

## 양산단층 북부 유계리 일대의 신기 단층운동 소고

### Discussion on the Quaternary fault movement at Yugye-ri area in the northern part of Yangsan Fault

경재복\*, 임창복\*\*, 최위찬\*\*\*

---

#### Abstract

Yangsan fault in the southeastern part of Korean peninsula has been locally reactivated along a pre-existed fault during the late Pleistocene time. Geomorphological evidence of the reactivation is revealed at the northern segment(Yugye-ri, Tosung-ri and Naengsu-ri areas) of the Yangsan fault. The reactivation is distinctively characterized by fault gouge and fracture zone with high frequency in the Yugye-ri area. Oblique slip separation of the area is about three meters of the lower terrace. The cumulative vertical displacement is recognized after the formation of the middle terrace. Age of the reactivated faulting is constrained to during the formation of dissected valley deposits. Average vertical slip based on paleo-event is inferred to about 0.5-0.7 meter in this area.

---

#### 1. 서론

한반도 남동부에 위치한 양산단층대의 인접지역은 인구 밀집지역이 많으며 주요 산업시설들이 위치하고 있기 때문에 역사시대 뿐만 아니라 제 4기의 지형변위를 포함한 양산단층대 일원의 고지진학적 연구의 필요성이 중요하게 제기되어 왔다. 양산단층의 활동시기, 변위량, 구조운동사에 대해서는 그동안 국내외 전문가들에 의해 많은 연구가 진행되어 왔다. 연구결과에 의하면 양산단층의 대규모적인 단층운동은 제3기 초까지 활발하게 진행되었다. 그러나, 제4기에도 기존의 단층이 재활동 하면서 그 규모는 작으나 국지적으로 단층운동이 진행되어 왔음이

---

\* 한국교원대학교 교수, 정회원

\*\* 한국원자력안전기술원 책임연구원

\*\*\* 한국지질자원연구원 책임연구원

지형적 변위나 트렌치 조사를 통해 확인되고 있다(Okada *et al.*, 1994; 한국자원연구소, 1998; 경재복 외, 1999; 이봉주 외, 1999). 특히, 양산단층 남부 언양-통도사 일대의 단층 가우지 물질에 대한 연대측정 시도를 통해 단층운동 시기가 100-800 ka 의 범위를 보인다는 결과가 제시되었다.

양산단층대 남부 지역에서는 신기 단층운동을 시사하는 지형적 특징이나 직선상의 저단층애가 언양-양산구간 약 10 km에 걸쳐 제4기 후기의 하성단구면 상에 국부적으로 나타난다. 양산단층대 북부지역에서는 청하면 유계리와 신광면 토성리-냉수리 사이의 수 km에 걸쳐 신기 단층운동과 관련된 지형적 특징을 나타낸다. 전반적으로 양산단층대 북부지역은 남부지역에 비해 뚜렷한 활구조를 나타내지 않는다. 그러나, 양산단층대 북부 청하면 유계리 일대에서 댐공사로 인한 인공절개지역이 나타남에 따라 이 지역의 신기단층 및 변위지형의 존재와 분포를 파악하기 위해 국립지리원이 발행한 항공사진(1:20,000)을 판독하고 지형도(1:50,000) 분석과 야외 조사를 실시하여 그 결과를 일차적으로 제시하게 되었다.

## 2. 유계리 지역의 지형면 구분

양산단층은 N-S 혹은 NNE-SSW 주향을 지니며 양산단층대 주변지역의 선구조도 이 방향이 우세하다. 양산단층대 북부 유계리 일대의 서정천 상류 부근에는 다수의 선구조선이 NNE-SSW 방향으로 뚜렷하게 나타난다(Fig. 1). 특히, 송나면 중산리-청하면 유계리 사이에는 양산단층대의 선구조선을 따라 우수주향이동(right lateral strike slip movement)의 하천변위(stream offset) 양상을 나타내 주고 있다. 그 중 신기단층 변위지형으로 뚜렷하게 인정할 수 있는 지역은 유계리 일대에서 나타난다.

양산단층이 통과하는 청하면 유계리 일대의 서측은 해발고도 500여 m 이상의 장구재(535m), 삿갓봉(700m) 등이 급사면을 이루고 있으며 동측은 200여 m의 산지가 분포하여 그 사이에 소규모 분지가 폭 약 600m, 남북방향 약 2.5km 길이로 발달하여 있다. 이 분지에는 북서에서 남동으로 흐르는 서정천을 따라 하성단구가 발달하고 있다. 이 단구면은 고도, 연속성, 단구역에 따라 중위면(M1, M2, M3, M4)과 저위면(L)으로 구분할 수 있다(Fig. 2). 서정천 동측에서 M1과 M2 면은 부분적으로 산재하여 분포하지만 M3면은 유천들을 이루면서 넓은 영역에 걸쳐 분포하고, L 면은 서정천에 인접하여 역시 넓게 나타난다. 단층 절개면 동편 지역에서 관찰되는 M4 면의 역층은 사암 등 퇴적암류로서 직경 10-40cm의 역으로 구성되며 약 3m두께로 분포한다. 그 위에 사력혼합층이 약 2m 두께로 분포하며 최 상부는 황갈색 토양층으로 덮혀 있다.

이 지역은 댐 건설공사에 의해 길이 약 120m, 폭 약 50m의 절개면이 나타나면서 제 4기 단구 퇴적물을 절단하는 단층이 확인되었다. 단층이 통과하는 곳은 남북방향으로 개석된 소규모 계곡이 발달한 곳으로, 상류로부터 이동되어 온 역들이 약 3m 두께로 퇴적되어 있으며, 퇴적이 진행되는 동안 단층운동에 의해 변위된 흔적을 보인다. 역은 10-50cm 크기의 주로 매우 신선한 퇴적암류(사암, 실트암, 이암 등)과 화산암, 석영반암 등으로 구성되어 있다.

### 3. 단층운동과 변위량

단층에 거의 직각인 동서방향의 절개면 상에는 기반암인 퇴적암류(경상누층군의 하양층군)에 발달된 기존의 단층파쇄대가 재활동하면서 두께 약 3m의 소규모 계곡층진물로 이루어진 역층이 변위되어 나타난다(Fig. 3). 기반암과 역층 사이에는 폭 약 0.7-0.8m의 단층 가우지대가 관찰되며, 기반암에서는 약 10여 m의 폭을 갖는 파쇄대와 수 개의 단층이 나타난다. 제4기 역층과 접한 단층은 N15° - 20° E의 주향과 42° - 45° SE의 경사를 지니며 단층 가우지에서 단층조선의 선주향은 거의 동-서인 사교이동(oblique slip)을 보여준다.

단층의 동편과 서편의 기반암 위 M4 단구면의 역층내에 분포하는 humic layer에서 채취한 charcoal에 대하여, 14C AMS 법에 의한 방사성 탄소 연대측정 결과, 각각 39,400± 570(SNU99-134) 및 36,600± 780(SNU99-133) BP (서울대학교 기초과학교육연구 공동기지원)을 보인다. 단층에 인접한 역층의 상세 스케치는 그림 3에 나타나 있다.

단구면을 구성하는 역들은 주로 직경 10-40cm의 사암, 세일, 석영암맥 등으로 구성된다. 단층면에서 떨어진 곳의 역들은 거의 수평으로 평행한 배열을 나타내지만 단층면에 가까울수록 단층운동의 영향을 받아 단층면에 거의 평행한 직립한 배열을 보인다. 특히, 역층하부에 렌즈상으로 협제되어 있는 실트질 층은 단층면을 향하여 약 1.3 m 수직방향으로 이동되어 나타나며, 그 내부에 포함된 charcoal에 대한 연대측정 결과 25,900± 730 (SNU99-118) BP을 나타낸다. 역층의 중간부분에는 단층가우지 물질과 실트질 물질이 혼재되어 렌즈 상으로 나타나며 이 층 역시 단층방향으로 약 70cm 직립 하여 나타난다. 역층 상부에는 단층가우지가 단층운동 후 붕괴되어 거의 수평방향의 썩기(wedge)모양으로 들어가 있다.

B 지점에서의 절단면의 상세 스케치(Fig. 4)를 보면 부식 실트층과 역을 포함한 부식층이 단층을 따라 역들의 회전과 함께 변위되어 나타나며 수직 변위량은 약 0.5m 이다.

두 지점의 상세 스케치를 종합하면 상부로부터 하부로 갈수록 변위량의 증가를 보이는데, 이는 하부에서는 상부 플라이스토세 이전인 기반암층의 변위량이 상부의 변위량과 함께 중첩되어 있기 때문이다. 상부에서는 약 26,000년 이후의 변위가 인지된다.

### 4. 결론

양산단층 북부 청하면 유계리 일대의 신기단층운동은 기존의 단층대가 재활동 하면서 기반암 뿐만 아니라, 그 위에 부정합으로 퇴적된 상부 플라이스토세의 중, 저위면에도 변위가 나타난다. 본 지역에서는 상부 플라이스토세의 단층이 인정되며, 이의 수직변위량은 약 2.5-3.0m로 평가되어 진다.

본 연구는 6차년도 연구사업중 1차년도 중간 연구결과로 지속적으로 주변지역에 대한 정밀조사를 통해 확인할 예정이다.

## 감사의 글

본 연구는 과학기술부 원자력 증장기계획사업비(과제명: 지진안전성 평가기반 기술개발)의 지원으로 수행되어 이에 감사드립니다.

## 참고문헌

1. 경재복, 이기화, Okada, A., Watanabe, M., Suzuki, Y., and Takemura, K., 1999, 양산단층대 남부 상천리 일대의 트렌치 조사에 의한 단층 특성 규명, 한국지구과학회지, 20권 1호, 101-110.
2. 경재복, 이기화, Okada, A., 1999, 양산단층대의 고지진학적 연구 - 변위지형 분석 및 트렌치 조사-, 지구물리, 2권 3호, 155-168.
3. 이봉주, 최성자, 최위찬, 류충렬, 1999, 양산 월평지역의 제4기 단층운동 특성, 지질학회지, 35권 3호, 179-188
4. 한국자원연구소, 1998, 양산단층을 고려한 설계기준지진의 재평가 최종 보고서 (제 1권), 671pp.
5. Okada, A., Watanabe, M., Sato, 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, south Korea, *Journal of Geography*, 103, 2, 111-126(in Japanese).

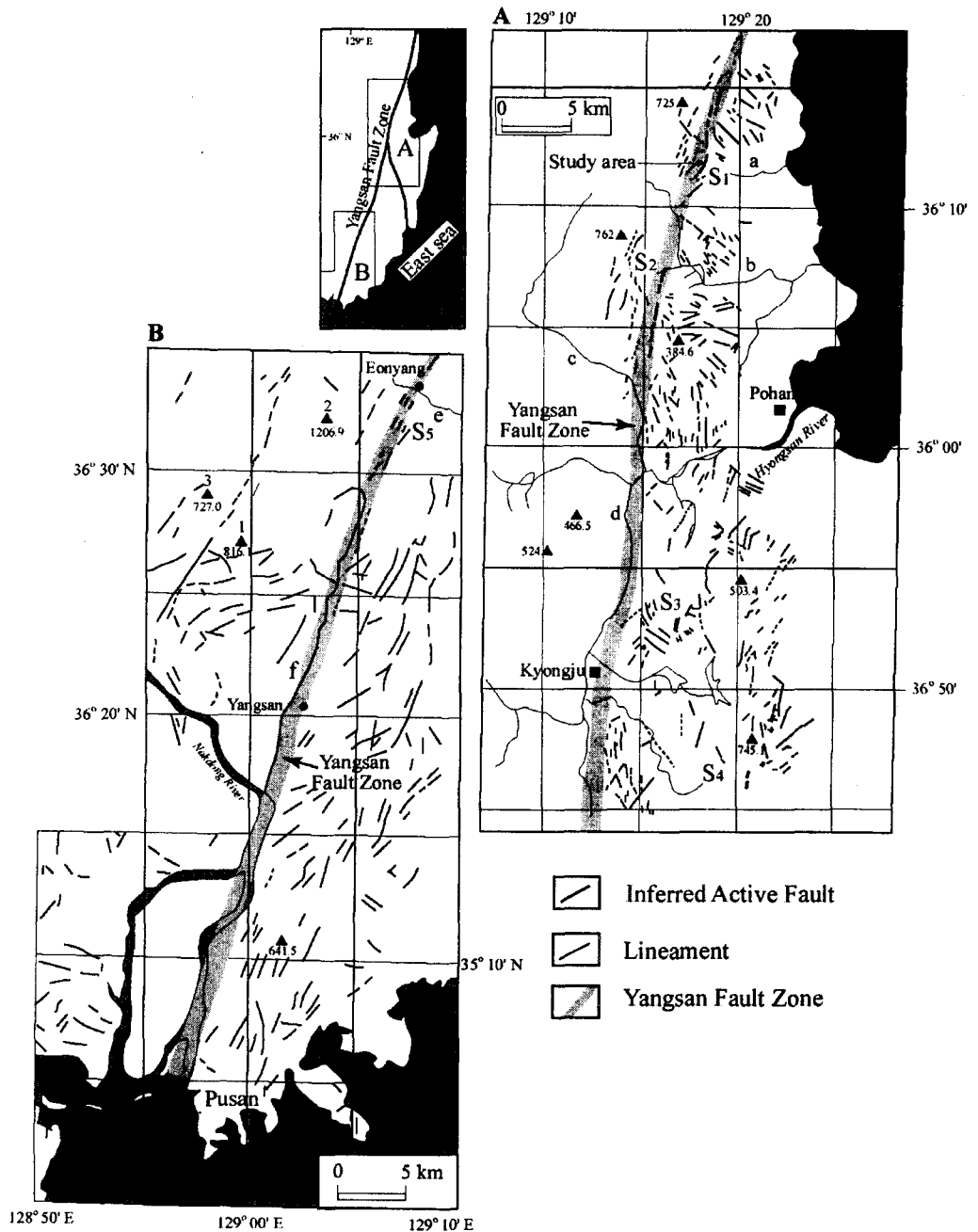


Fig. 1. Lineament and inferred active fault along the northern part of the Yangsan fault zone from aerial photograph (1:20,000) (after Kyung et al., 1999). 1 denotes Mt. Toham, 2 Mt. Shinbul, and 3 Hyangro Peak; S<sub>1</sub> denotes Yugye, S<sub>2</sub> Shinkwang, S<sub>3</sub> Chonbuk, S<sub>4</sub> the Bulguksa temple, and S<sub>5</sub> Sangchon; a is the Sejong stream, b the Koggang stream, c the Kigae stream, d the Hyonsan River, e the Taehwa River, and f the Yangsan stream.

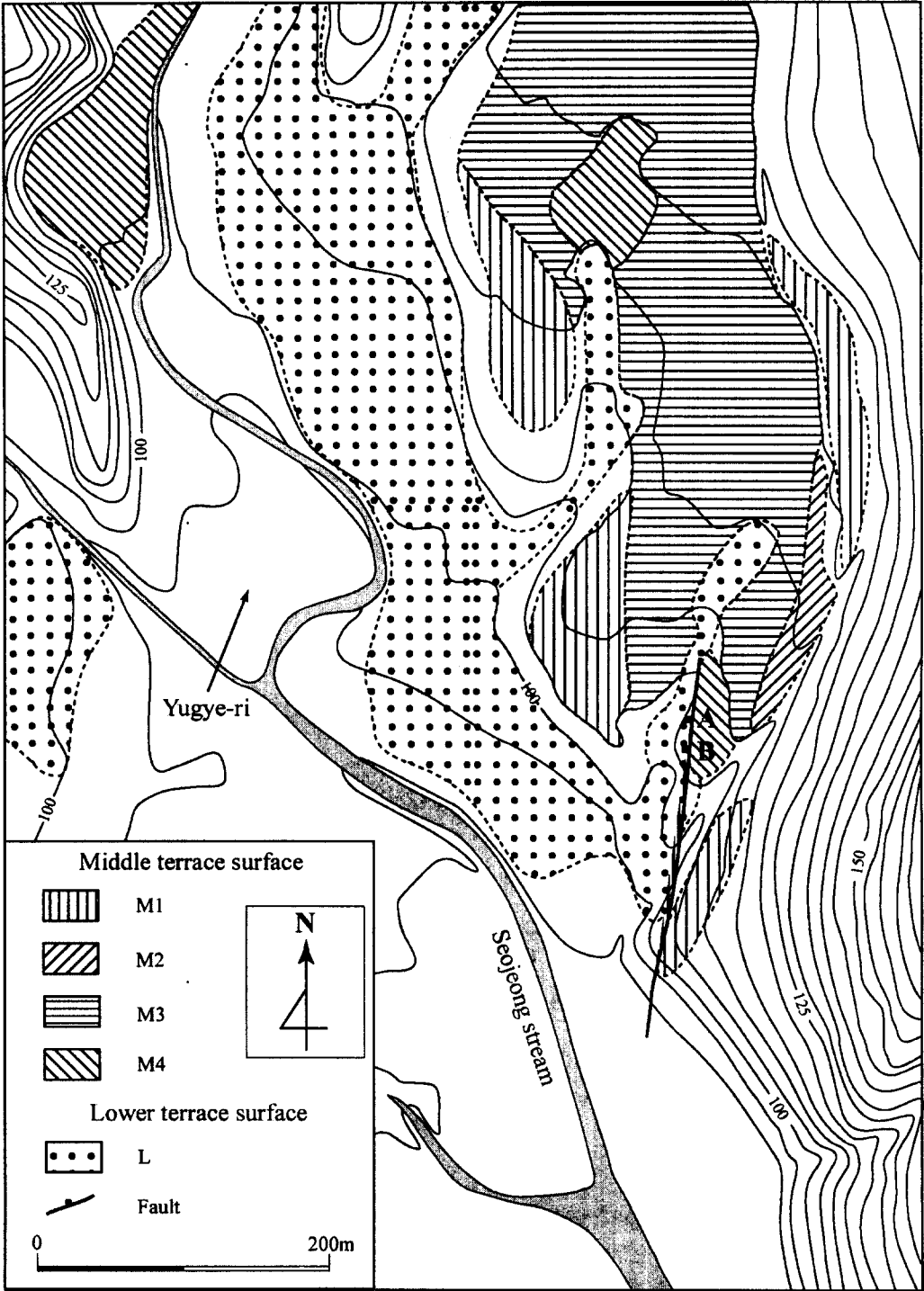


Fig. 2. Geomorphic classification at Yugye-ri area, Cheongha.

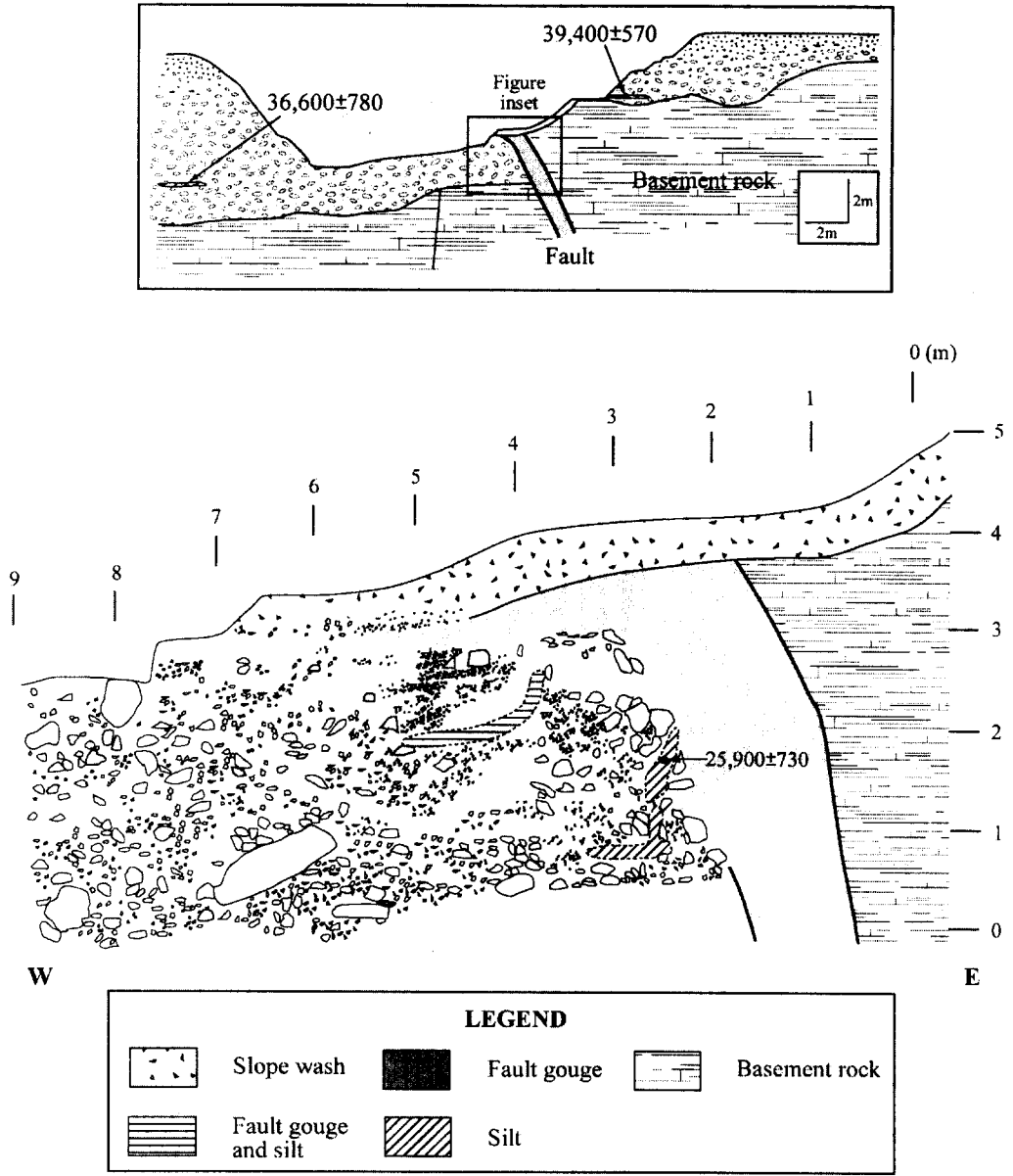


Fig. 3. Excavated wall across the fault at site A.

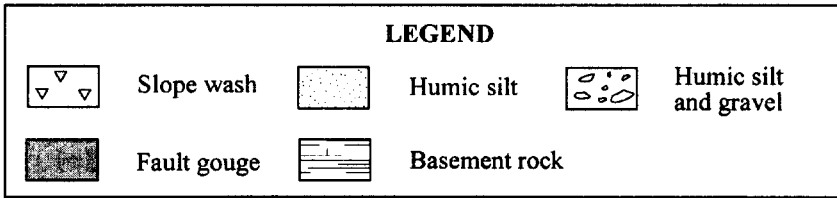
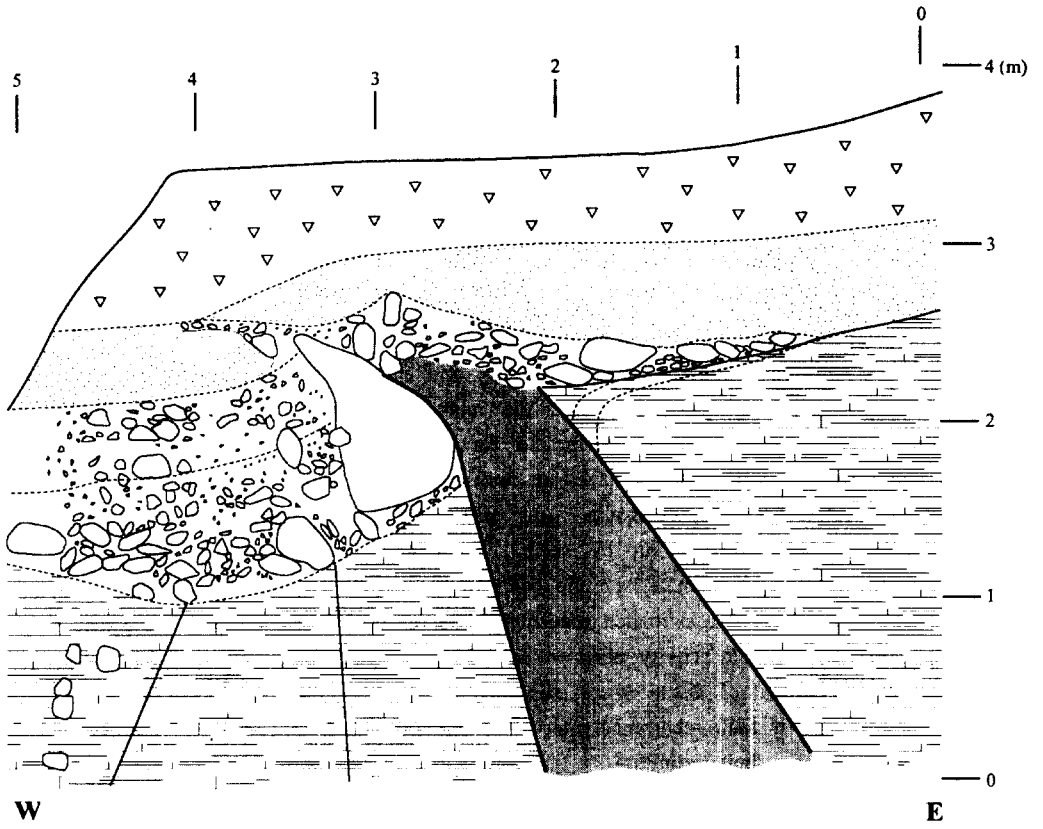


Fig. 4. Excavated wall across the fault at site B.