

# 감포 기장간 해안단구 변위를 및 신기지구조 운동

최성자<sup>1)</sup> · D. Merritts<sup>2)</sup> · Y.Ota<sup>3)</sup> · 최위찬<sup>1)</sup> · 류충렬<sup>1)</sup> · 임창복<sup>4)</sup> · 정창식<sup>5)</sup>

## 1. 서론

해안단구 연구는 김서운 (1973), 오건환 (1977, 1981), 이동영 (1987) 등에 의하여 수행된 바 있으며 이들에 의하여 단구가 분류가 되어져 있다.

김서운(1973)은 포항에서부터 울산지역의 방어진까지 해안단구를 6개의 단구면으로 분류하였으며 각각 봉화재 (90-130m), 염포리(70-80m), 화정리(50-60m), 방어진 (30-40m), 정자리 (10-20m), 주전리(3-7m)면으로 정의하였다. 주전리 단구를 제외한 상위 면들의 시대는 모두 후기 플라이스토세로 보았다. 오건환(1977, 1981)은 동-서해안의 해안단구를 조사하여 각 해안 단구면을 저위면 I, II, 중위면, 고위면등 4개로 분류하였으며 구정선 고도30-50m를 갖는 단구면의 형성시기를 마지막 간빙기에 속할 것으로 보았다. 이동영(1987)은 동해안의 해안단구를 5개의 단구면으로 구분하고 10-12m는 후기 플라이토세, 25-30m 와 40-45m 단구면을 중기 플라이스토세, 80-90m 단구면을 최상부 3기에 대비하였다.

최근 Miyauchi(2001)은 한반도의 해안단구면의 용기와 양산과 울산단층대의 제4기 단층 발달은 한반도내의 제4기 기간 동안 조구조적인 운동을 예측할 수 있다고 보았다.

국립지리원에서 발행되는 1:50,000 축척의 항공사진과 1:5,000 축척의 지형도면 해석, 본 연구에서는 Digital Fracture Mapping를 통한 실측 자료를 기초로 하고 구정선 해안단구도와 단면도를 작성하여 지구조운동을 해석하였다.

단구 형성 연령과 단구의 고도값을 이용하여 단구의 용기율을 도출하고 각기 다른 지역 간의 용기율 대비를 통해 해안선의 지구조 운동을 해석하였다. 이때 단구의 형성 연령은 작게는 단구의 용기율을 크게는 지구조 운동사에 대한 결론을 얻는데 주요한 역할을 한다.

감포 남쪽의 나정리에서 양남면 수렴리와 관성까지의 해안선 연장 길이는 17.5 km에 달한다. 이 구역에 대하여 GPS의 전산자료와 항공사진 판독자료를 서로 종합 해석하면 7개의 단구로 세분된다. 또한 정자에서 기장까지 해안선 연장 길이는 48km이며 이 지역에는 방한 실정이다. 감포에서 기장까지 해안단구를 크게 1, 2, 3, 4로 통일하여 대분류 하였다. 각 지역에 대한 단구 변위를 실측하여 지역에 따른 단구의 변위률과 제4기 단층의 징후가 새롭게 조사 관찰되었다.

## 2. 해안단구 변위

---

**주요어:** 남동해안, 2,3,4,단구, 마지막간빙기, 2단구, 80,000년, 용기율, 불연속면

1) 한국지질자원연구원(sjchoi@kigam.re.kr)

2) Frankline & Marschall College

3) Yokohama Universit

4) 한국원자력안전기술원

5) 한국기초과학지원연구원

감포 이남의 나정리에서 대본리, 봉길리까지 해안단구는 4개의 단구로 구분되며 홀로세 단구를 제외하고 그 상위의 단구는 각각 17m, 40m, 70m의 구정선 고도를 갖고 있다. 봉길리 남쪽의 나아리에서 울산 당사리까지 역시 4개의 단구로 구분된다. 이 지역은 북쪽의 단구보다 구정선 고도의 변화를 잘 보이고 있는 것이 특징이다. 나아리에서 2단구는 나정리보다 약간 높은 20m, 3단구는 50m, 4단구는 80m를 보이고 있으며 읍천은 나정리와 거의 비슷한 고도를 보이고 있으나 그 이남의 관성과 울산 정자에서는 각각 25m, 60m, 95m의 구정선을 갖고 있다. 울산시 주전리에서는 다시 나정리와 동일한 구정선을 보인다.

감포 이남의 나정리에서 관성지역까지는 2, 3, 4, 단구가 잘 발달하고 있으며 특히 2단구와 3단구에는 수-십여 m의 해성 퇴적층이 퇴적되어 있다. 양남면 하서리에서 2단구면의 퇴적층 단면을 잘 보여주고 있으며 이곳에서는 하성 기원의 왕자갈 층이 제 3기의 화산암 층을 부정합으로 피복하고 있다. 이 층 상 위에는 해성 기원의 잔자갈층이 층리를 이루면서 2m 이상의 층후를 가지고 두껍게 퇴적되어 있다. 이는 2단구 형성 시기에 해침이 있었음을 지시하고 있으며 마지막 간빙기에 형성된 단구의 가능성을 지시하고 있다.

읍천지역의 3단구에서는 육성기원의 자갈층이 백악기 퇴적암과 제3기 화산기원의 퇴적암층을 각각 부정합으로 피복하고 있으며 이 자갈층 상 위에는 해성 기원의 잔자갈층과 조립의 사질층이 퇴적되어 있다. 이와 같은 사실로 미루어 볼 때 3단구도 역시 2단구와 마찬가지로 해침의 영향을 받았으며 마지막 간빙기 시기에 형성되었을 가능성을 배제하지는 못한다. 정자에서 기장까지는 홀로세 단구를 포함하여 4개의 단구면이 발달하고 있다. 특히 2단구는 3단구에 비해 넓은 지역에 걸쳐 형성되어 있으며 표식적으로 인지되는 단구면이다. 2단구에 비해 3단구의 분포는 이분지(bisected)된 양상을 보이고 있다. 북에서 남으로 내려오면서 2단구와 3단구는 연속적으로 잘 발달하지만 최상위 단구(약 80-90m)는 방어진 이북과 진하 해수욕장에 일부 분포하고 있다. 주전리에는 4개의 단구면이 잘 보존되어 있으나 방어진 지역과 그이남에는 3단구와 2단구의 일부 지형이 남아있으며 단구 퇴적층은 거의 삭박되어 있어 단구면상에 해빈 자갈들 일부 남아 있을 뿐이다.

방어진 지역의 2단구와 3단구는 돌출부(headland area)에 넓게 분포하고 있으며 특히 2단구보다 3단구의 분포 면적이 넓었으나 3단구에 속하는 많은 부분이 도시화되거나 공장들이 들어서 있어 대부분이 단구지역이 파괴된 상태이다. 방어진의 울기 등대가 서 있는 3단구면의 구정선 고도는 약 40-45m 이며 이 단구면의 서쪽 부 구정선은 30-25m로써 약 15m의 고도차를 보이고 있다. 이곳의 3단구는 동쪽이 상승하고 상대적으로 서쪽이 하강한 남북 계열의 단층 징후가 인지되며 북쪽으로는 현대 자동차 공장지역으로 연장된다.

방어진 서쪽부에서 30m 내외의 고도를 보이고 있는 3단구 구정선은 진하 해수욕장지역과 그 이남의 비학까지 연속성을 보인다. 또한 진하 해수욕장부터 비학까지 2단구는 약 20m 내외의 구정선 고도를 보이거나 비학리 이남의 월내부터 기장까지 2단구와 3단구는 각각 10m와 20m의 구정선 고도를 보이고 있다.

### 3. 해안단구의 융기율과 지구조운동

단구면의 형성 시기는 절대연령측정에 의하여 얻어진 자료를 기초로 하여 정할 수 있다. 일반적으로 단구면에 고착하여 사는 산호화석과 연체동물화석, 혹은 단구 퇴적층 내에서 발견되는 동식물 화석들에 의하여 우라늄 비평형계, 탄소 절대연령측정 등으로 단구면 형성 시기를 측정하고 있다. 그러나 남동해안에서는 아직까지 동물화석은 산출된 바 없고 단지 단

구 퇴적물 상부에 형성되어 있는 토탄층이 불연속적으로 발견되었을 뿐이다. 최근에 들어 오면서 2, 3 단구 퇴적층에 대한 OSL 연령 측정을 실시한 결과 수렴리에서는 3단구 퇴적층의 연령이 10,000년에서 90,000년까지 산발적으로 도출된 바 있다. 3단구의 형성 연령을 논리적으로 뒷받침 할 수 없으므로, 3단구의 연령은 간접적인 단구층서 대비로 추정하였다. 2단구 퇴적층의 OSL 연대는 50,000-60,000년 과 100,000만 년 이상 두 가지 경우로 나눌 수 있으나 전반적으로 자료의 재현성이 나쁘고 층서적인 순서와도 일치하지 않는다. 그러나 OSL SAR(single aliquot regeneration) protocol의 cut-heat 온도를 조절할 경우 관성지역 제2단구 퇴적층의 연령은 59,000- 71,000년 범위에서 재현성이 우수하고 층서적인 순서와도 잘 일치한다 (정창식 외 2002,). 수분함량에 따른 OSL 연대의 과소평가요인(Tanaka et al., 1997)을 고려할 때 2단구면의 형성 연령은 이보다 오래된 80,000년 이상으로 봄이 타당하다.

단구의 융기는 지각 운동이 제4기 동안 있었음을 지시하고 있으며 이는 Isostasy에 의하거나 조구조적인 운동에 의하여 일어난다. 일반적으로 Isostasy에 의하여 형성된 융기는 주변지역이 빙하의 직접적인 영향권 내에 있거나 (예를 들어 스칸디나비아 반도) 화산활동에 의하여 지각의 두께가 달라 질 경우에 일어나는 것으로 알려져 있다. 한반도의 제4기 지구조사와 고기환경을 감안하여볼 때, 우리나라는 Isostasy 보다는 조구조운동에 의하여 일어난 융기작용으로 해석되며 이는 울산단층과 양산단층의 제4기 단층과 유관한 것으로 분석된다.

OSL 에 의하여 도출된 연령자료를 기초로 하여 2단구를 약 80,000년으로 가정하고 단구의 융기율을 산출하여 보면 각 지역마다 서로 다른 융기율을 보인다. 나정리 및 봉길리 구간은 0.368m/ky, 나아리-수렴리는 0.448m/ky, 관성과 정자리 구간은 0.528m/ky, 기장지역은 0.288m/ky의 융기율을 보인다. 이 융기율은 활동성이 강한 판경계에서 보여주는 것보다 매우 작은 값이므로 우리나라의 지각은 대체로 안정된 곳임을 알 수 있다. 그러나 각 지역마다 서로 다른 융기율은 지역간에 불연속면이 존재함을 지시하고 있으며 이는 울산단층대와 양산단층대에서 보고 되어지는 제4기 단층과 유관한 지구조운동의 결과로 분석된다.