

# 거진항 일대의 해안 침식 현황 조사 연구

## Investigation of Coastal Erosion Status in Geojin Port Area

김인호<sup>1)</sup> · 송동섭<sup>2)</sup>

Kim, In Ho · Song, Dong Seob

### Abstract

Coastal erosion and its impact on human activities as well as the economic damage and environmental conservation of coastal area is one of major concern in the national policies. In this study, we conducted physical investigations to evaluate effects of erosion in the Geojin beach, which is located nearby the Geojin Port, for a detecting of shoreline change and beach cross-sectional area. The results showed that significant coastal erosion of the Geojin beach has occurred by the complex resources of natural factor, such as rising sea level, storm surges, high wave, and man-made construction. Especially, due to the sand supplement from Jasan river, the section which is nearby the estuary of Jasan river is maintained as a stable beach, whereas beach erosion of the other site in GW04 section has been increased indeed. Therefore, we suggest that it is need to continuous monitoring using DGPS and various surveying techniques to prevent beach erosion onto the GW04 section.

Keywords : Geojin port, Coastal erosion, Shoreline change, Beach cross-sectional area

### 초 록

인간의 활동뿐만 아니라 연안 지역의 경제적 피해와 환경 보존에 미치는 해안 침식의 영향은 여러 국가 정책 중에서 주요 관심사 중 하나이다. 본 연구에서는 거진항 지역에 위치한 해변을 대상으로 해안 침식의 영향을 판단하기 위한 해안선 변화 및 해변 단면에 대한 물리적 조사를 실시하였다. 조사 결과는 해수면 상승, 폭풍, 고파랑 및 인위적 건축물에 의한 복잡한 원인들에 의하여 거진 해변에서 명확한 해안 침식이 일어나고 있는 것을 보여주었다. 특히, 자산천 하구 부근에서는 표사 유입으로 인한 안정된 해변폭을 유지하고 있었으나, 나머지 구간에서는 해변폭의 전진 현상보다는 후퇴 현상이 증가를 하고 있는 것으로 나타났다. 따라서 본 GW04 지역은 해안침식에 대하여 불안정한 상태에 놓여 있다고 판단되며, DGPS와 다양한 측량 조사 방법에 의한 지속적인 모니터링 관찰이 필요하다고 본다.

핵심어 : 거진항, 연안 침식, 해안선 변화, 해변 단면적

## 1. 서 론

최근에 연안 침수 방지 시설 개발과 항만 개발 사업의 진행 및 기상 이변 현상으로 인한 해양 자연 환경의 변화는 해안 지역의 침식 작용을 급격히 가중시키는 경향을 보이고 있다. 이러한 연안 침식에 대한 방지와 예방을 위하여 2000년도에 제1차 연안정비계획(구 해양수산부 고시

제2000-33호)의 일환으로 침식방지사업으로 침식대상지역 191개소가 지정된 바 있다. 이후 2003년도에는 연안정비계획변경고시(구 해양수산부 고시 제2003-45호)에서 20개소가 변경 또는 삭제되고 신규로 58개소가 추가되어 총 229개소의 연안 침식 지역이 증가되는 추세를 보인바 있다(해양수산부, 2004). 이러한 연안 환경의 급격한 변화를 모니터링하기 위한 다양한 접근 방법이 모색되었으며, 우

1) 국립강원대학교 건설방재공학과 부교수 · 공학박사(E-mail:kimih@kangwon.ac.kr)

2) 교신저자 · 종신회원 · 국립강원대학교 건설방재공학과 조교수 · 공학박사(E-mail:sds@kangwon.ac.kr)

리나라 연안환경의 특성에 적합하고, 활용 및 관리 측면에서 효율적인 모니터링 체계를 구축하여 중·장기적인 연안 침식 방지 대책의 수립에 필요한 자료를 획득하는 노력이 많이 이루어지고 있다(김무홍과 남수용, 2005).

연안 침식의 모니터링은 해안선에 대한 계절적, 반복적, 주기적 물리현상(파도, 바람, 해류 등)에 대한 지속적인 관측과 함께 물리적 요인에 의한 해안선의 침식 현황을 조사하여 분석함을 기본으로 한다(한국환경정책평가연구원, 2006). 또한 이렇게 획득한 관측 자료와 분석 내용을 바탕으로 효과적인 침식 방지 대책 기법을 수립하고 향후 체계적이고 과학적인 연안 관리의 기초 자료를 제공함을 목적으로 한다. 강원도 내 연안구역에 대하여 연안관리법의 입법 이념에 따라 최근 빈발하고 있는 연안 침식에 대한 원인을 규명하고 침식 방지 대책을 수립하기 위해서 ‘해안침식지역 물리조사를 위한 기본계획수립 용역’이 실시된 바 있다(강원도, 2010). 본 조사 연구에서는 기존의 기본계획수립 용역에서 제시하고 있는 모니터링 방법에 의거하여 강원도 고성군에 위치한 연안 침식의 우심 지역인 거진항 일대에 대한 해안 물리 조사를 실시하였으며, 조사 자료를 기초로 하여 해당 지역의 침식 방지 대책 수립을 위한 해안 침식 현황의 실태 조사 결과를 제시하고자 한다.

## 2. 조사 대상 지역 및 연구 방법

본 조사 연구 대상 지역인 고성군은 강원도 백두대간의 영동지역에 위치해 있으며, 특히 동해연안은 태백산맥이 남북으로 관통하여 중부 내륙지역과 동서로 분리되며, 태백산맥과 소백산맥의 분기점에서 발달한 산맥 및 산록분지군 지형에 속하여 비교적 낮고 완만한 저산성의 구릉지를 형성하고 있다(고성군, 2010). 지형적으로는 서쪽 경계

지역이 표고 600~1,000m대의 산지로 둘러싸여 있고, 동쪽은 동해안에 접해 있으며, 해안의 경사도가 심하고 굴곡이 적은 편이다. 본 연구의 공간적 범위는 그림 1에 표시한 바와 같이 고성군에 위치한 거진항 남단에서 반암항 북단이다. 이 지역은 강원도 연안 침식 모니터링을 위해 구성한 총 41개의 단위 표사계 중에서 GW04에 해당하는 지역이다. 해안선의 길이는 약 1.52km이며, 거진항 남측으로는 표사 공급원인 자산천이 위치하고 있으며, 하구에는 모래톱이 형성되어 있다.

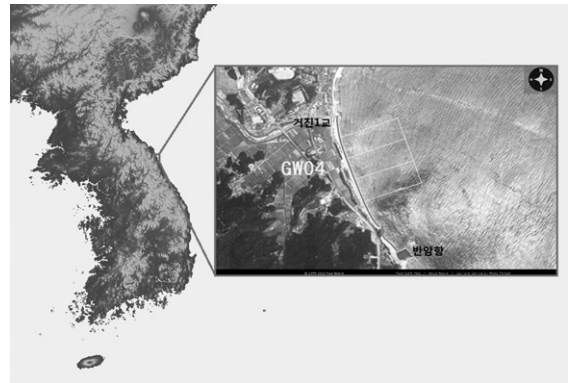


그림 1. 조사 연구 대상 지역

국제적으로 해안 지역에 대한 인공 구조물의 축조는 연안 침식 심각한 진행을 초래한다는 연구 결과들이 발표된 바 있다(Ariana 등, 2011; Hsu 등, 2007; Lorenzo 등, 2007). 연구 대상 지역에 대한 현지 조사 결과, 자산천 남측 사구위에 건설된 쌍떼빌 아파트와 함께 축조된 놀이터 시설과 공원은 고파랑에 의하여 2009년 2월 붕괴되었으며, 2010년 1월 현재 응급복구를 한 상태이다. 아파트 남측과 반암항 북측 해안선이 크게 후퇴하고 있는 모습을 보이고 있다(그림 2 참조).



거진항 남측(자산천하구)



쌍떼빌 아파트



반암항 북측

그림 2. GW04 지역의 현황 사진

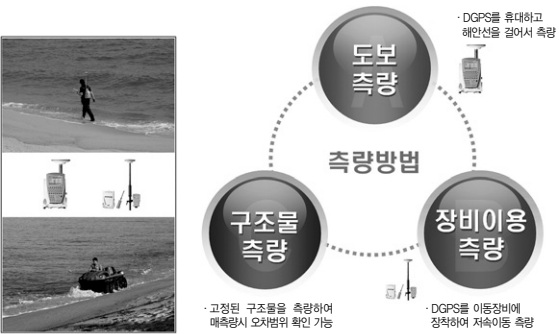
해안 침식과 관련한 물리조사는 기본적으로 해안선변화와 단면변화 및 표층퇴적물조사를 기본으로 하며, 파랑 조사를 병행하여 실시해야 한다(강원도, 2011). 정확한 측량과 정밀한 분석을 통하여 방지대책 수립에 기초자료로 활용될 수 있도록 기술적 목표도 함께 설정되어야 한다. 연안침식의 정량적 물리 조사는 침식 위험 지역에 대한 정확한 위치와 특징을 분석하는 것에 기초한다(김인호와 송동섭, 2011). 본 조사 연구에서는 해안선의 변화를 추출하기 위한 해안선 조사와 수심측량을 포함한 해변 단면 조사를 실시하였다. 해안선 조사는 국토지리정보원의 VRS(Virtual Reference Station) 서비스를 이용한 DGPS(Differential Global Positioning System) 측량 장비를 휴대하여 도보 또는 수륙양용차 등의 이동형 플랫폼에 고정하고 저속 이동을 통해서 실시하였다. 해양측량에 있어서 DGPS의 사용은 신속성과 정확도 및 비용 절감 측면에서 기존 방법에 비하여 많은 장점을 지니고 있다(이형석과 김인호, 2007). 해변의 단면조사는 단위 표사계에 설치한 기준점으로부터 해변을 따라 300m 간격으로 구획하고 각 지점으로부터 주파향각의 방향으로 포말대(swash zone)를 포함하여 수심 1.5m에 이르는 지점까지 표고 측량을 6회

에 걸쳐서 실시하였다. 조사원이 직접 측정하기 어려운 지점부터 수심 약 25m 지점까지는 음향측심기를 적용하여 수심측량을 실시하였다. 그림 3은 본 연구 조사에서 사용한 방법들을 정리한 것이다.

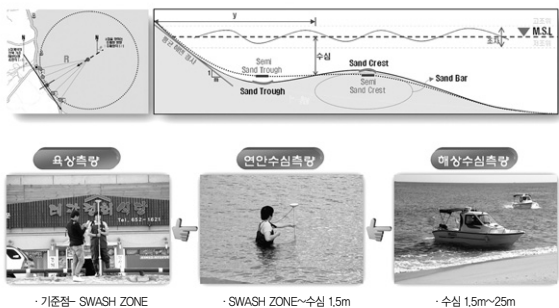
### 3. 거진항 일대의 해안 침식 현황

#### 3.1 해안선 조사

해안선은 일정하게 정지된 선이 아니라 지속적인 변동을 가지고 있는 관계로 우리나라의 경우에는 해안선의 통일된 확정 규정이 별도로 없다(이재원과 김용석, 2007). 연안관리법에서는 바닷가와 바다의 경계인 만조수위선을 해안선으로 정의하고 있고, 지형도 제작과 관련해서는 지도상 육지와 바다의 경계인 만조시의 수애선이라 정의하고 있다. 또한 해도에서는 해수면이 약최고고조면에도 달했을 때 육지와 해면과의 경계라 정의한다(위광재와 정재욱, 2006). 본 연구에서는 연안 침식 모니터링을 위한 매뉴얼에서 제시한 평균 고조위(Mean High Water Level)와 해변이 접하는 선을 해안선으로 정하였다(강원도, 2010). 여기서 평균 고조위는 통일된 기준면이 없으나 일



(a)해안선 조사 방법



(b)해빈 단면 조사(수심측량 포함) 방법

그림 3. 연구 조사 방법

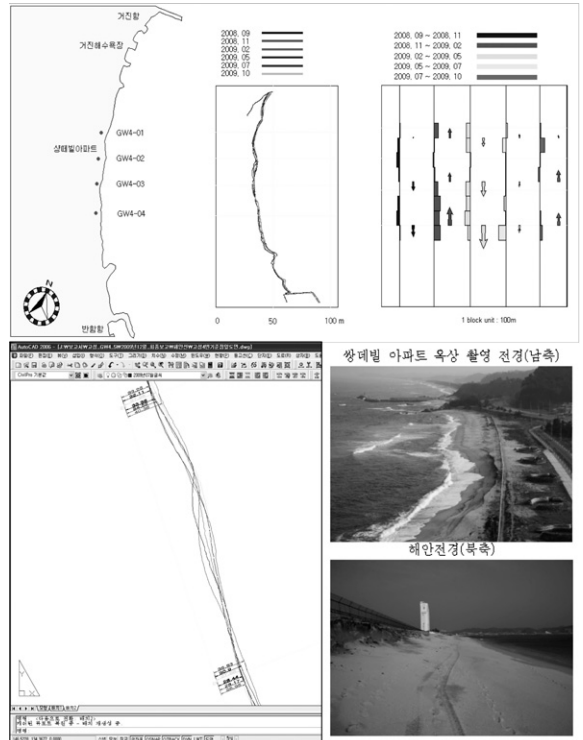


그림 4. GW04 단위 표사계의 해안선 관측결과

반적으로 고조위의 평균으로서 편의상 조화상수를 이용하여 평균해수면에 평균 조차의 반을 더한 면으로 사용하기도 한다. 관측 대상 지역의 평균 해수면은 약최저저조위보다 18.66cm 위이며, 평균조차는 12.7cm이다. 따라서 평균해수면과 평균 고조위의 차이는 6.35cm이다(고성군, 2010).

해안선 변화를 조사하기 위한 현지 측량은 2008년 9월, 11월 및 2009년 2월, 5월, 7월, 10월에 걸쳐 총 6차례를 실시하였다. 그림 4는 해안선 조사 결과를 정리한 것이다. 단위 표사계 GW04 구간에 대하여 일정한 간격으로 구획하여 총 4개소의 단면 기준점을 설치하였다. 각각의 단면 기준점은 단위 표사계 명칭에 부속 번호를 부여하였다(GW04-01, GW04-02, GW04-03, GW04-04).

해안선 조사 결과, 1차 조사인 2008년 9월에 비하여 2차 조사인 11월에는 해안선이 후퇴를 하였으며, 11월과 비교하여 2월에는 전진을 하였다. 2월로 접어들면서 5월에는 다시 후퇴하는 양상을 나타냈으며, 이러한 양상은 7월까지 지속되는 것으로 분석되었다. 2009년 10월에는 다시 해안선이 전진을 하고 있는 것으로 조사되었다. 자산천 하구 부근에 위치하고 있는 단면 기준점 GW04-01에서는 대략 70m이상의 해빈폭을 유지하고 있으며, 나머지 구간에서는 30m~40m의 폭을 유지하는 것으로 조사되었다. 그림 2에서 보여준 바와 같이 쌍떼빌 아파트의 부속 시설인 놀이터와 공원의 붕괴는 고파랑에 의한 성토재의 붕괴라 판단되며, 인근 지역인 GW04-03구간에서는 고파랑에 의하여 해안선이 크게 후퇴한 것으로 조사되었다.

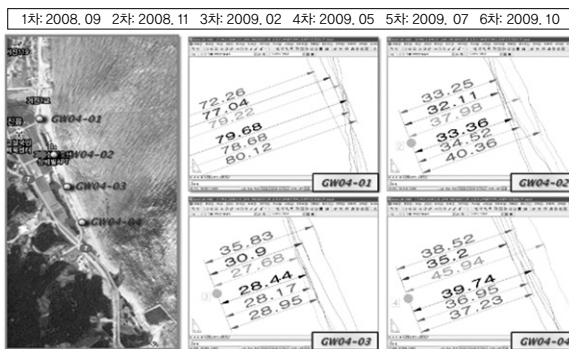


그림 5. GW04 표사계의 단면 기준점별 해빈폭 변화

그림 5는 단위구간 표사계 GW04 지역에 대하여 설치한 단면 기준점에서의 해빈폭의 변화를 정리한 것이다. GW04-01, GW04-02 및 GW04-04 지점의 해빈폭 변화는 1차 조사에 비하여 계절적 영향에 의한 하절기 해류와 동

절기 해류의 영향에 의한 전형적인 증가와 감소되는 반복 추세를 보이고 있는 반면에 GW04-03 구간은 해빈폭의 점진적 감소가 가속화되고 있는 것으로 나타났다.

보다 면밀한 침식 현황을 조사하기 위하여 GW04 구간을 100m 간격으로 세분하여 1차 조사와 비교한 결과를 표 1과 그림 6에 표시하였다. GW04-01 내의 1지점은 해빈폭이 전체적으로 증가를 하고 있는 것으로 나타나고 있으며, 이후 GW04-02 구간의 시작 지점까지는 후퇴를 하고 있다. 2008년 9월 조사와 11월 조사에서 다소 전진을 하였지만 나머지 조사에서는 전체적으로 후퇴를 하고 있는 것으로 파악되었다. GW04-02 구간 내의 5번 지점에서는 전체적으로 전진을 하여 해안선이 증가를 하고 있는 반면, GW04-02의 6번 구간과 7번 구간은 전체적으로 후퇴를 하였다. 특히 GW04-03 구간의 시작점인 7지점은 1차와 5차 비교에서는 해안선이 크게 후퇴를 하여 침식의 심각성이 높은 구간이라 판단된다. 나머지 구간은 침식과 퇴적을 반복하고 있지만 동계에는 해안선이 전진하고 있어 강원도 동해안의 일반적인 현상인 동계 파랑에 의한 해안선의 후퇴 현상과는 반대되는 양상을 보이고 있다.

표 1. GW04 해빈폭 변화(100m 간격)

POINT	해 빈 폭 (m)						
	1차조사 2008.09	2차조사 2008.11	3차조사 2009.02	4차조사 2009.05	5차조사 2009.07	6차조사 2009.10	
GW4-01	1	72.48	77.04	79.22	79.68	78.68	80.12
	2	54.62	52.88	52.48	50.76	49.87	56.24
	3	38.07	36.20	33.32	31.46	33.55	39.74
GW4-02	4	33.25	32.11	37.98	33.36	34.52	40.36
	5	43.49	45.95	52.30	44.91	50.17	48.42
	6	39.50	37.63	37.85	34.29	26.42	34.68
GW4-03	7	35.83	30.90	27.68	28.44	28.17	28.95
	8	34.10	32.64	35.98	33.85	34.76	34.44
	9	39.92	41.41	45.24	39.85	38.32	37.4
GW4-04	10	38.32	34.63	45.23	40.04	36.95	37.23
	11	32.89	27.19	33.71	25.13	24.16	27.99
	12	17.57	17.96	27.54	26.20	13.02	16.72
	13	43.40	46.90	45.14	42.73	42.76	48.05
	14	78.38	78.21	82.60	75.26	72.56	74.52

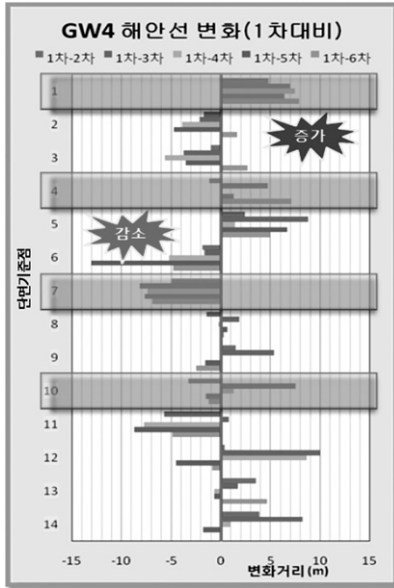


그림 6. 해빈폭 변화(100미터 간격)

### 3.2 해빈 단면 조사

단위구간 표사계의 해빈단면 측량을 위해서 해안선 조사에서와 같이 단면 기준점을 설치하여 단면 측량에 이용하였다. 각 단면 기준점의 위·경도 좌표와 단면기준점에서 해빈 단면을 측정하는 방향각(정북 기준) 및 표고를 표 2에 제시하였다. 단면 기준점별로 설정된 정북 기준의 해빈 단면 측량 방향각은 그림 7에서와 같이 해당 표사계내의 단면 기준점들을 포함하여 커다란 가상의 원을 생성하고, 해당 단면 기준점에서 그 원과의 법선과 정북사이의 각도를 계산하여 결정한다(강원도, 2010). 해빈은 주파향과 수직이 되는 방향( $\alpha$ )으로 평형상태를 이루려는 특성이 있기 때문에 가상의 원 중심에서 해안으로 수직되게 향한 파의 방향이 해당 해안의 주파향이 된다. 가상의 원에서 반지름이 클수록 직선해안에 가깝고 반지름의 크기가 작아짐에 따라 활형, 바구니형 등의 해안으로 구별할 수 있다.

그림 8은 GW04 구간에서의 해빈 단면적에 대한 조사기간별 관측결과를 정리한 것이다. 각각의 시행 회차별간의 비교 결과, 2008년 9월에 비하여 11월에는 다소 지점별 단면적이 증가를 하였으나, 2009년에는 다시 크게 감소를 하였다. 5월 봄철로 접어들면서 증가를 하였으며, 7월에는 더욱 증가를 하였다. 10월 가을철로 접어들면서 크게 감소하는 경향을 나타냈다. 전체적으로 2008년 11월과 2009년 2월에 전체적으로 단면적이 감소를 하였으며, 각 차수별 조사결과를 1차 조사와 비교하였을 경우 겨울철에는 단면적이 감소하고 여름철에는 증가를 하는 것으로 나타나 우리나라 동해안의 일반적인 토사이동의 양상을 보여주고 있다.

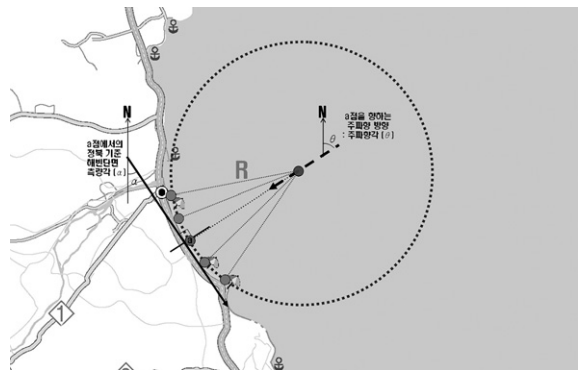


그림 7. 해빈단면 측량의 기준 방향각 산정을 위한 모식도

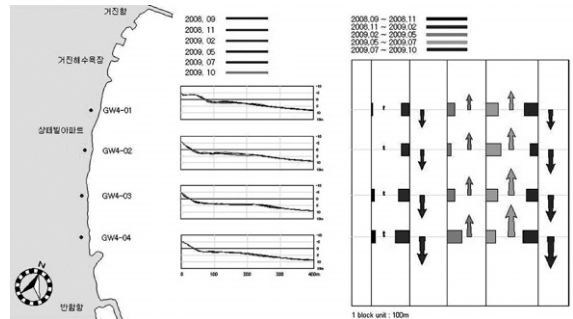


그림 8. GW04 해빈단면의 조사 기간별 관측결과

표 2. 단위표사계 GW04 단면 기준점 정보

단위 표사계	기준점 번호	위 도	경 도	해빈단면측량 기준 방향각	표고(m)
GW04	1	38° 26' 10.8694"N	128° 27' 16.3366"E	69.429°	30.695
	2	38° 26' 2.9951"N	128° 27' 20.1449"E	68.870°	31.173
	3	38° 25' 53.7926"N	128° 27' 24.4834"E	68.210°	30.263
	4	38° 25' 44.3368"N	128° 27' 29.7142"E	67.532°	30.166

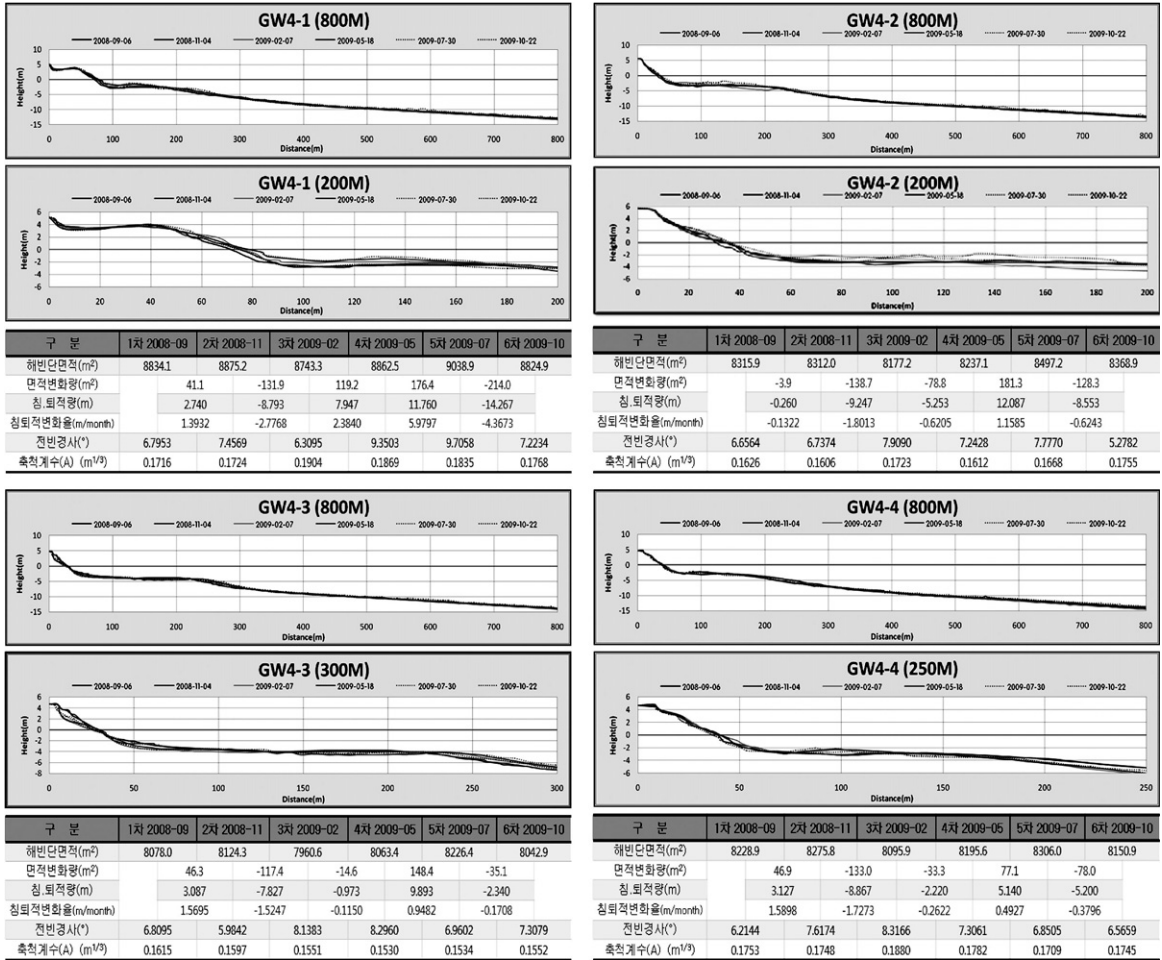


그림 9. GW04 표사계의 단면 기준점별 해빈 단면적 변화

그림 9는 각 단면 기준점별 해빈단면 측량의 결과들을 상세하게 정리한 것이다. 각 단면 기준점별 해빈 단면적의 변화 그래프에서 상단 그래프들은 기준점에서부터 거리가 800m 지점까지의 단면을 나타낸 것이며 하단 그래프들은 각각 200m에서 300m 사이의 단면 변화를 더욱 확대하여 나타낸 것이다. 자산천을 표사공급원으로 하고 있는 거진항 일대의 거진해변에 위치한 GW04-01 지역에서는 단면적 변화량이 계절 파랑에 의한 감소와 증가의 안정적인 추세를 보이고 있다. 반면에 쌍테빌 아파트 전면 해안인 GW04-02 지역은 2009년의 4차와 5차 대비 181.3m<sup>2</sup>의 증가량을 제외하고는 지속적인 감소 현상을 나타내고 있다. GW04-03과 GW04-04 구간에서는 유사한 형태의 단면적 증가와 감소 형태를 보이고 있는 것으로 조사되었다. 전반 경사의 검토에서는 대체적으로 7°에서 8° 사이의

경사도를 보이고 있으나, 북측 GW04-01 구간은 9° 이상의 경사도를 보이고 있어 해빈 변화의 발생 가능성이 큰 것으로 파악되었다. 이러한 사실은 단위 표사계 GW04 구간인 거진해변은 전반적으로 불안정한 해빈을 포함하고 있는 지역으로 향후 침식 현상이 가중될 가능성이 잠정적으로 크다고 사료된다.

#### 4. 결론

본 연구에서는 2008년 9월부터 2009년 10월까지 6회에 걸쳐 강원도 41개 단위표사계 중 고성지역의 GW04인 거진항 일대의 해안 침식에 대한 물리조사를 실시하였다. 6차례의 조사 결과만을 바탕으로 자료에 대한 신뢰도를 제고하기는 어렵다고 판단이 되나, 이 조사를 통한 분석 결

과는 향후 고성군의 연안 침식 방지 대책 수립에 기여할 것으로 보인다. 해안선 조사 결과, 자산천 하구 부근에서는 표사 유입으로 인한 안정된 해빈폭을 유지하고 있었으나, 나머지 구간에서는 해빈폭의 확장보다는 축소 현상이 증가를 하고 있는 것으로 파악된다. 또한, 단면적의 변화를 조사한 결과, 단위 표사계 GW04 구간에서는 2008년 9월에 비하여 11월에는 지점별 단면적이 증가를 하였으나, 2009년에는 다시 크게 감소하는 경향을 나타냈다. 이러한 현상은 해빈 배후 지역에 대한 해안도로 건설과 쌍테빌 아파트 건설과 같은 배후지 개발에 의한 유동적 침식 환경이 조성되어 발생되는 것으로 사료된다. 본 대상 지역에 대한 물리조사결과, 조사 구간 내에서는 연안 침식이 전반적으로 크게 발생하지 않았으나, 일부 구간에서는 지속적인 침식이 발생할 가능성이 잠재되어있는 것으로 판단된다. 자산천 하구 인근에 축조된 쌍테빌 아파트의 부속시설로 조성된 놀이시설과 공원을 위한 실시한 성토 공사는 2009년 2월 고파랑에 의하여 붕괴되는 현상에 봉착하였다. 또한 성토제를 보호하기 위하여 해안용벽(sea wall)이 설치되었으나, 파랑의 지속적인 작용으로 인하여 전면수심이 급하게 변화한 의사 해안 침식 현상이 발생된 것으로 사료된다. 따라서 본 GW04 지역은 해안침식에 대하여 불안정한 상태에 놓여 있다고 판단된다. 본 지역은 향후 GPS 보정 시스템의 한 방법인 DGPS에 의한 해빈 변화 조사 및 GPS와 다중음향측심기의 결합에 의한 수심자료 통합 보정을 통한 수심측량 등 다양한 측량 조사 방법에 의한 지속적인 과학적 자료 수집이 필요하다고 본다.

### 참고문헌

강원도 (2010), 해안침식지역 물리조사용역 보고서, 환동해출장소.  
 강원도 (2011), 2010년도 연안침식모니터링 보고서, 환동해출장소.  
 고성군 (2010), 고성군 해안침식 실태조사 및 방지대책 수립 용역 보고서, 고성군청.

김무홍, 남수용 (2005), 우리나라 연안침식 모니터링의 현황 및 향후계획(상), 향만, 한국향만협회, 통권96호, pp. 27-41.  
 김인호, 김진훈, 최재석, 송동섭 (2010), 강원도 해안침식 지역 물리조사 연구, 추계학술대회 논문집, 한국지리정보학회, pp. 146-147.  
 김인호, 송동섭 (2011), 항공 및 위성사진을 이용한 동해안 해빈 변화 분석, 추계학술대회 논문집, 한국지리정보학회, pp. 114-115.  
 위광재, 정재욱 (2006), LiDAR 데이터를 이용한 해안선 추출 알고리즘 개발, 한국측량학회지, 한국측량학회, 제24권, 제2호, pp. 209-215.  
 이재원, 김용석 (2007), RTK-GPS와 항공사진을 이용한 해안선 변화량 분석, 한국측량학회지, 한국측량학회, 제25권, 제3호, pp. 191-198.  
 이형석, 김인호 (2007), DGPS를 이용한 해안선 변화 조사 및 분석-강원도 강릉시 연안을 중심으로, 한국지리정보학회지, 한국지리정보학회, 제10권, 제2호, pp. 1-10.  
 한국환경정책평가연구원 (2006), 해안개발사업에 따른 해안침식 영향 저감방안 연구 보고서.  
 해양수산부 (2004), 연안침식 모니터링 체계구축(I) 용역 보고서.  
 Ariana, M., R. Larry, and O. M. Allen (2011), Coastal construction trends in response to coastal erosion: an opportunity for adaptation, *J. of Coastal Conservation*, Vol. 15, No. 1, pp. 61-72.  
 Hsu, T. W., T. Y. Lin, and I. F. Tseng (2007), Human Impact on Coastal Erosion in Taiwan, *J. of Coastal Research*, Vol. 23, No. 4, pp. 961-973.  
 Lorenzo, F., A. Alonso, and J. L. Pages (2007), Erosion and accretion of beach and spit systems in northwest Spain: A response to human activity, *J. of Coastal Research*, Vol. 23, No. 4, pp. 834-845.

(접수일 2012. 01. 30, 심사일 2012. 02. 13, 심사완료일 2012. 02. 20)