

한국 남동해안 경주-울산 경계지역의 해안단구 고고위면 지형발달

황상일¹ · 윤순옥² · 박한산²
경북대 지리학과¹, 경희대 지리학과²

1. 문제제기 및 연구목적

한반도 남동 해안은 중부 동해안의 정동진 지역과 더불어 많은 지형학자들에 의해 해안단구 지형발달에 대한 연구가 이루어져 왔다. 대보에서 방어진에 이르는 해안에서 해안단구는 크게 고위면, 중위면, 저위면으로 나누어지며, 이들은 다시 고위 I(HI)면, 고위 II(HII), 중위면, 저위 I(LI)면, 저위 II(LII)면으로 세분되었다. 특히 연구지역에서 북북동쪽으로 약 22km 떨어진 경주시 감포읍 대본리와 나아리에서는 고위면보다 더 높은 해발고도에서 고고위 I(HHI)면, 고고위 II(HHII)면이 확인되었다(황상일·정해경·윤순옥, 2000).

본 연구에서는 울산시와 경주시 경계부에 있는 해안에서 항공사진과 지형도 분석, 노두조사 등을 통해 고고위면을 비롯한 해안단구 지형면들을 확인하고 지형면을 분류하였다. 그리고 해면을 고고위면 형성 당시 수준까지 상승시켜 이 지형면 형성시기의 해안 경관을 복원하여 지형 발달 과정을 살펴보았으며, 감포 지역과 중부지역 동해안의 고고위면과 대비하여 지형면 형성시기를 검토하였다.

2. 지형면 분류

해안단구는 고고위 I(HHI)면, 고고위 II(HHII)면, 고위면, 저위 I(LI)면, 저저위(LL)면으로 구분된다. 고위면은 남동해안의 구룡포~下西里(윤순옥·황상일, 2000)에서와 마찬가지로 세분되지 않고 하나의 면으로 나타난다. 그리고 중위면과 저위면 II(LII)면은 나타나지 않는다. 다만 남동해안의 다른 지역에 비해 고고위 I면과 II면은 지형면의 규모가 크고 밀도가 높아 이 지역에서 가장 특징적인 지형면이다.

고고위 I면은 울산시 강동면 신명리에서 폭이 약 100~150m이며, 굽바위마을 북서쪽에서는 폭 250m 정도로 매우 큰 지형면이다. 특히 관성리 남서쪽의 고고위 I면은 개석을 많이 받아 부분적으로 능선의 형태로 좁아진 부분도 있지만 전체 폭이 600m 정도로 매우 넓다. 관성리 서쪽에서도 폭 300~500m로 대단히 넓게 남아 있다. 그러나 오랜기간 동안 개석을 받았으므로 지형면은 동-서 방향으로 좁고 긴 능선의 정상부에서 확인된다.

고고위 I면은 최고고도 153~135m부터 최저고도 115~140m까지 나타난다. 남쪽의 신명리 부근에서는 지형면 고도가 전체적으로 높다. 고고위 II면은 지경과 관성리에서 확인되는데 최고고도 112~117m, 최저고도 95~100m이다.

고위면은 주로 신명리에서 지경 사이의 해안에서 확인된다. 이들 지형면의 폭은 50-150m로서 고고위면에 비해 훨씬 좁아서 한국 남동해안 다른 지역의 고위면 규모에 비하면 작은 편이다. 관성리 부근의 고위면은 매우 단편적이며, 해안단구 지형면이 계단상으로 확인되는 것이 아니라 표층의 원력이 흩어져 있는 것에서 확인될 정도로 경사가 급하다.

고위면은 해발고도 95~50m에 분포하는데, 최고고도 95~85m인 group과 78~70인 group으로 나눌 수 있다. 최저고도는 75~55m까지 다양하게 나타나는데, 최고고도가 90m 이상인 경우는 70~

75m가 많고, 최고고도 78~70m인 경우는 60~55m로 낮다. 그러나 최고고도가 85m인 경우는 최저 고도 60~55m로 매우 폭 넓게 나타나고 있는 것이 특징이다. 이와 같은 경향은 중부 동해안 정동진, 대진지역과 갑포의 대본리와 나정리 해안단구에서도 확인되는데, 고위면이 해발고도 90~55m에 분포하여 지형면의 고도차가 대단히 크고 단구애가 거의 확인되지 않아 비교차가 큰 단일 지형면처럼 보인다.

중위면은 확인되지 않는다. 저위면도 해안을 따라 좁은 폭으로 분포하는데 이 지형면 위를 31번 국도가 통과하고 있다.

3. 해안단구 지형발달

연구지역 남쪽의 신명리 고고위 I 면 노두에서는 cobble급 원력을 중심으로 퇴적층이 형성되어 있으며 기반암은 확인할 수 없었다. 그러나 지경 서쪽의 해발고도 140m 노두에서는 기반암이 거의 지표면까지 분포하며, granule급의 석영질 역들이 확인된다. 신명리의 고고위 I 면 노두는 당시 이 지역으로 유입하던 하천의 하구부에 해당하므로 역층이 매우 두껍게 퇴적되어 형성되었을 가능성이 높다. 그러므로 역층이 해발고도 151m까지 나타나지만 고고위 I 면의 구정선 고도는 기반암이 나타나는 140m로 보는 것이 타당하다.

고고위 II 면은 관성천의 남쪽에 형성되어 있으며, 기반암이 거의 표층까지 나타나고, 지형면 위에 pebble급 원력들이 매우 많이 포함되어 있다. 역들은 대부분 석영질인데 표면이 원형이지만 매끈하지 않고 거칠다. 다른 암석으로 된 원력들은 드물게 있지만 표면이 매끈하여 원래 파랑에 의해 파식될 때의 형태를 그대로 유지하고 있다.

고고위 I 면 해안단구 퇴적물은 전체적으로 남쪽이 조립질이며 북쪽일수록 세립질이다. 이것은 이 해안에서 간빙기 동안 해안 퇴적물은 남쪽에서 북쪽으로 흐르는 연안류에 의해 운반되며, 파랑이 남동쪽으로부터 해안으로 접근하므로 해안퇴적물은 longshore current 및 beach drifting에 의해 남쪽에서 북쪽으로 운반되는 것에 기인한 것으로 판단된다.

한국 남동 해안과 정동진, 대진지역에서는 고위면의 폭이 매우 넓은데 비해 이 지역에서 고위면은 상대적으로 지형면의 규모가 작다. 그리고 해발고도 90m와 50m 사이에 분포하여 최고고도와 최저고도의 비교차가 형성된 지 더 오래된 고고위면 보다 크다. 고위면 중 일부 해안단구 지형면은 구정선고도가 해발고도 90m 부근에 있고 일부는 구정선 고도가 70m 부근에 있으나, 나머지는 이 두 지형면을 포괄하여 하나의 지형면으로 나타난다. 정동진, 대진지역에서 해안단구 고위면의 특징을 파악하고, 삼척 오십천 하류부의 해변변동단구 연구 결과(윤순옥·황상일·정석교, 2002)와 대비하여 고위면을 구정선고도 90m와 70m인 고위 I 면과 고위 II 면으로 세분하였다. 그리고 이 두 지형면 사이의 단구애가 미미한 것은 이들을 형성한 간빙기 사이에 단구애를 형성한 빙기의 지속기간이 매우 짧은데 기인한 것으로 해석하였다. 그리고 고위면의 규모가 대단히 큰 것은 첫째, 이 지형면을 형성할 때 해변 부근에 완사면이 이미 형성되어 있었으며, 둘째, 고위면을 형성한 간빙기의 기간이 매우 길었으므로, 파랑의 영향을 오랫동안 받아 폭 넓은 지형면이 만들어 진 것으로 설명하였다.

그러나 이 지역에서 고위면이 상대적으로 좁게 분포하는 것은 고고위면이 형성되던 간빙기에 이 해안은 더 이상 headland가 아니고 직선에 가까운 해안이었으므로 파랑에너지가 집중되기 어려웠다. 그리고 고고위면 보다 아래의 산지사면이 경사가 매우 급하여 지형면을 만들기 어려웠고, 고위면 형성 이후 지형면들이 지속적으로 해체되었기 때문인 것으로 생각된다.

윤순옥·황상일(2000)에 의해 분류된, 연구지역 바로 북쪽의 나아리, 읍천리, 수렴리에서는 중위면과 저위면이 매우 넓게 형성되어 있는데 비해 연구지역에서는 중위면은 확인되지 않으며, 구정선 고도 25m인 저위 I 면이 좁게 분포하고, Holocene에 형성된 해발고도 5m의 해안단구 지형면이 다소 넓게 나타난다. 이것은 중위면이 형성될 때부터 이 해안은 더 이상 headland가 아니고, 직선상의

해안선 중 일부였으므로 파랑의 에너지가 이곳에 집중될 수 없었으며, 저위면 형성시기에 침식작용을 받아 해안단구 중위면이 파랑에 의해 제거되었기 때문일 것이다.

4. 지형면 형성시기

연구지역에서 확인된 해안단구는 구정선 고도가 140m인 고고위 I 면, 110m인 고고위 II 면, 90m인 고위 I 면, 70m인 고위 II 면, 25m인 저위 I 면, 5~6m인 Holocene 해안단구이다. 이와 같은 해안단구 체계는 남동해안의 대본리와 나정리의 해안단구체계(그림 8)와 중부 동해안 정동진, 대진지역의 체계와 거의 같으며 삼척 오십천 중·하류부의 해면변동단구체계와 잘 조화된다. 다만 중위면과 저위 II 면이 확인되지 않는데, 이것은 이 지역의 지형적인 특색에 기인하는 것으로 계단상의 지형면이 확인되지 않은 것일 뿐, 해안단구를 이루는 원력은 찾을 수 있다. 이 지역의 해안단구들은 고고위면에서도 신선한 자갈들이 발견되고 있으며, 지형면들 사이에 구정선 고도는 20~30m 비고차를 보이고 있어 그 간격이 정연하다. 이와 같은 사실은 해안단구들을 형성한 간빙기와 간빙기 사이의 시간 간격이 크지 않았음을 암시한다. 따라서 이미 이와 같은 관점에서 지형면 형성시기를 추정할 중부 동해안에서 논의된 해안단구 형성시기를 연구 지역의 지형면에 대비하여도 무리가 없을 것으로 판단된다. 따라서 고고위 I 면은 MIS 15에 해당하는 Cromerian IV기(63~56만년 BP), 고고위 II 면은 MIS 13에 해당하는 Elster 1/2(51~48만년 BP)에 형성된 것으로 생각되며, 고위 I 면은 MIS 11, 고위 II 면은 MIS 9시기에 해당하는 Holsteinian Interglacial (43~30만년 BP)에 형성된 것으로 볼 수 있는데, 이들 사이의 MIS 10은 그 지속기간이 약 10,000년으로 매우 짧다(윤순옥·황상일·정석교, 2002).

5. 동해 해안 단구 지형면 대비로 본 동해안 지반운동 양상

오건환(1981)은 동해안의 정동진에서 부산까지 해안단구 지형면을 분류하고 해안을 따라 해발고도를 검토하여 고위면의 경우 정동진에서는 80-100m인데 비해 남동해안의 감포에서는 60-80m, 부산만에서는 20-50m에 분포한다고 보았다. 그리고 이와 같은 것은 우리나라 동해안에서 제4기 동안 지반운동의 지역차에 기인한 것으로 해석하였다. 이에 대해 최성길(1997)은 동해안에서 해안단구 저위면의 분포고도가 남쪽과 북쪽에 지역차가 거의 없다고 주장한 바 있으나, 이것은 최중간빙기 이후의 지반운동에 대해 설명할 수 있었으므로, 그 이전의 지반운동 양식에 대해서는 논의의 여지가 남아 있었다.

감포읍 나아리와 대본리에서 고고위 I 면과 고고위 II 면의 구정선고도는 각각 140m와 110m였다. 한편 고위면은 지형면의 고도가 90~50m 사이에 걸쳐 있어서 지형면 자체의 고도차가 매우 크다. 삼척 오십천 중, 하류부에서도 고고위 I 면은 해발고도 150m, 고고위 II 면은 해발고도 110m, 고위 I 면은 해발고도 90m, 고위 II 면은 해발고도 70m에서 확인되는데, 이 고도들은 모두 지형면 형성 당시의 구정선고도로 볼 수 있다. 특히 고위 I 면과 고위 II 면 사이에 형성된 단구에는 경사가 완만하여 양 지형면은 점이적으로 만난다. 그리고 정동진과 대진지역에서는 구정선고도가 고고위 I 면 140m, 고고위 II 면 110m, 고위 I 면 90m, 고위 II 면 70m였다. 그러나 고위 I 면과 고위 II 면 사이의 단구에는 명료하지 않은 편이다.

따라서 본 연구에서 확인된 울산-경주 지역의 경계부의 해안단구 체계, 감포읍 나아리와 대본리의 해안단구 체계(황상일·정해경·윤순옥, 2000), 삼척 오십천 중·하류부에서 해면변동단구의 지형면 체계(윤순옥·황상일·정석교, 2002), 정동진과 대진 지역에서 구분된 해안단구 체계(윤순옥·황상일·반학균, 2003)가 모두 잘 조화된다. 즉, 고고위 I 면과 고고위 II 면, 고위 I 면과 고위 II 면들의

해발고도가 중부 동해안과 남동해안에서 거의 같다는 것은 고고위면이 형성된 65만년 BP 이후 한반도 동해안의 지반운동 체계는 중부 동해안과 남동해안지역이 거의 같았다고 볼 수 있다.

참고문헌

- 김주용·이동영·최성길, 1998, “플라이토신 층서 연구”, *The Korean Journal of Quaternary Research*, 12(1), 77~87.
- 吳建煥, 1981, “韓半島의 海成段丘와 第四紀의 地殼變動”, *釜山女大論文集*, 9, 377~415.
- 吳建煥, 1983, “舊汀線高度變化로부터 본 韓半島의 第四紀 地殼變動”, *釜山大師大 教育論輯*, 10, 245~253.
- 윤순옥·황상일·정혜경, 1999, “한국 남동해안 감포 나정리-대본리의 해안단구 지형발달”, *한국지형학회지*, 6(2), 99-119.
- 윤순옥·황상일, 2000, “한국 남동해안 해안단구의 지형형성 mechanism”, *대한지리학회지*, 35(1), 17-38.
- 윤순옥·황상일·정석교, 2002, “三陟 五十川 中·下流부의 河岸段丘 地形發達”, *대한지리학회지*, 37(3), 222-236.
- 曹華龍, 1978, “韓國浦項周邊海岸平野의 地形發達”, *東北地理* 30(3), 152-160
- 崔成吉, 1998, 韓半島東海岸における後期更新世段丘地形の發達過程と最終間氷期の海水準, 東北大學 大學院 博士學位論文.
- 黃相一·尹順玉, 1996, “韓國 東海岸 盈德 金谷地域 海岸段丘의 堆積物 特性과 地形發達”, *韓國地形學會誌*, 3(2), 99~114.
- 황상일·정혜경·윤순옥, 2000, “경주 甘浦지역 해안단구의 지형면분석을 위한 GIS의 적용”, *한국지리정보학회지*, 3(2), 48-60.
- Anderson, Robert S., 1994, “The Quaternary marine terraces of Santa Cruz, California”, *Geological Society of America Bulletin*, Vol. 106.
- Chang, Ho, 1986, *Geomorphic Development of Intermontane Basins in Korea*, Doctor's dissertation of Tsukuba University.
- Kim, J. Y., 1990, *Quaternary stratigraphy of the terrace gravel sequences in the Pohang area(Korea)*, Ph. D. thesis, Seoul national University.
- Kim, S. W., 1973, “A study on the terraces along the southeastern coast (Bang-eojin~Pohang) of the Korean Peninsula”, *Jour. Geol. Soc. Kor.* Vol. 9, No. 2, pp. 89~121.
- Oh, G. H, 1981, “Marine Terraces and their Tectonic Deformation on the Coast of the Southern Part of the Korea Peninsula”, *Bulletin of the Department of Geography University of Tokyo*, 13, 11-61.
- Lowe, J. J. and Walker, M. J. C., 1997, *Reconstructing Quaternary Environment(2nd Ed.)*, Longman, Hong Kong.