


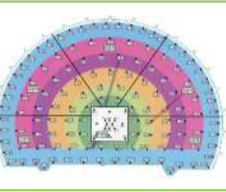
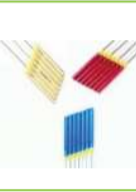
# 터널 정밀진동제어 다단식 발파공법

특허 제 10-1887146호

## ▶ 공법의 원리 및 내용

### ■ 공법 개요

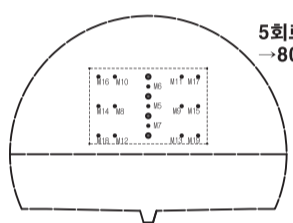

- 경사공 심배기(V-Cut) 중앙에 중심수평공을 장약공과 무장약공으로 교대 배치
  - 단일자유면에서 심배기 발파시 양반구속력 완화, 굴착효율 증대
- 정밀진동제어에 가장 효과적인 다단발파 회로 지연초시 20ms 설정
  - 발파진동·소음저감, 파쇄도향상
- 발파공해(진동·소음)와 시공성을 고려한 최적 다단발파 설계
  - 다단발파시스템 5회로 6개영역 적용(1지발 134단차 확보)
- 무지보구간(굴진장2M이상)에서 설계굴착선 최외곽공저부에 Power Air-deck을 장착하여 원지반 손상방지 및 여굴발생 최소화

다단식 발파기	다단발파 영역구분도	전기뇌관		
		전기뇌관종류	구분	구성단수
			순 발	#0(1단)
			M S (25/1000sec)	#1~#19 (19단)
			L P (25/100sec)	#1~#25 (25단)

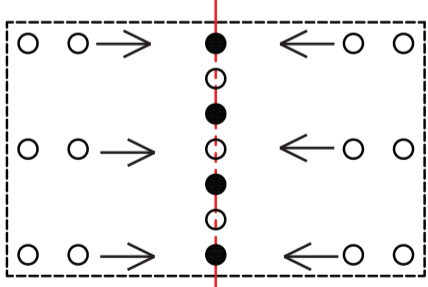
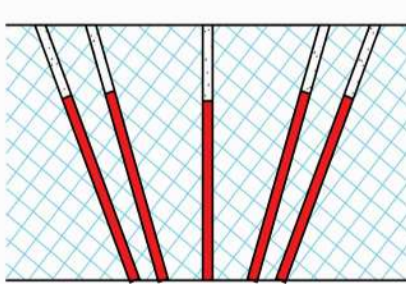
<ul style="list-style-type: none"> <li>- 회로구성:10개회로</li> <li>- Setting Time:0~999ms/1회로</li> <li>- 터널정밀진동제어 지연초시:20ms</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 최대영역분할수:10개영역</li> <li>- 효과영역분할수:6개영역 이하</li> <li>- 최대지발단차: 다단회로+전기뇌관(약200단차)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 전기 뇌관 최대 지발단차: 42단차 (MS:20단차, LP:22단차)</li> <li>- 정밀진동제어 다단발파 회로 적용시 :최대200단차</li> </ul>
--	---	---

### ■ 정밀진동제어 다단식발파 적용 초시 예시 (20ms 5회로 6영역)

																																														
<table border="1"> <thead> <tr> <th>뇌관번호</th> <th>M5</th><th>M6</th><th>M7</th><th>M8</th><th>M9</th><th>M10</th><th>M11</th><th>M12</th><th>M13</th><th>M14</th><th>M15</th><th>M16</th><th>M17</th><th>M18</th><th>M19</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>지연초시 (MS)</td> <td>100</td><td>120</td><td>140</td><td>160</td><td>180</td><td>200</td><td>220</td><td>240</td><td>260</td><td>280</td><td>300</td><td>320</td><td>340</td><td>360</td><td>380</td> </tr> </tbody> </table>	뇌관번호	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12	M13	M14	M15	M16	M17	M18	M19	지연초시 (MS)	100	120	140	160	180	200	220	240	260	280	300	320	340	360	380	<table border="1"> <thead> <tr> <th>영역</th> <th>2영역</th><th>3영역</th><th>4영역</th><th>5영역</th><th>6영역</th> <th rowspan="2">허용오차 오류극복</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>뇌관</td> <td>0ms</td><td>20ms</td><td>40ms</td><td>60ms</td><td>80ms</td> </tr> </tbody> </table>	영역	2영역	3영역	4영역	5영역	6영역	허용오차 오류극복	뇌관	0ms	20ms	40ms	60ms	80ms
뇌관번호	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12	M13	M14	M15	M16	M17	M18	M19																															
지연초시 (MS)	100	120	140	160	180	200	220	240	260	280	300	320	340	360	380																															
영역	2영역	3영역	4영역	5영역	6영역	허용오차 오류극복																																								
뇌관	0ms	20ms	40ms	60ms	80ms																																									
LP5	500ms	500	520	540	560	580	동심원상파괴원리 ※ 제조상 전기뇌관 허용오차 범위 기준초시±5ms																																							
LP6	600ms	600	620	640	660	680																																								
LP7	700ms	700	720	740	760	780																																								

## ▶ 심발공법 개선(Power V-Cut)

### ■ 심배기 Power V-Cut

심발정면도	심발단면도
 <p>무장약공 : ● 장약공 : ○</p>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- 도로터널 2차선 이상, 철도복선터널 적용성 유리(굴진장 제한 없음)</li> <li>- 중심수평공 : 장약공 무장약공 교대 배치(발파시 선균열유도, 초기구속력 완화)</li> <li>- 초기 발파진동제어(심발 무장약공 활용)</li> <li>- 단공·장공에 모두 유리</li> <li>- 심배기영역 적은 천공수로 큰 면적의 완벽한 2자유면 확보</li> <li>- 굴착효율 증대</li> </ul>	

## ▶ 전기뇌관/비전기뇌관 사용 발파공법 비교

### ■ 뇌관 및 기폭시스템 비교 선정

구분	전기뇌관+다단발파기	비전기뇌관+Bunch 콘넥터
제품사진		
개요도		
터널적용 1지발 최적 허용 단차	<ul style="list-style-type: none"> <li>·MS+LP+다단발파기조합</li> <li>·지연초시 20ms, 6회로, 7영역 (MS14단차+LP22단차+다단지연초시 20ms)</li> <li>·1지발 134단차</li> <li>·특허 제 10-1887146호</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>·MS+LP+Bunch 콘넥터 조합</li> <li>·지연초시 17ms, 6회로, 7영역 (MS16단차+LP21단차+Bunch 지연 초시 17ms)</li> <li>·1지발 147단차</li> </ul>
기폭방법	·전기식 기폭 방식	·충격식(전기적스파크발생 방식)
안정성	<ul style="list-style-type: none"> <li>·미주전류, 물리적 외력에 주의</li> <li>·도통시험, 저항시험, 미주전류 사전측정 필요</li> <li>·낙뢰위험, 안전대책 필요 (낙뢰경보기 설치)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>·미주전류 및 전기적 위험성에 비교적 안정</li> <li>·물리적외력 주의</li> <li>·낙뢰위험, 안전대책 필요 (낙뢰경보기 설치)</li> </ul>
결선 및 장약공수 확인	<ul style="list-style-type: none"> <li>·취급이 쉽고 시공경험 많음</li> <li>·결선 단락 여부 및 장약공수 확인 용이(도통시험기, 저항측정기)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>·결선작업이 용이</li> <li>·육안에만 의한 결선확인 (발파실패우려가 크다.)</li> <li>·기폭원리상 단선(Cut-off)발생 가능성이 높아 신중한 작업을 요함</li> </ul>
진동/소음	·단차확보로 진동/소음 제어용이 (갱구 입/출구 민원발생 구간 적용성 탁월)	·단차확보로 진동제어는 용이하나 Bunch콘넥터에 의한 소음발생이 크다.(민원발생구간 적용곤란)
작업성	<ul style="list-style-type: none"> <li>·속려공 필요 없음 (취급이 쉽고 시공경험이 많음)</li> <li>·뇌관 및 결선검사 필요</li> <li>·장약작업 전 누설전류 측정필요</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>·속려공 필요</li> <li>·매회 발파시마다 100m 이상의 정화모선 스타터 소모량 발생</li> <li>·뇌관 및 결선검사 육안확인에 의존(뇌관결함 및 결선누락시 발파실패 요인으로 작용함.)</li> </ul>
관련법 (총포도검 화약류등의 안전관리에 관한 법률 및 시행령)	<ul style="list-style-type: none"> <li>·법률 제2조(정의) 3.화공품에 전기뇌관 속해있음</li> <li>·시행령 제16조(화약류 취급) 제17조 (화약류취급소) 제18조 (화약류발파 기술상기준) 제19조(전기발파 기술상기준)</li> <li>·관련법에 화약류 사용에 관한 전기뇌관 기준 있음.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>·법률 제2조(정의) 3.화공품에 비전기뇌관 속해있음</li> <li>·관련법에 화약류 사용에 관한 비전기뇌관 취급 및 발파 기술상의 기준이 전혀 없음</li> </ul>
환경성	·발파후 환경오염물질 및 폐기물 발생 없음.	<ul style="list-style-type: none"> <li>·발파후 환경오염물질 및 폐기물 다량발생</li> <li>- 점화류브, 스타터 잔유물 발생</li> <li>- 재질 : Inomer resin (내구성이강한 플라스틱 재질)</li> <li>-발파후 버려과(암파쇄석) 흔재되어 미세 플라스틱으로 환경오염 유발(토양, 지하수)</li> </ul>
경제성	·뇌관가격저렴,경제성우수 (100%기준)	·전기뇌관 대비 고가(150%)
선정	⊙	⊙
적용사유	<ul style="list-style-type: none"> <li>·경제성, 시공성이 우수하며 민원발생이 우려되는 갱구 입·출구 보안물건이 근접되어 있는 구간에서 진동·소음 제어가 탁월한 <u>전기식 다단발파공법 적용</u></li> <li>·용수가 과다한 구간, 전기적 위험성이 우려되는 곳에 국소적 <u>비전기 뇌관 발파공법 적용</u></li> </ul>	