

# 1997년 6월 26일 경주지진의 진도분석 및 지진 지질학적 의의

## Intensity Analysis of the 26 June 1997 Kyongju Earthquake and Its Geological Significance

경재복 (Jai Bok Kyung)  
이희욱 (Hee Uk Lee)

한국교원대학교  
구미고등학교

### 요약 / ABSTRACT

1997년 경주에서 발생한 지진(M=4.3)에 대하여 남한의 300여 지역, 2200여명에 대한 설문조사, 현장 조사를 통해 진도를 평가하고 선구조선, 단층형태 및 피해지역과의 관계, 진도 감쇠특성 등을 평가하였다. 등진도도선의 패턴은 거의 구형에 가까워 특정 지질구조선을 반영한다고 보기어려우나 경상분지 남서부를 제외한 전 분지가 진도 V 이상의 범위에 포함된다. 진도 VII인 지역은 진앙의 서쪽 약 1.5km에 위치한 양산단층에 인접한 충적층을 따라 길이 약 9km, 폭 1-3km의 긴 대상분포를 나타낸다. 이 지역은 강한 지진동과 함께 동상 외벽이 떨어지고, 건물 및 주택 벽면의 균열, 담의 균열과 무너짐, 지붕의 기와가 흩어짐, 교각 상판의 고정볼트의 부러짐 등 피해가 발생하였다. 진앙지 일대의 선구조선의 분포는 거의 N-S, NNE 방향이 우세하게 나타나며, 선구조선, 단층면해와 주피해지역의 분포를 고려할때 경주지진은 양산단층을 따라 주향 이동 단층운동에 의해 발생한 지진으로 사료된다. 진도 및 지반 가속도 감쇠경향은 남한 동부에서 발생한 규모 5.0 내외 지진의 평균적인 감쇠 경향과 유사하며 거리(R)에 따른 진도감쇠(I)는  $I = I_0 + 0.3461 - 0.3274 \times \ln R - 0.0086 \times R$ 으로 나타내어 진다.

An intensity of the 1997 Kyongju earthquake(M=4.3) was estimated at three hundred locations based on the field survey and questionnaires from 2200 residents. The isoseismal shows almost circular pattern which doesnot reflect some specific geological trends. However, most of the Kyeongsang basin except the southwestern part is included within the area of MM intensity V. There occurred strong shaking, numerous cracks on the wall of the houses, and movement of slate on the roofs, falling of the tiles from the monument. The isoseismal of the highest MM intensity VII, 1-3 km in width and 9 km in length, is elongated along the Yangsan fault, which is located about 1.5 km west from epicenter. The lineaments near the epicenter exhibit almost N-S and NNE directions. The lineament distribution, the pattern of damage area and the solution of fault plane suggest that the Kyongju earthquake

occurred with strike-slip sense along the Yangsan fault. The calculated intensity attenuation(I) with distance(R) is as follows :  $I = I_0 + 0.3461 - 0.3274 \times \ln R - 0.0086 \times R$ .

## 서 언

1994년 이후 한반도 지역에서는 지진활동이 비교적 활발하며 이러한 현상은 중국 북동부나 일본 남서부에서도 비슷한 경향을 나타낸다. 남한 동부 지역에서만 해도 1996년 6월 26일 경주 지진(M=4.3)은 1996년 1월 24일 동해 지진(M=4.2), 1996년 12월 13일 영월 지진(M=4.5)에 이은 3번째의 중규모 지진으로서 남한 내륙지역의 비교적 먼 곳까지 감진 되었다.

특히 본 지진의 진앙이 분포하는 경상계 동부 일대에는 제4기 후기에 변위를 나타낸 활성단층으로 추정되는 양산단층(Kyung et al., 1997 ; Okada et al., 1994)과 울산단층(Kyung, 1997 ; Okada et al., 1995)이 분포하고 있으며, 남한 동해안을 따라 고리, 월성 등 원자력 발전소가 분포하여 일반 시민들의 불안감을 증폭시킨 지진이었다. 과거 2000여년간의 역사지진기록 중에서는 경주와 울산지역에 MM 진도 IX 이상의 대지진이 약 8회 발생하였으며, 한반도에서 발생한 대규모 지진들은 주로 남한 남동부일대에 집중적으로 발생하였다.

최근 한반도에서 발생한 중규모 이상의 지진에 대한 진도 분포는 몇몇 연구자들에 의해 연구되었다(Lee, 1984 ; 경제북과 한세섭, 1996 ; Jo et al., 1997 ; 경제북과 이기화, 1996 ; 김우한 외, 1997). 본 지진에 의한 진도 분포 및 에너지 감쇠를 김우한 외(1997)에 의해 실시된 결과가 있으나 지진직후 약 3개월 이내에 걸친 보다 상세한 현지조사, 넓은 영역의 설문지 조사결과, 기상청 감진 보고서 및 기타 자료 등을 종합하여 진도 분포를 재평가 하였으며, 거리에 따른 진도 감쇠경향, 항공사진 판독에 의한 진앙지 일대의 선구조선의 분포, 주피해 지역의 분포와 단층면해와의 관계 등을 종합해석 하였다.

## 피해 및 감진구역 조사 방법

진도는 어떤 지점에서 지진동에 의해 생긴 인체의 감각이나 주위의 물체, 구조물 또는 자연계의

직접적인 영향의 정도로 부터 지진동의 세기를 표현한 것이다. 1905년 이후 남한에서 발생한 규모 4.0 이상 지진의 등진도평가는 여러 연구자들에 의해 실시되었다. 이러한 등진도도에는 1936년 쌍계사 지진(Hayata, 1940), 1978년 홍성 지진(Lee, 1984), 1996년 동해 지진(경제북과 한세섭, 1996), 1996년 영월 지진(경제북과 이기화, 1996 ; Jo et al., 1997)과 1997년 경주지진(김우한 외, 1997) 등이 있다.

경주 지진의 진원요소(한국자원연구소, 1997)로서 진앙은 위도 35° 48.09', 경도 129° 14.20', 깊이 14.66km이며 발생 시각은 6월 26일 03시 50분 23.19초이다. 진도 분포를 평가하기 위해 현지조사와 현지조사의 보충을 위해 설문지 조사를 실시하였으며 그 결과를 지역에 따라 Modified Mercall 진도계급(Richter, 1958)에 준하여 평가하였다.

### - 현지조사

현지조사는 지진발생 일주일 후부터 4차에 걸쳐 진앙을 중심으로 반경 약 6km 이내 지역에 대해 지진과 관련된 피해를 집중적으로 조사하였다.

### - 설문지 조사

지진발생후 10일 이내에 진앙으로 부터 반경 약 50km 이내에 위치한 경상북도 및 경상남도 일대의 중학교 및 고등학교 10개교 학생들을 대상으로 집단적으로 설문조사를 실시하였다. Appendix 1은 본 지진의 피해 및 감진구역 조사를 위해 작성한 설문지이다. Table 1은 설문 대상학교의 소재지와 응답한 학생수를 나타내며 설문지에 응답한 학생수는 2140명이었다.

또한 공간적으로 고른 분포의 조사를 위해 위 설문지를 Fax를 통해 경북일대 14개 중학교의 교사에게 배부하여 해당지역의 감진 정도를 파악하게 하였다. 경남 일대의 감진정도는 약 50여개 고등학교의 학생 주임들을 대상으로 설문지 조사를 실시하여 그 결과를 종합하였다.

Table 1. The name of the school and the number of the students replied to the questionnaire about the Kyongju earthquake.

| 학교   | 소재지                   | 설문응답학생수 |
|------|-----------------------|---------|
| 경주여중 | 경북 경주시 북부동 116-3      | 200     |
| 영천고교 | 경북 영천시 야사동 178-1      | 250     |
| 감포중고 | 경북 경주시 감포읍 오류리 478-2  | 200     |
| 영안중  | 경북 영천시 북안면 입포리 311    | 120     |
| 외동중  | 경북 경주시 외동읍 입실리 443-1  | 250     |
| 계림고교 | 경북 경주시 황성동 897-1      | 200     |
| 포항여고 | 경북 포항시 북구 학산동 243     | 320     |
| 안강고  | 경북 안강읍 안강리 233-7      | 200     |
| 금천중  | 경북 청도군 금천면 동곡리 1000-1 | 200     |
| 울산상고 | 울산광역시 남구 무거2동 810     | 200     |
|      |                       | 합계 2140 |

기타 지역의 감진 정도

- 전화 문의를 통한 각 지역의 공공기관(읍, 면 사무소, 군청, 시청의 방재계 혹은 민방위계) 및 일반 주민과의 대화 종합(30여 지역).
- 기상청에 보고된 각 기상대 및 관측소의 보고 자료(12개 지역).
- 각 신문사 발표에 의한 진동상황 참조.

경주지진의 피해지역 및 진도 분포

경주지진에 의한 지진동은 일부지역을 제외하고 남한의 대부분지역에서 미약하게나마 감지되었다. Fig.1은 경주시 일대의 지형도와 주 피해지역 및 감진지역의 위치를 나타낸다. 형산강이 남-북 방향으로 남천이 동-서 방향으로 흐르면서 경주시내는 넓은 충적 평야를 이루고 있다. 그러나 경주시 남부는 완만한 골짜기 형태를 나타내며 동쪽에는 494m 표고의 금오산이 위치하고 양산단층은 이 골짜기를 따라 NNE 방향으로 통과하고 있다고 추정된다. 진앙을 중심으로 반경 약 6km 이내 지역에 대해 상세한 현장조사에 의한 피해정도를 종합하면 Table 2와 같다.

경주지진에 의한 피해는 진앙으로부터 서쪽으로 약 2km 이내 지역, 특히 경주 인터체인지 부근부터 선두마을, 숲마을, 도초마을, 포석마을과 이조리일대까지 층적층으로 덮혀있는 저지대의 마을에 집중

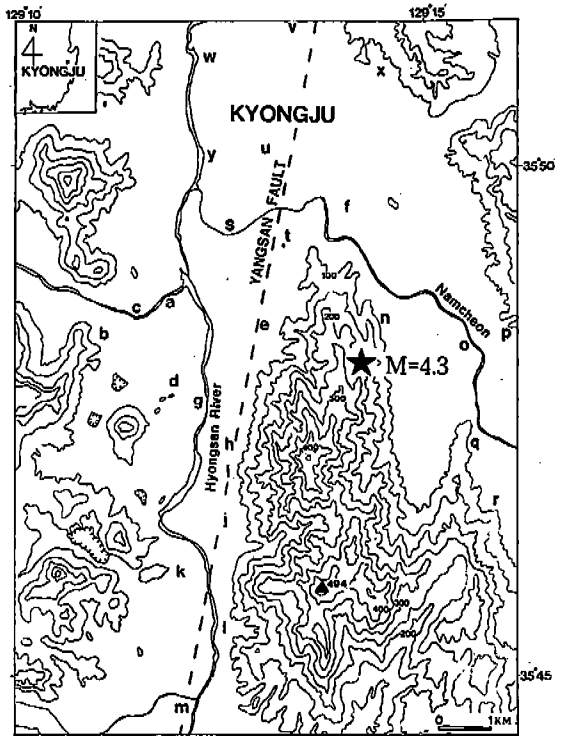


Fig. 1. Geomorphological characteristics and locations of damage and strong shaking due to the Kyeongju earthquake.

적으로 발생하였으며 이 지역은 MM 진도 VII에 해당한다고 볼 수 있다. Fig.2-1부터 Fig.2-11까지는 주요 피해지역의 피해현상을 나타내주고 있다. 기타 경주지역은 균열이나 피해는 없으나 강한 지진동으로 인해 늘라 깨거나, 선반, 책상위의 물건들(탁상기계, 책, 화분, 컵, 그릇, 액자, 큰거울, 화장품, 전화기)이 떨어지고 선풍기가 넘어지고 유리창이 파손되는 등 진도 VI으로 추정된다.

경주 지역과 경주이외의 지역에 대한 진도평가를 현지방문, 설문지조사, 전화문의, 기상청 감진자료 및 기타 언론 발표자료를 통해 종합하여 각 지역의 진도를 다음과 같이 평가 할 수 있다.

진도 VII 지역 : 경주시 남부 일부지역.

진도 VI 지역 : 경주시내 북부, 포항, 울산, 구룡포, 오천, 감포, 경주(양북, 양남, 강동, 내남, 건천), 외동, 영천, 감포, 안강 등

- 진도 V 지역 : 후포, 의성, 칠곡, 경산, 구미, 청송, 상주, 성주, 안동, 영해, 영덕, 영일, 홍해, 청도(금천, 운문), 울주(범서, 은산), 언양, 거창, 김해, 창원, 양산, 부산, 영동, 옥천, 대전 등
- 진도 IV 지역 : 울진, 봉양, 김천, 문경, 봉화, 연일, 청도(동곡), 밀양, 산청, 이리, 전주, 여수, 여천(광양), 공주, 남원, 순천, 정읍, 청주 등
- 진도 III 지역 : 정선, 태백, 강릉, 서산, 광주 등

Fig.3은 위의 결과를 종합하여 감진지역 전역에 대해 등진도도를 나타낸 것이다. 위 등진진도(isoseismal map)분포를 통해 볼 때 경주지진의 등진도도의 양상은 어떤 특정한 지질구조나 지체구조를 뚜렷하게 반영한다고 보기 어려우나 경상분지 남서부 일부를 제외한 대부분의 분지가 진도 V 이상에 포함된다.

그러나 Fig.1에서 보는바와 같이 MM 진도 VII에 해당하는 피해지역은 진앙의 서부지역에 위치한 NNE 방향의 양산단층을 따라 충적지상에 폭 1~3km, 길이 9km의 대상 분포를 나타내고 있다. 특

Table 2. Description of damages and shaking due to the Kyeongju earthquake within 6km from epicenter.

| 감진지역                        | 피해 및 감진 정도  |
|-----------------------------|---|
| 솔마을(Fig.1의 a)               | 기와 용마루 파손   |
| 경부고속도로 경주인터체인지부근 (Fig.1의 b) | 화랑동상의 외벽(두께 약 5cm)일부가 떨어져 나감 (Fig.2-1). 기와 용마루 파손   |
| 선두마을(Fig.1의 c)              | 지붕의 기와 용마루 일부가 떨어져 내림(Fig.2-2). 대문의 기와가 다수 파손   |
| 도초마을(Fig.1의 d)              | 블록담의 균열(폭 약 3cm)<br>기와 용마루일부 일그러짐<br>흙벽집 기울어짐 및 흙벽 균열(폭 약 3cm)(Fig. 2-3), 스트레트지붕이 흔들리고 깨짐 |
| 포석마을(Fig.1의 e)              | 기와 지붕의 기와 일부가 떨어지고 떨어짐(Fig.2-4)<br>용마루 일부 부서짐   |
| 장대마을                        | 진동이 매우 심했으며 화장품이 쏟아짐  |
| 구황동(Fig. 1의 f)              | 벽돌담의 균열 및 돌담과 벽돌담의 접촉부가 2.5m 정도 무너짐 (Fig.2-5)   |
| 뒤뜰마을(Fig.1의 g)              | 선반위 그릇이 떨어짐, 강한진동   |
| 배동(배리마을)(Fig. 1의 h)         | 기와파손(Fig.2-6), 벽균열  |
| 뫼비파마을(Fig. 1의 i)            | 창문 유리창 넘어져 파손, 용마루 기와파손   |
| 용장1리(Fig. 1의 j)             | 삼계농원식당, 우체국 분소, 슈퍼, 단독주택, 농지개발조합 등에서의 벽균열 다수, 기와파손  |
| 용장2리(Fig. 1의 k)             | 기와집 용마루 파손(Fig.2-7), 벽균열, 내남육교 건설 중 균열, 인천교(고속도로 서울 방향) 교각위 상판 슈의 고정나사 4곳 부러짐 (Fig.2-8)   |
| 용장3리(Fig. 1의 l)             | 폭 5m, 높이 2m의 벽돌담 무너짐(Fig.2-9), 유리창 파손   |
| 이조리(Fig. 1의 m)              | 내남 면사무소 벽균열(약 1cm폭)(Fig.2-10), 현관앞 석판이 떨어짐. 내남고등학교, 내남우체국, 가정집 벽균열(Fig.2-11)              |

Table 2. (Continued)

| 감진지역            | 피해 및 진동 정도  |
|-----------------|---|
| 배반동(Fig.1의 n)   | 피해 없음. 강한 진동  |
| 남산동(Fig.1의 o)   | 피해 없음. 형광등 등이 빠져 떨어짐. 강한 진동   |
| 동반동(Fig.1의 p)   | 피해 없음. 강한 진동  |
| 평동(Fig.1의 q)    | 피해 없음. 강한 진동  |
| 평동(Fig.1의 r)    | 굉하는 소리. 강한 진동   |
| 국남마을(Fig.1의 s)  | 강한 진동. 기와 흔들려 약간 이동   |
| 탑정동(Fig. 1의 t)  | 강한 진동   |
| 황오동(Fig.1의 u)   | 강한 진동. 가벼운 물건들(사진 액자, 필통 등) 떨어짐. 선풍기 넘어짐                              |
| 황성동(Fig. 1의 v)  | 강한 진동. 가벼운 물건들(시계, 컵, 그릇 등) 떨어짐                                       |
| 성진동(Fig. 1의 w ) | 강한 진동. 가벼운 물건들(탁상 시계, 화장품 컵, 저금통, 전화기, 그릇, 인형) 떨어짐. 화분, 선풍기 쓰러짐       |
| 동천동(Fig. 1의 x)  | 강한 진동. 가벼운 물건들(화분, 컵, 책, 카세트, 연필통, 인형) 떨어짐. 개가 짖음, 유리창 깨짐, 종이 심하게 흔들림 |
| 사정동(Fig. 1의 y)  | 강한 진동. 가벼운 물건들(주전자, 컵, 화장품, 거울) 떨어짐. 개가 짖음                            |

히 도초마을(Fig.1의 d), 용장2리(Fig.1의 k)와 이조리(Fig.1의 m) 일대에서 비교적 큰 피해가 발생하였다. 진앙 동부지역의 충적지상에 위치한 지역에

는 강한 지진동만 느껴졌을 뿐 뚜렷한 피해를 나타내지 않았다.



Fig. 2-1. Falling of the granite brick from Hwarang monument near Kyeongju toll-gate.



Fig. 2-2. Collapse of tiles from the roof of a house at Seondu village.

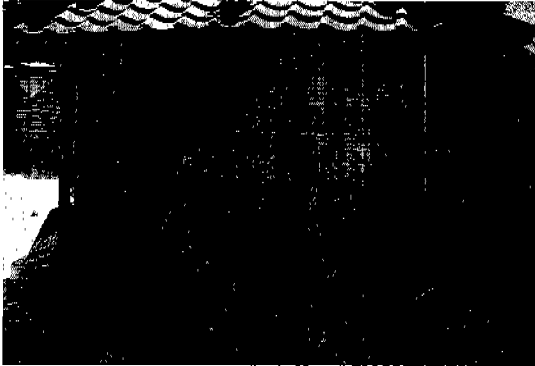


Fig. 2-3. Tilting of house and cracks on the wall at Tocho village.



Fig. 2-6. Collapse of the roof tiles on the house at Baeri.

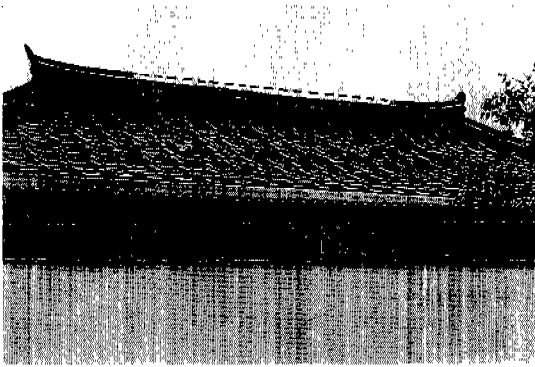


Fig. 2-4. Falling of roof tiles at Poseok village.



Fig. 2-7. Falling of the roof tiles on the house at Yongjang-ri.



Fig. 2-5. Collapse of the wall with 4m in width at Kuhwang-dong.

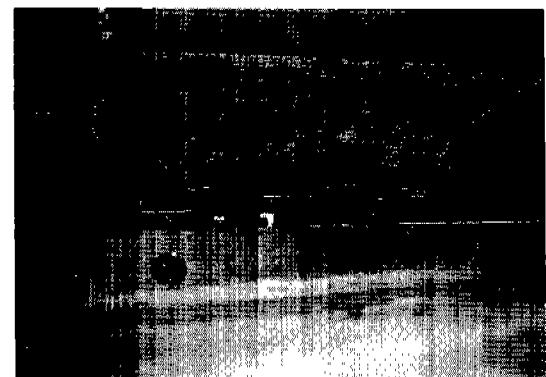


Fig. 2-8. Breaking of the steel bolt (10cm in length and 1cm in diameter) on the upper part of the pier of Inchoon bridge at Izo-ri. The broken bolt was already changed with the new one.



Fig. 2-9. Collapse of block wall with 5m in width and 2m in height at Yongjang-3 ri.

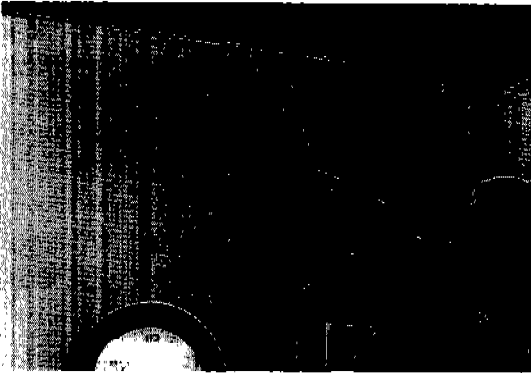


Fig. 2-10. Irregular cracks on the wall of Naenam-myon office at Izo-ri.

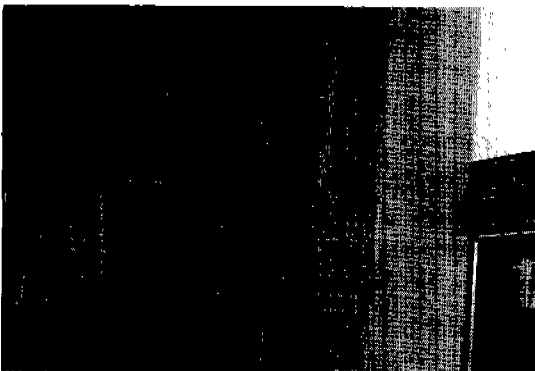


Fig. 2-11. Cracks on the wall of house at Izo-ri.

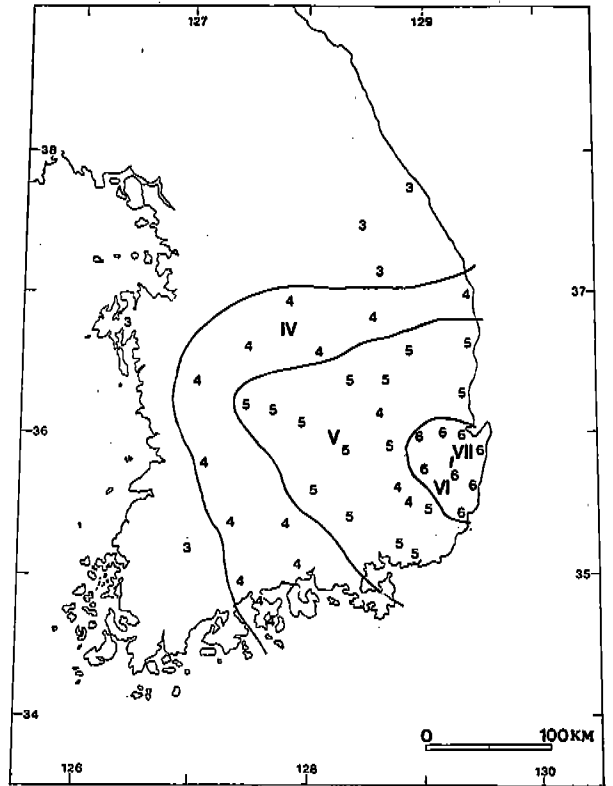


Fig. 3. Isoseismal map of the Kyeongju earthquake(M=4.3).

### 지진 지질학적 의의

#### 선구조선의 분석

경주시내는 형산강이 남쪽에서 북쪽으로 흐르며 남천이 교차하는 충적저지에 위치하고 있으며, 동쪽 및 서쪽에는 얇은 구릉성산지가 위치하고 있다. 남쪽으로부터 골짜기 지형을 통과하던 양산단층은 경주시로 올라오면서 넓은 충적평야지대의 발달로 양산단층의 정확한 위치를 파악하기 힘들다. Fig.4에 보는 바와 같이 동쪽의 산지에 가깝게 NNE방향으로 통과한다고 추정된다.

선구조선의 분석을 위해 국립지리원으로부터 1/20,000축척의 항공사진을 대출하여 상세한 조사를 실시하였다. 경주시내를 중심으로 각 산지에 나타나는 선구조선은 주로 N-S, NNE방향이 우세하며 그 길이는 대체로 1-2km가 우세하게 나타난다. 양

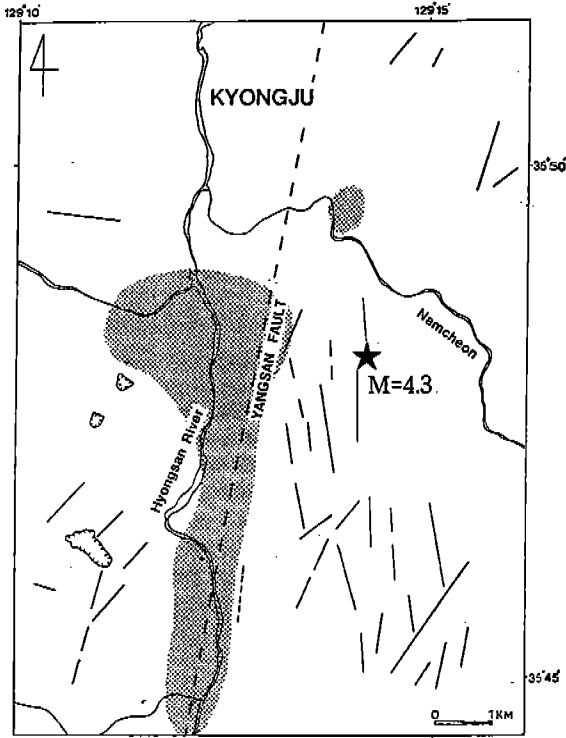


Fig. 4. Lineament distribution, Yangsan fault and the damage area (shaded part) due to the Kyeongju earthquake.

산단층은 이러한 선구조선의 방향과 거의 유사하게 NNE방향으로 발달하여 있다. 역사문헌(삼국사기)에 의하면 과거 역사시대 동안 MM 진도 IX 이상의 지진이 경주일대에서 8회나 발생하였다(A.D. 34, 100, 123, 304, 471, 510, 630, 779). 이러한 대지진은 지표면에 지형적 변위를 동반했으리라 사료되며 양산단층이나 인접한 울산단층의 운동과 관계가 깊으리라 추정된다. 다만 경주시내와 그 부근에서의 양산단층의 제 4기후기 변위를 나타내는 단층의 정확한 통과지점은 그동안 많은 기후변화에 따른 지형 개적으로 인해 구별하기 매우 힘들다.

경주 지진은 중규모 지진으로서 인명 손실이나 가옥 붕괴 등의 큰 피해를 동반하지 않았으나 Fig.4에서 보는 바와같이 주 피해지역(벽면 균열, 기와파손, 외벽 떨어짐, 돌담 무너짐, 교각의 교차장치 파손 등)은 경주남부지역에서 진앙 동부지역에는 거의 분포하지 않고 서부지역인 양산 단층대 통과 예상선을 따라 축적지에 뚜렷하게 대상으로

분포하는 것을 알 수 있다. 특히, 축적지가 넓어지는 경주를게이트 부근, 도초마을, 선두마을 등에서는 피해지역이 좁더 넓게 분포하는것을 알 수 있다. 이러한 대상분포지역은 진앙으로 부터 약 2km 정도 서쪽에 위치하는 양산 단층대의 단층운동과 밀접한 관련이 있다고 사료된다.

#### 피해지역 분포와 단층면해 관계

일반적으로 단층면해는 P파의 초동, 진원과 관측 소간의 방위각 및 사출각을 lower hemisphere에 등적투영하여 표시한다. Fig.5(KIGAM, 1997)은 9개 관측소에서 기록된 경주지진의 초동운동 방향으로 부터 구한 단층면해를 도식화한 것이다. 경주지진의 경우 70-80° 고각도의 동쪽 경사를 지니면서 주향이 NNE방향인 우수주향이동단층과 NWW방향의 좌수주향단층으로 해석될 수 있다. 여기서 NNE방향은 양산단층의 주향 및 경사와 매우 유사함을 나타낸다. 주 응력방향은 NEE방향으로 현재 한반도의 주 응력장과 유사하다고 사료된다.

진앙부근 약 6km반경이내의 지역에 대해 상세한 피해조사결과 Fig.4에 나타낸 바와같이 주 피해는 진앙동부 지역이 아닌 서부지역의 양산단층대에 연하여 대상분포를 나타내고 있다. 특히, 도초마을과 내남면 일대에 피해가 집중적으로 발생했다.

단층운동과 지진 발생과의 관계는 여진분포, 단층면해(Fault plane solution), 지표면의 변위등을 통해 쉽게 인지할 수 있다. 그러나 중소 규모 지진일 경우 지표면의 흔적을 찾기 힘들며 지진단층의 경우 규모 6이상일 때 지표면에 나타난다. 현재로서는 여진 자료도 불충분하여 정확한 단층 운동의 이력을 구하기 힘들다 피해지역 분포, 이지역의 선구조선의 발달, 단층면해, 진앙 위치와 진원위치와의 관계 및 그 오차 등을 종합하여 판단할 수 있다. 즉 피해지역의 분포가 양산 단층 및 서연부를 따라 축적저지에 위치한 가옥이나 교량에 집중적으로 나타나고 있다. 특히 주향이동단층의 경우 주 피해는 단층선을 따라 좁은 폭을 갖고 나타나는 것이 외국의 지진발생 예(阿部勝征 외, 1985)에서 많이 나타나고 있다. 따라서 본 지진은 양산단층을 따라 Fig. 5의 NNE방향의 단층운동을 수반하면서 발생하였다고 추정된다.



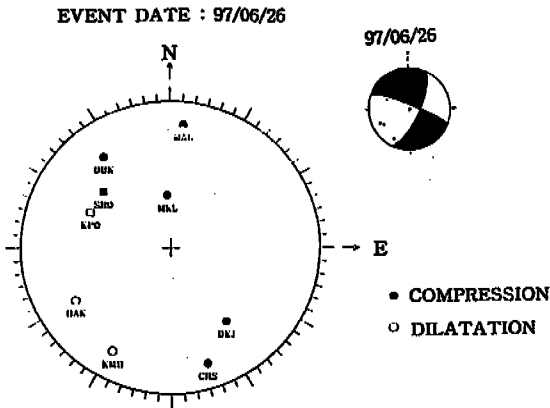


Fig. 5. Fault plane solution (lower hemisphere in schmidt net) of Kyeongju earthquake(after KIGAM, 1997).

진도 및 최대지반 가속도 감쇠

한반도에서 발생한 중규모지진의 진도를 이용하여 거리에 따른 진도 및 최대 지반가속도의 감쇠공식 추정은 여러 연구자들에 의해 시도되었다(Lee, 1984; 김성균, 1986; Jo et al., 1997, 신진수 외, 1998).

진도 자료를 이용하여 거리에 따른 지진의 진도와 지반가속도 감쇠식을 얻기 위하여 진앙점을 중심으로 등각도 간격(10°)으로 방사선을 그은 뒤 이들 방사선이 등진선과 만나는 점을 진도자료 입력 지점으로 정하였다. 따라서 모든 방향의 방사선상에서 여러개의 진도값과 그에 해당하는 지점의 진앙거리를 측정하였다. 다만 경주를 중심으로 동부지역은 거리에 따라 육지 보다 바다 영역이 대부분을 차지함으로 약 180° 서부 영역의 14개 방사선 방향에 국한하여 구하였다.

진앙 거리에 따른 진도 감쇠 관계를 회귀분석에 의해 구하면 다음과 같은 식으로 나타낼 수 있다.

$$I = I_0 + 0.3461 - 0.3274 \times \ln R - 0.0086 \times R \dots\dots\dots (1)$$

여기서  $I_0$ 는 진앙 부근의 최대 MM진도, R는 진앙거리이다. 이때 root mean square error는 0.21069로서 신뢰할 만한 값을 나타내고 있다. 여기서 감쇠정도를 나타내는 흡수계수(absorption coefficient) 0.0086/km는 남한에서 발생한 규모 5.0의 쌍

계사 지진 및 홍성지진의 계수인 0.0068/km(Lee, 1984)보다 약간 높은 값을 나타낸다.

지반가속도의 감쇠를 평가하기 위하여 10° 간격으로 14개 방사선 방향의 거리에 따른 진도값을 Trifunac and Brady(1975)의 지반 가속도 값(log a=0.3 I+0.014)으로 변환한 뒤 다음과 같은 진앙거리(R)-지반가속도(a) 관계식으로 표현할 수 있다.

$$\ln a = C_0 + C_1 \times M + C_2 \ln R + C_3 \times R \dots\dots\dots (2)$$

여기서 규모는 고정된 값이므로  $C_0 + C_1 \times M$ 을 하나의 계수  $C'$ 으로 설정하여 감쇠 공식의 계수를 결정하면 다음과 같다.

$$\ln a = 5.1068 - 0.2262 \ln R - 0.0060 \times R \dots\dots\dots (3)$$

이 식의 root mean square errors는 0.1456이다.

위 결과를 통해 지진에 의한 지반가속도가 거리에 따라 어떻게 감쇄하는가는 구할 수 있으나 지진의 규모변화에 따른 지반가속도 변화는 알 수 없다. 지진규모변화에 따른 지반가속도 변화를 알기 위해서는 규모의 폭이 큰 지진기록이 필요하나 남한에서 감지된 지진기록은 대부분 약 0.5 내외이다.

북미 중동부(Nuttli and Herrman, 1981)에서의 지진가속도 감쇠식에서의 지진규모증가에 대한 지반가속도 증가율은  $e^{1.15\Delta M}$  정도로서  $C_1$ 은 1.15가 된다. 비록 지체구조가 미국과 다르지만 동일한 판내부지역에 해당하기 때문에 경주지진에 대해 이 값을 고려할 경우 식 (3)은 다음과 같은 감쇠공식으로 표현된다.

$$\ln a(\text{cm/sec}^2) = 0.1618 + 1.15M - 0.2262 \ln R - 0.0060R \dots\dots\dots (4)$$

지반가속도의 감쇠정도는 지진파가 전파해가는 지각의 지질학적 특성에 따라 다르기 때문에 각각마다 감쇄경향이 다르다고 볼 수 있다. 위 감쇠식 중 -0.0060은 신진수 외(1998)에 의해 결정된 값과 거의 같은 값으로서 한반도 동부지역에서 발생하는 지진의 지진위험도 평가에 기초자료로서 유용하게 참고가 될 수 있다고 본다.

## 결 론

1997년 6월 26일 새벽 경주 동남쪽(북위 35° 48.09', 동경 129° 14.20', 깊이 14.66 km)에서 발생한 지진(M=4.3)의 진도, 피해지역 분포, 단층면해, 선구조선, 진도 및 지반가속도 감쇠 관계를 요약하면 다음과 같다.

1. 진도 분석은 진앙지 일대의 현지 답사, 진앙지 중심으로 반경 50km이내의 10개교 학생을 대상으로 한 설문지 조사(응답자 2140명), 기타지역의 경우 설문지 조사 및 전화문의, 기상청 보고자료를 기초로 하였으며, 최대 MIM진도는 경주 남부 일부 지역(선두마을, 숲마을, 도초마을, 포석마을, 이조리 등)에서 VII을 나타내었다.

2. 등진도선들의 패턴은 특정지질구조선을 반영하지 않으나 경상분지 남서부를 제외한 대부분의 지역이 진도 V의 영역에 포함된다. 그러나 진도 VII인 지역은 진앙의 서쪽 양산단층과 인접지역인 충적 저지대로서 폭 1-3km, 길이 약 9km로 대상으로 분포하며, 동상 외벽의 일부가 떨어져나감, 지붕의 기와와 용마루가 흩어져 내림, 블록담 및 흙벽담 균열 및 무너짐, 스텝 지붕의 깨짐, 다리 교각의 고정나사의 부러짐등이 발생했다.

3. 진앙지 일대의 선구조선의 분포는 거의 N-S, NNE 방향이 우세하며 지진의 주 피해 지역이 NNE 방향의 양산단층의 일부지역을 포함한 장 방향으로 나타나고 단층면해 역시 교각도의 NNE 방향의 주향이동을 나타냄으로서 경주지진은 양산단층에서 발생하였을 것으로 추정된다.

4. 경주지진의 진앙거리에 따른 진도 및 지반가속도의 감쇠경향은 한반도에서 발생한 규모 5 내외의 평균적인 감쇠경향과 유사함을 보인다.

## 사 사

이 연구는 한국과학재단 특정기초연구(과제번호: 96-0703-05-01-3)의 부분지원으로 수행되었음을 밝히며 이에 감사드립니다.

## 참 고 문 헌

- 경제북, 한세섭, 1996, 1996년 1월 24일 동해지진 (M=4.2)의 진도평가, 한국지구과학회지, 17권 4호, 349-356.
- 경제북, 이기화, 1996, 1996년 12월 13일 영월지진의 피해 및 진도 분석, 대한지질공학회지, 6권 3호, 165-184.
- 김우한, 김성균, 지현철, 김준경, 조봉곤, 박창업, 1997, 1997년 6월 26일 경주지진의 진도 및 파형분석, 한국지진공학회 추계학술대회 논문집, 70-81.
- 김성균, 1986, 한반도 주요인공구조물의 적정 내진 설계 진도, 광산지질, 19, 297-304.
- 신진수, 이종립, 박창업, 1998, 한반도 남부의 지진과 감쇄특성, 한국지진 공학회 춘계 학술대회 논문집, 44-51,
- Hayata, K., 1940, Report of Sanggye-sa strong earthquake on the southern foot of Mount Chiri (in Japanese), Bulletin of the Meteorological Observatory of the Government General of Korea, 1, 145-157.
- Jo, B.G., Kim, S.K., Kim, W., Kim, J.K., Baag, C.E., 1997, A study on the intensity and energy attenuation of the December 1996 Yeongweol Earthquake, Korea, Jour. Earthquake Eng. Soc. Korea, 1, 69-77.
- KIGAM, 1997, Seismological study in the Kyeongsan Basin(IV), Rep. KR-97(c)-3, 124pp.
- Kyung, J.B., 1997, Paleoseismological study on the mid-northern part of Ulsan fault by trench method, Korean Society of Engineering Geology, 7, 81-90.
- Kyung, J.B., Lee, K., Okada, A., Takemura, K., Watanabe, M., Suzuki, Y., Naruse, T., 1997, Active fault study in the central part of the Yangsan fault, southeastern part of Korea, Geol. Soc. Korea, 50th Anniv. Int'l Symp., 33-38.

- Lee, K., 1984, A study on intensity attenuation in the Korean Peninsula, Jour. Geol. Soc., 21, 140-146.
- Nuttli, O.W. and Herrman, R.B., 1981, Consequences of earthquakes in the Mississippi valley, ASCE preprint, 81-519.
- Okada, A., Watanabe, M., Ssto, H., Jun, M.S., Jo, W.R., Kim, S.K., Jeon, J.S., Chi, H.C., Oike, K., 1994, Active fault topography and trench survey in the central part of the Yangsan fault, southeast Korea, Journal of Geography, 103, 111-126(in Japanese).
- Okada, A., Watanabe, M., Suzuki, Y., Kyung, J.B., Jo, W.R., Kim, S.K., and Oike, K., 1995, Active fault topography and fault outcrops on the central part of the Ulsan fault system in southeastern Korea(Abstract), Earth and Planetary Science Joint Meeting of Japan, 40(in Japanese).
- Richter, C.F. 1958, Elementary Seismology, W.H. Freeman and Company, 798pp.
- Trifunac, M.D. and Brady, A. G., 1975, On the correlation of seismic intensity scales with the peaks of recorded strong motion, Bull. Seism. Soc. Am. 65, 139-162.
- 阿部勝征, 岡田篤正, 垣見俊弘, 1985, 地震と活断層, ISU 株式會社, 759 pp.

---

경 재 북

한국교원대학교 지구과학교육과  
363-791, 충북 청원군 강내면 다락리  
TEL : (0431)230-3742  
FAX : (0431)232-7176  
e-mail : jbkkyung@knuecc-sun.knue.ac.kr

이 회 옥

구미고등학교  
730-020, 경북 구미시 도량동 600  
TEL : (0546)52-9117

Appendix 1. Questionnaire for the June 26 Kyongju earthquake.

1997년 6월 26일(목) 경주 동남쪽 부근에 발생(새벽03시 50분)한  
지진에 의한 피해 및 유감정도 설문 조사서

o 이 설문 조사 자료는 국내 지진연구에 귀중한 자료로 이용될 예정이므로 많은 협조바랍니다.

1. 인적사항(학교명: )  
성명:            나이:            성별:
2. 집 위치  
시(군)            동(면)            전화번호:  
※전화번호는 안써도 좋으나 집의 위치는 가급적 정확히 써주시기 바랍니다.
3. 건물의 층수  
1) 아파트 ( ) 층 건물의 ( ) 층            2) 단독주택 ( ) 층의 ( ) 층  
3) 기타(내용을 써주십시오)
4. 집주변의 지형은 ?  
1) 평평한 넓은 지역            2) 산주변            3) 강가            4) 해변가
5. 경주지진의 감진에 대하여 답하십시오.  
1) 잠을 자는 중이라서 못 느꼈다.            2) 자다가 지진 충격으로 깨서 느꼈다.  
3) 잠들지 않아서 상세히 느꼈다.            4) 잠들지 않았으나 전혀 느끼지 못했다.
6. 지진으로 생긴 피해가 있습니까 ?            1) 없다.            2) 있다.  
있다면 피해정도는?
7. 지진 진동을 느낀 시간의 길이는 몇 초입니까? 또 연속적으로 느꼈습니까? 아니면 중간에 중단이 있었습니까? 그리고 주로 흔들린 방향은?
8. 지진을 느낀 정도는 ?  
1)미약했다(            ).  
2)중간정도(            ).  
3)강했다(            ).  
4)매우 강해 크게 놀랐다(            ).
9. 무엇이 흔들림을 느꼈습니까 ?  
1) 건물전체    2) 방바닥    3) 창문    4) 방안의 가구    5) 어두워서 알수 없었다.
10. 떨어지거나 이동한 물건이 있으면 써주십시오. 물건이 떨어졌을 경우 떨어지는 방향은 ?
11. 지진 발생 전후 동물의 이상징후나 이상한 행동이 있었습니까? 있다면 기록해주시시오.
12. 이번 지진에서 느낀점을 종합적으로 간단히 써주십시오.

설문 조사에 참여해 주셔서 감사드립니다.