

[전문가 특별기고]

해수욕장 주변 개발에 따른 해안침식과 대응책

김규한 관동대학교 교수
(kkhkim@kd.ac.kr)

1. 머리말

1.1 백사장의 중요성

해안에 위치한 백사장은 해수욕장으로 활용되는 관광자원으로서의 경제적 측면과 해안에 내습하는 파도의 에너지를 흡수시켜 파랑에 의한 해안재해를 최소화 시키는 방재기능을 보유하고 있다. 아울러, 백사장의 모래에 붙어있는 미생물에 의해 오염물질이 분해되는 자정작용(수질정화)과 해양생물의 산란장의 역할까지 보유하고 있는 귀중한 자산이다.

최근 들어 우리나라는 경제 및 사회문화적으로 비약적인 발전을 거듭하면서 그에 수반된 생활공간의 확대, 관광자원으로서의 개발 등이 연안까지 확산되어 왔으나 연안공간의 개발이 백사장 침식에 어떠한 영향을 미치는지에 대한 검토가 충분히 이루어지지 않았다. 아울러, 1990년대 이후로는 지구온난화에 따른 해수면 상승과 이상기온에 의한 고파랑의 내습 빈도 증가에 따른 해안의 피해가 증가하고 있는 실정이다. 이 같은 배경으로 말미암아, 전국적으로 백사장 침식, 호안붕괴 및 사구포락 등의 해안침식문제가 전국적으로 확대되고 있다. 이러한 해안침식의 원인으로서는 연안주변의 항만 및 어항건설, 해안도로 및 호안의 축조, 무분별한 박지 및 항내 준설토 유용, 의사 해안침식 등을 들 수 있다. 특히, 동해안의 경우 너울성 고파랑이 해안에 기습적으로 내습하는 빈도가 높아지고 있으며, 이 너울성고파랑은 기존의 파랑보다 큰 에너지를 해안에 전파하게 되고 쳐오름 높이가 증가하여 백사장주변에 극심한 해빈변형을 발생시켜 눈에 띄는 침식상황을 초래하고 있는 실정이다.

1.2 주변 개발에 따른 백사장 침식사례

1) 속초 영랑동 해안

강원도 속초의 영랑동 해안은 연중 평형상태를 유지하던 해빈이었으나 영랑동 해안 북측에 사진항 방파제를 축조함에 따라 하계에는 남측에서 북측으로 이동하는 연안류에 의한 표사이동으로 사진항내에 다량의 퇴적이 발생하고 동계에는 남측으로의 연안류에 의한 표사이동은 방파제에 의해 차단되어 표사 수지 평형상태가 파괴되어 심각한 침식이 발생된 대표적 사례이다.



〈그림 1〉 강원도 속초 영랑동 해안

2) 울진 후정 해수욕장

원자력 발전소 전면의 취·배수구 구조물 건설에 따라 남측에 위치한 후정해수욕장은 단위 해안선 길이당 연평균 약 $2.4 \text{ m}^3/\text{m}$ 의 비율로 침식이 진행되었다. 대상해역의 침식원인으로는 원자력 발전소 취수구측 북방파제 건설 이후 인근 부구천 하구로부터의 모래공급 차단을 들 수 있다. 후정해안 표사계 내에 위치한 울진원전 배수구 도류제로 인해 파랑이 차폐된 지역에 퇴적된 모래가 후정해수욕장으로 돌아오지 못하는 점 등이 침식을 가속화시킨 것으로 확인되었다.

3) 경주 전촌·나정 해안

해안의 양측 끝단에 위치한 전촌항 및 나정항에 의해 파랑이 차폐됨에 따라 남에서 북으로 향하는 일방향 연안류가 탁월하게 되어 침식구역과 퇴적구역이 확연히 구분되었다.

뿐만 아니라, 전촌항 남방파제에 의해 형성되

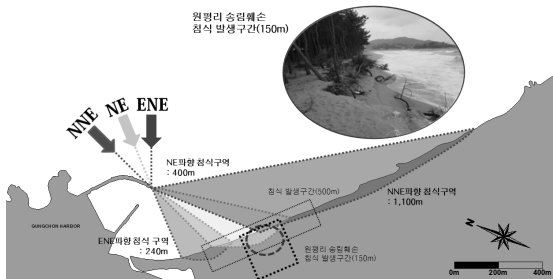
는 해빈류 Vortex 또한 일부구간으로의 퇴사를 유도하여 평면적인 토사수지 균형을 깨뜨리는 원인으로 작용하고 있고, 남측해안에 건설된 호안시설 역시 국부적인 세굴을 촉진시켜 침식현상을 유발시키고 있음을 알 수 있다.



〈그림 2〉 경상북도 경주시 전촌·나정해안

4) 삼척 궁촌·원평해수욕장

원평해안은 궁촌항의 건설로 인해 초기침식이 유발되었고, 2010년 이후 너울성고파랑의 발생 빈도 증가에 따른 고파랑의 내습으로 인해 해변 경사가 급경사로 변화되어 완전한 침식성 해안으로 변모되었다. 뿐만 아니라, 파랑이 탁월한 개방해역에서는 외해측의 고파랑이 천해역까지 여과없이 전파되어 연안류, 이안류와 같은 해빈류의 강도를 증가시킴과 더불어 고파랑 자체의 쳐오름 높이가 증가하는 현상이 나타났다.



〈그림 3〉 강원도 삼척 궁촌·원평해수욕장

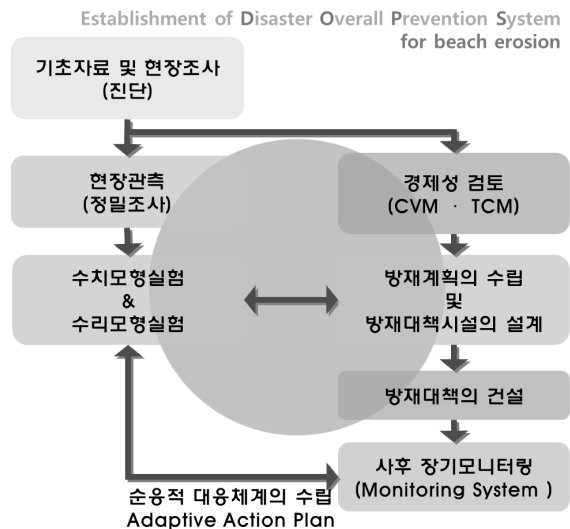
이로 인해 원평해수욕장 일대 송림언덕까지 파의 쳐오름 현상이 발생하여 궁촌해수욕장과 원평해수욕장 일부구간에서 최대 30m 이상 해

안선이 후퇴하였고 약 150m이상의 송림구간이 훼손되었다.

2. 본론

2.1 종합방재시스템

해안침식에 대한 피해를 최소화하기 위해서는 침식의 현황을 진단하고 다양한 공학적 접근방법을 동원하여 정확한 원인을 도출할 필요가 있으며, 이를 통해 해안특성에 적합한 대책방안의 수립과 자연조건의 변화나 구조물 설치에 의한 해안의 물리환경변화를 사전에 예측하고 방지할 수 있는 해안침식종합방재시스템(DOPS: Disaster Overall Prevention System for beach erosion)이 수립되어 면밀한 검토가 이루어져야한다.



〈그림 4〉 해안침식 종합방재시스템(DOPS)의 순서도

해안침식종합방재시스템에서는 첫 번째로 대상지역의 침식원인을 찾기 위한 현재 및 과거 상황에 대해 분석할 수 있는 기초자료조사 및 현장조사가 이뤄져야한다.

또한 침식방지대책 사업에 대한 비용대비 편익분석을 실시함에 있어 B/C분석 이외에도 환경경제성

평가기법을 활용한 해안의 가치평가를 통해 선진화된 주민합의가 이루어져야 한다. 일반적으로 CVM(조건부가치추정방법)과 TCM(여행비용접근법)을 이용하여 침식해안 주위에 거주하는 주민, 상인 및 여행객들의 의견을 반영하여 대상사업의 가치를 평가하고 대책시설의 적정규모와 방법을 도출한다.

피해현황 및 기초자료조사를 통해 구체적인 현장 자료가 필요할 경우에는 현장관측을 통하여 수리모형실험 및 수치모형실험을 수행하기 위한 다양한 데이터를 도출해야 한다. 이때 대상해역의 변화된 해저 상태를 멀티빔 등 정확도가 높은 수준의 측정장비를 이용하여 측정해야 하며, 최소 2지점 이상의 파랑관측을 수행하여 파랑변형특성을 파악하고 대상해역 파랑의 방향분산성 등 제반 특성을 파악하고, PIV기법을 활용한 염료추적 등을 실시하여 해빈류(연안류, 이안류)의 패턴을 확인하여야 한다.

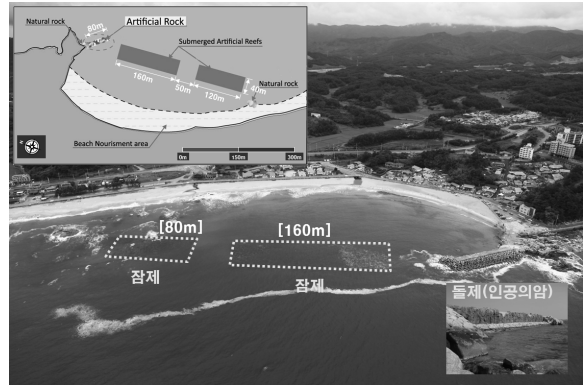
수치모형실험에서는 대상지역에 내습하였던 과거 파랑관측자료 및 통계자료를 분석하고, 우리나라 해안에 대한 적용성이 입증된 최신의 수치모델을 이용하여 다양한 평면 대책안에 대한 실험을 통해 가장 합리적인 대책후보안을 선정하여야 한다. 수리모형 실험에서는 선정된 후보안을 토대로 대책안의 다양한 물리적 현상을 검토하고 최신의 침식 대응방안을 도출하고 이를 검토한다. 해빈류 패턴을 검증하기 위한 3차원 수리모형실험도 중요하지만 대책안에 대한 2차원 수리모형실험은 안별 침식방지 효용성을 검토하고 최적안을 선정함에 있어 필수적인 사항이다.

수치 및 수리모형실험에서 도출된 결론을 종합적으로 분석하여 대상해안의 침식원인 분석 결과 및 환경경제성평가 결과와 상호비교 후 대책시설의 적용 공법, 규모, 시설비 및 유지관리비 등 구체적인 정비 계획을 수립하여 대상지역의 장기적인 발전계획 또한 고려해야한다. 아울러, 시공에 따른 주변환경영향을 모니터링하여, 대책안의 효용성 및 개선방향을 지속적으로 검토해야 한다.

2.2 대책공법적용사례

대표적인 대책공법 적용의 성공사례는 부산 송도

해수욕장과 동해안의 남해 해수욕장 연안정비사업을 들 수 있다. 부산 송도해수욕장의 사례는 여러 곳에서 소개되었으므로 본고에서는 비교적 잘 알려지지 않은 강원도 양양군 남해해안의 사례를 들고자 한다.



<그림 5> 남해 해수욕장의 연안정비계획

남해 해안은 2006년 호안 및 주차장 등의 건설 이후 해빈폭이 감소되고, 활형호안의 형상으로 인해 고파랑 내습시 소용돌이(Vortex)현상이 토사의 퇴적을 방해하여 지속적 침식이 발생하게 되었다. 아울러, 침식된 해안 백사장은 파랑 에너지의 흡수기능이 극도로 약화되어 내습파랑에 직접적인 피해를 입게 되었으며 내습한 고파랑은 해안 배후에 건설된 해안도로 호안에 정면으로 부딪히게 되고 그에 의한 반사파에 의해 침식이 가속화되고 있었다. 이에 따라 해빈 유실 현상이 심각한 북측해안의 해안침식을 방지하고 고파랑 내습 시 호안 배후의 도로 및 가옥 등을 보호할 목적으로 해안침식종합방재시스템(DOPS)을 기초로 한 해안침식 방지시설 계획이 수립되고, 계획에 따른 시공이 진행되었다. PIV기법을 동원한 해빈류 흐름 분석을 통해 대상해안 주변에서 발생하고 있는 복잡한 연안류와 이안류현상을 파악할 수 있었다.

해빈류 패턴에 의해 이동하는 표사체계가 침식을 유발하고 외해 일부구역에 퇴사를 촉진시키고 있음을 확인 할 수 있었으며, 이에 대한 대책공법으로 잡제 255m 돌제 80m의 설치 안을 구성하고 수치모형 실험 및 수리모형실험을 수행하였다. 침식성 파랑내

습시의 지형변동 실험결과 잠제에 의해 해안측에 도달되는 파랑에너지는 60%이상 감소되었으며, 해빈류 실험결과를 통해 대규모의 침식성 해빈류 체계가 잠제 설치로 인해 소규모 해빈류셀로 축소되어 에너지가 약화됨으로써 침식에 영향을 주지 못함을 확인하였다.



〈그림 6〉 남애해수욕장(시공 전(좌), 후(우))

대책공법 적용 후 대상해안의 해안선 및 해저지형에 대한 정밀조사 결과 침식현상이 사라지고 잠제의 파랑제어 효과도 우수한 것으로 나타나는 등 침식방지대책의 효용성을 확인할 수 있었다. 아울러, 대책공법에 계획되었던 양빈공법이 미 실시 되었음에도 불구하고 고파랑의 내습에 따른 영향이 감소되고 강한 연안류 및 이안류가 사라짐으로서 퇴적현상이 우세하게 나타나 침식이전의 상태로 복원되었다.

3. 맺음말

해안침식 대책의 수립에 있어서는 반드시 해안침식 종합방재시스템(DOPS)과 같은 체계적인 과정이 필요하다. 대상해안의 지형특성을 충분히 인지한 후 수치모형실험을 통해 처음 구상한 대책안의 범위를 좁히고 최종적으로 수리모형실험을 통해 대책안의 효용성을 검토함으로써 최적의 안을 도출해야 한다. 수치모형실험과 수치모형실험을 실시함에 있어 파랑의 다방향성과 불규칙 특성 등이 고려되어야 함은 두

말할 나위 없을 뿐만 아니라, PIV실험기법을 이용하여 정확한 해빈류 패턴을 파악하는 것도 최적의 침식방지 대책안 도출에 있어 매우 중요한 사항이다. 만약 잠제와 같은 수중구조물 또는 이안제 등에 의한 대책안을 검토할 경우에는 그 형상에 따른 침식제어 효과를 분석하기 위해 2차원수리모형실험을 통한 침식제어효과를 파악하는 것도 빠져서는 안 될 중요 항목이라 하겠다. 앞서 기술한 다양하고, 면밀한 검토를 통해 우리나라 각 지역 대상해안에 적합한 최적의 대책을 통해 수립해야하며, 친환경적이고 효용성 높은 대책방안이 구상되고 시행되어야 할 것이다.

감수: 이재형(jaehyeng_lee@hanmail.net)

참고문헌

김규한, 심규태 (2012). 너울성고파랑에 기인한 후빈배후 침식. 한국해안·해양공학회지, 24(5), 366-371.

김규한 등 (2008). 해안침식관리시스템과 그 적용, 한국해안·해양공학회지, 20(6), 602-610.

김규한 등 (2008). 전촌-나정해안침식 원인 분석, 한국해안·해양공학회지, 20(6), 611-620.

Kim, K. H. (2008). Comprehensive approach for beach erosion mitigation in Korea, ICCE 2008, ASCE, Vol.31(5), 4687-4698.

Kim, K. H. et al. (2011). Mitigation of Beach Erosion after Coastal Road Construction. Jour. of Coastal Research, Vol.27, 645-651.

Miles, J. R. et al. (2001). Field measurements of sediment in front of a seawall, Jour. of Coastal Research, Vol.17(1), 195-206.

Griggs, G.B. et al. (1991). The interaction of seawalls and beaches, Coastal Sediments 91, ASCE, 1871-1885.