

환경친화적 연안 호안구조물 리모델링을 위한 서해안 침식특성 분석

Analysis of Erosion Characteristics for Environment-Friendly Remodeling of Revetment Structures in the West Coast Area of Korea

박종렬*, 오국열**, 하종주***, 김기동****, 정상만*****

Jong Ryul Park, Kuk Ryul Oh, Jong Joo Ha, Kee Dong Kim, Sang Man Jeong

요 지

충청남도 서해안은 생태환경의 보고로서 갯벌, 사구, 해안습지 등 독특한 자연적 특성을 갖고 있는 지역이다. 그러나 다른 지역에 비해 대규모 간척 및 매립으로 인한 해양생태계 피해에 현저히 노출되어 있으며, 서해안 지역은 최근 산업화 및 관광권화가 진행되며 무분별하게 설치된 호안구조물은 그 기능을 상실하여 상당수가 설치전보다 오히려 서해안의 독특한 환경성과 관광성을 악화시키고 있어 서해안 특성을 고려한 대책이 요구된다.

본 연구에서는 서해안의 특성을 고려한 환경친화적 연안 호안구조물 리모델링을 위해 서해안의 침식특성에 대하여 분석하고자 한다. 분석 방법은 충청남도 서해안의 4개 시·군 29개 지점을 대상으로 1년여에 걸쳐 수행된 현장조사 결과를 바탕으로 서해안의 침식 현황을 파악하고, 기 조사된 서해안 지역의 침식에 대한 자료를 바탕으로 침식원인을 유형화하였다. 조사 분석결과 서해안의 대표적인 침식유형은 직립·급경사 호안구조물의 반사파로 인한 해변침식(자갈화), 사구·토사포락, 직립·급경사 호안구조물 저면 세굴에 의한 호안구조물 붕괴, 방파제 설치에 의한 침식 등 대표적인 4가지 유형으로 분류할 수 있으며, 침식 유형별 발생지점 수는 총 29개 지점 중 각각 19개 지점, 13개 지점, 5개 지점, 4개 지점에서 나타났다. 이는 호안구조물이 미설치된 곳은 사구·토사포락에 의한 침식 발생빈도가 높았고, 반면에 호안구조물이 설치된 곳에서는 호안구조물의 기능 상실로 인한 해변침식의 발생빈도가 높은 것으로 나타났다. 또한 조사지점으로 선정하였던 29개 모든 지점에서 토사유실로 인한 자갈화가 진행되어 서해안의 갯벌, 사구, 해안습지 등이 유실되고 있는 것으로 나타났으며, 이는 최근 기후변화에 따른 해수면 상승과 서해안 특성을 고려하지 않은 정형화된 직립·급경사 호안구조물의 역효과로 피해가 발생된 것으로 나타났다.

핵심용어 : 서해안 침식, 유형화, 호안구조물, 리모델링

1. 서 론

연안역은 육역 및 해양생태계가 만나 공존하는 공간으로서 관광, 생태, 문화, 기후, 경제, 환경학적으로 중요한 지역이다. 특히, 충청남도 서해안은 생태환경의 보고로서 갯벌, 사구, 해안습지 등 독특한 자연적 특성을 갖고 있는 연안역으로 그 가치가 높다. 그러나 최근의 산업화 및 관광권화로 인해 대규모 간척 및 매립이

* 정회원 · 공주대학교 건설환경공학과 석사과정 · E-mail : jrpark@kongju.ac.kr

** 정회원 · 공주대학교 건설환경공학과 박사과정 · E-mail : kroh@kongju.ac.kr

*** 비회원 · 공주대학교 건설환경공학과 석사과정 · E-mail : hajongjoo@kongju.ac.kr

**** 비회원 · 공주대학교 건설환경공학부 교수 · E-mail : kkkim@kongju.ac.kr

***** 정회원 · 공주대학교 건설환경공학부 교수 · E-mail : smjeong@kongju.ac.kr

진행되어 해양생태계 파괴에 현저히 노출되어 있으며, 무분별하게 설치된 연안 호안구조물은 그 기능을 상실하여 상당수가 설치전보다 오히려 서해안의 독특한 환경성과 관광성을 악화시키고 있는 실정이다(해양수산부, 2005). 그 결과 우리나라는 물론 세계의 여러 연안역이 침식으로 인한 피해가 확산되고 있으며, 이는 단순한 국토의 손실 외에 백사장, 해안사구 등이 사라짐으로써 해파(Sea Wave)의 내습속도가 빨라지게 되었고, 이러한 현상은 배후지역의 시설피해를 보다 심각하게 발생시킬 수 있다. 이와 같은 문제점들을 해결하기 위해서는 해안침식 현상의 정확한 이해와 그 원인을 파악한 예방 및 방지대책이 요구된다.

해안침식을 방지하기 위한 연구로는 류택구 등(2001)이 전북 부안의 모항해수욕장에 대하여 사구를 고정하고 수립을 조성하는 해안침식방지에 대해 연구하였고, 이종석 등(2008)은 침식방지 호안공에 대하여 모형실험과 현장실험을 통하여 활용성을 분석하였다.

본 연구에서는 우리나라 충청남도 서해안에 대하여 그 간 연안정비사업의 내용을 살펴보고, 현장조사를 통한 서해안의 침식특성을 파악하여 기존 해안침식방지 호안구조물의 환경친화적인 리모델링 방안을 제시하고자 한다.

2. 연구대상지역 침식피해 조사

2.1 연구대상지역 및 조사지점

본 연구의 대상지역은 충청남도 서해안지역으로 해안선은 서해안 전체길이인 2,037km 중 610km에 해당하며 자연해안과 인공해안은 각각 318km, 292km이다. 조사지점은 충청남도 서해안을 포함하는 행정구역별로 구분하였으며, 그 지점은 총 29개 지점으로 각각 서산시 1개, 태안군 20개, 보령시 3개, 서천군 5개 지점으로 선정하였다. 대상지역 및 조사지점 현황은 그림 1과 같다.

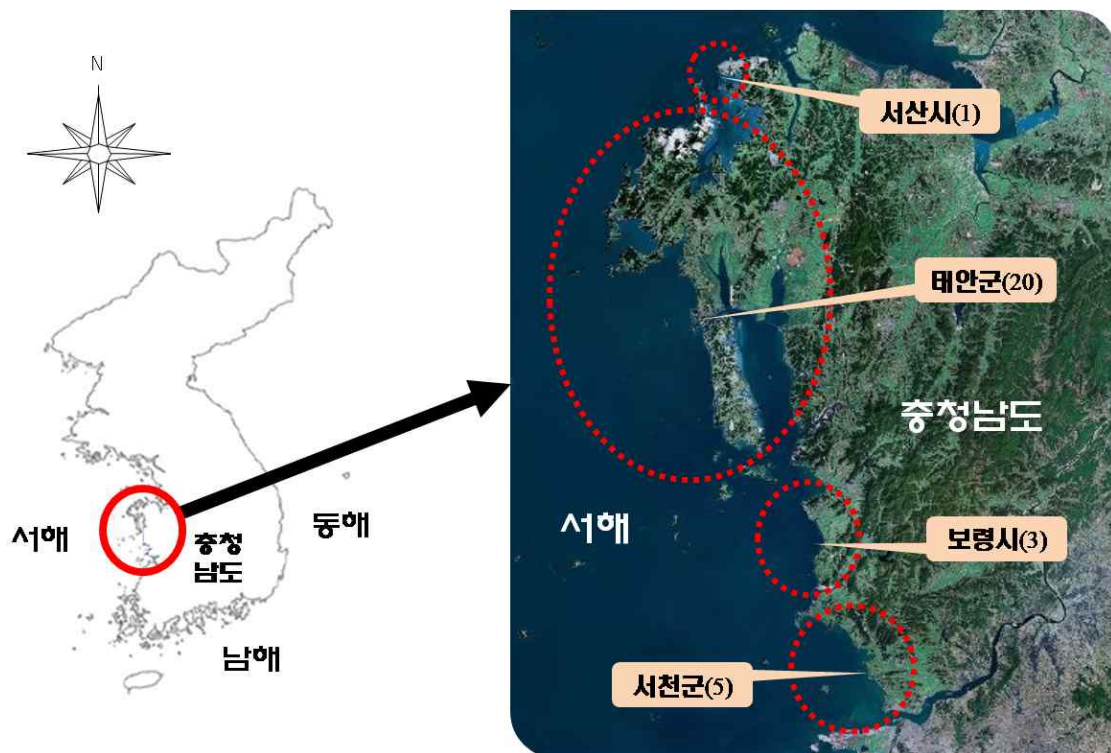


그림 1. 대상지역 및 조사지점

2.2 침식피해 현황

대상지역의 침식피해 조사는 1년동안 5번에 걸친 현장조사와 기 조사된 ‘연안침식 모니터링 체계 구축(국토해양부, 2008)’ 자료를 바탕으로 침식피해를 파악하였다. 침식피해 조사에 따른 결과를 살펴보면, 총 29개 지점 중 자갈화가 진행 중인 곳이 19개 지점에서 나타나 가장 많았으며, 토사포락 11개 지점, 사구포락 7개 지점, 호안구조물 붕괴가 6개 지점, 백사장침식이 5개 지점, 목책 유실 3개 지점 등으로 나타났다. 조사지점별 침식피해 현황은 표 1과 같다.

표 1. 조사지점별 침식피해 현황

시군도(지점수)	조사지점	총길이(m)	침식피해 현황
보령시(3)	1. 신희동 대천해수욕장	2780	백사장침식, 자갈화
	2. 웅천읍 독산해수욕장	880	사구포락, 자갈화, 목책 유실
	3. 웅천읍 무창포해수욕장	1750	백사장침식, 자갈화
서산시(1)	4. 대산읍 오지리	530	토사포락, 자갈화
서천군(5)	5. 마서면 죽산리	540	토사포락, 자갈화
	6. 마서면 한성리	805	토사포락
	7. 비인면 다사리	1195	자갈화
	8. 비인면 선도리	1,855	토사포락, 자갈화
	9. 장항읍 송림리	1,800	백사장침식
태안군(20)	10. 고남면 장곡리 운여해수욕장	415	토사포락, 호안구조물 붕괴
	11. 남면 달산리 몽산포해수욕장	800	사구포락, 목책 유실
	12. 남면 양잠리	580	사구포락
	13. 남면 원청리	310	사구포락, 자갈화
	14. 남면 신은2~4리	1365	자갈화
	15. 소원면 모항리 만리포해수욕장	2,710	호안구조물 붕괴, 자갈화
	16. 안면읍 승언리 꽃지해수욕장	3,460	호안구조물 붕괴, 자갈화
	17. 안면읍 창기리 삼봉해수욕장	1,940	백사장침식, 목책 유실
	18. 원북면 방갈리 학암포해수욕장	395	사구포락, 자갈화
	19. 원북면 신두리 신두리해수욕장	915	토사포락
	20. 근흥면 안기2리	200	토사 포락, 자갈화
	21. 소원면 의항2리 의항해수욕장	395	호안구조물 붕괴, 사구포락
	22. 안면읍 승언2리 밧개해수욕장	280	토사포락, 자갈화
	23. 안면읍 신야1리	385	사구포락, 자갈화
	24. 안면읍 중장1리	260	백사장침식, 자갈화
	25. 안면읍 중장3리	345	토사포락, 자갈화
	26. 안면읍 창기4리	225	토사포락
	27. 안면읍 창기5리 백사장해수욕장	500	호안구조물 붕괴, 자갈화
	28. 안면읍 창기7리	395	토사포락, 자갈화
	29. 원북면 청산리	430	호안구조물 붕괴, 토사포락

3. 침식특성 분석에 따른 연안 호안구조물 리모델링 기술

3.1 침식특성 분석

침식특성 분석은 침식피해에 대한 현장조사 결과와 침식원인을 규명하기 위하여 ‘연안침식방지 종합대책 수립을 위한 조사 연구(국토해양부, 2003)’와 ‘연안침식 모니터링 체계 구축(국토해양부, 2008)’에서 제시하고 있는 우리나라의 해안침식원인을 바탕으로 침식특성을 유형화하였다.

침식의 유형은 크게 침식원인에 따라 4가지로 분류하였다. 첫 번째 유형은 직립과 급경사 호안구조물의 반사파로 인한 해변 침식으로 비저감 파랑에너지의 반사파로 인하여 모래가 해역으로 유실되어 자갈화가 진행되는 원인이 된다. 두 번째 유형은 해수면 상승으로 인한 사구포락과 토사포락이며, 이는 연안역이 내륙으로 후퇴되어 새로운 해안 침식이 발생됨을 나타낸다. 세 번째 유형은 직립과 급경사 호안구조물의 저면세굴로 인한 호안구조물 붕괴 현상으로 연안역 주변 환경에 부적절한 호안구조물이 설치된 경우에 발생되며, 공극수의 육지방향 이동이 차단됨에 따른 호안 전면이 세굴되며, 세굴 정도가 심해질 경우 육지 토사가 유출되기 시작하여 궁극적으로 호안이 붕괴된다. 마지막 네 번째 유형은 방파제 설치로 인한 침식으로 침식과 퇴적이 상호작용하던 지역이 방파제의 부적절한 설치로 인하여 표사의 흐름이 변화되어 침식이 발생된다. 침식 유형별 원인을 그림 2에서와 같이 제시하였다.

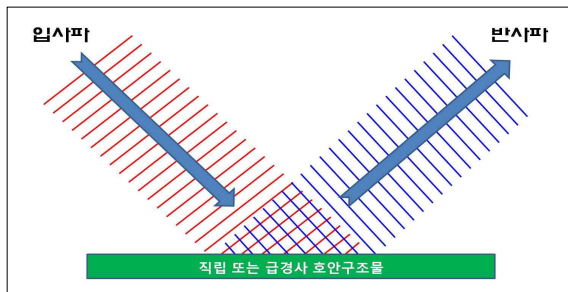


그림 2.1 호안구조물의 반사파

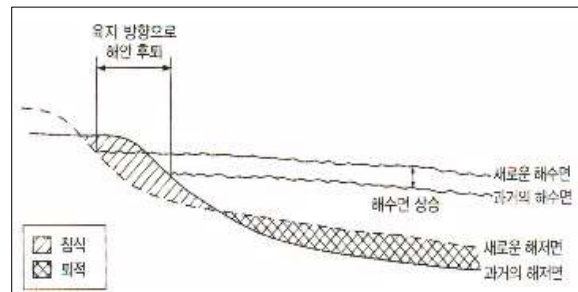


그림 2.2 해수면 상승에 의한 사구·토사포락

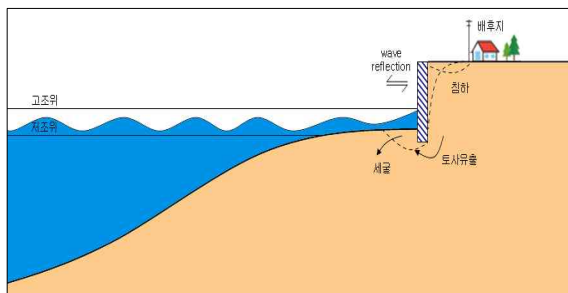


그림 2.3 호안 저면 세굴 및 호안 붕괴 발생

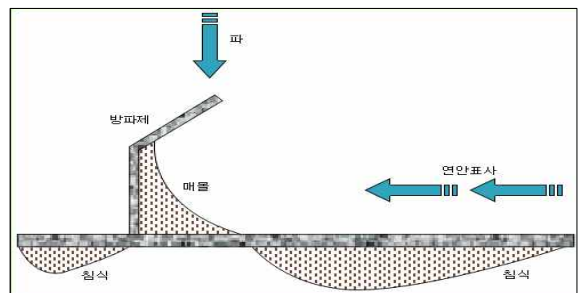


그림 2.4 방파제에 의한 해안침식

그림 2. 침식 유형화에 따른 침식원인

3.2 연안 호안구조물 리모델링 기술

본 연구의 충청남도 서해안에 대한 침식 유형화를 통하여 서해안의 침식특성을 고려한 기존 연안역 호안구조물의 환경친화적인 리모델링에 대한 설계요소에 대하여 투수성, 완경사, 식생기능, 사석재료 등을 제시해 볼 수 있다. 투수성은 기존 호안구조물의 바다에서 육지로 이동하는 공극수 차단으로 발생하는 구조물 저면 세굴현상을 감소시킬 수 있으며 파랑에너지를 저감시키는 효과를 갖고 있으며, 1:1.5~3의 완경사는 파랑과

호안구조물의 넓은 마찰면으로 파랑에너지 저감을 유도하여 침식을 방지하는 효과가 있다. 그리고 식생기능은 환경친화적인 해안 경관 유지와 친수성을 확보하여 호안구조물의 활용가능성을 높이는 효과를 준다. 또한, 사석재료를 통한 호안구조물 리모델링은 콘크리트 호안구조물에 비하여 이산화탄소 발생량을 $3.05\text{ton}/\text{m}^3$ 저감하는 효과를 나타낸다. 다음 그림 3은 서해안 침식특성을 고려한 설계요소를 바탕으로 나타낸 환경친화적인 연안 호안구조물 리모델링 기술과 현장조사 지점 중 적용가능한 태안군 삼봉해수욕장의 사구·토사포락지역에의 적용형태를 나타낸다.



그림 3.1 태안군 삼봉해수욕장 사구포락지역 (리모델링 기술 적용 전)

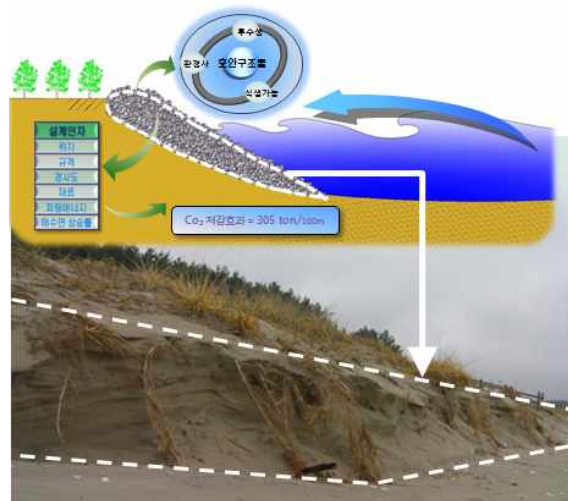


그림 3.2 태안군 삼봉해수욕장 사구포락지역 (리모델링 기술 적용 후)

그림 3. 서해안 침식특성을 고려한 연안 호안구조물 리모델링 기술 및 적용

4. 결 론

본 연구에서는 서해안의 특성을 고려한 환경친화적 연안 호안구조물 리모델링을 위해 현장조사를 실시하여 해안침식피해에 대하여 조사하였고, 그 조사결과를 바탕으로 서해안의 침식 특성에 대하여 다음과 같은 결론을 도출하였다.

- (1) 충청남도 서해안의 침식 특성을 분석한 결과 총 29개 지점 중 직립·급경사 호안구조물의 반사파로 인한 해변침식(자갈화)이 19개 지점, 구조물 저면 세굴에 의한 사구·토사포락 13개 지점, 직립·급경사 호안구조물 저면 세굴에 의한 호안구조물 붕괴가 5개 지점, 방파제 설치에 의한 침식이 4개 지점 등 4가지 유형으로 나타났다.
- (2) 침식 유형화를 통하여 연안 호안구조물 리모델링을 위한 설계요소를 비교해본 결과, 저면 세굴 방지 및 파랑에너지 저감 효과를 갖고 있는 투수성, 넓은 마찰면을 통한 파랑에너지 저감 효과의 완경사, 해안 경관 유지와 친수성을 갖는 식생가능, 탄소저감 효과를 갖는 사석재료 등이 서해안의 침식특성에 적합한 환경친화적인 연안 호안구조물의 리모델링에 필요한 설계요소로 나타났다.

기존 연구에서는 서해안의 특성을 반영한 해안침식방지기술에 대한 연구가 미흡하였지만, 본 연구에서는 서해안의 침식 유형화에 따른 연안 호안구조물의 리모델링 기술에 대한 설계인자를 제시해 봄으로써 그 활용가치가 있으며, 향후 지속적인 모니터링을 통하여 서해안의 침식특성을 세분화하고, 또한 개발될 호안구조물에 대하여 세분화된 서해안 침식특성 인자를 고려한 시뮬레이션 및 모형실험, 현장실험 등을 실시한다면 서해안 특성에 맞는 친수호안을 통한 환경친화적 해안유지 기술이 구축될 것으로 기대된다.

감 사 의 글

본 연구는 국토해양부 지역기술혁신사업 “환경친화적 연안역 개발기술”의 연구비 지원(과제번호 #09지연기술혁신 B-01)에 의해 수행되었습니다.

참 고 문 헌

1. 국토해양부(2003). 연안침식방지 종합대책수립을 위한 조사 연구(II).
2. 국토해양부(2005). 연안침식방지 기술개발 연구용역 보고서(I).
3. 국토해양부(2008). 연안침식 모니터링 체계 구축(IV).
4. 국토해양부(2010). 환경친화적 연안역 개발기술에 관한 연구(I).
5. 류택구, 이대호(2001). 해안침식 방지 공법 연구, 생명자원과학연구, 제26집, pp. 92-97.
6. 이종석, 한재명(2008). 현장관측에 의한 친환경 해안조성을 위한 침식방지 호안공 개발에 관한 기초적 연구, 한국수자원학회 논문집, 제41권 제10호, pp. 983-993.