

지진동 Source 제공을 위한 심부 시추공발파 기술사례

조영곤¹⁾, 김희도¹⁾, 조준호¹⁾

A Case Study on the Boring-Hole Blasting for Offering of the Ground Vibration Source

Young-Kon Cho, Hee-Do Kim and Jun-Ho Cho

Abstract. This case study which is to make 2-Dimension earth's crust structures clearly is about the great boring-hole blasting to provide ground vibration source of the reflected wave research on the Korean Peninsula earth's crust structures research. For this study we've done blasting twice-500 kg/charge per delay, 1,000 kg/charge per delay, and the specifications of blasting are the following - dia.: 300 mm, boring-depth : 100m, besides, we used the explosives and electric detonators which have sufficient detonating velocity and very excellent safety, capacity of detonating, accurate delay time. We charged explosives into steel pipe with bulk type to avoid dead pressure by ground water. And then we tested about pipe airtight and blasting to certificate which has no problem by using on this study. In the results, we succeeded each blasting in Seosan, Youngdong. For the Peak Sum Vector(PSV) around the blasting at the main points, its real measured PSV is higher 180 % than estimated PSV with USBM. In this study we can't be analysis of vibration velocity, but to be key providing vibration source.

KeyWords: The Korean Peninsula earth's crust structure researches, Ground vibration source, Charge per delay, Boring-hole blasting, Dead-pressure, Steel pipe

초 록. 본 기술사례는 한반도 지각속도 구조연구 과제 중 서산지역과 포항지역을 연결하는 200 km 축선에서 2차원 지각구조를 밝히기 위한 지각규모 굴절파탐사의 지진동 source 제공을 위해 수행한 대규모 시추공발파에 관한 내용이다. 본 연구를 위하여 국내에서는 거의 실행해 본 경우가 없는 지발당 장약량이 각각 500 kg, 1,000 kg인 2회의 순발 대발파를 수행하였으며, 이 때 천공된 시추공의 직경과 깊이는 각각 300 mm와 100 m이다. 또한 1 km 간격으로 총 200 km 거리에 분포시킨 200개의 계측지점에 지진동이 전달될 수 있도록 충분한 폭속을 가진 폭약과 외부의 충격에 대해 안전하고 기폭력이 우수하며, 시차가 정확한 비전기뇌관을 특수 제작하여 사용하였다. 시추공내로 유출되는 물에 의한 사압을 방지하기 위하여 폭약은 철탄용기를 제작하여 벌크 형태로 장약하였다. 발파전 용기 밀폐 시험 및 용기제작 후 기폭실험을 통해 제작한 철탄용기와 뇌관의 100 m 깊이 시추공 발파에 대한 적용성을 사전에 확인하였다. 발파 결과 서산과 영동지역 모두 성공적인 발파를 이루었으며, 모든 지진관측기에서 진동이 관측되었다. 또한 실제 발파 중 진동속도 값을 측정된 결과 주변보안물건에 가해진 진동속도의 경우 미광무국식(USBM)을 이용하여 예측한 진동속도 값보다 평균 180 % 정도 높게 나타났다. 본 연구에서는 발파를 함에 있어 진동의 해석보다는 진동 source 제공방법에 그 초점을 두었다.

핵심어: 한반도 지각속도 구조연구, 지발당 장약량, 시추공 발파, 사압, 철탄용기

1. 서 론

본 연구는 과학기술부가 주도하는 자연재해방재기술 개발 국가중점연구사업 중 기상청 주관의 기상지진기

술개발사업의 한반도 지각 속도구조 연구 과제 중 서산지역과 포항지역을 연결하는 200 Km 축선에서 2차원 지각구조를 밝히기 위한 지각규모 굴절파탐사 목적의 지진동(Ground vibration) source 제공을 위한 발파기술 사례연구이다. 이 연구를 위해 축선 양단에 지진동이 200 km까지 전달될 수 있도록 공경이 $\phi 12''(300 \text{ mm})$ 인 시추공을 지하 100 m로 천공하여 폭약을 각각 500 kg, 1,000 kg을 장약하고 발파하여 축선상에 1 km

¹⁾ 정회원, (주)고려노벨화학 기술상무
접수일: 2003년 3월 12일
심사 완료일: 2003년 6월 20일

간격으로 설치된 200개의 지진관측기 지진동이 기록될 수 있도록 하기 위한 방법을 모색하였다. 단, 일반 지진의 경우 주파수 범위가 10 Hz 이하이며, 발파의 경우 20~100 Hz의 주파수 범위를 가지므로 주파수 특성은 고려하지 않았다.

이와 같이 단일공으로 100 m 깊이 이상의 심부에 1,000 kg 이상의 폭약을 사용하여 발파를 실시한 사례가 일부 외국의 선진국에서는 몇 차례 있었으나 자세한 보고는 되지 않았다. 따라서 본 연구에서는 본 사례와 같은 단일공 내 대량의 폭약을 1지발로 발파했던 사례가 국내에서는 거의 없었기에 이에 대한 작업과정 및 기초실험 및 제작, 발파 그리고 발파준비상의 문제점과 해결방안 등 지진동 source를 얻기 위한 발파사례에 대해 기술하고자 한다.

2. 작업 개요

본 연구에서 발파를 실시하기 위한 작업 준비 과정은 그림 1과 같다. 발파를 준비하는 과정에서 본 발파와 같은 특수한 상황에 따른 문제점을 발견하고 그 해결방안을 모색하기 위하여 실험발파 전 현장 조건과 유사한 기초실험 및 제작용기들의 기폭 여부를 확인하였다.

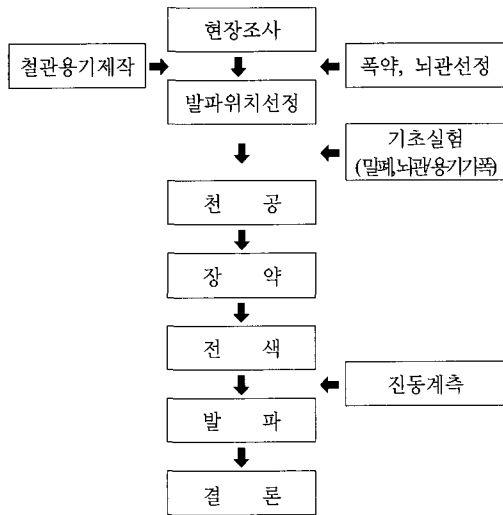


그림 1. 작업 준비 과정.

3. 현장 주변 환경

“한반도 시각 속도구조 연구”에 지진동 source를 제공하기 위한 심부 시추공 발파 대상지역은 충청남도 서산시 부석면 창리와 충청북도 영동군 용산면 울리, 경주시 양

북면 세 곳이 선정되었으나, 경주의 경우 현지 발파 입지 선정 곤란으로 본 연구에서는 제외하고 서산과 영동 두 곳에서만 발파를 실시하였다. 따라서 발파 지점에 대한 대략적인 위치 및 주변 환경을 알아보면 다음과 같다.

(1) 서산지역

대구경발파 위치는 충남 서산시 부석면 창리에 소재한 대섬으로, 발파지점에서 750 m 내에는 서산 A 지구 간척지인 농지이며, 지질상 특징은 흑운모 화강암류 및 퇴적암류로 이루어져 있다. 그림 2와 표 1은 발파위치 및 부근에 분포하는 보안물건의 현황 및 이격거리를 나타낸 것이다.

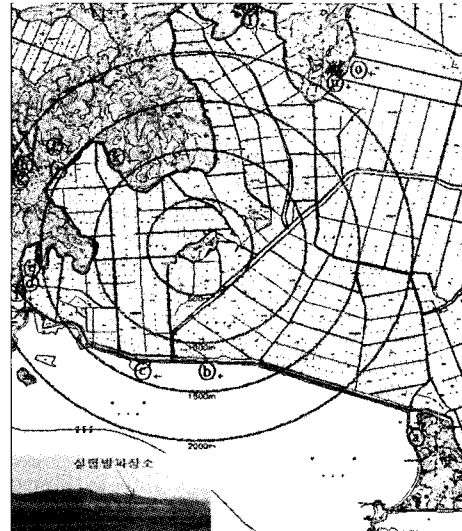


그림 2. 서산지역 발파위치.

표 1. 서산지역 보안물건 현황(서산시 부석면).

보안물건	위 치	이격거리
㉓ 구세군간월동영문	간월도리	2,900 m
㉔ A지구 방조제 길	부석면	1,150 m
㉕ LPG충전소	창리	1,350 m
㉖ 창리휴게소	창리	1,800 m
㉗ 325번지	창리	1,700 m
㉘ 창리진료보건소	창리	2,000 m
㉙ 창리성결교회	창리	2,000 m
㉚ 부남경로당	창리	1,950 m
㉛ 월적골 민가	창리	1,600 m
㉜ 강당분교	창리	1,800 m
㉝ 550 번지	창리	1,700 m
㉞ 돈사(700두)	강당리	2,360 m
㉟ 양계장(5만마리)	강당리	2,420 m
㊱ 개 사육장(30두)	강당리	2,000 m
㊲ 신양산업	강당리	2,150 m

(2) 영동지역

영동지역의 발파위치는 충북 영동군 용산면 울리에 위치하고 있으며, 지질 특성은 석영반암, 장석반암 및 화강암류가 분포되어 있다. 발파지점에서 700 m~2,000 m 내에 시궁골, 마을, 공장, 교회 등의 보안물건이 분포하고 있으며 이들 보안물건의 현황 및 이격거리는 그림 3과 표 2와 같다.

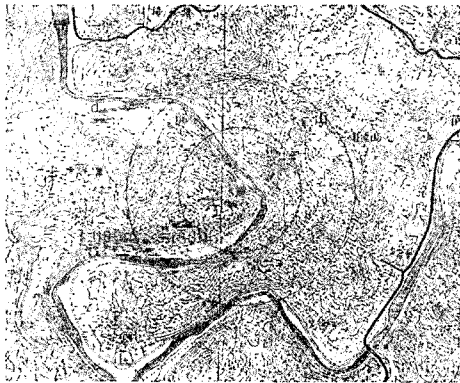


그림 3. 영동지역 발파위치.

표 2. 영동지역 보안물건 현황(영동군 용산면).

보안물건	위 치	이격거리
㉑ 시궁골	시금리	1,250 m
㉒ 시금리 마을	시금리	700 m
㉓ 전주동	울 리	1,300 m
㉔ 푸른농원	한석리	1,800 m
㉕ 한석교회	한석리	1,800 m
㉖ 어내골	한석리	2,000 m
㉗ 고려노벨화학공장	울 리	1,400 m

4. 발파준비작업

4.1 대구경 천공

(1) 천 공

대구경 천공은 T-4로 천공을 하였으며, 대구경 천공 깊이는 지표에서 100 m이며 천공과정에서 Casing 설치, 지하수 유출의 저감대책(지하수가 많이 나오면 천공에 저항을 받음)을 세웠으며, 칼라 등을 설치하였다. 그림 4

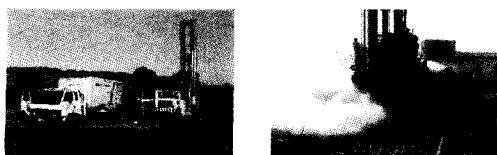


그림 4. 대구경 천공 과정.

는 본 발파를 위한 천공을 하는 과정을 보여주고 있다.

(2) 작업개요

심부 시추공 발파를 위한 각 발파 위치별 천공작업은 다음의 표 3과 같다.

표 3. 지역별 천공.

구 분	서산지역	영동지역
천 공 위 치	서산시 부석면	영동군 용산면
대구경 공경	300 mm	300 mm
대구경 깊이	100 m	100 m

4.2 폭약류 및 뇌관선정

본 연구에 있어서 중요한 것은 발파지점으로부터 100 km 이상 떨어진 계측지점에서 인위적으로 발생시킨 발파에 의한 지진동 source 제공을 목적으로 하고 있기 때문에 목적 지점까지 최대한 지진동이 계측되게 하기 위하여 가능한 한 폭속이 높은 폭약과 100 m 깊이의 수압이 작용하는 특수한 상황에서 14~26개를 동시에 제발발파를 하기 때문에 정밀시차를 제공하는 뇌관을 사용할 필요가 있다. 뿐만 아니라 발파 여건상 지하 100 m의 심부에서는 지하수가 공내로 유출되어 공내에 투입된 폭약에 10기압 정도의 압력이 가해질 것으로 예상되므로 적절한 투입방법을 모색해야 했으며 폭약의 선택에 있어서도 사압의 위험성이 적은 폭약을 선택할 필요가 있다. 따라서 이러한 여러 가지 상황들을 종합하여 볼 때 폭약을 투입하는 방법은 철관을 제작하여 그 안에 폭약을 장전하여 투하함으로써 사압현상이 발생하는 것을 방지하도록 하였다. 폭약의 경우 현재 국내 생산 산업용 폭약 중 가장 폭속이 높고 사압의 위험이 낮은 NG 계열의 MegaMITE-II(폭속 6,700 m/sec)를 사용하였으며, 뇌관은 외부의 충격 및 전기적 위험에 안전하여야 하며, 기폭력이 우수하여 완전한 기폭과 정확한 시차가 보장되어야 한다. 이러한 점에서 비전기 뇌관은 외부의 충격에 견디도록 3중구조의 tube를 채택하여 고강도의 인장력을 가지며, 내충격성, 내마모성, 내안전성이 탁월하며 유연하고 또한 어떠한 전기적 위험에도 안전하며, 정확한 시차를 가지고 있다. 따라서 시추공 발파시 사용될 뇌관으로는 Nonel 비전기뇌관을 채택하여 사용하였다. 다만 본 연구에서 사용된 뇌관은 철관용기 하나당 2개의 뇌관을 사용하게 되어 있어 이중으로 제작된 특수 뇌관을 사용하였다. 다음의 표 4 및 그림 5는 본 연구에서 사용된 폭약류와 뇌관의 종류 및 특수 제작된 뇌관을 나타낸 것이다.

표 4. 사용 폭약 및 뇌관의 제원.

구분		종류	사용량(kg, 개)	비고
폭약류	폭약	Megamite -II	500 kg (영동)	Bulk
	전폭약		1,000 kg(서산)	
뇌관	비전기 (Nonel)	특수뇌관	80	순발
		Bunch connector	8	순발
		Unidet	2	순발
	전기 (Konel)	MS	2	순발

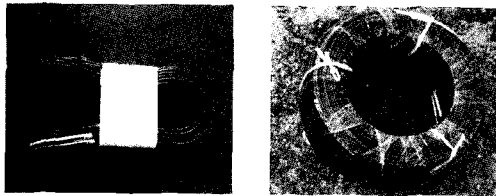


그림 5. 특수 제작된 이중 비전기뇌관.

4.3 발파 용기

본 연구를 위한 천공경은 300 mm로 지하 100 m까지 천공하였다. 일반적으로 지하심부로 내려갈수록 10 m 당 대략 1 kg/cm²의 수압이 작용한다. “한반도 지각속도 구조 연구”를 위한 시추공발파는 100 m를 천공하므로 수압이 약 10 kg/cm²의 압력이 작용한다. 따라서 수압 및 내정압으로부터 폭약의 사압을 방지하기 위하여 시추공 발파에서는 폭약을 보호하는 철관용기를 제작하여 발파를 시행하였다.

(1) 철관 용기 구조

공경 300 mm, 장약량 1,000 kg를 장약하기 위해서는 장약장의 길이가 약 14~26 m정도 된다. 장약을 쉬운 방법으로 하기 위해 용기의 크기를 2 m크기로 제작하였다. 본 연구에서 제작 사용된 철관용기의 구조는 다음의 그림 6과 같으며, 완전히 밀폐가 이루어지도록 설계하여 폭약에 사압이 작용하지 않도록 하였다.

(2) 용기당 폭약량 및 소요 용기량

대구경 발파를 위해 천공한 천공경 지름은 300 mm이며 제작된 용기의 지름은 190.7 mm이므로 제작된 철관용기 1개의 폭약량은 폭약의 비중을 1.5로 가정할 때 다음과 같이 계산하여 산출할 수 있다.

$$\{((0.1907m - 0.0106m) / 2)\}^2 \times \pi \times 2m \times 1.5t/m^3 = 76.4kg$$

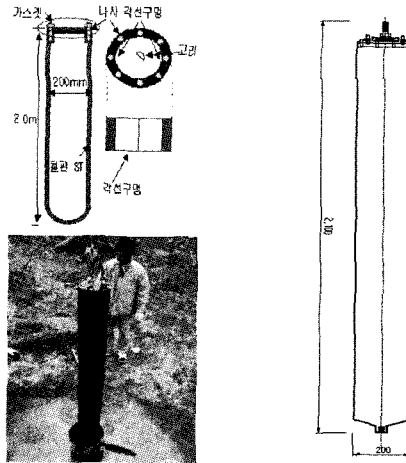


그림 6. 제작용기 구조.

표 5는 대구경 발파시 발파지역에서 필요한 용기 개수 및 사용된 폭약량을 표시한 것이다.

표 5. 지역별 용기소요량.

장소	폭약사용량(kg)	용기 수(개)	비고
서산지역	1,000	13	실행
영동지역	500	7	실행
포항지역		취소	
계	1,500	20	

4.4 용기내 장약 및 밀폐

용기의 제작 후 장약은 최대한 순폭이 되도록 하기 위해 밀장전을 실시하였고, 장전시 전폭약포는 용기 내에 1개를 2등분하여 장약하였으며, 확실한 발파를 위하여 각 전폭약포에 2개의 뇌관을 사용 총 4개의 뇌관을 사용하였다.



그림 7. 천공내장약 및 밀폐.

4.5 공내투입 및 전색

용기 내에 장약 후, 천공내 장약은 원치가 있는 카고 크레인을 사용하여 안전에 만전을 기하였다. 용기와 폭약의 무게가 약 200 Kg정도의 무게를 가지므로 폭약 용기를 투입시 안전하게 이루어지도록 하였다. 전색은 13 mm 골재를 사용하였다.

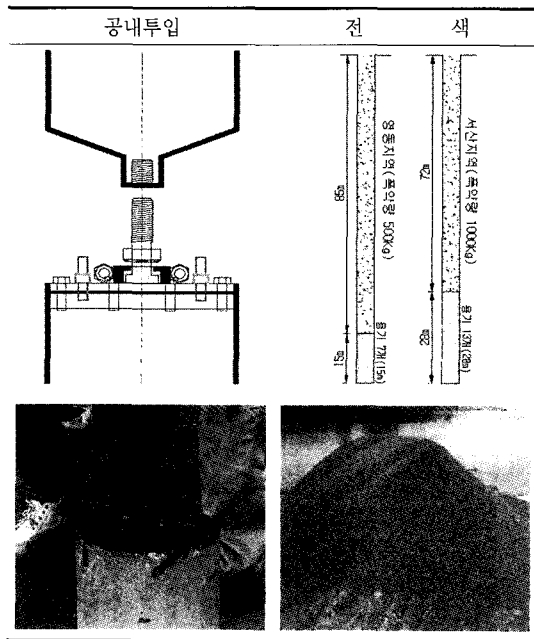


그림 8. 공내투입 및 전색.

5. 대구경 발파 기초실험

시추공 발파를 실시하기에 앞서, 천공심도 100 m와 같은 환경조건을 가진 수심100 m 지점에서 다음과 같은 실험을 실시하여 시추공 발파시 제작된 용기 내에서 폭약과 뇌관에 미칠 수 있는 영향을 사전에 파악하도록 하였다.

- 1) 용기 밀폐를 위한 물질선정
- 2) 용기제작 후 기폭실험
- 3) 수압작용으로 인한 폭약 및 뇌관에 미치는 영향 파악

용기 밀폐 실험의 경우 제작된 용기를 지하 100 m 지점에 내려 완전밀폐 여부를 판단하는데 목적이 있다. 대구경 발파시 완전밀폐는 성공여부를 좌우한다고 할 수 있다. 밀폐 재료로는 실리콘, 접착제, 가스켓, 본드, 에폭스 등을 사용하여 실시하였으며 그 결과 밀폐도가 우수한 것으로 나타났다.

용기제작 후 폭약에 의한 철관의 기폭여부를 판단하기 위해 실험을 하였다. 용기에 모래와 폭약 1개를 넣고

다시 모래로 전색을 한 후 기폭한 결과 철관이 완전히 기폭되어 사압이 발생하지 않는 경우 철관용기는 완전히 기폭되어 지진동 발생에 장애가 없을 것으로 판단하였다.

지하 100 m 지점에서의 뇌관의 사압여부를 알아보기 위해 천공된 시추공속에 약 10분간 침수시킨 후 기폭실험을 2회 실시하였지만 모두 기폭이 되는 것으로 나타났다.

따라서 이러한 사전 실험으로부터 100 m에서의 기폭은 문제가 되지 않을 것으로 판단하였다.

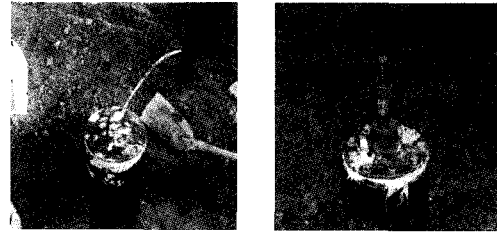


그림 9. 용기 밀폐 실험.

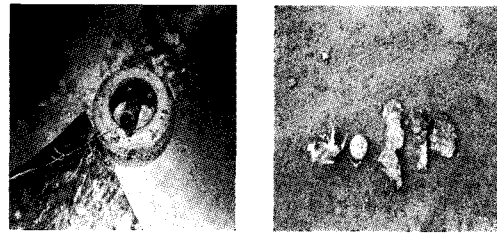


그림 10. 용기 기폭 실험.

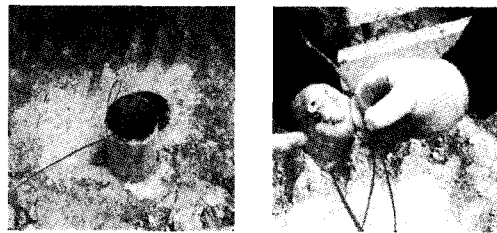


그림 11. 뇌관 기폭 실험.

6. 발 파

발파는 서산지역 발파 후 15분 후에 영동지역에서 순차적으로 발파를 실시하였다.

이와 같이 발파시간이 15분 간격으로 실시한 이유는 캐나다산 지진 관측기가 위성과 송수신하는 시간 때문이다.

다음의 그림 12는 서산지역의 발파 지점에서 장약과

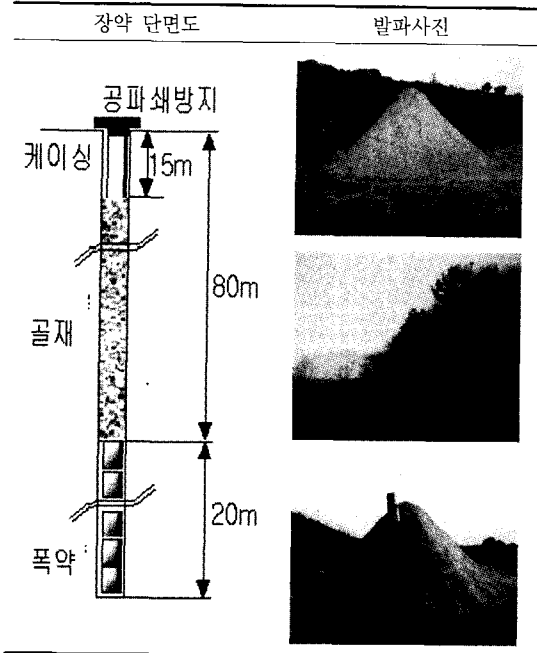


그림 12. 서산지역 발파과정.

전색을 마친 후 발파 전, 발파시, 발파 후의 과정들을 나타낸 것이다. 그림에서 보듯이 발파가 순조롭게 이루어져 외부로의 에너지 방출 없이 거의 모든 에너지가 지진동으로 변환이 되었음을 알 수 있다. 그러나 영동지역에서의 발파에서는 약 30 m 정도의 비산이 발생하였다.

7. 진동측정

7.1 진동 측정기

본 연구의 목적인 지각속도 구조연구와 같은 대규모

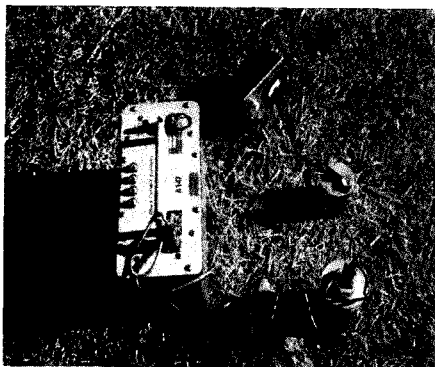


그림 13. 지진관측기.

실험발파에서는 일반발파와 달리 진동측정기를 사용하여 진동을 측정하는 것이 아니다. 한반도 지각속도 구조연구에 사용되는 측정기는 캐나다에서 입대한 지진 관측기를 사용하여 측정을 하였다. 그림 13은 본 연구에서 진동 측정에 사용된 지진 관측기를 보여주고 있다.

이 밖에도 별도로 당 발파시 일반현장에서 사용 중인 진동측정기를 사용하여 보안물건에 대한 진동을 측정하였다. 진동측정은 서산지역에 계측기 4대와 영동지역에 계측기 3대를 설치하여 측정하였다.

7.2 진동 계측 결과 분석

발파로 인해 본 연구의 목적인 진동 source의 관측은 200 km 선상의 200개 계측지점에서 순조롭게 모두 관측이 되었다. 심지어 강원도 지역의 지진 관측소에서도 관측이 된 것으로 보고 되어 본 발파가 성공적으로 이루어졌음을 알 수 있었다. 그러나 그 계측 결과의 해석은 본 연구의 주목적이 아니었으므로 본 연구에서 제외하였다. 다만 주변 보안물건에 대해 다음의 표 6은 발파 위치별 사용 계측기기의 현황을 나타낸 것이며, 표 7은 발파지역별 진동 계측 결과 중 한 성분만을 대표적으로 나타낸 것이다.

표 6. 발파 위치별 사용 계측기기 현황.

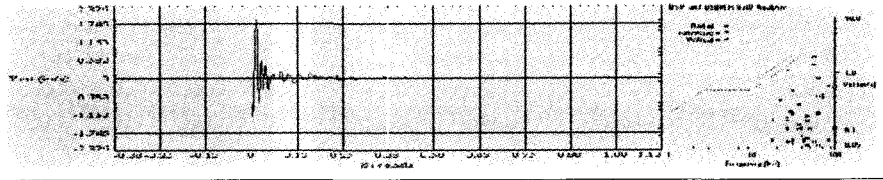
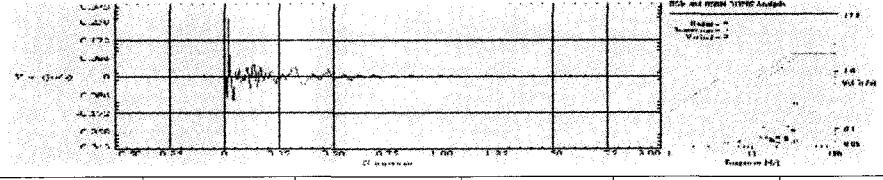
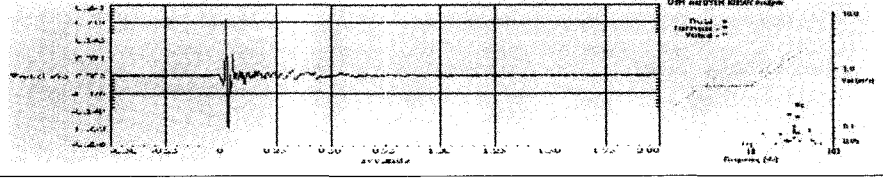
구 분	사용계측기기		
	DS-477	VMS200s	총 계
충남 서산	1 대	3 대	4 대
충북 영동	3 대	-	3 대

$$V = 114 \times \left[\frac{D}{W^{1/2}} \right]^{-1.6} \quad (1)$$

(1) 식과 같은 미광무국(USBM)식을 지역별로 적용한 예상진동속도 값과 실제 진동계측값을 비교 해본 결과 서산지역은 208 % 증가하였고 영동지역은 142 % 증가하였다. 두 지역을 같이 비교하면 180 % 증가하는 결과가 되었다. 이와 같은 결과는 미광무식이 일반적인 벤치발파의 진동 예상 속도값이고 본 사례는 1자유면 발파라는 점과 추정식에 사용된 K값이 낮게 책정이 된 점, 현장의 암지질 상태의 차이, 대부분의 발파 에너지의 압력 에너지로의 변화 그리고 가장 주요한 것으로서 약량의 차이 등이 이와 같은 결과를 보이게 된 주요 이유인 것으로 분석되었다.

따라서 이상의 결과로부터 발파로 인해 발생된 대부분의 에너지가 본 연구의 목적대로 지진동 발생을 위해 사용되어졌음을 알 수 있다.

표 7. 서산지역 및 영동지역 진동계측결과.

서산지역		이격거리	접선성분	수직성분	진행성분	PVS	S·D
측 점 #. 1	VMS 200s	301.67 m	N/A mm/s	48.01 mm/s	35.56 mm/s	49.78 mm/s	10
	Vertical Waveform (in/s)						
측 점 #. 2	VMS 200s	904.99 m	6.86 mm/s	5.84 mm/s	2.29mm/s	7.11 mm/s	30
	Vertical Waveform (in/s)						
측 점 #. 3	VMS 200s	1,508.3 m	1.78 mm/s	5.84 mm/s	4.06 mm/s	6.86 mm/s	50
	Vertical Waveform (in/s)						

또한 본 연구를 계기로 현장에서 이루어지는 발파규 모별 비교데이터와 더 많은 계측자료를 통한 상호비교 가 지속적으로 연구되어질 필요가 있을 것으로 보인다.

표 8. 서산지역 보안건물 주변 진동속도.

보안물건	이격거리	결과치
없음	500 m이내	4.980 Kine
	1,000이내	0.711 Kine
LPG충전소	1,350 m	0.686 Kine
원적골 마을	1,600 m	
창리휴게소	1,800 m	0.267 Kine
둔사(700두)	2,360 m	
간월도	2,500 m	

표 9. 영동지역 보안건물 주변 진동속도.

보안물건	이격거리	결과치
없음	400 m	0.891 Kine
	600 m	1.160 Kine
시궁골	1,250 m	0.470 Kine
시금리 마을	1,300 m	
전주동	1,500 m	

주 주파수는 본 대발파의 경우 그 범위가 25~60 Hz 로 일반적인 지진의 주파수 범위가 10 Hz 이하인 점을 비교한다면⁽¹⁾ 다소 차이가 있으나 본 연구 영역의 목적 은 주파수 보다는 200 km 선상의 지진관측기에 진동 source가 관측되도록 하여 진동이 전파되는 특성을 파악 하는데 그 주 목적이 있으므로 주파수 특성에 대한 분석은 고려하지 않았다.

표 8과 표 9는 발파가 이루어진 지역의 보안물건 주변에서 계측된 주요 진동속도값을 보인 것이다.

위의 표 8과 표 9에서 보면 일반적으로 장약량이 1/2 로 감소할 경우 진동속도는 약 60 %로 감소하는 것이 맞겠지만 위 결과의 경우 발파지점의 이질성과 영동에서 외부로의 에너지 과다 방출 등의 원인으로 40~50 %로 감소되었음을 알 수 있다.

8. 결 론

과학기술부가 주도하는 자연재해방재기술개발 국가 중점연구사업의 일환인 기상청 주관의 기상지진기술개발사업의 “한반도 지각 속도구조 연구”는 지진 방재 기술개발연구에 필요한 가장 기본적이고 중요한 지각 속도구조를 밝히는 연구로서 그 진동 source를 얻기 위해

본 연구와 같은 대발파를 실시하였으며, 발파 결과를 요약하면 다음과 같다.

- 1) 200 km에 달하는 측선상에 1 km 간격으로 설치한 지진관측기에서의 진동계측이 가능하도록 본 연구에서는 직경이 300 mm인 대구경 시추공을 100 m 깊이로 2공을 천공한 후 각각 500 kg과 1,000 kg의 폭약을 장약한 대발파를 수행하였다.
- 2) 300 mm 천공경에 단일장약으로 대량의 폭약을 장약한 후 발파를 실시한 사례가 일부 선진국의 경우 “지각속도구조 연구실험”을 위해서 발파를 실시한 경우가 있었지만, 국내에는 거의 없었던 사례로 심부 대구경 발파의 경험을 축적할 수 있었던 기회였다.
- 3) 본 발파의 경우 심부 시추공 발파이기 때문에 지하수의 유출과 이로 인해 폭약이 사압현상으로 불폭될 것을 예방하기 위하여 철관용기를 제작하여 사압현상을 방지토록 하였으며, 완전한 기폭으로 유도하기 위하여 특수 제작된 이중의 특수 순발 비전기 뇌관을 사용하여 발파를 실시하였다.
- 4) 대량의 폭약을 점폭시킴으로 인해 대부분의 보안물건 위치에서 0.27~0.69 kine의 결과를 보여 일반적인 진동규제치 범위를 벗어나고 있으나⁽²⁾ 1회에 한정된 발파임으로 보안물건에 문제는 없었다.
- 5) 본 대발파로 인해 200 km 측선상에 1 km 간격으로 설치한 지진관측기 200개에서 모두 진동이 관

측되어 성공적인 발파가 이루어졌다.

- 6) 서산지역과 영동지역의 진동을 측정된 결과 당초 예상식으로 사용하였던 미광무국식에 의한 진동 예상속도값보다 매우 높게 나타났으며, 실제 계측값은 예상진동속도값에 비해 평균 180 % 가량 높게 나타났다. 따라서 본 연구를 바탕으로 지속적인 현장 계측자료를 통해 미광무국식과의 비교분석이 필요할 것으로 보인다.

본 연구는 500 kg, 1000 kg을 각각 영동과 서산지역에 대구경을 천공하여 순발발파하는 대발파로써 지금까지 우리나라에서는 실시한 경우가 없었던 연구였다. 따라서 철저한 사전준비를 통하여 실패의 확률을 줄이고자 노력하였으며 그 결과 본 연구의 목적대로 진동 source를 제공할 수 있었다. 또한 발파 결과로써 주변에서 측정된 발파진동의 경우 일반적인 진동규제치를 벗어나 예측치의 약 2배 가량으로 나타났으나 일시적인 발파인 관계로 보안물건에는 문제가 없었다. 하지만 앞으로의 현장에서의 진동값을 측정하여 발파규모별 비교 데이터와 계측자료를 통한 상호비교의 연구가 지속적으로 이루어져야 할 것으로 보인다.

참고문헌

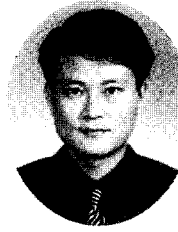
1. 양형식, 1992, 발파진동학, 구미서관, 24-34.
2. 대한화약기술학회, 2001, 발파진동소음계측과 자료처리, 23-30.



조영곤

1972년 서울대학교 공과대학 자원공학과
공학사
화약류 관리 기술사

Tel: 02-756-2849
E-mail: yk-joe@hanmail.net
현재 (주)고려노벨화약



김희도

1992년 전남대학교 공과대학
자원공학과 공학사
1995년 전남대학교 공과대학
자원공학과 석사
2003년 전남대학교 공과대학
자원공학과 박사 과정

Tel: 051-644-2320
E-mail: nonelgim@dreamwiz.com
현재 (주)고려노벨화약

조준호

1994년 조선대학교 공과대학 자원공학과
공학사

Tel: 051-644-2320
E-mail: jobalpa@chollian.net
현재 (주)고려노벨화약
