

부산 송도해수욕장 잠제 설치에 따른 해안특성 변화에 관한 연구

A Study on Changes of the Seashore Character by the Submerged Breakwater Installed in Songdo Beach, Busan

김용현¹, 윤종성², 김명규³, 황용태⁴

Yong Hyun Kim¹, Jong Sung Yoon², Myong Gyu Kim³ and Yong Tae Hwang⁴

1. 서 론

최근, 우리나라는 여러 가지 원인에 의해 전국 각지에서 해안침식 현상이 나타나고 있다. 해안 침식 현상은 사회적인 문제만이 아니라 지자체의 경제적 측면에도 큰 영향을 미칠 수 있기 때문에, 가능한 한 빠른 시일 내에 방지대책을 실시하여야 한다. 이에 따라 최근 곳곳에서 실제해역에 각종 해안침식 방지시설을 축조하고 있다. 그러나, 방지시설 설치 후, 표사이동특성 등의 변화를 장기간 조사하여 방지시설의 효용성 등을 면밀히 검토한 사례는 드물다.

장기 모니터링은 해안선의 변화특성이 계절적 영향 등으로 인해 단시간에 정확하게 파악되기 쉽지가 않고, 축조된 방지시설은 인근해안으로 해안침식 현상을 전이시킬 수도 있기 때문에 해안침식방지사업의 시행중에는 장기모니터링을 통한 지속적인 환경변화검토가 필수적이다.

현재, 부산 송도연안에서는 해안침식을 방지하고 친환경적인 해안을 개발하고자 송도연안 정비사업을 시행하였고, 이와 함께 정비사업에 적용된 해안침식 방지시설의 효용성 등을 파악하고, 보다 효율적인 해안 관리를 위하여 각종 해양조사를 통한 장기간의 모니터링 조사를 수행하고 있다.

본 고에서는 부산 송도연안 정비사업의 해안침식 방지시설에 대한 모니터링 수행 중, 2,3차년도의 해양조사 성과를 토대로 잠제설치에 따른 배후 해역의 수심변화와 파고감쇠 현상 등에 대하여 소개하고자 한다.

2. 송도연안정비사업의 개요

본 연구의 대상해역인 송도연안은 Fig. 1에 나타난 바와 같이 부산광역시 서구 압남동에 위치하고 있으며, 송도연안은 매년 반복되는 태풍 피해 및 해변유실의 방지와 함께 친수개

념이 도입된 시민휴식, 녹지공간 조성 등 친환경적인 해변으로 개발하고자 Table 1에 정리한 바와 같이 송도연안 정비사업을 실시 하였다.

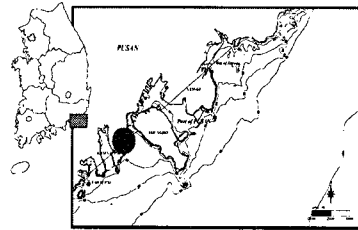


Fig. 1. 송도연안의 위치

Table 1. 송도해수욕장 정비사업의 개요

구 분		시설규모	비고
연안침식방지	잠제	L=300m, B=40m	2004.6 준공
	인공양빈	L=670m, B=50m, A=86,000m ²	현재까지3회 (231,700m ³)
	돌제	L=130m(서측), L=40m(동측)	서측:2005.2 준공, 2006.7 보강 동측:2006.6 준공
연안정비	송림공원앞 호안	L=200m	2004.8 준공
	거북섬 이안제	L=140m	2004.7 준공
	해안도로	L=1.2km	2005.12 준공

현재, 해안침식 방지시설 중 해수욕장 전면의 잠제 300m와 양빈 후 양빈사의 유실방지를 위한 해안 서측해역의 130m, 동측해역의 40m가 축조되었다. 또한, 연안정비 목적의 거북섬 호안 100m, 송림공원 이안제 등이 완공되었다.

아울러, 송도연안 정비사업에서는 해안침식 방지시설 공사

1 발표자: 인제대학교 토목공학과 석사과정
 2 인제대학교 토목공학과 교수
 3 인제대학교 토목공학과 박사과정
 4 부산광역시청 하수과

중 또는 공사 후에 발생할 수 있는 직간접적 영향을 파악하고 방지시설의 효용성 등을 평가하여 해안침식 방지시설 계획 수립시 예상치 못했던 2차 피해를 최소화할 목적으로 각종 해양 조사에 의한 표사이동 및 해양환경변화 모니터링을 수행 중에 있다. 모니터링의 조사항목 중의 파랑조사위치와 송도연안 구조물의 위치를 Fig. 2에 나타내었다.

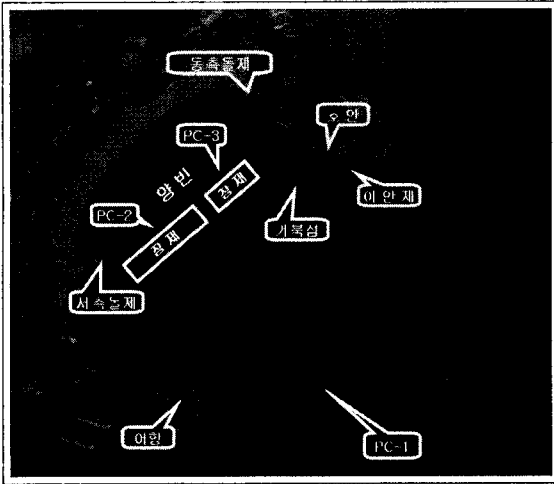


Fig. 2. 파랑조사 위치와 구조물의 위치

3. 파랑 및 수심 변화 모니터링

본 연구에서는 부산 송도연안 정비사업의 해안침식 방지시설에 대한 모니터링 수행 중, 현재까지 수행된 파랑조사를 토대로 잠제설치에 따른 내습파랑의 파고감쇠 현상과 수심측량을 토대로 해빈단면변화에 대하여 분석하였다.

파랑은 송도연안 잠제 외측해역의 PC-1지점(수심 13.5m)에 파고계를 2006년 3월부터 2008년 6월 까지 약 28개월 동안 거치하여 데이터를 취득하였다. 아울러, 잠제 배후해역의 파랑변화를 분석하기 위하여 잠제로부터 해안측인 PC-2지점 및 PC-3(수심 4.5m)에 같은 기간 동안 번갈아 파고계를 설치하여 PC-1지점과 동시에 파랑조사를 수행하였다. 하지만 부분 결측이 있음을 밝힌다.

파랑조사시 장기간 현장관측에 용이하도록 해저에 설치되어 해면에 돌출된 지지 구조물이 필요하지 않고 선박이나 어로작업에 의한 손상 또는 유실 가능성이 적으며, 폭풍 등의 이상 파랑시에도 비교적 안정하게 계속할 수 있는 수압식 파고계를 이용하였다. 본 조사의 파랑조사에 사용된 메모리형 수압식 파고계 WH-202(지점 PC-2, PC-3)와 WH-301(지점 PC-1)은 전자 유속계가 내장되어 있어 유속유향의 측정이 가능하며, 아울러, 유속데이터에 의한 파향의 측정도 가능하다.

수압자료의 취득은 파랑조사시 빈번히 존재하는 Burst error를 제거하고 бат테리의 용량을 고려하여 0.5sec 간격으로

연속 계속되도록 설정하였으며, 측정된 압력변동자료는 FFT법에 의하여 수면변동으로 변환하였으며, Zero-up crossing법을 이용하여 파별해석을 실시하였다(김규한 등, 2001).

수심조사는 해안침식 방지시설인 잠제 전·후의 해저지형 변화특성을 분석하기 위하여 잠제 설치 직후인 2005년 7월(하계)과 2008년 7월(하계)에 잠제 배후 해역에서 각각 수행하였으며, 조사시기에 따른 해저지형 결과를 각각 5m의 격자로 수치화하여 비교·분석하였다.

4. 모니터링 분석성과

4.1 송도연안의 내습 파랑특성

송도연안에 내습하는 파랑의 특성을 파악하기 위해 2007년 9부터 2008년 7월까지 PC-1지점의 파랑조사결과, Fig. 3의 파고($H_{1/3}$), 주기($T_{1/3}$)의 시계열 및 Table 2에서 보여지듯이 송도연안에는 평상시 유의파고가 0.5m 이하의 비교적 낮은 파고가 주로 내습하고 있다. 관측기간 중, 2.0m 이상의 고파랑은 관측되지 않았으며, 태풍 NARI(2007,9.16) 내습시 유의파고 1.8m(최대파고 2.47m), 유의파 주기 12초(최대파 주기 14초)의 파랑이 출현하였다.

파고 전달율을 조사하기 위해 2006년 3월부터 2008년 7월까지의 내외측의 파고를 비교하여 R/H_0 (조위에 따른 잠제 천단고/외해파고)에 따라 송도의 관측치와 우다의 실험치를 비교하여 Table 3에 나타내었다. R/H_0 에 대해 송도의 투과성 잠제가 우다의 불투과성 잠제에 비해 K_t 가 덜 민감한 것으로 판단되고, $R/H_0 < 1.6$ 이 되면 송도의 K_t 가 크게 나타났다.

Table 2. 유의파고의 출현횟수 (PC-1, 2007.6.17~2008.7.3)

유의파고	출현횟수	빈도
$0 \leq H_{1/3} < 0.25$	3686	57.4
$0.25 \leq H_{1/3} < 0.5$	2312	36.0
$0.5 \leq H_{1/3} < 1$	388	6.0
$1 \leq H_{1/3} < 2$	36	0.6
$2 \leq H_{1/3} < 3$	0	0.0
$3 \leq H_{1/3} < 4$	0	0.0
$4 \leq H_{1/3} < 5$	0	0.0
$5 \leq H_{1/3} < 6$	0	0.0

Table 3. 파고전달율

R/H_0	현장관측 K_{tobs} (송도연안)	실험 K_t (宇多 등, 1988)
0.4	0.43	0.31
0.6	0.51	0.37
1.0	0.51	0.47
1.3	0.53	0.44
1.6	0.55	0.57
2.1	0.61	0.86

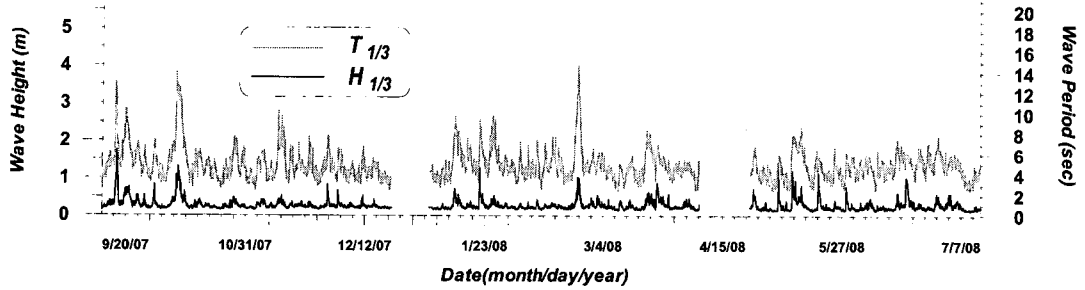


Fig. 3. $T_{1/3}$, $H_{1/3}$ 의 시계열 (PC-1, 2007.6.17~2008.7.3)

4.2 해저지형변화 분석

잠제 전·후의 해저지형의 변화를 알아보기 위해 2005년 7월과 2008년 7월의 수심측량 성과를 비교하여 Fig. 4에 나타내었고, 2007년 6월과 2008년 7월 백사장 측량을 포함하여 잠제 내측에 대한 해저수심 종단도를 Fig. 5에 나타내었다. 그리고 2007년 6월부터 2008년 7월까지의 유향벡터도를 Fig. 6과 Fig. 7에 각각 나타내었다.

Fig. 4의 2005년 7월과 2008년 7월의 수심측량 비교결과 잠제 내측에서 백사장 부근의 해역에서 침식 및 퇴적의 경향이 동시에 나타나고 있는데 이는 파랑에 의해 종단 방향으로 모래가 이동하는 것을 알 수 있다. 잠제 외측에서는 전체적으로 침식이 나타났으며 거북섬 아래는 일부 퇴적의 경향을 보이기도 하였다. 종단라인에 따른 지형변화현상은 Fig. 5에서 나타나듯이 정선 부근의 경사가 급해지는 것으로 나타나는 데 이는 파랑에 의해 해역의 모래가 백사장으로 이동한 것으로 보인다.

잠제외측인 PC-1에서의 흐름과 잠제내측인 PC-2, PC-3에서의 흐름은 Fig. 6과 Fig. 7의 유속벡터도를 비교하면 주기에 의해 외측은 조석의 영향이, 내측은 해빈류에 의한 영향이 큰 것으로 생각된다. Fig. 7에 잠제내측에서의 유향은 시계 또는 반시계방향의 흐름이 관측되었고 PC-3지점에서는 유입하는 흐름이, PC-2에서는 유출하는 흐름의 경향이 비교적 크게 관측되고 있다.

Fig. 4. 해저수심 종단라인 및 침식퇴적 평면도

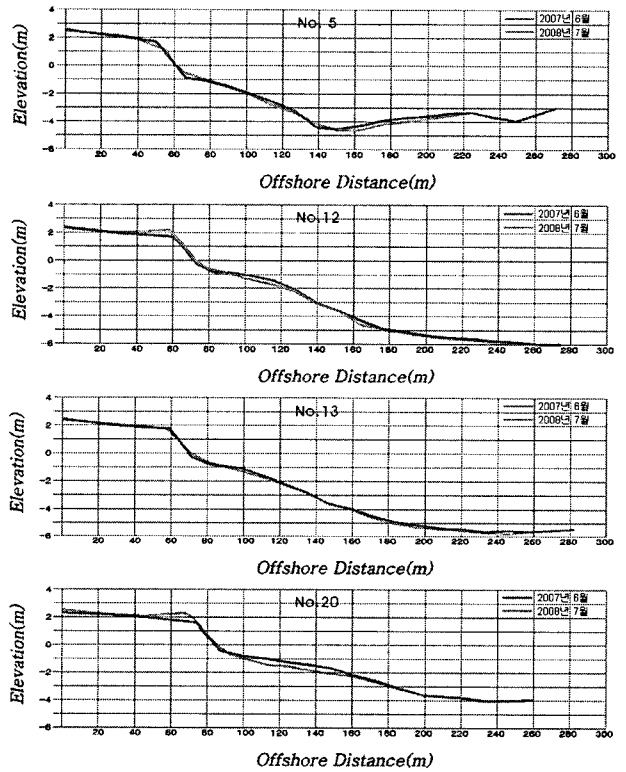


Fig. 5. 잠제내측 해저수심 종단도

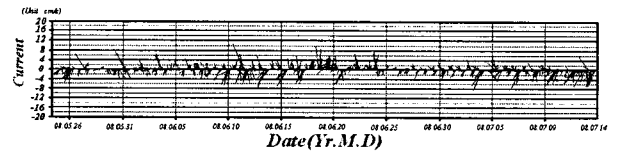
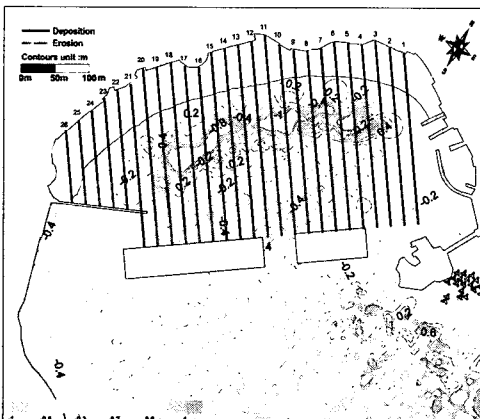
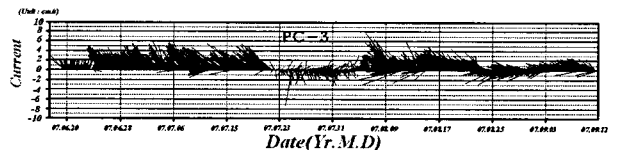


Fig. 6 PC-1지점의 유속벡터도(2008.5~2008.7)



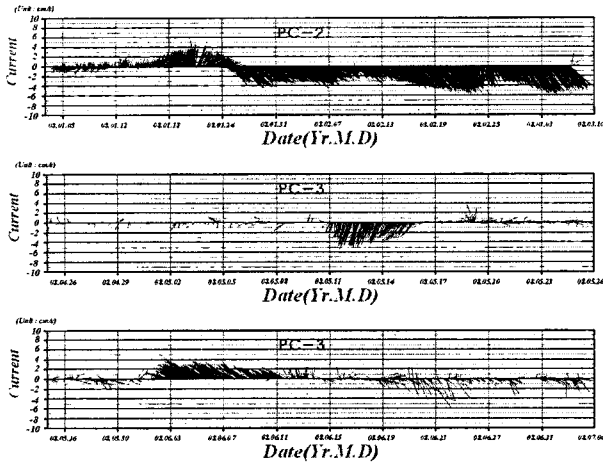


Fig. 7. PC-2 및 PC-3지점 유속벡터도 (2007.6-2008.7)

4.3 잠제주변의 환경

잠제는 이형소파블럭으로 축조된 것이기 때문에 방파제의 기능을 할 뿐 아니라, 자연스럽게 생물이 서식할 수 있는 공간을 만들어 주고 있다. 지난 2008년 7월 송도해수욕장 앞바다에 잠제 주변 수중 생태계 활성화와 수족자원 확보를 위해 참돔과 감성돔 치어 4만 마리를 방류하였고, 백사장, 동측 및 서측돌제 부근 해역에 서식하고 있는 것이 관찰되었다. 잠제설치의 간략한 과정과 잠제 주변의 사진을 사진.1에 나타내었다.

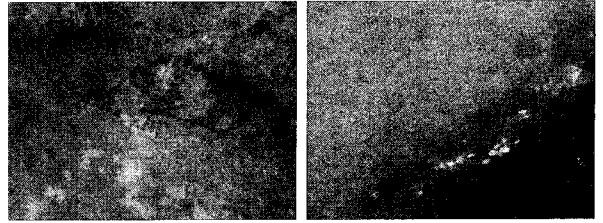
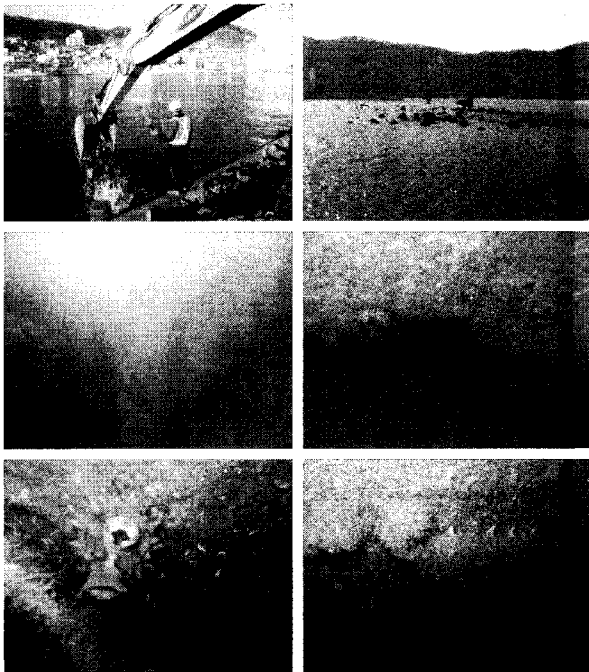


사진.1 잠제 설치과정 및 잠제 주변환경

5. 결 론

본 고에서는 송도연안에서 수행된 표사이동 및 해양환경변화 모니터링 조사 중, 파랑 및 유황조사, 수심조사의 성과를 이용하여 잠제 배후 해저지형의 변화특성 및 파고감쇠 현상을 분석하였다. 아울러, 잠제주변의 환경을 조사하였다. 이러한 분석성과를 토대로 송도연안의 지형변화 특성을 검토하고자 하였으며, 연구결과, 송도연안에 축조된 잠제는 파고감쇠 측면에서 송도연안의 해안침식 방지에 크게 기여할 것으로 추측된다.

후후, 송도연안 정비사업에서 계획된 양빈사의 유실방지를 위한 도류제의 효용성 및 양빈 후의 해빈변화특성 등을 파악하고, 나아가 조성된 모래사장의 보다 효과적인 관리계획을 수립하기 위해서는 지속적인 표사이동 해양환경변화 모니터링 조사를 통해 파랑 및 유황조사 성과는 물론, 부유사 및 소류사, 해저질 조사, 수심조사 및 해안선 조사 등의 조사성과를 종합적으로 분석하여야 하며, 아울러, 이러한 장기간의 모니터링 조사성과를 토대로 표사이동관련 인자의 특성을 면밀히 파악한 후, 송도연안의 해안선 변화 및 해저지형 변화 특성을 보다 명확하게 하여야 할 것이다.

참고문헌

- 유형석, 김규한, 윤종성, 김도삼, 황용태 (2005). "부산 송도연안의 표사이동 및 해양환경변화 모니터링", 2005년도 한국해양과학기술협의회 공동학술대회
- 宇多高明, 小俣 篤, 横山楊久 (1988). "人工リーフの機能と設計法", 土木研究所資料, 第2696号, pp 79
- 日本 全國海岸協會 (2004). "人工リーフの設計の手引"
- 田中則夫 (1976). "天端幅の廣い潛堤の波浪感殺および砂浜安定效果について", 第23回海岸工學講演會論文集, pp 152~157