

파식대-해식애의 형태에 대한 조차와 암석면 반발강도의 영향

이수용* · 최광희**

Morphology of Shore Platforms and Sea Cliffs Controlled by Rock Strength and Tidal Range

Soo Yong Lee* · Kwang Hee Choi**

요약 : 이 연구는 우리나라 해안에 분포하는 해식애와 파식대의 형태적 특징을 기술하고 암석면의 반발강도 및 그것이 발달한 조석환경을 제시하였다. 모두 10개의 연구지역에서 지형측량을 통해 횡단면을 분석하고 N형 슈미트해머 반발강도를 조사하였다. 연구결과, 동해안의 파식대는 면의 경사가 0.5° 이하로 나타나 수평파식대로 분류되었고 서해안과 남해안에서는 바다방향으로 경사진 파식대가 발달한 것으로 나타났다. 암석면 반발강도는 암종이나 지역과 관련이 없었으며, 해식에 보다는 파식대에서 대체로 높게 나타났다. 특히 파식대의 평균 폭은 조석환경과 상관없이 두 지형의 반발강도 차이가 클수록 크게 나타났다. 이것은 파식대가 해식애의 후퇴로 발달하고 약한 해식으로 이루어진 암석해안선이 강한 해식으로 구성된 곳보다 빠르게 후퇴할 가능성을 시사한다.

주요어 : 수평파식대, 경사파식대, 슈미트해머, 해안선 후퇴

Abstract : This study describes the morphology of shore platforms with sea cliffs along the coast of South Korea as well as rock surface strength and tidal environment in which they are located. In ten study areas, topographic surveys for cross-sectional analyses and N-type Schmidt hammer tests for rock strength were applied in the field. Horizontal or subhorizontal shore platforms with gradient less than 0.5° occur along the eastern shore while seaward sloping platforms are developed in the western and southern shores. Rock rebound values do not depend on rock types or regions, but they are higher in shore platforms than in cliffs. In particular, mean width of shore platforms are generally increased as increase of the differences of rebound values between the two landforms, regardless of tidal ranges. This indicates the shore platforms are developed by the retreat of sea cliffs and the rocky shoreline with weak sea cliffs can be retreated faster than that with strong cliffs.

Key Words : Horizontal shore platform, Sloping shore platform, Schmidt hammer, Shoreline retreat

I. 연구배경

‘파식대(shore platform)’와 ‘해식애(cliff)’는 암석해안에 나타나는 대표적인 해안지형이다. 해수면 수준에서 형성되는 평탄한 면을 가리키는 ‘파식대’는 물리·화학적 풍화를 거친 기반암의 풍화산물들이 파랑에 의해 제거되거나 해식작용에 의해 발달한다(Bartum, 1916; Trenhaile,

1980; Sunamura, 1983; Stephenson, 2000). 이들은 암석의 종류, 절리의 밀도, 조차(tidal range), 기후 등에 따라 그 형태가 다르게 나타나며, 면의 경사에 따라 경사진 파식대(sloping platform)와 수평 파식대(horizontal platform)로 구분된다. 과거에는 성인을 강조한 ‘wave-cut platform’이라는 용어를 사용하였으나, 최근에는 형태를 강조한 ‘shore platform’을 더 많이 사용한다. ‘해식애’는 바닷가

*국립환경과학원 연구원(Researcher, National Institute of Environmental Research, randol84@korea.kr)

**국립환경과학원 연구사(Researcher, National Institute of Environmental Research, geoist@korea.kr)

에 드러난 급경사의 암반 노출면을 가리키는 지형용어로, 일반적으로 파식대의 육지 쪽 모서리와 접한다. 그러나 침식력이 강한 곳에서는 파식대 없이 해식애만 단독으로 나타나는 경우도 있다. 파식대나 해식에 같은 암석해안지형이 발달한 해안은 보통 침식해안(erosional coast)으로 분류되며, 퇴적에너지보다 침식에너지가 강한 것으로 여겨지고 있다.

우리나라의 경우, 암석해안지형은 동서·남해안에서 모두 나타난다. 그러나 그 경관은 각각 다르다. 삼면의 해양환경이 서로 다르고 지질구조 또한 복잡하기 때문이다. 대청도의 '서풍받이'나 부산의 '태종대'는 급경사의 해식으로 유명하고 변산반도의 '채석강'이나 '적벽강', 고성군의 '상죽암'은 절벽과 함께 넓은 파식대가 나타나는 것으로 유명하다. 이렇게 알려진 곳은 대부분 관광객의 발길을 이끄는 경관자원으로 활용되고 있다.

하지만 경관적인 면 이외에 암석해안지형에 대한 정보는 아직까지 매우 부족하다. 몇몇 연구자들에 의해 파식대나 해식에 대한 연구가 수행되긴 하였으나(최성길, 1983; 2015; Choi *et al.*, 2012; 장동호·박지훈, 2012; 최광희 등, 2013), 해안사구나 모래해안과 같은 퇴적지형에 비하면 그 연구성과는 상당히 빈약한 수준이다. 해안선에 대한 연구에서도 암석해안은 외면받기 일췌이다. 위성이나 항공사진 같은 영상자료에 기반하여 시계열적 변화를 분석할 때도 암석해안은 거의 그 대상에 들지 못한다. 암석해안의 변화속도가 매우 느린 것으로 간주되기 때문이다. 하지만 '함평만 해식애'의 사례처럼(장진호 등, 1999; 조주환 등, 2001; Lim *et al.*, 2009), 해안선이 급격히 후퇴하고 있는 곳도 있다. 암석해안의 후퇴는 평상시보다는 폭풍 시 더 빠르게 발생하며(Stephenson and Brander, 2003), 같은 암석이라도 경연 차에 따라 후퇴율에 차이가 발생한다(최광희 등, 2013). 그러나 앞서 언급한 것처럼 우리나라의 경우, 암석해안에 대한 연구성과가 적기 때문에 해안선의 후퇴를 예측하기는커녕 그 분포나 기초적인 특성을 파악하는 것조차 매우 어렵다.

암석해안지형에 대한 정보는 해안지역의 발달과정, 토지이용 계획 수립, 앞으로의 해안변화 예측 등 다각적인 방향으로 이용될 수 있다. 또한 침식에 대한 기준 시간면 산정(예, 김동은 등, 2014)이나 과거 및 미래 해수면 변동 연구에도 응용될 수 있다. 이를 위해서는 우리나라 암석해안지형의 분포와 특성 및 그 발달과정에 대한 많은 연구가 필요하다. 이 연구는 우리나라 해안에

나타나는 대표적인 해식에 파식대 지형의 형태적 특성을 기술하고자 하였다. 또한 암석면의 반발강도와 조석환경을 분석하여 그 발달과정상의 차이를 고찰하였다.

II. 연구지역 및 방법

1. 연구지역 선정

우리나라의 서해안은 조석우세해안, 동해안은 파랑우세해안으로 분류된다. 이것은 조류나 해류, 파랑 등 해양의 환경조건이 지역별로 큰 차이가 있음을 의미한다. 따라서 파식대나 해식에 같은 암석해안지형은 삼면의 해안선을 따라 모두 나타나지만, 지형의 형태에는 다소간 차이가 나타난다(최성길, 1982; 1985; Choi *et al.*, 2012; 최광희 등, 2013; Choi and Seong, 2014). 이 연구에서는, 가급적 우리나라의 조석환경과 지질특성이 고르게 반영될 수 있도록, 서해안에서 4곳, 동해안에서 4곳, 남해안에서 2곳을 연구지역으로 선정하였다(그림 1, 표 1).

암석해안지형과 조위의 관계를 파악하기 위하여 조석자료를 수집하였다. 가급적 각 연구지역에서 가장 가까운 조위관측소의 평균해면성고표와 기본수준점성고표를 조사하였다. 지역별로 평균해면 및 조차 정보를 획득하고, 이를 해발고도로 변환하여 측량된 횡단면에 함께 제시하였다(그림 2).

2. 단면 측량과 파식대폭 추정

지형의 형태적 특성을 조사하기 위하여 연구지역별로 횡단면을 측량하였다. 가상기준점(VRS, Virtual Reference Station) 방식의 GPS 기기(South, S82T)와 휴대용 측량기(Haglof, VLS-BT-360)를 사용하여, 해식애로부터의 거리와 고도를 현장에서 측량하였다. VRS-GPS를 이용한 측량 시 허용오차는 3cm 이하였으며, 국토지리정보원에서 제공하고 있는 한국지오이드모델(KNGeoid13)을 고도의 기준면으로 사용하였다. 지역별 횡단 측량 결과를 통해 파식대면의 평균 경사를 구하였으며, 대표적인 단면을 작성하여 제시하였다(그림 2).

파식대의 폭은 현장조사 자료와 항공영상을 이용하여 추정하였다. 파식대의 규모는 조석이나 현장조사의 여



그림 1. 연구지역의 위치와 전경

* (a) DBD: 안산 대부도 구봉이해안, (b) MSP: 태안 몽산포항 서측해안, (c) DDR: 안면도 꽃지 남측해안, (d) HPM: 함평만 해운리, (e) AYJ: 강원 고성 아야진리, (f) SD: 주문진 소돌해안, (g) HJ: 삼척 후진항 남측해안, (h) JR: 경주시 양남면 진리 동부해안, (i) JD: 진도군 녹진리 북측해안, (j) SJA: 경남 고성 상족암 남측해안.

건이 맞지 않을 경우 쉽게 측량하기 어렵다. 특히 서해안의 파식대는 말단부가 갯벌이나 사빈에 덮여있거나, 해수면 아래로 이어지기 때문에 실제 규모를 확인하기 어렵다. 따라서 이 연구에서는 현장에서 측량한 정보와 더불어 파식대가 가장 많이 드러난 정사영상을 취득하여 파식대의 폭을 추정하였다. 해안선에서 파식대 말단부까지 일정 간격으로 여러 개의 측선을 긋고 거리를 측정한 후, 이들의 평균값을 구하였다.

3. 암석면 반발도 측정

파식대와 해식애의 암석면 강도를 측정하기 위하여 슈미트해머를 사용하였다. 슈미트해머는 암석면의 강도를 반발도(Rebound Value)를 이용하여 측정하는 기구로서, 이 연구에서는 2,207Nm의 충격에너지를 갖는 N-type 슈미트해머(Proceq, Original Schmidt Hammer)를 이용하였다. 반발도 수치는 타격하는 암석 입자의 경도와 암석입자 사이의 결합력 효과가 반영되는 것으로 알려져

표 1. 연구지역 위치 및 영상 정보

연구 지역	위치			영상 정보		
	지명	경도	위도	종류	촬영 연도	도엽번호 또는 코스
DBD	경기 안산시 대부도 구봉도해안	126°31'59"E ~ 126°32'57"E	37°16'46"N ~ 37°17'21"N	정사영상	2011	37611082
MSP	충남 태안군 몽산포항 서측해안	126°15'48"E ~ 126°16'08"E	36°40'14"N ~ 36°40'25"N	정사영상	2012	36606031
DDR	충남 태안군 꽃지해변 남측해안	126°19'30"E ~ 126°19'50"E	36°28'22"N ~ 36°28'26"N	항공사진	2014	충청지구(11블럭) 151코스 1영상
HPM	전남 무안군 해운리 서부해안	126°26'45"E ~ 126°27'07"E	35°03'37"N ~ 35°04'24"N	정사영상	2011	35614079
AYJ	강원 고성군 아아진리 동부해안	128°33'11"E ~ 128°33'14"E	38°16'40"N ~ 38°16'46"N	정사영상	2012	38811083
SD	강원 강릉시 주문진 소돌해안	128°49'47"E ~ 128°49'52"E	37°54'19"N ~ 37°54'22"N	정사영상	2012	37804034
HJ	강원 삼척시 후진항 남측해안	129°10'29"E ~ 129°10'48"E	37°27'42"N ~ 37°27'54"N	정사영상	2013	37909018
JR	경남 경주시 진리 동부해안	129°28'17"E ~ 129°28'19"E	35°40'48"N ~ 35°40'55"N	정사영상	2012	35906029
JD	전남 진도군 녹진리 북측해안	126°16'59"E ~ 126°17'05"E	34°34'37"N ~ 34°34'38"N	정사영상	2012	34606062
SJA	경남 고성군 상죽암 남측해안	128°09'04"E ~ 128°09'06"E	34°54'14"N ~ 34°54'16"N	정사영상	2013	34801037

있으며(이수곤·이승, 1995), 지형학 분야에서는 풍화에 대한 평가의 척도로 사용되어 왔다(Goudie, 2006).

일반적으로 암석의 표준 강도를 측정할 경우에는 풍화면을 완전히 제거하는 것이 원칙이다(Černá and Engel, 2011). 그러나 이 연구에서는 현재 노출된 면의 암질특성을 측정하는 것이 목적이었기 때문에 풍화층을 제거하지 않고 이끼나 지의류 등 생물피복을 제거한 후 암석면 반발도를 측정하였다. 지점별 타격 회수는 20회 이상을 원칙으로 하였으며, 타격지점간의 거리는 슈미트해머 측정봉의 직경 이상으로 이격하였다(ISRM, 1978). 이런 방식으로 10개의 연구지역에 대하여, 해식에 119 지점, 파식대 154 지점의 자료를 획득하였다. 이렇게 얻어진 자료를 통해 각 지역의 지형별 반발강도의 평균값과 표준편차, 범위를 제시하였으며, 해식애와 파식대에서 반발도 분포에 차이가 있는지를 확인하기 위하여 이표본 t-검정(two sample t-test)을 실시하였다. 슈미트해머 암석면 반발도는 암종이나 습곡, 절리, 단층 등의 영향을 많이 받기 때문에 반발도를 해석하는데 유의해야한다

(김종연, 2012). 절리부근에서 슈미트해머를 타격할 경우 타격에너지가 절리를 따라 상쇄됨에 따라 반발도 값이 낮아진다(이수곤·이승, 1995). 이 연구에서는 절리, 단층 등의 불연속면을 피하여 타격 지점을 선정하였으며, 슈미트해머 암석면 반발도의 전체적인 경향성을 비교하기 위하여, 반발강도 측정값의 분포를 제시하였다. 타격 지점은 해식애의 경우 파식대면에서 약 1.5m 높이로, 파식대는 해식애에서 직각방향으로 약 5~10m 간격으로 선정하였다.

III. 연구결과

1. 파식대-해식애의 단면 형태

연구지역별 파식대면의 평균 경사는 서해안과 남해안의 평균경사가 동해안보다 크게 나타났다(그림 2). 서해안과 남해안에 분포하는 파식대의 경사는 약 1~7°로 지

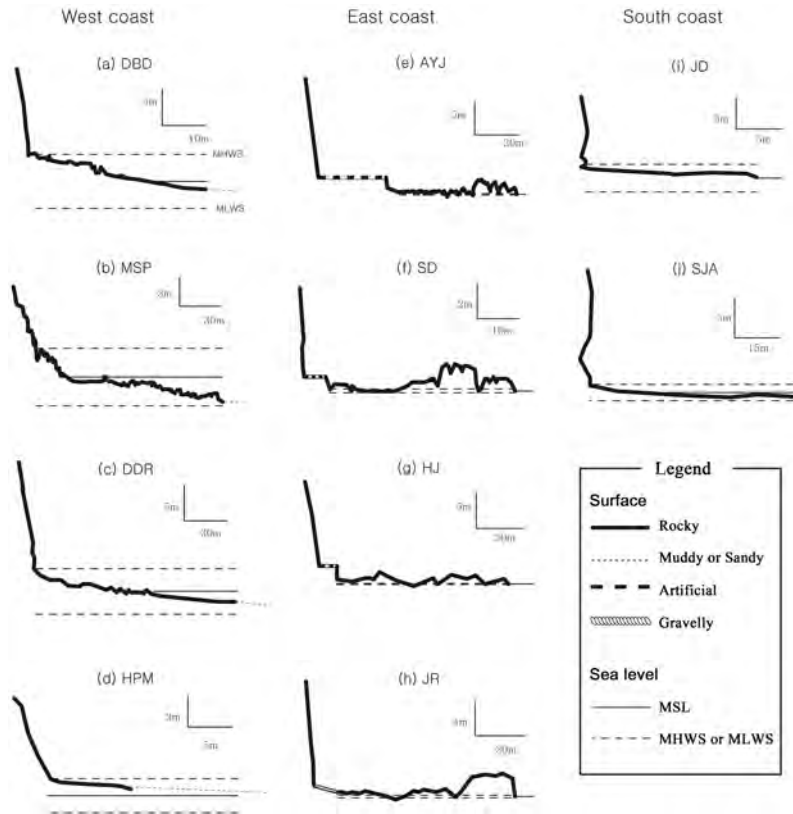


그림 2. 연구지역별 해식대-파식대의 대표 횡단면

역별로 다양하게 분포하였으나, 동해안의 파식대 평균 경사는 대체로 0.5° 로 매우 완만하였다. 또한 동해안에 분포하는 파식대는 면의 바다 쪽 끝부분에서 급경사의 절벽이 나타났다. 이러한 형태는 수평파식대(horizontal or subhorizontal shore platform)에서 나타나는 특징들이다(Trenhaile, 1980; 1987). 이에 비해 서해안의 파식대들은 대체로 그 끝이 갯벌이나 사빈으로 연결되거나 해수면 아래쪽으로 면이 연장되는 특징이 있었다. 이것은 경사파식대(sloping platform)의 특징이다.

파식대의 규모는 태안반도의 둔두리와 몽산포가 넓게 나타났다(표 2). 간조 시 드러나는 너비는 약 100~120m 정도였으나 끝부분이 갯벌과 연결되어 있어 정확한 규모는 측량할 수 없었다. 함평만 파식대의 경우에도 조사 당시 그 평균폭은 약 19m로 좁게 나타났으나, 갯벌로 덮여 있음을 감안하면 실제 규모는 훨씬 클 것으로 추정된다. 최성길(1985)에 의하면, 진도 녹진리 파식대는 대조

의 간조 시 드러나는 파식대폭은 약 40~70m에 이르며 경사는 약 $1.5^\circ \sim 3^\circ$ 로 보고되었다. 하지만 실제 현장 관측을 통해 얻어진 파식대 정보는 해식대로부터 약 20m 남짓의 규모에 불과하였다. 조사 당시의 현장 상황에 따라 파식대 규모를 과소평가할 수 있는 예라 하겠다. 이들과 달리 동해안의 파식대는 그 크기를 항공사진이나 현장 조사를 통해 어느 정도 측정할 수 있었다. 이 연구에서 조사한 네 지역의 동해안 파식대는 평균너비가 약 45~80m로 나타났다.

급경사의 해식대와 파식대가 만나는 경계부는 대조평 균고조위의 수준에서 나타났다. 조사된 해식에 10곳의 평균경사는 약 $43^\circ \sim 79^\circ$ 로 나타나, 파식대와 뚜렷하게 구분되었으나 해안도로가 놓인 동해안의 몇 지역에서는 파식대의 안쪽 모서리(inner edge), 즉 '정선각(shoreline angle)'을 관찰할 수 없었다. 이에 비해 서해안과 남해안 지역에서는 해식대와 파식대의 경계부가 뚜렷하게 나타

났다. 특히, 둔두리 해안에서는 그 경계에 노치(notch)가 잘 발달되어 있었다.

2. 암석면 반발도

슈미트해머를 이용하여 반발도를 측정한 결과, 암석면 반발도의 전체 평균은 지역에 따라 13~62까지 다양하게 분포하였으며, 암종별 경향성은 뚜렷하게 나타나지 않았다(그림 3, 표 2). 화강암류의 경우, 강릉 소돌해안의 평균반발도(R)는 약 45로 비교적 높게 나타났으나, 인근의 아야진(R≈27)이나 함평만(R≈13)의 경우에는 낮게 나타났다. 서해안에 넓게 분포하는 변성퇴적암의 경우에도 암석면 반발도는 측정지점의 위치에 따라 매우 다양한 값을 보였다. 또한 이 값은 파식대의 경사나 형태와도 큰 연관이 없었으며 지역별 경향성도 나타나지 않았다.

3. 해식애와 파식대의 반발도 차이

해식애와 파식대의 전체적인 반발도 차이는 드러나지 않았으나, 동일 지역 내에서 해식애와 파식대의 암석면 반발도는 차이가 있었다. 이를 확인하기 위하여 이표본

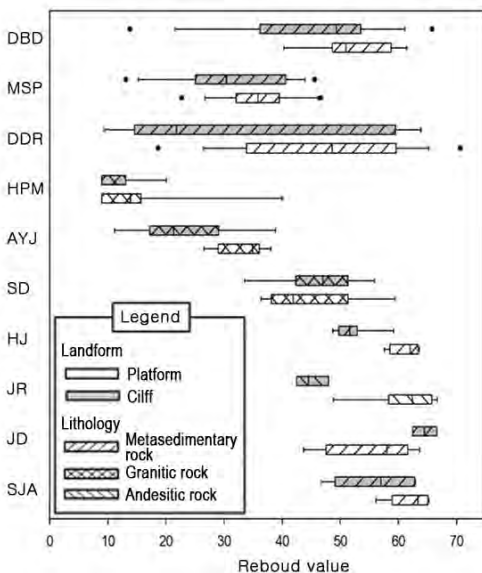


그림 3. 지역별 암석면 반발도 측정 결과

t-검정을 실시한 결과, 두 지형의 반발도 분포의 차이는 대부분의 지역에서 통계적으로 유의미한 것으로 나타났다(그림 4). 즉 해식애의 반발도에 비해 파식대의 반발도가 대체로 높았다. 연구지역 10개소 중 8개소에서 이러한 결과가 나타났으며, 소돌해안과 진도해안에서만 예외적으로 해식애의 반발도가 파식대의 평균값 보다 높게 측정되었다. 이것은 현재 노출된 파식대면이 해식에 표면보다 강하다는 것을 의미한다.

IV. 고찰

암석해안에 나타나는 지형은 기반암의 특성과 조석, 파랑, 기후 등 몇 가지 요인들에 의해 결정된다. 특히, 파식대의 형태는 파식대 말단에 갑작스럽게 끝나는 부분(또는 저조위면 아래의 절벽)을 갖는 수평상의 파식대와 그런 부분이 없이 완만하게 뻗어있는 경사진 파식대로 구분되어 왔다(Bartrum, 1916; Trenhaile, 1980; 1987; Sunamura, 1983; 1992). 또한 일반적으로 경사파식대는 대조차해안에서, 수평파식대는 소조차해안에서 잘 발달하는 것으로 알려져 있다(Trenhaile, 1987; 2002). 삼면의 해양환경이 매우 다른 우리나라는 조석의 영향 정도가 지역별로 크게 다르지만, 전 해안에 걸쳐 파식대와 해식애가 나타난다. 따라서 조차와 암석해안지형의 형태를 연구하기에 매우 적합한 곳이다.

이 연구에서 조사한 지역들의 조차는 안산의 대부분(약 7.3m), 태안의 몽산포와 둔두리(5.8~6.4m), 무안의 함평만(약 5.4m) 지역에서 크게 나타나 대조차해안(macro tidal coast)으로 분류되지만, 진도군의 진도해안(약 3.0m) 및 고성군의 상죽암 해안(약 2.4m)은 중조차해안(meso tidal coast)으로 분류된다. 이들은 조석의 영향이 비교적 강한 지역이라 할 수 있다. 그러나 동해안의 아야진, 소돌, 후진, 진리 해안은 대조차가 약 0.2m 내외로 매우 작게 나타난다. 따라서 조석의 영향이 거의 무시되며, 파랑의 영향이 훨씬 탁월하게 작용한다.

파식대의 경사에 대한 조차의 관련성은 이 연구에서도 잘 드러났다(그림 5-a). 즉 조차가 작은 동해안 지역의 파식대 경사는 0.5° 이하로 완만하게 나타난 반면, 조차가 큰 서해안지역의 파식대들은 비교적 급한(2~7°) 경사면을 가지고 있었다. 이러한 이유는 조차에 의해 파식대면의 침수시간이나 노출시간에 차이가 생기기 때문

표 2. 지역별 슈미트해머 반발도 측정값

연구지역	지형	지점수(개)	평균	표준편차	분포범위
DBD	해식애	19	44.56	13.61	13.81~65.76
	파식대	18	51.95	6.33	40.16~61.52
MSP	해식애	27	30.52	9.27	12.10~45.84
	파식대	25	35.90	6.52	22.40~46.80
DDR	해식애	15	33.61	21.28	9.00~67.88
	파식대	26	46.94	14.59	16.50~72.70
HPM	해식애	16	11.42	3.82	9.00~20.80
	파식대	13	16.12	10.30	9.00~45.35
JD	해식애	6	64.09	2.01	62.45~66.55
	파식대	10	55.00	7.55	43.65~63.65
SJA	해식애	12	55.94	6.72	46.80~62.95
	파식대	14	61.78	3.40	56.10~65.25
AYJ	해식애	9	22.93	8.09	11.19~38.81
	파식대	17	33.28	3.88	25.94~38.10
SD	해식애	14	46.07	6.63	33.55~55.86
	파식대	16	44.31	7.65	36.35~59.40
HJ	해식애	12	52.29	3.38	48.68~59.16
	파식대	16	61.22	2.25	57.60~63.56
JR	해식애	7	45.87	4.00	41.50~53.89
	파식대	9	61.39	5.34	48.82~66.69

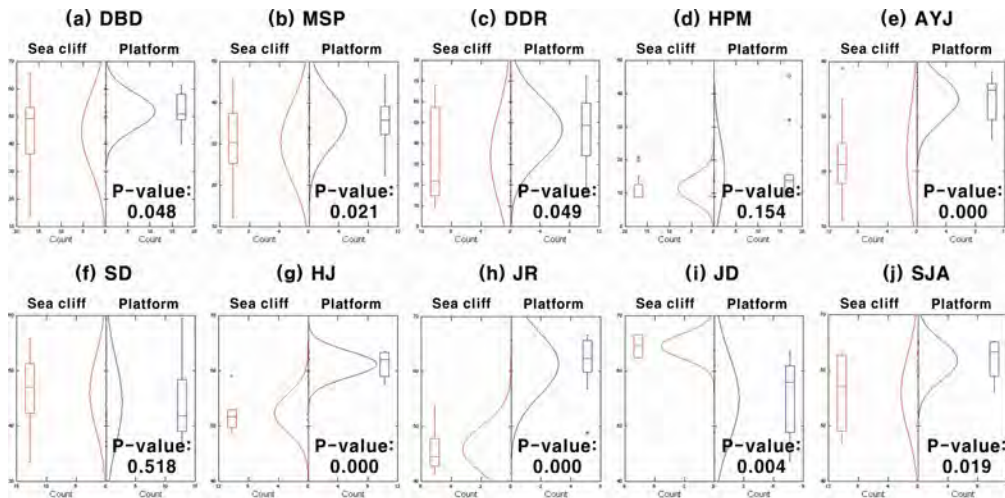


그림 4. 해식애-파식대의 암석면 반발도에 대한 이표본 t-검정 결과

이다. 조차가 큰 지역에서는 침수되는 부분의 고도차이가 크게 발생하고 고도에 따른 풍화 및 해식의 정도에 차이가 발생하게 되며, 그 결과 파식대면이 기울어지게

된다. 반면, 조차가 작은 지역에서는 해수면의 높이가 일정하기 때문에 풍화 또는 침식면의 고도 또한 일정하게 나타난다. 따라서 수평 또는 준수평 상태의 파식대면

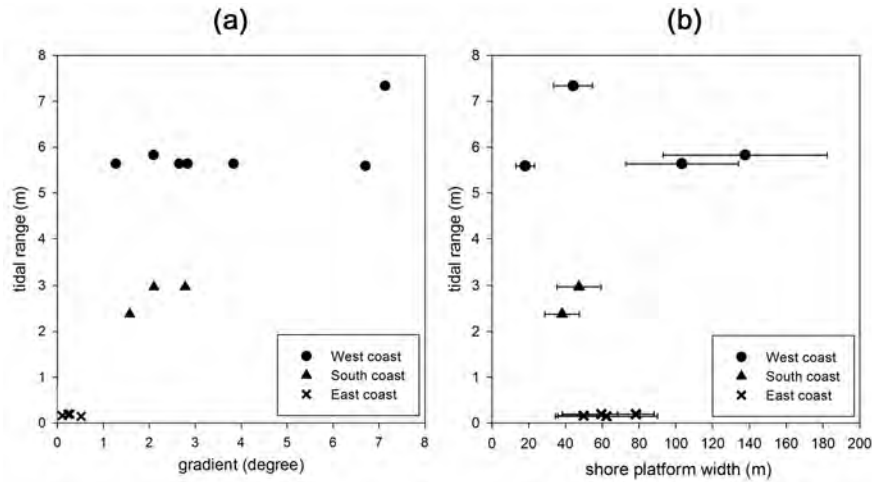


그림 5. 파식대의 형태요소(a:경사, b:폭)와 조차의 관계

을 형성하게 된다.

하지만 조차와 파식대의 규모 사이에는 뚜렷한 관계가 발견되지 않았다(그림 5-b). 조석환경 이외에도 암석의 종류나 절리의 발달, 파랑의 상대적 영향 정도 등 국지적 환경차이에 의해 파식대의 규모에 차이가 발생할 수 있기 때문이다. 진도 북측의 파식대만 하더라도 암중이나 파랑의 영향 정도에 따라 파식대폭이 40~70m까지 다양하게 분포하게 분포하고 있다(최성길, 1985). 또한 대조차해안에 속하는 몽산포나 둔두리 파식대의 너비가 가장 크게 조사되긴 하였으나, 소조차해안에 속하는 아야진이나 후진의 너비가 중조차해안에 속하는 진도나 상죽암 파식대보다 넓게 나타나는 것도 파식대의 너비가 조차와 관련성이 미약함을 의미한다. 따라서 조차는 파식대의 고도 분포 또는 수직적 범위를 결정하지만 파식대의 너비를 제한하는 것은 아니라고 할 수 있다.

파식대의 규모는 오히려 해식애와 파식대의 암질의 차이와 관련이 있었다. 슈미트해머 반발도는 풍화의 진행으로 인해 변화된 암석면의 강도를 측정하기에 적합하다(Goudie, 2006). 연구지역 중 일부 예외가 있긴 하였지만, 파식대의 암석면 반발강도는 해식애의 강도보다 높게 나타났다. 특히 파식대와 해식애의 반발강도 차이가 클수록 파식대 너비도 넓게 나타났다(그림 6). 즉 파식대의 평균반발도에서 해식애의 평균반발도를 뺀 값이 클수록 파식대의 너비가 크다는 것이다. 이것은 다음과 같이 설명될 수 있다. 이론적으로 파식대가 발달하기 위해서는 해식애의 후퇴가 있어야 한다. 따라서 해식애

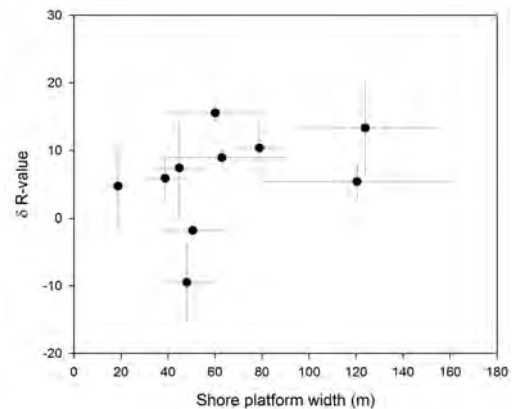


그림 6. 해식애-파식대의 반발강도 차이와 파식대 너비의 관계

의 후퇴속도가 파식대 말단부의 후퇴속도보다 빠를수록 파식대의 너비는 더 넓어질 것이다. 서해안의 둔두리와 동해안의 아야진과 진리는 파식대와 해식애 사이의 표면강도의 차이가 10이상 나는 곳이며, 이들 지역은 각 해안에서 파식대의 너비가 가장 넓은 곳이었다.

슈미트해머를 이용한 암석해안의 반발강도 측정은 해식애의 후퇴가능성을 평가하는데도 이용할 수 있다. 연구지역에서 조사한 가장 약한 암석해안은 함평만이였다. 이 지역의 파식대 반발강도는 16.1 ± 10.3 , 해식애는 11.4 ± 3.8 에 불과하였다. 이것은 이 지역의 해식애가 다른 지역보다 빠르게 후퇴할 가능성이 높다는 것을 의미한다. 실제로 함평만 지역에서 1976년과 1990년의 항공

사진을 비교한 연구에 의하면(조주환 등, 2001), 14년간 약 17~28m의 해안선이 후퇴한 것으로 나타났으며, 후퇴속도는 평균 1~2 m/y로 보고되었다(장진호 등, 1999; Lim *et al.*, 2009). 안면도에 위치한 둔두리 해식애에서도 약한 부분이 상대적으로 더 빠르게 후퇴할 가능성이 제기된 바 있다(최광희 등, 2013). 이암이나 실트암 등 연암의 암석면 반발도가 낮았으며 이들 암석으로 구성된 부분이 만입도가 더 크게 나타났기 때문이다. 이러한 예들은 슈미트해머를 이용한 간단한 조사만으로도 해식애의 후퇴가능성에 대한 논의가 가능하다는 것을 보여준다.

V. 결론

이 연구는 우리나라 해안에 분포하는 해식애와 파식대의 형태적 특징과 함께 암석면의 반발강도 및 그것이 발달한 조석환경을 비교하여 제시하였다. 동·서·남해안에 걸쳐 모두 10개의 연구지역을 선정하여, 파식대-해식애의 횡단면, 암석면 반발도, 그리고 지역별 평균해수면과 대조차를 분석하였다. 연구결과, 동해안의 파식대는 대부분 면의 경사가 0.5° 이하로 나타났고 파식대 말단부가 바닷속으로 급격하게 절벽을 이루어 수평파식대로 분류되었다. 이에 비해 서해안과 남해안의 파식대는 바다방향으로 완만한 경사를 이루는 경사파식대로 분류되었다.

암석면 반발강도는 암종이나 분포 지역과 특별한 관련이 없는 것으로 나타났지만 해식애와 파식대의 강도 차이는 유의미하게 나타났다. 다시 말해서, 파식대의 강도가 동일지역에 있는 해식애의 강도 보다 평균적으로 높다는 것이다. 특히 파식대의 평균 폭은 조석환경과 상관없이 두 지형의 반발강도 차이가 클수록 크게 나타났다. 이것은 파식대의 발달이 해식애의 후퇴 때문이라는 것을 보여주는 것이며, 약한 해식애로 이루어진 암석해안선이 강한 해식애로 구성된 곳보다 빠르게 후퇴할 가능성이 있음을 시사한다.

사사

이 연구는 국립환경과학원의 '환경친화적 토지이용을 위한 지형경관 유형별 활용방안 연구(NIER-RP2014-287)'

에 의해 수행되었습니다. 현장조사에 도움을 준 김장수 박사님과 오인순 선생님, 그리고 논문의 작성 과정에서 많은 조언을 해 주신 김윤미 선생님께 깊이 감사드립니다.

참고문헌

- 김동은·변종민·성영배, 2014, “1차원 수치모형을 이용한 기반암 하상 연구: 이론적 고찰,” 한국지리학회지, 3(2), 127-137.
- 김중연, 2012, “기반암 하상 미지형과 슈미트 해머 반발값과의 관계에 대한 연구,” 한국지형학회지, 19(3), 51-69.
- 이수곤·이승, 1995, “슈미트해머 수치를 이용한 한국 화강암의 일축압축강도 추정방법,” 대한토목학회논문집, 15(1), 199-210.
- 장동호·박지훈, 2012, “침식기준목을 이용한 파도리 해식애 사면의 침식·후퇴율 산정,” 한국지형학회지, 19(3), 71-82.
- 장진호·김여상·조영길, 1999, “해안침식이 우세한 반폐쇄적 조간대의 퇴적작용: 한국 서해안 함평만,” 한국해양학회지: 바다, 2, 117-126.
- 조주환·임동일·김백은, 2001, “항공사진을 이용한 서남해 함평만의 해안선 변화 관측,” 한국지구과학회지, 22(4), 317-326.
- 최광희·성영배·최정현·정필모·이수용, 2013, “슈미트해머 반발도와 OSL 연대에 기반한 둔두리 해식애의 형성과정,” 한국지형학회지, 20(1), 45-56.
- 최성길, 1982, “우리나라 서해안의 Shore Platform 연구: 서산·보령 해안간을 중심으로,” 지리학과 지리교육, 12, 23-42.
- 최성길, 1983, “우리나라 서해안의 Shore Platform 연구: 변산반도의 격포리일대를 중심으로,” 공주사대논문집, 21, 431-444.
- 최성길, 1985, “진도 내만지역 Shore Platform의 형태와 발달과정에 관한 연구,” 지리학, 31, 16-31.
- 최성길, 2015, “변산반도 적벽강 해안의 후빙기 고해면기의 고파식와,” 한국지리학회지, 4(1), 61-68.
- Bartrum, J., 1916, High water rock platforms: a phase of shoreline erosion, *Transactions of the New Zealand Institute*, 48, 132-134.

- Černá B. and Engel, Z., 2011, Surface and subsurface Schmidt hammer rebound value variation for a granite outcrop, *Earth Surface Processes and Landforms*, 36, 170-179.
- Choi, K.H., Seong, Y.B., Jung, P.M., and Lee, S.Y., 2012, Using cosmogenic ^{10}Be dating to unravel the antiquity of a rocky shore platform on the West Coast of Korea, *Journal of Coastal Research*, 28(3), 641-657.
- Choi, K.H. and Seong, Y.B., 2014, The rock coast of Korea, in Kennedy, D.M., Stephenson, W.J., and Naylor, L.A. eds., *Rock Coast Geomorphology: A Global Synthesis*, London: Geological Society, 193-202.
- Goudie, A.S., 2006, The Schmidt Hammer in geomorphological research, *Progress in Physical Geography*, 30, 703-718.
- ISRM, 1978, Commission on standardization of laboratory and field tests. Suggested methods for determining hardness and abrasiveness of rocks, *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences Geomechanical Abstracts*, 15, 89-97.
- Lim, D.I., Choi, J.Y., and Jung, H.S., 2009, Seacliff erosion and retreat in semi-enclosed macrotidal embayment: Hampyung Bay, West Coast of Korea, *Journal of Coastal Research*, SI56, 732-736.
- Stephenson, W.J., 2000, Shore platforms: a neglected coastal feature, *Progress in Physical Geography*, 24(3), 311-327.
- Stephenson, W.J. and Brander, R.W., 2003, Coastal geomorphology into the twenty-first century, *Progress in Physical Geography*, 27(4), 607-624.
- Sunamura, T., 1983, Processes of sea cliff and platform erosion, in Komar, P.D. ed., *CRC Handbook of Coastal Processes and Erosion*, Boca Raton, Florida: CRC Press, 233-265.
- Sunamura, T., 1992, *Geomorphology of Rocky Coasts*, Chichester, UK: Wiley.
- Trenhaile, A.S., 1980, Shore platforms: a neglected coastal feature, *Progress in Physical Geography*, 4(1), 1-23.
- Trenhaile, A.S., 1987, *The Geomorphology of Rock Coasts*, Oxford, UK: Oxford University Press.
- Trenhaile, A.S., 2002, Rock coasts, with particular emphasis on shore platforms, *Geomorphology*, 48(1-3), 7-22.

교신 : 최광희, 404-708, 인천광역시 서구 환경로 42, 국립환경과학원 (이메일: geoist@korea.kr)

Correspondence: Kwang Hee Choi, 404-708, 42 Hwang-yeong-ro, Seo-gu, Incheon, Korea, National Institute of Environmental Research (Email: geoist@korea.kr)

투 고 일: 2015년 11월 18일
심사완료일: 2015년 12월 4일
투고확정일: 2015년 12월 5일