

경상남도 천곡리와 매곡리 일대 울산단층의 고해상도 반사파 연구

김기영 · 김우혁 · 김교홍 · 이광자 · 이소영 · 김종민 · 정용희

(강원대학교 지구물리학과)

1. 서 론

고해상도 탄성과 반사법은 1980년대 이후, 전자공학 및 컴퓨터공학의 급속한 발달로 조사장비의 소형화 및 PC용 소프트웨어 개발 등이 이루어짐에 따라 지표근처의 지질구조 및 층서연구에 널리 사용하게 되었다.

이 연구는 울산단층 분절특성 연구의 일환으로, 울산단층이 통과하는 것으로 예상되는 경상남도 천곡리와 매곡리 일대에서 고해상도 탄성과 반사법을 이용하여 지표근처에 존재하는 단층 및 파쇄대를 영상화하고, 분포양상을 밝히고자 실시하였다.

2. 주변 지질

울산단층은 울산과 경주를 잇는 불연속선(김중환 외, 1976; 원종관 외, 1978)으로 최현일 외(1980)와 김우준 외(1980)에 의해 울산단층이라는 이름으로 명명되었으며, 울산 단층대 또는 울산단층계(김인수 · 김종열, 1983)등으로 명칭이 혼용되고 있다. 최근 울산단층을 중심으로 그 동측지괴에서 입실단층을 비롯한 제4기 단층이 여러 개 발달하고 있는 것으로 보고된 바 있다(류충렬 외, 1996, 1997).

측선조사가 이루어진 지역은 경상남도 울산시 농소읍 천곡리와 매곡리 일대로, 지표에서는 두꺼운 퇴적물로 인해 단층의 노두를 볼 수 없고 대체로 평탄한 지형을 이루는 지역이다. 조사축선의 동쪽으로는 중생대 백악기에 관입한 화강암 노두가 분포하고, 서쪽으로는 중생대 백악기 퇴적암(마산층)이 분포한다(박양대 외, 1968).

3. 자료획득

2000년 2월 20일부터 25일까지 6일간 실시한 조사축선은 경상남도 농소읍 천곡리와 매곡

리 일대에 위치하며 지질도상의 구조선과 대략 직각을 이루도록 하였다(그림 1). 경주-울산 간 7번 국도를 기준으로 동쪽과 서쪽에 각각 237 m와 501 m에 달하는 측선을 설정하였다. 비교적 평탄한 서쪽 측선(측선 1)의 서쪽으로 동천이 흐르고, 다소 경사가 있는 동쪽 측선(측선 2)의 동쪽으로는 야산이 이어진다. 지표는 주로 논으로, 일부 논은 물에 잠겨 있어 높은 포화도를 나타낸다. 측선조사가 실시된 기간은 농한기로, 경작지 소음은 거의 없는 상태였다.

자료획득변수는 표 1에 요약하였다. 총 738 m에 이르는 조사측선 상의 3 m 간격 측정마다 광파거리 측량기를 이용하여 측정오차 ± 3 mm/km 이내로 고도를 측정하였으며, 측정자료는 자료처리 정보정 단계에 이용되었다. 측선 1의 동쪽 부분을 제외한 구간에서는 100 kg 철구를 직경 40 cm, 두께 3 cm의 철판 위에 2.3 m 높이에서 자유낙하시켰으며, 논에 물이 고여 접근이 어려운 측선 1의 동쪽 부분에서는 5 kg 해머를 알루미늄 판에 타격하여 지진파를 발생시켰다. 또한 국도를 중심으로 동쪽에 있는 측선 2에서는 측선 1의 서쪽구간에서와 같이 100 kg의 자유낙하추를 파원을 사용하였다. 24 채널 OYO McSeis-SX 장비를 이용하여 총 143개 기록을 얻었다. 타격 및 지오폰 간격과 근거리 윗셋을 모두 3 m로 하여 중합수 12가 되도록 하였다. 0.5 ms 간격으로 500 ms 동안 기록하였으며, 고주파 성분을 많이 기록하기 위하여 파원 및 수신 배열을 사용하지 않았다. 또한 100 Hz 고해상도 지오폰을 사용하여 레일리파가 최소한으로 기록되게 하였으며, 이동식 방음막을 파원 발생시마다 설치하여 공기파의 발생을 억제하였다.

4. 자료처리

자료처리 순서는 일반적인 처리과정을 따랐다(그림 2). 전처리 단계에서는 포맷변환, 고도보정, 트레이스 편집 등의 과정을 거쳤으며, 샘플률, 기록시간, 파원과 지오폰 위치에 관한 정보 등 자료에 관한 기초정보를 컴퓨터에 입력하였다. 잡음이 많이 포함되어 신호의 왜곡을 일으킬 수 있는 트레이스에 대해서는 편집과정에서 트레이스 전체를 제거하였다. 고도보정은 평균 표층속도 400 m/s를 이용하여 측정별로 정보정하였다.

자료획득 시 고해상도 지오폰과 고주파 통과 필터를 사용했음에도 불구하고 레일리파가 여전히 강하게 기록되어 있어서, 주파수-파수 영역에서 1000 m/s 이하의 속도를 제거하고, 70~250 Hz의 주파수 대역필터를 사용하여 레일리파 에너지를 최소화하였다. 일부 해석에 필요한 지층속도는 공통발파점 및 중심점 취합자료상의 쌍곡선으로부터 구하였다. 그림 3은 측선 1의 측정 105번에서 기록한 공통발파점 취합자료이다. 아직 정밀한 속도분석이 이루어지지 않아 중합단면은 완성하지 못하였으며, 측선 1과 측선 2에서 윗셋이 각각 36 m, 24 m인 트레이스 12번과 8번으로 구성된 최적윗셋 단면을 작성하였다.

5. 자료해석

그림 4와 5는 측선 1과 2의 최적윤셋 단면으로, 기반암 상부면과 단층을 표시하였다. 이들은 측선 1과 2에서 각각 40-50 ms(그림 4)와 20-50 ms(그림 5) 부근의 기반암 상부면이 많은 단층에 의하여 단절된 모습을 보여준다. 국도 서편에서 규모가 가장 큰 단층은 측점 80번 부근에 존재하며, 동쪽이 약 10 ms (3-4 m) 상승한 역단층 형태를 보여준다. 그밖에 도 측점 10, 27, 35, 41, 45, 50, 66, 72, 79, 89, 101, 112, 125, 133번 부근에서 단층이 인지되며, 측점 50번과 80번 사이 90 m 구간은 파쇄대가 많이 발달해 있는 것으로 해석된다(그림 4). 국도 동편에서도 대부분의 단층은 동쪽이 상승한 역단층의 양상으로 보이며, 측점 3, 7, 13, 18, 21, 28, 33, 41, 44번 부근에 단층으로 인한 기반암 상부면의 단절이 인지된다. 이 측선에서는 동쪽에 산이 위치하는 지형적 영향으로 서쪽으로 갈수록 기반암이 깊어지는데, 측점 45-49번 구간은 풍화된 기반암 상부면까지의 깊이가 40 m 정도에 달하여 울산단층의 중심에 가까울 가능성을 시사한다(그림 5).

그림 4와 5의 결과만으로 해석한 대략적인 지층의 구조는, 최상부에 속도 700-1500 m/s의 충적층이 측선 1에서는 5-12 m 정도 두께로 쌓여 있으며, 측선 2에서는 3-40 m로 두께의 변화가 매우 심함을 보인다. 기반암 풍화층이 측선 1에서는 신선한 기반암 상부에 10-20 m 정도 두께로 분포하며, 측선 2에서는 10-50 m 깊이로 표층의 변화 양상과 흡사하게 변한다.

6. 결 론

경상남도 농소읍 천곡리와 매곡리 일대에서, 우세한 구조선과 대략 직각을 이루는 총 738 m의 측선을 따라 반사파 단면조사를 실시한 결과, 측선 1, 2의 공통윤셋 단면은 각각 40-50 ms와 20-50 ms 부근의 기반암 상부면이 많은 단층에 의하여 단절된 모습을 보여주며, 대부분의 단층은 동쪽부분이 상승한 역단층의 양상을 보인다. 10개 이상의 단층이 인지되는 측선 1에서의 측점 50번과 80번 사이 90 m 구간에 파쇄대가 발달해 있는 것으로 해석되며, 측선 2에서도 9개 정도의 단층이 기반암 상부면을 단절하고 있는 것으로 해석된다. 측선 2의 서쪽 끝 부분에서는 풍화된 기반암 상부면까지의 깊이가 40 m 정도에 달하여 울산단층의 중심에 가까울 가능성을 시사한다.

참 고 문 헌

- 김옥준, 정봉일, 염상호, 강기홍, 박봉순, 강필중, 1980, 한반도의 지진지체구조에 관한 연구, 과학기술처.
- 김인수, 김종열, 1983, 경상분지 언양단층 지역에 대한 전기비저항 탐사연구, 광산지질학회지, 16, 11-18.
- 김종환, 강필중, 임정웅, 1976, Landsat-1 영상에 의한 영남지역 지질구조와 광상과의 관계 연구, 지질학회지, 12, 79-89.
- 류충렬, 양경희, 김인수, 1996, 울산단층 주변의 제 4기 단층: 활성단층인가?, 대한지질학회 제 51차 학술발표회 요약집, 79-80.
- 류충렬, 경재복, 김인수, 1997, 울산단층대 동측의 신기지구조운동과 지형발달, 대한자원환경 지질학회 제 30차 학술발표회 발표논문요약집, 14.
- 박양대, 윤형대, 1968, 한국지질도(1:50,000), 울산도폭 및 설명서, 국립지질조사소.
- 원종관, 강필중, 이상현, 1978, 경상분지 구조해석과 Igneous pluton에 대한 연구, 지질학회지, 14, 79-92.
- 최현일, 오재호, 신성천, 양문열, 1980, 울산지역 경상계 지층의 지질 및 지화학적 연구, 자원 개발연구소.

표 1. 고해상도 탄성과 반사조사 야외변수.

SOURCE	
Type	100 kg weight drop & 5 kg hammer
Shot Interval	3 m
Vertical Stack	300 %
RECEIVER	
Type	100-Hz geophones
Interval	3 m
RECORDER	
Instrument	OYO McSeis-SX
Recording Length	512 ms
Sampling Interval	0.5 ms
LAYOUT	
Type	End-on
Trace Interval	3 m
Near-trace Offset	3 m
Far-trace offset	72 m
Number of channel	24

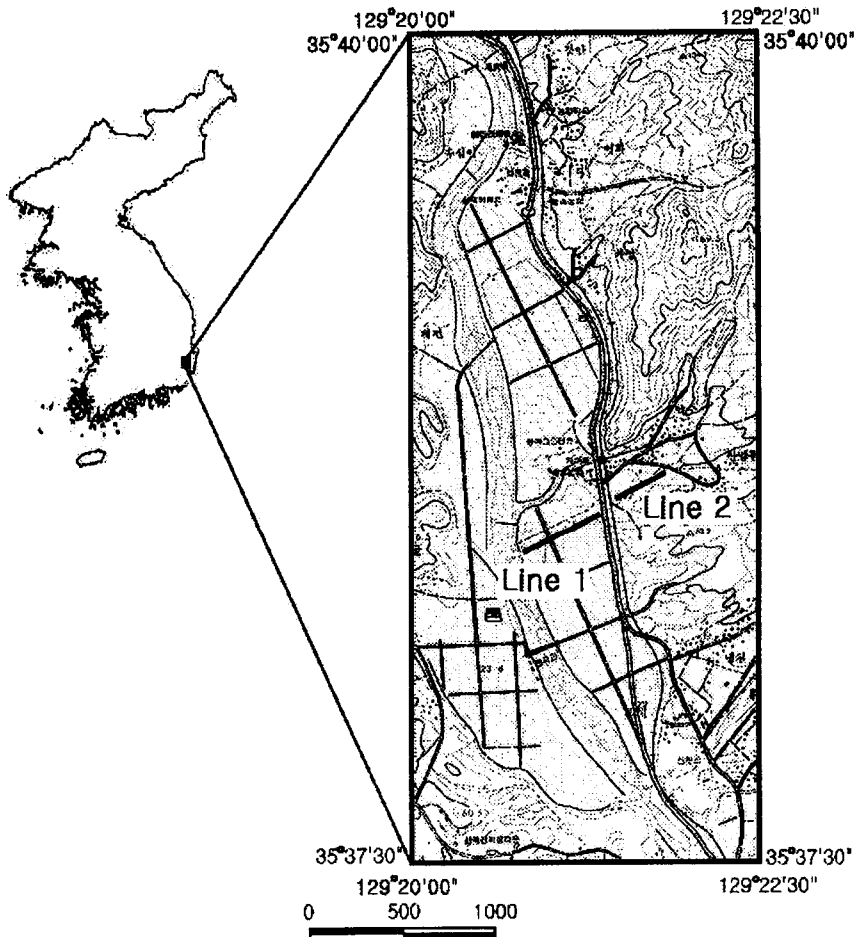


그림 1. 고해상도 반사와 단면조사 위치도.

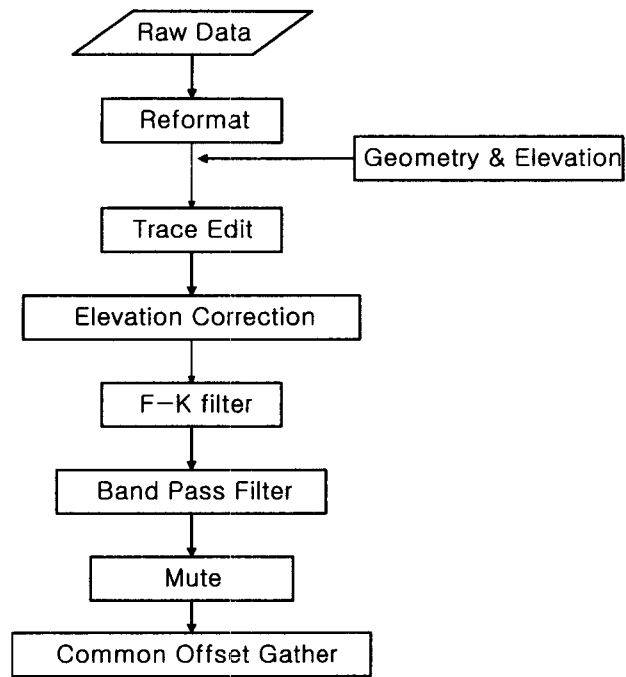


그림 2. 반사파 자료처리 순서도.

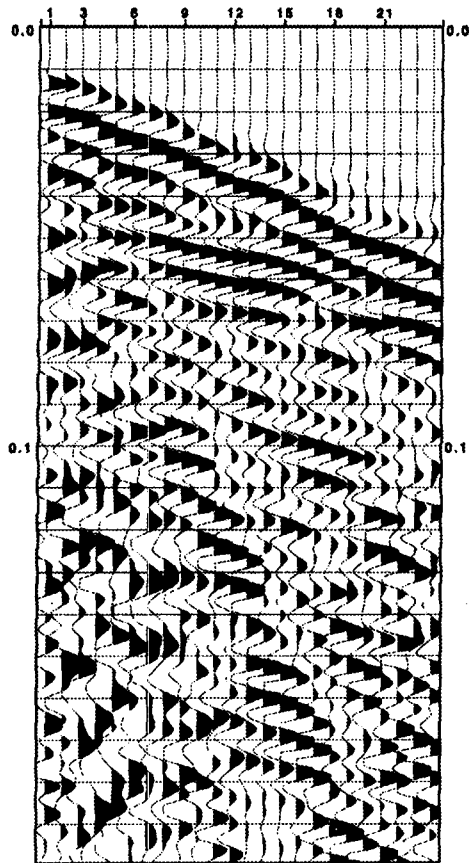


그림 3. 서쪽 측선의 공통 발파점 취합 단면도