

## 단층분절을 정의하는 기준에 따른 울산단층의 분절화

Fault segmentation along the Ulsan Fault System based on criteria of segment type

최원학\* 장천중\* 井上大榮\*\*

Choi, Weon Hack, Chang, Chun Joong, D. Inoue

### ABSTRACT

The Ulsan Fault System continues from north of Gyeongju to Ulsan city, trending NNW-SSE and is about 50 km. Many Quaternary faults have been reported and investigated with outcrop observation. Lineaments have been extracted with aerial photograph interpretation and classified by their ranks. Trench excavations on the lineaments along Ulsan Fault System have been carried out to clarify the neotectonic movements and fault parameters such as the latest movement age, fault displacement, slip rate and recurrence interval. We have compiled data from previous studies on criteria of segment type such as lineament rank, seismicity, slip rate, and the latest fault movement. Based on these data, we tried to divide the Ulsan Fault System into several segments. The results of segmentation with each types of segment along the Ulsan Fault System did not show singular division point but overlapped or different length and location.

### 1. 서론

1980년대 초에 한반도 남동부에 발달하고 있는 양산단층의 활성여부의 논란이 있었으며, 1990년대 초부터 시작된 제4기 단층운동의 보고, 서해상 굴엽도 주변에서의 해저활성단층에 의한 방사성 폐기물 처분 부지의 선정 철회를 함께 우리나라에서도 제4기 단층 운동과 관련된 신기 지체구조(Neotectonics)에 대한 연구가 이루어지기 시작하였다. 특히, 1997년 경주에서 발생한 경주지진을 계기로 하여 지진 발생과 단층과의 연관성에 대하여 논의가 시작되었고, 원자력발전소의 지진학적 안전성을 평가하기 위한 요소로서 특히 제4기 단층의 특성중 단층길이, 변위량, 운동시기와 재발 주기 등에 대한 조사가 진행되었다. 한반도 남동부 지역에 대한 지속적인 조사와 연구의 결과에 따르면, 양산단층과 울산단층 주변을 수십여 개의 제4기 단층노두가 보고되었으며, 해안선을 따라 분포하고 있는 해안단구를 절단하는 제4기 단층도 보고되었다<sup>(6)</sup>. 제4기 단층연구는 대상지역에 대한 정밀 항공사진 분석 및 선형구조 도출, 현장 지질조사, 트렌치 조사 및 해석, 퇴적층과 단층에 대한 연대측정을 실시하여, 단층의 변위량, 변위속도, 운동횟수, 재발주기, 1회 운동당 변위량 등을 규명하는 것이다<sup>(1,2)</sup>. 이러한 자료는 단층에서 발생가능한 최대 지진규모와 빈도를 산정하기 위한 단층분절 결과와 함께 결정론적 및 확률론적 지진재해도 분석을 위한 입력자료로 사용된다<sup>(3,4)</sup>.

\* 정회원 · 한진 전력연구원 환경구조연구소 · 책임연구원

\*\* 일본 전력중앙연구소(CRIEPI) · 수석연구원

## 2. 단층 분절 기준과 적용

울산단층의 분절화를 위하여 현재까지 제시된 분절의 기준을 분석하고, 울산단층계 주변에 발달하고 있는 선형구조의 분포와 특성, 제4기 단층의 분포, 변위 속도, 마지막 운동시기, 미소 지진의 진앙분포와 위치 등의 자료들을 종합하여 분절의 기준에 따라서 적용하였다.

지진에 의하여 두세 번 이상 분명히 지표의 파열을 일으킨 단층의 분리된 부분을 “지진 분절 (earthquake segment)” 이라고 한다. 하지만 직접적으로 지진활동과 단층발달과의 관계를 관찰하거나 기록을 확인하기는 쉽지 않다. 단층의 분절화를 위해 단층대를 따라서 지표에서 파열이 관찰되지 않거나, 추정되는 증거가 없는 경우에는 정적인 거동 특성, 구조적 특성, 형태적 기준 또는 지질학적 기준을 적용할 수 있다. McCalpin(1996)에 따르면 지진 분절과 일치하는 대략적인 순서로 분절의 종류를 세분하고 있는데, 이에 따르면 거동 특성 기준, 구조적 특성, 지질학적 구분 및 형태적 기준의 순서로 지진 활동과의 일치성이 떨어진다<sup>(5)</sup>. 현재까지 울산단층을 따라 수행된 조사 결과와 수집된 자료를 이용하여 이러한 기준을 적용하여 분절화를 하기에는 변위속도 자료와 단층운동 특성 등에서 아직 부족한 부분이 있으나, 선형구조 분포 및 등급 분석 결과, 트렌치 조사 결과, 단구연대, 미소지진 분포, 지형발달 양상 등을 이용하여 각각의 특성에 따라 가능하다<sup>(7,9)</sup>.

### 2.1 지진 분절

국내에서는 지진 분절의 정의에 적합하도록 지진활동과 직접적인 관계를 보이는 지표 파열을 보이는 단층은 확인되지 않았지만, 역사지진기록에 의하면 그 가능성이 전혀 없지는 않다. 그러나 첫 번째 증거에 해당하는 역사 시대 지표 파열과 관련하여 울산단층을 따라서는 지진 분절을 하기 위한 기록된 역사지진의 파열이 없으며, 역사 지진의 진앙 위치는 한두 개 정도가 표시된다. 이러한 자료들만으로는 울산단층에 대하여 역사지진이나 계기 지진활동과 관련된 단층의 분절은 적용하기는 어렵다<sup>(2)</sup>. 두 번째 기준에 따라서, 울산 단층의 주변에 발달하고 있는 제4기 단층의 고지질학적 자료로 갈곡리 단층과 말방 단층 주변에서 트렌치 조사가 실시된 바 있으나 단층의 분절 기준으로 삼기에는 연속적인 결과가 너무 부족하다. 또한, 울산 단층계 주변에서 최근의 미소 지진자료의 진앙을 도시한 결과를 보면, 진앙의 위치가 경주시 천북면 갈곡리 일대에 집중되는 현상과 울산 단층계를 중심으로 하여 동쪽으로 5~15 km 떨어진 곳에 넓게 분포하는 것을 볼 수 있다(Fig. 1)<sup>(2)</sup>. 미소지진의 진앙의 위치와 울산 단층의 분절과 관련하여 이들을 특별한 기준으로 삼기에는 어려운 점이 있으나, 미소 지진의 발생이 울산단층과 연관이 있고, 제4기 단층의 대부분이 역단층 성격을 가진다는 점을 고려한다면, 미소지진의 진앙의 위치가 울산 단층계의 동쪽에 분포하는 것은 합리적이다(Fig. 1).

### 2.2 선형구조등급에 따른 분절

울산단층계 주변의 선형구조의 연속성, 선형구조의 등급 및 분포 특성을 포함하고, 지형, 수계, 침식 및 활동도를 고려하여 8개 구간으로 나누었는데, 8개 구간 중 2개 구간은 선형구조가 발달하고 있지 않는다<sup>(2,9)</sup>. 울산단층계의 북쪽으로부터 남쪽으로 ① 구간은 갈곡리에서 덕동호까지 약 5

km 구간으로 2개의 별도 선형구조가 L-B와 L-C 등급으로 발달하고 있다. 갈곡리 단층과 관련해서는 서쪽으로 휘는 남-북 방향의 선형구조로 L-B 등급이 북쪽에 일부 분포하고, 남쪽에서는 L-C 등급이 주로 발달하고 있다. 왕산 단층의 주변 일대에는 L-A 등급의 선형구조가 관찰되며, 남서쪽의 산록 사면을 따라서 N30°E 방향의 거의 직선상의 L-C 등급의 선형구조가 발달한다. ② 구간은 덕동호 주변 남-북방향 4 km 구간으로 이 남쪽 끝에 마동 1과 마동 2 단층 등 제4기 단층이 발달하고 있다(Fig. 1). ③ 구간은 마동에서 구어리에 이르는 12 km 구간으로 L-B와 L-C 등급의 선형구조가 불연속적으로 남-북 또는 북동 방향으로 발달하며, 남-북 방향의 선형구조는 서로 평행하게 발달하기도 한다. 울산 단층계의 주변에 발달하고 있는 대부분의 제4기 단층이 이 구간에 분포하고 있는데, 이 구간내에는 진현, 괴릉, 신계, 활성, 말방, 개곡 1, 2, 3, 4 및 입실 단층이 발달하고 있다. ④ 구간은 구어리에서 화정까지 2.5 km 구간으로 송계교 동쪽에서 남-북 방향으로 100 m 길이의 L-D 등급의 선형구조를 제외하고는 선형구조가 분포하지 않는 구간이며, 제4기 단층도 발달하지 않는다. ⑤ 구간은 화정리에서 약수리를 지나 신천리까지 5 km 구간으로, L-A 등급의 선형구조가 7번 국도 상에 N10°W 방향으로 발달하고 있으나 최근의 인위적인 지형변화로 인하여 야외에서 이를 관찰하기가 어렵다(Fig. 1)<sup>(2,9)</sup>.

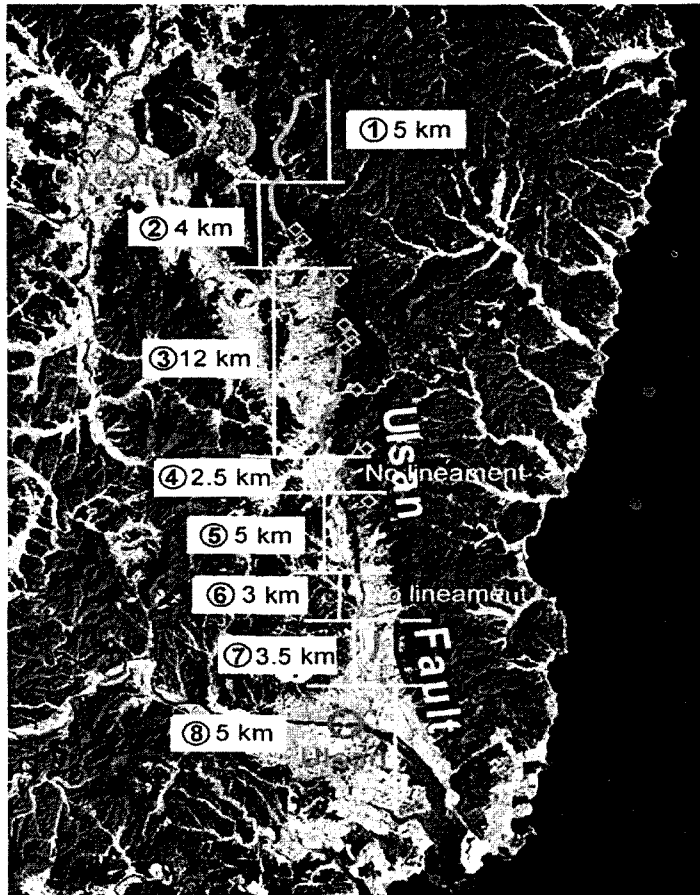


Fig. 1 Lineament map with epicenters of small earthquakes (circles) monitored by KIGAM since 1992, and Quaternary faults (lozenges) along the Ulsan Fault System (최원학, 2003).

이 구간의 남쪽 끝에 울산 단층을 따라서 발달하고 있는 마지막 제4기 단층인 이화 단층이 위치하고 있으며, 길이 1 km 미만의 L-A 선형구조가 연장된다. ⑥ 구간은 신천에서 송정까지의 3 km 구간으로 선형구조가 분포하지 않는다. ⑦ 구간은 송정에서 연암동까지 3.5 km 구간으로 남북 방향의 L-B 등급의 1.5 km 길이의 선형구조가 7번 국도를 따라서 관찰되며, 이와 평행하게 동측의 산록 사면을 따라서는 남북 방향의 L-D 등급의 선형구조가 평행하게 나타난다(Fig. 1). 마지막으로 ⑧ 구간은 연암동 남쪽으로 울산만까지 바다로 연장되는 5 km 이상으로 충적층분포와 도시화로 인하여 선형구조와 제4기 단층이 나타나지 않는다. 울산단층을 8개 구간으로 나눌 경우에, 선형구조와 제4기 단층의 노두가 나타나지 않는 ④, ⑥ 구간을 분절경계로 울산단층을 남북 방향으로 구분이 가능하다. 그러나, 제4기 단층이 발달하고 있는 ①, ②와 ③ 구간은 왕산단층을 제외한 평균적인 변위 속도가 0.08~0.1 mm/yr 로 큰 차이가 없기 때문에, 이들 세 구간을 하나의 분절로 구분할 수도 있으며, 선형구조의 형태적 모양과 등급을 기준으로 하여보면, 이들의 각각을 개별적인 분절로도 볼 수 있다. 이들의 ①, ② 및 ③ 구간을 각 분절로 보아 세 개의 분절로 보거나 ①-②와 ③으로의 두개의 분절, ①과 ②-③의 두개 분절, 마지막으로 ①-②-③의 구간을 모두 연결하여 하나의 분절로 볼 수 있는 분절의 조합 구성도 가능하다. 울산 단층계의 중남부지역에 대하여서는 선형구조와 제4기 단층이 분포하지 않는 ④와 ⑥의 구간을 기준으로 하여 구분할 수 있으며, ⑦과 ⑧구간도 개별 분절 또는 조합이 가능하다. 결론적으로 울산 단층계는 크게 ①-②-③, ⑤, ⑦-⑧의 세 개 분절로 나눌 수 있다<sup>(2,9)</sup>. 결국 각 구간의 제4기 단층의 거동 특성과 활동성에 따라 각 구간을 조합하거나 그 이상으로 세분할 수도 있다(Fig. 1).

### 2.3 지형적 특성에 따른 분절

울산단층을 중심으로 양쪽의 지형과 수계양상을 DEM 자료를 이용하여 분석한 결과, 제4기 단층 노두가 여러 개 보고된 울산단층 동측지역에는 서쪽으로 흐르는 하천의 계곡 입구에 많은 선상지가 발달하고 있으며 지형의 경사가 급하다<sup>(8)</sup>. 이에 비하여 울산단층 서측은 지형이 완만하며 선상지 발달이 미약하다. 울산단층 양쪽의 수계에 대하여 수계구배지수를 구하였는바, 동쪽의 수계구배지수가 서쪽에 비하여 상당히 높게 나타나고 있다. 동일한 암석이 분포하는 지역에서 이러한 수계구배지수의 차이는 최근의 지형적 변화를 시사하며, 제4기 단층이 나타나고 있는 울산단층의 동측에서 신기지체구조 운동에 의한 수직적인 지형변화가 있었음을 알 수 있다. 선상지는 선형구조의 ⑥번 구간 이남으로는 나타나지 않아 하나의 분절기준점으로 삼을 수 있다(Fig. 2).

### 2.4 변위속도에 따른 분절

울산단층을 따라 나타나는 제4기 단층의 변위속도는 갈곡리 단층에서 0.08~0.1 mm/yr, 왕산 단층에서 0.3~0.6 mm/yr 로 계산된다. 갈곡리 치실 단구면상에서 변위는 각 단구면마다 다르게 나타나며, 오래된 단구면일수록 커져서 단층변위의 누적성이 확인되며, 하위면 퇴적 후에 2~3 회, 중위면 퇴적후에 1~2 회 정도의 단층운동을 산정하였다. 지형면의 변위로부터 1회의 운동량을 단층이 2회인 경우 1.9 m, 3회를 가정할 경우 1.1 m로 해석하였다<sup>(12)</sup>. 평균적인 변위율은 0.1~0.08 mm/yr로 계산되었으며, 단층 경사각이 지표에 가까울수록 완만해지는 특성을 보여준다. 말방 단층

에서는 변위속도가 0.08~0.1 mm/yr, 입실 단층에서는 변위속도가 0.2~0.26 mm/yr이다(Table 1). 지형 변위로만 계산된 불국사 단층선(하동-진티)에서의 변위속도는 0.03~0.043 mm/yr이다. 하지만 단층변위속도 차이가 적고 자료도 부족하여 구별이 쉬운 분절 지점을 정하기는 어렵다(Fig. 2).

## 2.5 마지막 운동시기에 따른 분절

울산단층의 증남부에 위치하는 개곡 1단층노두에서는 기반암과 고기 제4기층(최상부 연대 31,250±420, 30,680±450 y B.P.)이 단층으로 접하고 있으며, 이 단층은 다시 7,470±40y BP를 보이는 하상퇴적층을 끌린 습곡형태(drag fold)를 이루며 절단하고 있다<sup>(11)</sup>. 이 위에 2,290 years B.P.를 보이는 거의 수평을 이루는 하상 퇴적층이 덮고 있다. 따라서, 이 노두에서 운동 횟수는 최소 3회이며 마지막 운동시기는 7,470±40에서 2,290 y B.P.에 일어난 것으로 보인다(Table 1). 화정지역에서의 트렌치는 항공사진 상에서 도출된 선형구조 상에서 2차에 걸쳐 실시되었으며, 지표에 단층절벽이 나타난다. 1차 트렌치에서 제4기층을 절단하는 2개의 단층이 확인되었으며 운동 시기는 17,430±100 y B.P 이후로 추정된다<sup>(11)</sup>. 2차 트렌치에서도 역시 미약하지만 단층이 확인되었다. 이들 트렌치 단면에서 채취한 시료에 대한 연대측정결과 14-17ka의 연대를 보이고 있다. 하지만 제4기층 상부에 분포하고 있는 토양층에서 일본에서 기원한 AT 화산회(약 24ka)가 추출되어 연대가 모순된 결과를 보이고 있다. 울산단층 북부의 갈곡리 트렌치 단면해석 결과에 따르면 2조의 역단층이 발달하며, F1 단층은 주향과 경사가 N50°E, 70°SE, F2 단층은 N09°E, 38°SE로 측정되었다. 트렌치 단면상에서 단구내의 물질에서 측정된 <sup>14</sup>C 연대는 최상부에서 1,560±60 yr BP, 중부 예선 13,760±140 yr BP, 14,010±240 yr BP와 그 하부에서 25,750±240 yr BP로 이들 연대와 단면 해석을 통하여 단층 운동이 14,000~25,000 yr BP 사이에 일어났다고 추정하였다. 갈곡리 트렌치 지점의 남쪽에서 실시된 갈곡-치실지점의 트렌치 단면에서 관찰된 단층 운동의 횟수는 최소한 3회 이상이며, 단층의 마지막 운동시기는 1,440±40에서 4,930±40 y B.P. 사이며, 그 이전의 단층운동은 4,930±40 y B.P.에서 9,480±50y B.P. 사이에 있었다(Table 1). 또한 단층 상반에 있는 층상의 역층이 동에서 서로 약 30°내외의 경사를 가지고 발달하며, 이 층을 절단하는 단층은 약 10,000년 이전부터 반복적으로 운동을 하였으며 상당한 변위를 가질 것으로 보인다<sup>(12)</sup>.

제4기 단층노두나 트렌치 단면에서의 마지막 운동시기를 이용한 울산단층의 분절화는 자료의 부족과 연대측정결과의 불확실성으로 정확한 지점을 선정하기 어렵다(Fig. 2).

## 3. 결론 및 토의

울산단층을 따라 발달하는 제4기 단층에 대한 조사결과, 선형구조 분포와 등급분석, 기하학적 특성, 트렌치 조사와 단면 해석에 의한 단층 변위속도와 마지막 단층운동시기, 최근 지진발생분포와 역사지진기록 분석 결과, 지형발달 양상 등을 종합하여 울산단층의 활동성을 평가하고 분절화를 시도하였다<sup>(13,14)</sup>. 단층 분절을 정의한 기준으로 지진활동, 선형구조 특성, 기하학적 양상, 단층 변위속도, 마지막 단층운동 시기, 지형발달 양상 등이 있다. 각 기준에 따라 울산단층을 분절화하면 크게 2개에서 최대 11개까지 나누어지며, 각각 분절 지점이 일치하지는 않으나 대략적인 범위를 정할 수 있다. 이 분절결과는 최대 잠재지진평가와 지진재해도 분석을 위해서 중요한 자료로

활용될 수 있다<sup>(3,4)</sup>. 향후, 제4기 퇴적층 연대결정과 단층운동시기 결정을 위한 주요 연대측정결과에 있어서 부분적으로 모순되는 결과를 보이는 탄소동위원소, OSL (Optically Stimulated Luminescence), 화산회, 지형적 양상에 의한 연대에 대한 연구를 수행하여 모순점을 해결하여야 한다<sup>(1)</sup>. 분절화 결과의 정밀도를 향상시키기 위하여 단층 변위속도와 마지막 운동시기에 대한 추가적으로 자료가 필요하며, 특히, 울산단층의 남부 지역에 대한 현장조사와 트랜치 조사를 실시되어야 한다. 또한, 울산단층의 주단층에 해당되는 저각의 드러스트 단층과 고각의 주향이동성단층 간의 관계, 평행하게 발달된 선형구조간 관계와 운동시기에 대한 연구도 진행될 필요가 있다.

## 참고문헌

1. Inoue, D. and Choi, Weon Hack, "The activity of the Ulsan Fault System based on marine terrace age study at the southeastern part of Korean Peninsula", 2006, Central Research Institute of Electric Power Industry, CRIEPI report N05012, 83p.
2. 최원학, "경주-울산간 신기 지체구조 운동의 연구", 박사학위논문, 서울대학교, 2003. pp. 205.
3. 최원학, 연관희, 장천중, "단층지진원 확률론적 지진재해도 분석에 관한 고찰, 한국지진공학회 학술발표회 논문집, 제6권, 제1호, 2002, pp. 28-35.
4. de Polo, C. M. and Slemmons, D. B., "Estimation of earthquake size for seismic hazards", in E. L. Krinitsky and D. B. Slemmons eds, Neotectonics in earthquake evaluation. Geological Society of America, Review in Engineering Geology 8, 1990, pp. 1-28.
5. McCalpin, J. P., "Paleoseismology", Academic Press, 1996. pp. 439-493.
6. 장태우, "울산단층 동쪽지괴의 제4기 조구조 운동", 지질학회지 37, 2001, pp. 431-444.
7. 최원학, 장천중, 이종림, "연대측정자료를 이용한 단층활동주기 산정방법", 한국지진공학회 학술발표회 논문집, 제5권, 제1호, 2001, pp. 74-80.
8. 신정환, 최원학, 장천중, "DEM 자료를 이용한 울산단층대 동부지역의 최근 지형변화 해석", 한국지진공학회 학술발표회 논문집, 제6권, 제2호, 2002, pp. 11-18.
9. 최원학, 장천중, 신정환, "선형구조 분석을 통한 양산단층계와 울산단층계의 비교", 한국지진공학회 학술발표회 논문집, 제7권, 제1호, 2003, pp. 30-37.
10. 최원학, 장천중, 신정환, "울산단층 주변 제4기 단층의 유형분류와 분절화", 한국지진공학회 학술발표회 논문집, 제7권, 제2호, 2003, pp. 28-35.
11. 최원학, 장천중, 井上大榮, 柳田誠, 佐々木俊法, 田中竹延, "트랜치 조사를 통한 울산단층 남부의 마지막 단층운동 시기 결정", 한국지진공학회 학술발표회 논문집, 제8권, 제1호, 2004, pp. 79-86.
12. 최원학, 장천중, 井上大榮, 田中竹延, "울산단층 북부 갈곡리 치실지점의 마지막 단층 운동시기 결정", 한국지진공학회 학술발표회 논문집, 제9권, 제1호, 2005, pp. 11-17.
13. Choi, Weon Hack, Neotectonics of the Gyeongju-Ulsan area in the southeastern part of Korean Peninsula, KMA/METRI International Workshop on the Fundamental Research for Mitigating Earthquake Hazards, 2004, pp. 5-8.
14. 최원학, 이종림, 장천중, 연관희, 강급석, 박동희, "단층 변위속도 평가 및 분절화 국제공동연구 (최종보고서)", 산업자원부, 2005, 227 p.

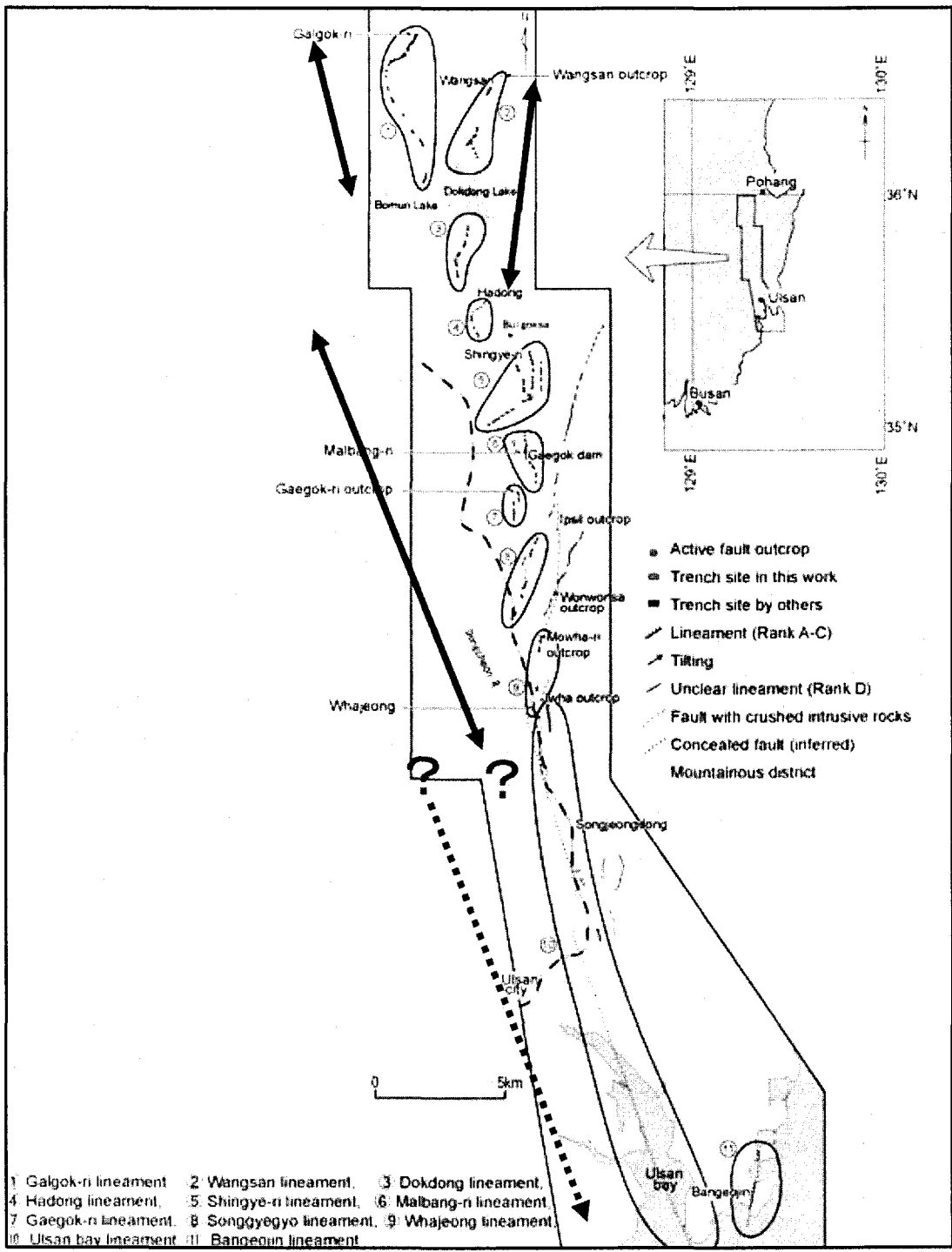


Fig. 2 Compiled lineament map and tentative segments along the Ulsan Fault System (Inoue and Choi, 2006).

lineament	length of lineaments	outcrop, trench	dislocation of terrace	estimated terrace age (ka)	vertical slip rate(m/ky) <sup>1</sup>	latest activity (y.B.P.)	return period	vertical displacement	references
1 Gaigok	6km	Gaigok-ri	7m/Mf <sup>2</sup> 3m <sup>2</sup> /Lf1 <sup>3</sup> 2m/Lf2 <sup>2</sup>	30 <sup>3</sup>	0.07		about 10ka <sup>4</sup>	0.8m <sup>2</sup>	1)Okada et al.(2001) 2)Suzuki et al.(2005)
		Gaigok-ri, Shichil	2m <sup>3</sup> /Lf <sup>3</sup>			1440-2840 <sup>3</sup> 7ka <sup>4,3</sup>	1.0m <sup>3</sup>	3)This study #:probably Lf3 terrace is not dislocated	
2,Wangsan	8km	Wangsan	18m/Mf <sup>2</sup>	150	0.08	>K-Ah:7000 <sup>3</sup> #			
3,Dokdong		—	—	—	—	—	—	—	—
4)Hadong		Hadong	7-13m/Mf <sup>4</sup>	80-150 <sup>4</sup>	0.22-0.05	—	—	—	4)Okada et al.(1998b)
5)Shingye-ri		—	—	—	—	—	—	—	—
6)Malban		Malban-ri	15m/Mf <sup>2</sup> 5m/Lf <sup>3</sup>	140-200 <sup>3</sup> 50-60 <sup>3</sup>	0.1-0.08 0.1-0.08	<30000 <39000			5)Okada et al.(1998a)
		(Ipsil)	6m/Lf1	40 <sup>3</sup>	0.15-0.22				High angle fault
7)Gaegok	16km	Gaegok-ri	1.5m/Lf3 <sup>3</sup>	10 <sup>5</sup>	0.15	2300-7500	11-28ka, probably 15ka <sup>4,3</sup>	1.5m	
8)Shingdoje		—	—	—	—	—	—	—	—
9)Whajeong		Whajeong	2m/Lf1 <sup>3</sup>	50-60 <sup>5,3</sup>	0.04-0.03	>AT:26000-29000 <sup>3</sup>			
10)Ulsan bay	21km + sea	East coast (including flexural deformation)	10m/L1 <sup>6</sup> 10-13m/L1 <sup>3</sup> 20-25m/M <sup>3</sup>	125 <sup>3</sup> 214 <sup>3</sup>	0.08-0.10 <sup>3</sup> 0.09-0.12 <sup>3</sup>				6)Ort(1977)
		displacement along the fault	5m/L1 <sup>3</sup> 8m/M <sup>2</sup>	125 <sup>3</sup> 214 <sup>3</sup>	0.04 0.04				
12)Bangeojin		Bangeojin	4m/L1 <sup>3</sup> 8m/M <sup>2</sup>	125 <sup>3</sup> 214 <sup>3</sup>	0.03 0.04				

\*1)The average vertical slip rate is the value obtained by dividing the total amount of uplift of a terrace by the terrace age. \*2) Suzuki et al.(2005) recognized 3 times of activity since 30ky and 2 times since 25ky. Hence, 30ky is divided by 3 times. \*3) 9000yBP-2000yBP. \*4) The longest is 28ky because the event was just after 30ky and earlier than 2ky, the shortest is 11ky, because the event was just since 7.5ky and 2 times since 30ky. \*5) The paleosol layer at the topmost of the terrace deposits was 7kyBP, the lower one is supposed as 10ky. \*6) The Lf1 terrace is overlain by AT tephra unconformably, so age is supposed to be 50-60ky.

Table 1 Compiled activities of the Ulsan Fault System based on several parameters (Inoue and Choi, 2006).