

# 금강유역 표사 수지 감소에 따른 주변 표사계의 미래 해안 침식을 분석

## Analysis of Future Coastal Erosion Risk by Reduction in Coastal Sediment Discharge from Geum River Watershed

이 사 흥\* · 이 정 렬\*\*  
Lee, Sahong · Lee, Jung Lyul

### 요 약

본 연구에서는 해안 침식의 원인 중 유역 개발로 인한 해안으로의 표사 공급원이 감소를 검토하고, 그에 따른 표사계의 미래 해안 침식률을 분석하였다. 우리나라 서해의 경우 유역 개발로 인해 하천으로부터의 표사 유입 차단은 심각한 수준이다. 아직 그 영향이 해안으로 완전히 파급되지 못하여 그로 인한 장기 해안 침식이 두드러지지 않고 있다. 또한 피해가 심각해지기 시작하면 돌이킬 수 없는 재앙이 될 측면도 많다. 따라서 본 연구에서는 금강유역을 연구대상지역으로 설정하여 유역 개발로 인한 표사 유입량 감소를 계산하여 주변 표사계 내 미래 해안의 침식률을 산정하였다. 이는 향후 유역개발로 인한 미래 침식 위험 지역의 판단과 침식 위험도 평가 도입시 유용하게 사용될 수 있을 것으로 기대된다.

**keywords** : 유역개발, 표사 공급원 감소

## 1. 서 론

### 1.1 우리나라 해안 침식의 원인

우리나라 해안 침식의 원인은 회복 가능한 침식과 회복 불가능한 침식으로 구분된다. 회복 가능한 침식은 배후지의 영향을 전혀 받지 않는 고파랑에 의한 단기적인 침식이 대부분이며, 회복 불가능한 침식은 회복되지 않고 장기적인 침식이 지속되어 특별한 조치를 취하지 않으면 재산상 피해를 일으킬 수 있는 침식이다(그림 1). 특히 서해안에서 금강유역 해안 침식은 댐과 하구 독 건설 및 골재 채취 개발연유 침식이 대부분으로 유역개발로 인한 침식이 문제가 되고 있어 이들의 미래 해안 침식 분석을 위한 누적 영향평가가 필요하다(그림 2).

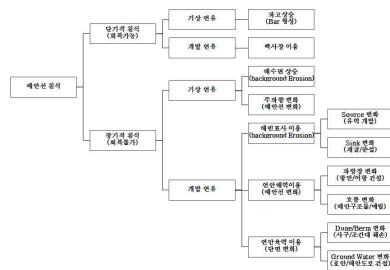


그림 1 해안 침식 원인 분류 체계도

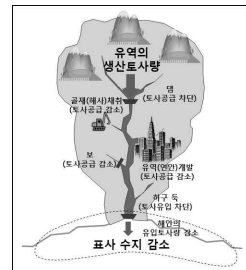


그림 2 개발연유로 인한 해안 침식

\* 학생회원, 성균관대학교 방재안전공학협동과정 석사과정 sahong88@nate.com

\*\* 성균관대학교 방재안전공학협동과정 교수 jlllee@skku.edu

## 1.2 유역 개발로 인한 국내의 침식 현황

하천에 댐과 하구 독이 여러 개 건설되는 경우 하천에서의 토사공급의 감소가 더 크게 나타나며 심지어는 토사공급의 95%까지 감소시킬 수 있는 것으로 알려져 있다. 따라서 해안침식을 유발하는 주요한 요인으로 작용하게 된다(조 등, 2006). 일부 남부 유럽 강에서는 연간 토사배출량이 1950년의 10%이하를 나타내고 있으며 유럽의 Ebro 강에서는 5% 이하를 기록하고 있다(Sanchez-Arcilla et al., 1998; Batalla et al., 2004). 또한 미국 플로리다에서는 1930년 Salinas 댐, Nacimiento 댐 등 3개의 댐 건설 전과 비교하여 누적토사배출량이 32% 감소하였다(Willis and Griggs, 2003).

## 2. 본 론

### 2.1 금강유역 표사 유입량 및 감소율

금강유역 표사 유입량을 계산한 결과가 그림 5에 제시되었다. 금강 유역 면적에 생산되는 토사량은 매년 약  $664,778 \text{ m}^3$ 으로 추정되었다. 금강유역의 생산되는 토사량에 직접적으로 영향을 미치는 4개 댐과 하구 독으로 인한 표사 유입량 감소는 댐이 건설되기 전에 비하여 약 63% 감소하였다. 그림 6은 금강 유역에 도달하는 토사 이동 현황을 유역별 토사 농도로 나타내었다. 비록 표사 유입량과 감소율을 산정하는 식 Cape and Gary (2003)가 제시한 생산 토사량 및 감소 토사량 식이 우리나라 하천에 적합한지는 검증되지 않았지만 금강 유역에 건설된 4개 댐과 금강하구 독에 의한 토사 감소율은 해안의 표사 수지에 얼마만큼의 영향을 미치는 지 시사 하는 바가 크다(이 등, 2014).

### 2.2 표사 물질 보전식

표사 수지 분석을 통하여 다음과 같은 장기 침식(Background erosion) 표사 물질 보전식을 이용한다. 유입 표사가 전 해안에 골고루 영향을 미치고 표사계의 총 해빈 길이가  $L$ 이고, 평균 해빈 폭이  $W_0$ 라면,

$$\frac{dV}{dt} = S - KW \quad (1)$$

$$\frac{dW}{dt} = S' - KW \quad (2)$$

$$S' = \frac{S}{LH} \quad (3)$$

여기서  $S$ 는 유입 표사이며  $K$ 는 외해로 손실되는 손실율로 각 표사계마다 표사의 특성, 연안 및 외해 환경마다 다르게 결정될 수 있다.  $S'$ 은 식 (3)과 같으며,  $L$ 은 표사계의 총 해빈 길이,  $H$ 는 모래이동한계수심 또는 표사한계수심(closure depth)으로 동해는 평균 약 10 m, 서해는 평균 약 25 m로 결정하였다. 모래이동한계수심 내에서 유입토사가 외빈(inshore)의 면적변화량에 영향을 미친다고 할 수 있다(국토해양부, 2010). 만약 현재 장기침식이 발생하지 않고, 평형을 유지하고 있다면 평균 해빈 폭은 다음과 같다.

$$W_0 = \frac{S'}{K} \quad (4)$$

표 1 표사 물질 보전식 parameter

Littoral sediment zone	$L$ (km)	$H$ (m)	Littoral Characteristics		$K$ (/yr)	$\alpha$	$W_0$ (m)
			$S(m^3/yr)$	$S'(m/yr)$			
Geum River	19.5	25	245,613	0.50	0.01	0.37	44

만약 댐이나, 수중보, 방조제 등과 같은 유역의 개발로 모래의 양이  $\alpha$ 만큼으로 줄어들었다면, 다음 식으로부터 미래 해빈 폭  $W$ 를 구할 수 있다.

$$\frac{dW}{dt} = K(\alpha W_0 - W) \quad (5)$$

$$W(t) = W_0[\alpha + (1 - \alpha)\exp(-Kt)] \quad (6)$$

### 2.3 금강유역 주변 표사계 미래 해안 침식률 계산

금강유역의 장항 송림해수욕장의 유역 개발 전(1985년) 과거 해빈폭  $W_0$ 는 사질해안 기준 평균 약 44 m(그림 4)이고, 표사 물질 보전식 parameter들은 위의 표 1과 같다.

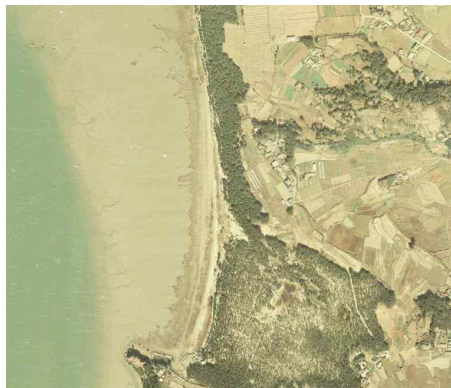


그림 4 1985년 장항 송림해수욕장



그림 5 개발 전 후 미래 해안선 결과

금강하구언 완공을 기준으로 금강유역 해수욕장의 미래(2100년) 해빈 폭은 약 24 m로 추정된다(그림 5). 따라서 금강유역 개발로 인한 미래(2100년) 해안 침식률은 약 45%로 계산된다.

### 3. 결론

본 연구에서는 Cape and Gary (2003)가 제시한 댐 건설 이후 유입 표사 감소식을 적용하여 금강유역 댐과 하구 독 건설로 인한 유입 표사량을 산정하였다. 금강유역 유입 표사량과 표사 물질 보전식으로 이용하여 금강유역 중 표사 이동에 가장 큰 영향을 받는 장항 송림해수욕장을 대상지역으로 결정, 미래 해안 해빈 폭과 침식률을 산정하였다. 향후 유역개발로 인한 미래 침식 위험 지역의 판단과 침식 위험도 평가 도입시 유용하게 사용될 수 있을 것으로 기대된다.

### 감사의 글

본 연구는 국민안전처장관의 방재안전분야 전문인력 양성사업으로 지원되었습니다.

본 연구는 한국해양과학기술진흥원의 [연안침식 대응기술 개발] 연구과제 (KIMST Proj. NO: 2013023)의 연구결과 중 일부임을 밝히며, 연구지원에 감사드립니다.

### 참고문헌

- 국토해양부 (2010) 연안정비 사업 침식관리 가이드북.
- 이사홍, 배선한, 이정렬 (2015) 댐 건설로 인한 해안 유입 토사 감소율의 산정, 한국수자원학회 2015년도 학술발표회 논문집, p. 194.
- 조광우, 맹준호, 주용준, 신현화, 김규한 (2006) 해안개발사업에 따른 해안침식 영향 저감방안 연구, 한국환경정책평가연구원 연구보고서, RE-21.
- Batalla, R. J., C. M. Gómez, and G. M. Kondolf (2004), River impoundment and changes in flow regime, Ebro River basin, northeastern Spain, *Journal of Hydrology*, 290, 117~136.
- Sanchez-Arcilla, A., J. A. Jimenez, and H. I. Valdemoro (1998), The Ebro Delta: Morphodynamics and vulnerability, *Journal of Coastal Research*, 14(3), 754~772.
- Willis, C. M. and Griggs, G. B. (2003) Reductions in fluvial sediment discharge by coastal dams in California and implications for beach sustainability, *The Journal of Geology*, 111, pp.167~182.