족할 만한 지발효과를 얻을 수 있으므로 지발뇌관에 있어 정밀한 지발시차는 매우 중요한 요소다.

### 3.2.5 내수성 실험

발파작업중 현장에서 막장에 수현이 흐르는 경우나 수두압에 의해 수직 전방된 공내 물이 채워진 경우 일정수준의 내수성을 가져야 발파작업이 올바르게 수행될수 있다. 본 실험은 해수와 담수에서 수심 1m 길이에 각각 2시간~1주일간 침수시킨 후

단차실험을 실시하였다.

### 3.2.6 단별 발화 실험

단차성 실험과 연속선상의 실험으로 뇌관이 각 단수별(MS #0 ~#20)로 허용범위내의 정확한 초시 간격을 갖는 가에 대하여 알아보았다. 지발 전기뇌관의 초시 이변은 확률상으로 저단 일수록 편차가 작으며 고단 일수록 편차가 커진다. 즉, n 단의 초시가 (n+1)단의 초시와 겹쳐질 확률이 15%정도가 될 때도 있다는 연구보고가 있으며 이와 같이 인접 단수의 혼용초시가 증가할수록 발파효과를 저해하고 소음, 진동을 증가시키는 요인으로 작용한다.

## 4. 실험결과 및 검토

### 4.1 순폭거리 실험

#### 4.1.1 측면 순폭 실험 결과

가운데 1개의 뇌관을 중심으로 십자형(十字形)으로 일정거리를 이격시켜 기폭한 결과 이격거리 1.5cm에서 총 5회 실험중 1회만이 하단부 1개의 뇌관이 순폭되었고 나머지 4회는 단 1개의 뇌관도 순폭하지 않았으며 다만 중심 기폭뇌관의 파편에 의해 전단되거나 손상되는 정도 였다(Fig.8, 9). 이



Fig. 8 The result of a frank test (distance : 1.5cm)

후 2.0cm의 이격거리에서는 주변에 위치한 4개의 뇌관은 단 1회 도도폭되지 않았으며 기폭시 발생한 뇌관의 파편에 의하여 스친 자욱이 있었다.

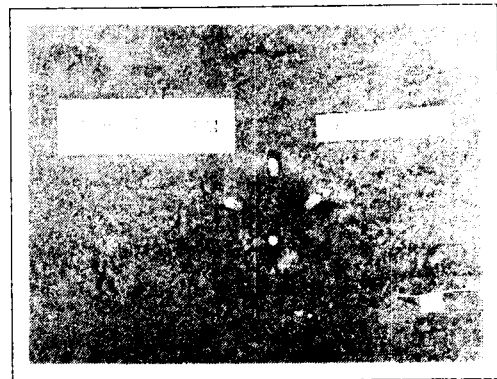
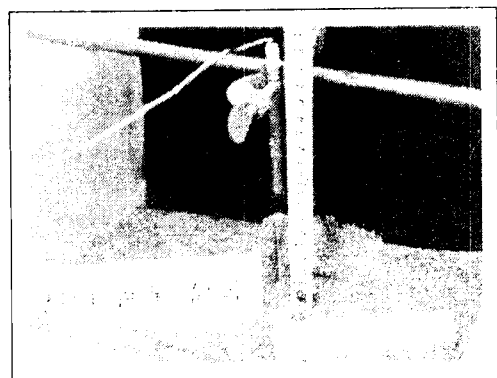


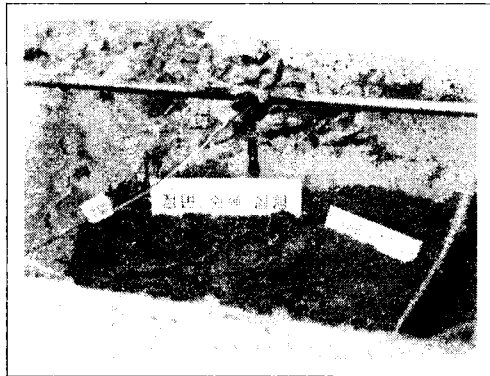
Fig. 9 The result of a frank test (distance : 2.0 cm )

#### 4.1.2 정면 순폭 실험 결과

일직선 상으로 배치된 상황(Fig.10)에서 정면순폭 시험한 결과 이격거리 1.5cm에서 5회 반복 실험중 4회 순폭되는 양상을 보였으나 이격거리 2.0cm이상에서는 단 1회의 순폭도없었다. 단지 기폭뇌관의 폭굉에 의한 파편과 압력에 의하여 구부러지거나 늘리는 양상을 보였다.



(1)



(2)

Fig. 10 The front test and the result  
(distance : 1.5 cm)

#### 4.2 발화전류에 따른 기폭성 실험 결과

발화전류를 최초 0.5~3.0A까지 0.5A단위로 점화전류를 증가시켜 주어 실제 기폭전류에 대하여 알아본 결과는 Table 2. 와 같다. 사용뇌관은 MS

#16을 사용하였고 각선길이는 2m였으며 이 단수의 로트 합격기준은 지발시간 362.5~387.5ms, 저항치 0.65~1.25 $\Omega$ 이다. 발화되지 않은 전류1.5A였으며 뇌관이 정상적으로 발화하기 시작한 점화전류는 2.0A이상에서 었다. 즉, 2.0A 이상의 점화전류여야만 NPED 뇌관을 기폭할 수 있는 최소 전류로 추정되었으며 이때의 지발시차는 Lower Value 369.9ms , Upper Value 381.89ms로 안정된 분포양상을 보였다.

#### 4.3 최소 기폭전류에 의한 기폭성 실험 결과

뇌관에 100ms의 충분한 전류지속시간(pulse time)을 주고 뇌관에 기폭하는 최소전류를 측정하는 실험으로 단발과 직렬결선(10EA)에 대하여 단발에는 기폭전류를 0.4, 0.5, 0.6, 0.65, 0.7A를 주고 직렬결선(10EA)시에는 0.7, 0.8, 1.0, 1.1, 1.2A를 통전시켜 최소 기폭전류를 측정하였다. 측정결과 NPED뇌관의 경우 단발시 최소 기폭전류는 0.7A로

Table 2. The result of firing current (pulse time : 3.56ms)

Pulse Ampere	Sample No	Time (ms)	Resistance ( $\Omega$ )	Remark	Pulse Ampere	Sample No	Time (ms)	Resistance ( $\Omega$ )	Remark
0.5	1	-	0.85	No stop signal	2.0	16	369.99	0.84	OK
	2	-	0.82	No stop signal		17	379.60	0.83	OK
	3	-	0.84	No stop signal		18	381.89	0.83	OK
	4	-	0.82	No stop signal		19	380.19	0.81	OK
	5	-	0.83	No stop signal		20	373.84	0.84	OK
1.0	6	-	0.82	No stop signal	2.5	21	380.33	0.83	OK
	7	-	0.82	No stop signal		22	376.01	0.83	OK
	8	-	0.84	No stop signal		23	374.60	0.85	OK
	9	-	0.84	No stop signal		24	371.46	0.82	OK
	10	-	0.82	No stop signal		25	374.92	0.86	OK
1.5	11	-	0.83	No stop signal	3.0	26	376.90	0.84	OK
	12	-	0.83	No stop signal		27	372.66	0.85	OK
	13	-	0.82	No stop signal		28	377.16	0.82	OK
	14	-	0.88	No stop signal		29	373.29	0.83	OK
	15	-	0.86	No stop signal		30	374.02	0.84	OK

Table 3. The result of detonation test by pulse time

Devison	Sort	Pulse Time(ms)	Electric current (Amp)					Minimum detonation electric current	Note
			0.4	0.5	0.6	0.65	0.7		
A Unit	NPED	100	-	-	-	-	10	0.7	Nitro Nobel 0.45
	General		-	8	2	-	-		
Devison	Sort	Pulse Time(ms)	Electric current (Amp)					Minimum detonation electric current	Note
			0.7	0.8	1.0	1.1	1.2		
Serial connection (10EA)	NPED	100	-	-	1	-	-	1.2	Nitro Nobel 1.5
	General		10	-	-	-	-		
			-	10	-	-	-	0.7	presumed value

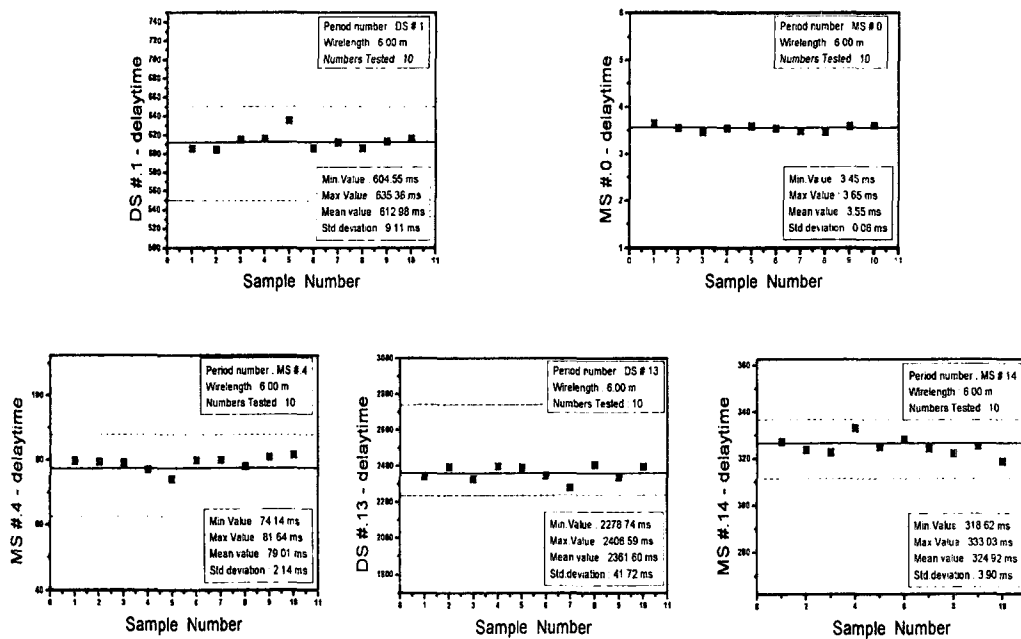


Fig. 11 The graph of the delay time of same number

측정되었고 직렬결선(10EA)의 경우 1.2A인 반면 기준뇌관은 단발시 0.5A, 직렬결선(10EA)시 0.7~0.8A로 측정되어 최소 기폭전류 요구량은 직렬결

선(10EA)시 NPED 뇌관에 비하여 기준뇌관이 약 58~67%정도의 수준에 지나지 않아 전류에 대한 민감도가 훨씬 높은 것으로 나타났다.



#### 4.4 단차성 실험 결과

동일 단수를 갖는 뇌관이 기준 단차에 대하여 어느정도 흠어짐을 갖는가를 알아본 결과 (Fig.11) 각 단수별 허용 범위내 중앙값 기준으로 분산률이 10% 이내로 이웃단수와 겹쳐질 확률은 거의 0%에 가까운 정밀한 단차를 얻을 수 있었다.

#### 4.5 내수성 실험 결과



Fig.12 The photo of water proof

수심1m에서 내수도를 실험기간별로 체크하였다. 실험은 크게 해수와 담수(Fig.12)로 나뉘 실시되었다. 사용 NPED뇌관은 단수 16번 각선길이 2m가 이용되었고 내수시간은 2시간부터 7일에 걸쳐 실시되었으며 실험 결과(Fig.13, Table 4)는 해수와 담

수 모두 내수 시간에 대하여 뇌관 성능에 별다른 영향을 주지 못했다.

Fig.12 에서 위쪽 그래프는 해수에서 아래쪽 그래프는 담수에서 실시한 내수 실험 결과다.

7일간 침수시킨 뇌관에 대하여 단차 test를 한 결과 최초 침수 전 뇌관의 기폭시차와 차이가 없었으며 기폭 테스트(Table.4)실시 결과 모든 NPED뇌관이 이상 없이 기폭하였다.

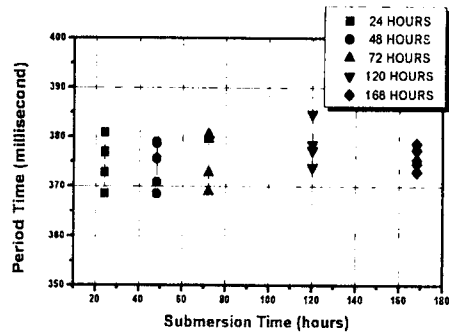
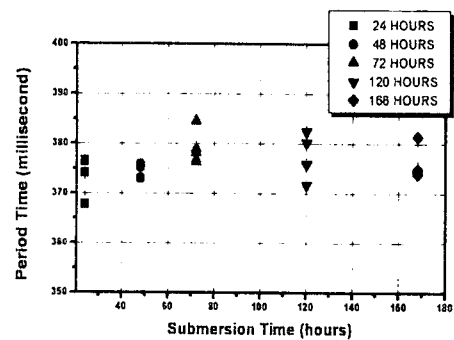


Fig.13 The Graph of water proof in sea-water & fresh-water

#### 4.6 단별 발화 실험 결과

NPED MS뇌관을 순발~MS #.20까지 단별발화 실험을 한 결과(Fig.14) 매우 정밀한 초시를 가지고 있음을 알 수 있다.

Table 4. The result of the water proof in sea-water & fresh water

Division	Submersion time (days)							Total
	1	2	3	4	5	6	7	
Total tested No.	5	5	5	5	5	5	5	35
Detonation	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	
Non-detonation	-	-	-	-	-	-	-	
Note	sea-water							

Division	Submersion time (days)							Total
	1	2	3	4	5	6	7	
Total tested No.	5	5	5	5	5	5	5	35
Detonation	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	
Non-detonation	-	-	-	-	-	-	-	
Note	flesh-water							

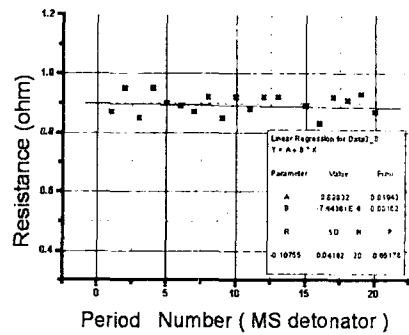
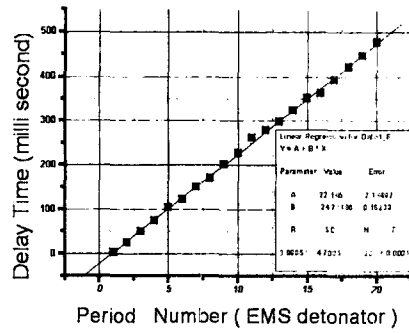


Fig.14 Results of the NPED delay electric detonator's firing test

Table 5. Comparison between NPED-detonator and general-detonator

Devision	NPED-detonator	General-detonator	Remark
Stability	관체내부 각 성분이 개개의 cell로 구성되어 있고 뇌관 삽입방향으로 폭굉력이 집중전달되므로 안정한 전폭효과	우 수	
Gap Sensitivity	측면 순폭거리 : 1.5 cm 정면 순폭거리 : 2.0 cm	순폭거리 : 약 20 cm	공기중
Water resistance	일주일간의 침수시료를 단차실험한 결과 : 모든 실험 뇌관이 허용 기준치 내에서 이상 없이 기폭	침수 후 24시간 경과시부터 불발뇌관 발생, 이후 일주일 경과 후 약 40% 정도의 불발뇌관 생성	해수 및 담수
Exactness	각 단수별 허용 범위내 중앙값 기준으로 분산률이 10% 이내로 이웃 단수와 겹쳐질확률은 거의 0%에 가까움.	- n단과 n+1단의 겹쳐질 확률이 15%정도로 인접단수의 혼용초시가 증가할수록 발파효과를 저해하고 소음, 진동을 증가시키는 요인으로 작용한다.	

Devison	NPED-detonator	General-detonator	Remark
Sensitiveness	- 뇌관의 외피와 각성분이 개개의 Cel로 구성되어 있어 외부의 기계적인 충격에 대하여 둔감함.	- 점폭약부가 뇌홍이나 질화연등 민감한 폭약으로 구성되어 있어 외부의 충격에 극히 민감함.	
Environmental properties	- 후가스에 납성분 감소 - 정확한 단차에 의한 진동 및 소음의 감소	- 초시가 정확하지 않을 경우 공발 및 폭음 발생 우려되며 발파효과도 만족스럽지 못함.	
Ignition electric current sensitivity	- 1.5Amp 이하의 전류에서 기폭하지 않음 (Pulse time : 3.56ms) - 2.0Amp 이상이어야만 정상적으로 기폭 - 뇌관의 각 구성요소가 내정전성으로 되어있고 정전기에 대한 안전성이 높으며 높은 발화에너지가 필요하므로 누설전류나 미주 전류에 대한 안전성이 우수함.	- 발화 전류가 대부분 1.0A 이하 (보통 0.7~0.8A)로 매우 낮아 현장에서 발생할 수 있는 누설전류나 미주전류 및 정전기에 대한 안전도 측면에서 미흡함.	
Life time	3~4 년	1~ 2 년	

#### 4.7 기존뇌관과 NPED뇌관 비교

Table 5는 기존 뇌관과 NPED 뇌관을 성능 및 안전도면에서 비교 검토한 결과이다.

특히, 뇌관의 성능면에 있어서 지발시차의 정밀성은 발파효과와 환경적인 측면에서 매우 주요한 부분을 차지하는데 신제품과 아울러 장기 보관중인 제품에 대해서도 실험을 한 결과 NPED뇌관(3년 6개월~4년 보관중)은 기준초기가 거의 변동이 없었으나 기존뇌관(3년 보관중)은 MS # 17의 경우 기준지연시간(340.0ms; ±10ms)에 대하여 평균 지연시간이 701.9ms로 측정되어 최초 허용 지발시간에 비해 약 두배에 달하는 지발 시차를 보여 장기 보관시 품질에 심각한 문제가 발생할 우려가 있었다.

## 5. 결 론

기존의 뇌관은 안전면에서 약하다. 이들은 점폭약이 마찰, 열 그리고 물리적인 압력에 높은 민감성을 갖고 있기 때문에 점폭약이 포함된 아래부분에 갑작스런 쏠림이나 영향을 받으면 폭굉하게 되며 점화시 열의 전달에 민감하다. NPED뇌관은 점폭약이 취급이 위험한 뇌홍 대신 상대적으로 둔감한 PETN 과 RDX로 대체 사용함으로써 제조에서 사용까지 모든 단계에서 안전을 더욱 강화했다. 또한, 뇌관의 성능면에 있어서도 매우 정밀한 초시를 지니고 있어 발파효과를 극대화시키고 진동 및 소음 등의 발파로 인한 각종 공해를 최소화 할 수 있다는 장점을 가지고 있다.

#### (1) 안전한 점폭약부

뇌관의 점폭약은 마찰, 열 그리고 물리적인 압력에 높은 민감성을 갖고 있기 때문에 점폭약이 포함된 아래부분에 갑작스런 쏠림이나 영향을 받으면

폭굉하게 되며 점화시 열의 전달에 민감하다.  
NPED는 점폭약의 취급이 위험한 뇌홍(Hg(ONC)<sub>2</sub>)  
이나 질화연 [Pb(N<sub>3</sub>)<sub>2</sub>] 대신 안전한 기폭요소로 대  
체 처리됨으로써 제조에서 사용까지 모든 단계에서  
안전성을 더욱 강화했다.

(2) 순폭거리

뇌관의 순폭거리를 기존의 20cm에서 2cm로 줄  
임으로써 예상치 못한 연쇄 폭발로 인한 사고를 줄  
일 수 있다.

(3) 후 가스에 납성분의 감소

기존뇌관의 점폭약부가 민감한 뇌홍이나 질화연  
으로 구성되어진데 비하여 NPED 뇌관은 PETN이  
나 RDX로 구성되어 있으므로 후가스가 양호하다.

(4) 기계적 충격에 둔감

기폭요소는 NPED 뇌관의 핵심부품이며 점화시  
소량으로는 스스로 폭굉할 수 없는 PETN 및  
RDX의 혼합물로 폭약을 Steel-tube 속에 넣어 통  
전시 점화옥의 가열에 의해 연시장치가 점화되고  
Steel-tube내의 안전한 점폭약을 연소시킴으로서  
튜브내 고온 고압의 상태가 약면을 따라 점폭약에  
폭압으로 집중 전달되어 DDT(Deflagration to  
detonation transition: 폭연-폭굉으로 전이)현상을  
유도하므로써 뇌관이 기폭하기 때문에 외부의 기계  
적 충격이나 마찰에 대하여 매우 둔감하다.

(5) 발파작업 등 불발잔류약 처리에 안전

뇌관의 민감성을 줄여 발파작업이나 발파실패로  
인한 불발잔류약 발생시 처리가 안전하다.

(6) 미주전류에 대한 위험성 감소

최소 발화 전류가 2A 이상으로 뇌관의 각 구성  
요소가 내 정전성으로 되어 있어 정전기에 대한 안  
전성이 높으며 높은 발화에너지가 필요하므로 누설

전류나 미주전류에 대한 안전성이 뛰어나다.

참 고 문 헌

1. Chareles T. Jordan, 1988. 3.1, United States patent(19) No. 4727808
2. Stig O. Olofsson, 1995, Applied explosives technology for construction and mining, p. 40~62
2. 한국토지개발공사, 1993, 岩發波 設計 技法에 關한 研究, p. 543~545
3. 기경철, 윤철현 1994, 最新 火藥 發破 解説, p. 275~285
4. 윤지선, 1992, 最新 發破 技術, p.109~137