진하-기장지역의 해안단구 분포와 단구변위 단층 징후

최성자[1], Yoko Ota[2], Dorothy Merritts[3], 박인영[1]

1. 서 론

계기지진기록에 의하면, 한반도에서는 중국이나 일본만큼 지진발생빈도가 높거나 강진은 없으나, 북한에서는 추가령단층대 이서지역, 남한에서는 아산만~영일만 일원을 따라 대상으로 분포한다. 역사지진기록에 의하면, 경주시 주변에서 8개의 큰 지진이 일어났으며, 이중 779년에 일어난 경주지진에서는 백명 이상의 사상자가 발생한 기록이 있다고 하였다(경재복, 1997).

우리나라 남동지역에는 현재 33개소에서 4기 단층이 발견되고 있으며 이들 대부분이 울산단층대와 양산단층대에서 발견된 단층들로 하안단구를 변위 시킨 단층들이다. 최근 해안단구 연구 조사방법이 새로이 개발되면서 해안단구를 변위 시킨 단층들이 여러 곳에서 발견되고 있다.

우리나라에서 해안단구 연구는 1973년 고 김서운 박사가 최초이며 그 후 여러 학자들에 의하여 해안단구가 연구되었다. 지금까지의 단구 연구는 단구 분류가 주 연구 목적이였을 뿐 지구조운동과 관련한 연구는 단 한건도 보고 된 바 없다. 대표적인 해안단구 연구는 김서운 (1973), 오건환 (1977, 1981), 이동영 (1987) 등에 의하여 수행된 바 있으며 이들에 의하여 단구가 분류가 되어져 있다.

지금까지의 단구연구는 주로 해안단구를 대상으로 하여 단구를 저위면, 중위면, 고위면으로 세분하고 형성시기에 대해 논하였으나 각 저자들마다 단구면의 고도와 형성시기에서 차이를 보이고 있다. 현재 4기 단층들은 단구면을 끊고 있어서 단구면의 형성시기가 4기단층 활동 연령을 제한 할 수 있는 첫번째 도구로서 아주 주요한 역할을 한다. 그러나 단구 분류가 학자마다 서로 다르고 각 단구에 대하여 애매모호한 지형고도를 제안하고 있기 때문에 아직까지 명료하고 정량적인 값으로 단구 형성 시기를 규명한바 없다.

또한 단구조사지역도 동해안지역에서 북쪽지역을 주로 대상으로 하여 연구하였으며 남쪽의 서생-기장간 지역에 대한 해안단구 연구는 오건환 (1981) 외에는 지금까지 보고된 바 없다. 조사지역은 직선거리로 약 16km에 달하고 있으며 구릉지 지형이 잘 발달하고 있는 것이 특징이다. 해안선의 전체적인 발달방향은 북동-남서방향을 보이고 있다. 서생-기장까지 구정선을 기준으로 하여 고도별로 해안단구를 분류하여 지역간의 단구를 대비하였으며 단구의 분포특징, 단구의 해침과 해퇴의 퇴적층 분포양상, 단구간 토양 대비 등 들을 종합적으로 해석하여 각 단구의 형성 시기를 결정하였다. 또한 조사 지역에 대한 정밀 디지털 단구조사를

주요어: 해안단구, 2단구, 3단구, 11-13m, 19-24m, MIS5a, MIS5c, 0.2m/ky, 단구변위단층

1) 한국지질자원연구원 (sjchoi@kigam.re.kr)

2) Yokohama University(ota@iceice.com

3) Franklin & Marshall University

통하여 단구 변위 신기단층을 발견하였다.

2. 해안단구

해안단구는 홀로세에 형성된 것으로 보는 최하위의 단구를 포함하여 모두 6개의 단구면이 형성되어 있다. 이 6개의 단구면은 지역에 따라 다르게 분포하거나 서로 다른 고도를 보이고 있다. 특히 서생-기장지역은 타 지역과는 많은 차이를 보이고 있다.
혼돈을 피하기 위하여 기존에 상용적으로 사용하였던 단구명칭을 그대로 유지하여 사용하였다. 즉 하위에서 상위로 올라가면서 1단구, 2단구 3단구로 명명하였다. 따라서 아래 최하위의 단구를 1단구로 정하고 그 상위로 올라가면서 2, 3b, 3a, 4, 5로 구분 하였다.
조사지역에서는 월내(月內)를 중심으로 하여 단구 분포가 서로 다른 양상을 보이고 있다. 즉, 월래 북쪽지역인 진하해수욕장에서 비학까지는 2와 3단구가 연속적인 측면 연장성을 보이며 잘 발달하고 있는 반면에 월내 남쪽에는 2와 3단구가 소규모로 산발적인 분포를 보이고 있다. 이지역의 해안단구는 4개의 단구가 발달하고 있으며 1단구, 2단구, 3b단구, 4단구로 분류되고 이중 2와 3 단구면이 잘 발달하고 있는 편이나 타 지역에 비하면 매우 미약한 편이다.
1단구 : 해수면과 거의 같거나 0.5m 이내의 고도에 위치하고 있으며 단구면상 퇴적물이 형성되어 있지 않은 침식 삭박형 해안단구 형이 발달되어 있거나, 만(灣)입지역에서는 홀로세의 퇴적물로 충진된 저지대가 형성되어 있다.
2단구 : 2단구는 진하에서 기장까지 연속적으로 잘 발달하고 있는 단구로서 간절곶, 서생, 신리, 신평리, 동백리 지역에 분포하고 있으며 남쪽보다 북쪽에 잘 발달하고 있다. 북쪽에 분포하고 있는 2단구의 구정선은 11m-13m 내외이며 진하-서생-신리- 비학까지 연장 추적된다. 남쪽은 이보다 낮은 9m에서 10m의 구정선을 보이고 측면연장과 분포가 간헐적이다.
3단구 : 서생-기장간 지역의 3단구의 구정선은 19-24m 이며 3단구의 하위면인 3b에 속한다. 진하-기장 지역에서 3b의 해안단구는 고리 남쪽의 월내와 동백리까지 간헐적이거나 소규모 면적으로 분포하고 있으며 북쪽에는 고리 인접의 비학, 서생까지 연장 분포하고 있다. 3단구를 덮고 있는 토양층은 적갈색을 띄고 있어 2단구와 구분하는데 좋은 식별기준이다.
4단구 : 진하에서 기장까지 간헐적으로 분포하고 있으며 아주 협소하게 발달하고 있다. 그리고 대부분의 단구면에는 산사면 퇴적층으로 덮혀 있어 확실한 구정선 고도를 측정 할 수 없다. 그러나 4단구의 평균 고도는 44m 이며 나사리와 문동리에 구정선 지형면이 잘 보존되어 있다.

3. 융기율과 제4기 변위단층

단구의 융기는 Isostacy에 의하여 서서히 일어나거나 조구조적인 운동에 의하여 급격히 일어난다. 우리나라의 해안에는 여러 조의 단구가 발달하고 있으며 제 4기 동안에 융기작용이 있었음을 지시하고 있다. 이와 같은 단구의 융기가 단순한 Isostacy에 의한 것인지 또는

조구조운동에 의한 것인지는 아직 명확하게 규명된 바 없다.
대보 (大甫)에서 남쪽의 기장까지의 해안단구 조사 결과 2단구는 MIS 5a인 80,000년, 3단구 하위면은 MIS 5c인 100,000년, 3단구 상위면은 MIS 5e인 125,000년에 형성된 것으로 결론을 내렸다.
기장지역은 평균 0.2m/ky의 융기율을 보이며 이는 활동성이 적은 판 내부 (intraplate)에서 보여주는 값으로 우리나라의 지각은 대체로 안정된 곳 임을 알 수 있다. 그러나 2와 3단구의 구정선은 남쪽을 향하여 감소하는 경향을 보이며 이는 남쪽으로 침강현상을 지시한다. 융기율이 낮은 편 임에도 불구하고 조사지역에서는 단구변위를 시킨 단층징후가 몇 곳에서 관찰된다.
서생 (西生)에서는 3단구의 지형면은 해안가에서 육지 쪽으로 경사를 갖는 tilting구조를 보이고 있어 단구변위 단층징후가 예상된다. 즉, 3단구면을 변위시킨 단층징후는 두 곳에서 관찰되며 그 중 하나 (서생1단층으로 명명)는 동서방향의 주향으로 동측지괴가 올라가고 서측지괴가 내려간 역단층성의 운동감각으로 해석되며 약 500m의 연장을 갖는 것으로 추정된다. 서생2단층은 서생1단층의 서측에 발달하고 있으며 주향은 N50E이고 이 단층도 동측이 상승한 역단층성의 단층운동을 한 것으로 해석된다.
비학리 (飛鶴里)에는 4개의 단층징후가 인지되며 그중 비학1과 2단층은 단구변위에 의한 지형면 기복에 의하여 인지된 단층이며 비학 3과 4단층은 비학리의 건설현장에서 발견되었다. 비학 1단층도 서생 단층과 같이 3단구면의 변위를 일으킨 단층으로 추정되며 주향은 N50E이고 동측지괴가 상승한 역단층성의 운동감각을 가질 것으로 추정된다. 효암리의 2단구면에는 5m 변위가 일어난 현상이 관찰되며 이는 단층운동에 의하여 일어난 단구 변위로 해석되어 비학2단층으로 명명하였다. 이 단층은 N50E의 주향과 동측경사를 하는 것으로 추정되며 서측지괴가 상승한 정단층 운동을 한 것으로 판단된다. 비학3과 4 단층은 각각 3단구면을 변위시킨 정단층성으로 EW주향을 보이며 수직변위는 약 1m내외이거나 이보다 적다. 이 두 단층의 운동은 최소한 3단구면 형성 이후이고 최종 빙기 이전으로 추정된다.
월내 남쪽의 문동리 지역에는 4단구면이 발달하고 있다. 이 단구의 외연부는 52m의 고도를 보이고 구정선 쪽으로 가면서 지형고도가 44m로 감소한다. 이와 같은 현상은 문동리 4단구의 구정선 가까이에서 발달하고 있는 소하천의 침식. 삭박작용에 의하여 구정선 쪽으로 단구면이 경사져 있는 것처럼 보인다고 해석할 수 있다. 그러나 정상적인 4단구면의 외연부 (outermargin)는 4단구면의 평균 구정선 고도 값인 42m보다 낮아야함에도 불구하고 평균 구정선 고도보다 9m이상 높은 외측부가 발달하고 있다는 것은 서쪽으로 단구면을tilting시킨 단층운동이 있었음을 지시한다. 이 단구면의 변위를 일으킨 단층 징후를 문동리 단층으로 명명하였다.

4. 결론

진하-기장은 다른 지역에 비해 단구 지형이 매우 협소하게 발달하고 있으며 단구 분류 조

사가 매우 어려운 곳이다. 이곳에는 최하위의 단구를 제외하고 상위에 2조의 단구가 연속적인 발달을 보이고 있다. 최하위의 단구는 0.5m, 2단구는 10m 내외, 3단구는 20-24 m, 4단구의 평균 구정선은 44m 이다. 2단구는 MIS 5a , 3단구는 MIS 5c, 4단구는 MIS 7에 형성된 단구이며 이 지역의 융기율은 약 0.2m/ky로 계산된다. 융기율이 낮음에도 불구하고 여러 곳에서 단구를 변위시킨 단층의 징후들이 발견되었다.

참고문헌

Kim, S.W. (1973) A study on the terraces along the southeastern coast(Bangeo jin-Pohang) of the Korean Peninsula. The Journal of Geological Society of Korea, Vol.9, No.2, p.89-121

Kyung, Jai Bok (1997) Paleoseismological Study on the Mid-northern part of Ulsan Fault by trench Method. The Journal of Engineering Geology, Vol.7, No.1, p.81-90.

Lee, Dong Young (1987) Stratigraphical research of the Quaternary Deposits in the Korean Peninsula. The Korean Journal of Quaternary Research, Vol.1, No.1, 3-20

Oh,Geon Hwan (1977) The goemorphic history of the southeastern coast of the Korean Peninsula. Geographical Review of Japan, Vol 50, p.689-699 (in Japanese)

Oh,Geon Hwan (1981) Marine Terraces and their Tectonic Deformation on the Coast of the Southern Part of the Korean Peninsula. Bulletin of the Department of Geography, Univ. of Tokyo, 13. 1-61.