

송도해안의 해안침식이력 특성

History and Characteristic of Beach Erosion on Songdo Beach in East coast of Korea

김 규 한* / 유 형 석**

Kim, Kyu Han / Yoo, Hyung Seok

Abstract

Songdo beach in Pohang City has suffered from bouts of beach erosion due to various reasons over many years. One of the most controversial issues is the extent of the harbor facilities effect on the beach erosion. In this study, the characteristics of erosion to Songdo beach were reanalysed using historical data and some aerial photos. Specifically, we set test cases based on the history of human modifications to the surrounding area and the topographic change around Songdo beach were investigated by 3D topographical deformation model. In the end, based on the results of these various kinds of investigation, this study found multiple causes of Songdo beach erosion.

keywords : Songdo Beach, Beach erosion, Aerial photos, 3D topographical deformation model

요 지

포항시에 위치한 송도해안은 오랜 기간 동안 여러 가지 원인에 의하여 해안침식이 진행되었다. 송도해안의 해안침식 문제와 관련하여 논쟁의 이슈로 되어 있는 문제 중 하나는, 해안침식에 대한 주변 해안구조물의 영향 범위이다. 본 연구에서는, 이를 검토하기 위하여 송도해안의 침식특성과 관련된 기존자료 및 항공사진자료 등을 통하여 재분석하였다. 특히, 주변지역의 인위적인 해안개발 상황을 토대로 실험안을 구성한 후, 3차원 지형변동모델을 이용하여 송도해안의 해안변형상황을 검토하였으며, 아울러, 이러한 다방면의 해석을 통해 얻어진 검토결과들을 토대로 대상해안의 침식이력특성을 파악하고자 하였다.

핵심용어 : 송도해안, 해안침식, 항공사진, 3차원 지형변동 모델

1. 서 론

해안재해의 문제는 이미 오래 전부터 우리의 생활에 밀접한 영향을 끼쳐 왔으며, 선진국에서는 해역의 특성에 따라 여러 형태로 발생하는 해안재해(Coastal disasters)가 사회적 문제로 대두되어 그에 대한 막대한 투자가 이루어져 왔다. 해안재해는 발생원인 및 형태에

의하여 쓰나미에 의한 재해(Tsunami disaster), 폭풍해일에 의한 재해(Storm surge disaster), 고조고파에 의한 재해(High wave disaster), 해안침식에 의한 재해(Beach erosion disaster) 등으로 구분되어질 수 있다.

특히, 표사이동에 기인한 해안침식 및 박지의 항내매물 등은 모두 파랑과 흐름이 복잡하게 공존하는 연안역에서 발생하는 대표적인 문제들이다(유형석과 김규한,

* 관동대학교 공과대학 토목환경학부 교수

Professor, Division of Civil & Environmental, Kwandong Univ., 522, Naegok, Gangneung, Gangwon, 210-701, Korea
(e-mail: kkhkim@kd.ac.kr)

** 관동대학교 공과대학 토목환경학부 박사과정

2003). 표사공급원인 하구와 근접한 해역에서의 해안구조물 건설 및 유로변경 등은 주변 해안선의 변화에 상당한 영향을 미치게 되며 해안침식과 같은 형태로 지역 주민의 생활에 악영향을 끼칠 수 있다. 따라서, 해안공학자들은 이러한 해안구조물 건설 등에 의한 해빈변형의 해석에 많은 시간과 노력을 투자해 왔으나, 복잡 다양한 현상이 중첩되어지는 하구역에서의 표사이동 현상에 대하여 명확하게 규명하지 못하고 있는 실정이다. 이러한, 현상을 합리적으로 이해하고 해결하기 위해서는 우선 현지에서 발생하고 있는 파랑과 흐름, 저질이동의 상호작용 실태, 해안구조물의 공사상황 등을 종합적으로 파악한 후, 이러한 요소를 종합적으로 고려하여 검토할 필요가 있다.

본 연구에서는 하구가 존재하는 해역으로서 해안구조물 건설 등 주변여건 변화로 인하여 해안침식이 유발되어 사회적으로 문제를 야기시키고 있는 경상북도 포항시 송도해안 일대의 표사이동에 따른 해안 침식 현상을 검토하였다. 검토에 있어서는 대상해역에서 수행되어진 기존의 조사 성과와 항공사진자료 등을 종합적으로 정리하고, 과거의 상황을 토대로 단계별 해안침식과정에 대해 재분석하였다. 대상해역의 년도별 해도자료로부터 수심의 단면변화를 분석하였으며, 해안구조물의 이력상황을 고려한 실험안을 구성하고 각각의 실험안에 대해서 해빈변형 수치모형실험을 수행하여 해안구조물 건설에 따른 해빈류 패턴변화 및 그에 따른 표사이동의 영향범위 변화를 검토하였다. 아울러, 이러한 다방면의 해석을 통해 얻어진 검토결과들을 토대로 대상해안의 침식이력특성을 파악하고자 하였다.

2. 기존 조사성과 분석

2.1 대상해역의 자연조건

대상해역인 경상북도 동해남부에 위치한 송도해안 일대(Fig. 1 참조)는 조석간만의 차가 매우 작고, Headlands 내측에 위치하고 있으며, 해안의 북측은 포항구

항, 남측은 표사원인 형산강 하구와 포항신항이 위치하고 있다.

송도해안은 지형적인 영향으로 내습파랑 및 해상풍의 탁월방향이 Fig. 2에서 나타나는 것과 같이 NNE, NE 등으로 한정되어 있으며, 연안방향의 흐름 또한 비교적 작게 나타나고 있다(한동대학교, 2000). Fig. 1에서 볼 수 있듯이 대상해안인 송도백사장(White Beach)은 만내에 위치하고 있으며, 일명 포켓비치(Pocket Beach)내에 형성되어 있는 매우 안정적인 해안이라 말할 수 있다(김규한과 유형석, 2003).

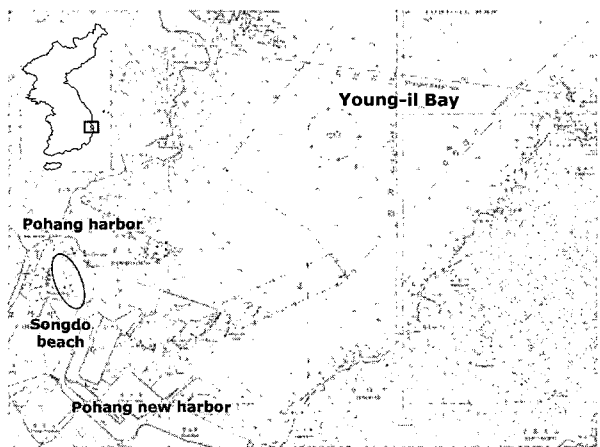


Fig. 1. Location of Songdo beach, Pohang

2.2 송도해안의 표사원

본 해역에서는 NNE, NE 방향의 파랑 및 해상풍이 탁월하며 이들은 하구 델타해안에 거의 직각한 방향으로 출현하고 있어, 형산강 하구로부터 공급되어진 저질이 하구의 양측으로 분배되었음을 쉽게 추정할 수 있으며, 아울러, 포항신항 매립지역 또한 하구로부터의 유입토사가 퇴적됨에 따라 하구 델타해안이 형성된 것으로 판단된다.

송도해안의 주 표사원으로서 작용하는 형산강의 유량은 4월의 용설기, 6, 7월의 장마기, 8, 9월의 태풍기에 크게 나타나며, 주로 하절기에 집중되어 있다. 연평균

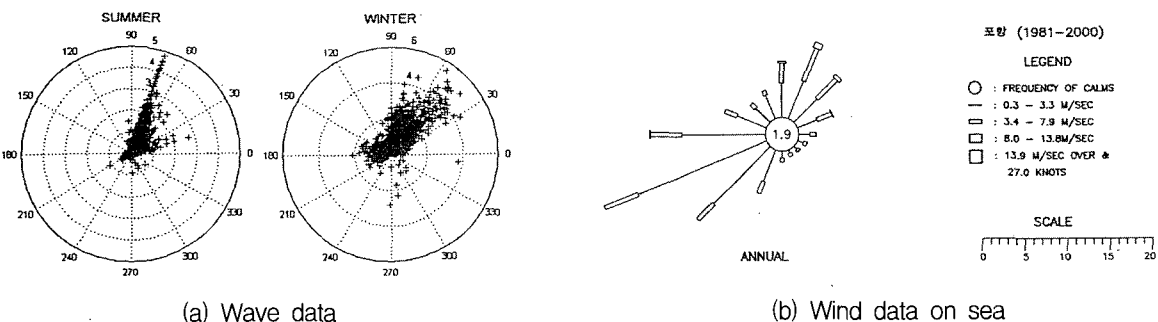


Fig. 2. Characteristics of Wave and Wind on Songdo beach

유출량은 약 648,000,000 m^3/yr 로 타 하천에 비해 그 규모가 작다고 볼 수 있어 다량의 토사를 생산하는 하천은 아닌 것으로 판단된다. 또한, 하구 유출유량과 유출토사량에 큰 영향을 미치는 형산강 본류 및 기계천 구간에 댐, 수중보 등의 수공구조물은 Table 1(건설교통부, 1998)과 Table 2(한국해양연구원, 2002)에 나타낸 바와 같이 거의 1970년 이후에 축조되었다. 수중보 등과 같은 수공구조물은 평상시에 하도 내의 전반적인 하상퇴적을 유도하고 홍수시 유출유량의 증가를 유발시킬 수 있으나, 이것이 토사유출량의 증가로 이어지지 않으며 결국 평균적인 유출토사량의 감소에 기여하였을

것으로 판단된다. 따라서 이러한 하천상류의 개발은 결국, 송도해안 일부구간의 침식에 기여했을 것으로 추정된다.

2.3 송도해안의 해안구조물 건설

송도 백사장 북측의 포항구항 및 남측의 포항신항은 Table 3과 Table 4에 나타낸 바와 같이 1960년대부터 점차적인 개발이 진행되어져 왔다(포항지방해양수산청, 1990). 포항신항의 항만건설은 해역의 규모로부터 볼 때, 매우 대규모의 개발임을 알 수 있으나, 만의 지형적인 특성과 한정된 파랑, 해상풍의 탁월방향(NE, NNE)

Table 1. Dams on Hyeongsan-river

Dam	Location	Effective storage (m^3)	Year
AnGye	Yugeum-ri, Gangdong-eup, Gyeongju-si	13,000,000	1971
Yeongcheon	Seonggok-ri, Jayang-myeon, Yeongcheon-si	81,400,000	1980

Table 2. River structures on Hyeongsan-river

Classification	River	Hyeongsan-river	Gigye-stream	Total
	Flood prevention structures	Embankment	77,380 m	26,490 m
Bank protection		77,380 m	26,490 m	103,870 m
Drainage reservoir		2 place	1 place	3 place
Drainage sluice		68 place	12 place	80 place
Drain pipe		67 place	6 place	73 place
Drop structure		-	-	-
Water Irrigation structures	Intake reservoir	17 place	-	17 place
	Intake low dam	18 place	13 place	31 place
	Intake sluice	9 place	13 place	22 place
The others	Watermark	4 place	-	4 place
	Bridge	22 place	10 place	32 place

Table 3. Construction history of harbors nearby Songdo beach

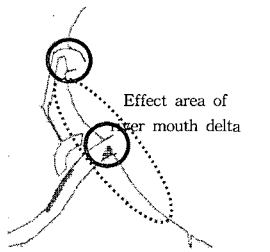
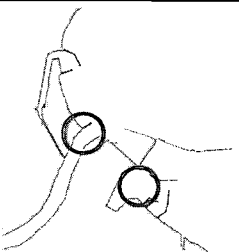
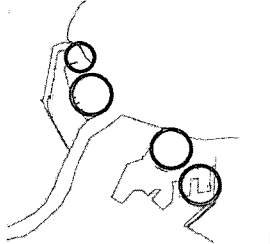
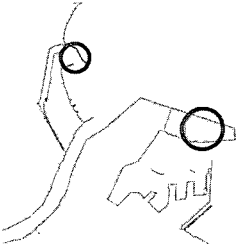
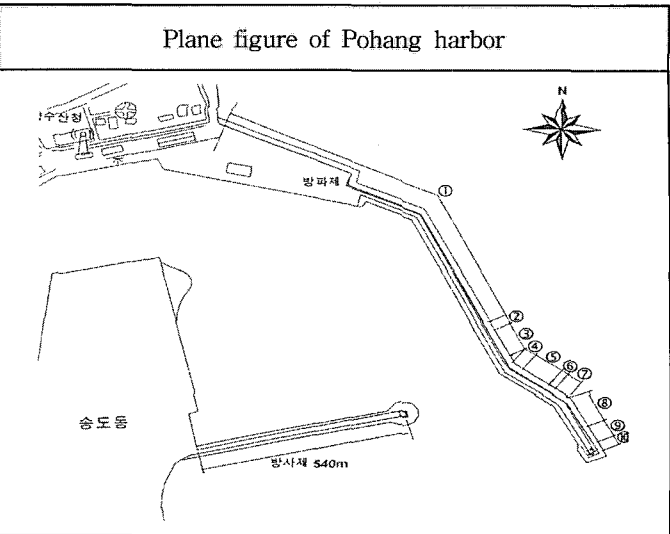
Year	Construction situation		Year	Construction situation	
1967 before		<ul style="list-style-type: none"> ◦ Pohang harbor construction ◦ Jetty construction on Hyeongsan-river mouth 	1967 ~ 1977		<ul style="list-style-type: none"> ◦ Changing of Hyeongsan-river mouth (1973~1975년) ◦ Construction of Pohang new harbor
1977 ~ 1985		<ul style="list-style-type: none"> ◦ Pohang harbor breakwater extension ◦ Extension of Pohang new harbor 	1996		<ul style="list-style-type: none"> ◦ Pohang harbor breakwater extension ◦ Extension of Pohang new harbor

Table 4. Construction history of the breakwater on Pohang harbor

No.	Year	Extension distance	Cumulative total	Plane figure of Pohang harbor 
①	Before 1976		662.0m	
	⋮	⋮	⋮	
②	1978	20.0m	682.0m	
③	1979	61.5m	743.5m	
④	1980	47.0m	790.5m	
	⋮	⋮	⋮	
⑤	1982	58.0m	848.5m	
⑥	1983	13.5m	862.0m	
	⋮	⋮	⋮	
⑦	1987	30.0m	892.0m	
⑧	1988	70.0m	962.0m	
⑨	1989	38.0m	1,000.0m	
⑩	1990	10.0m	1,010.0m	

등을 고려한다면 항만건설로 인한 파랑 및 해수유동 등의 지형변화 영향은 적게 나타날 것으로 판단된다. 반면에, 1970년대 형산강의 유로변경을 위하여 준설된 토사는 포항신항 매립지의 매립토사로 사용되었으며, 일부는 형산강 하구 좌측 해도동의 습지 매립토사로 사용되었다는 점(건설부, 1986)을 감안할 때, 이러한 하천의 준설토사 이용은 당시 하천으로부터의 유출토사량을 감소시켰을 뿐만 아니라 유로변경으로 인해 송도백사장장의 표사공급에 적지 않은 영향을 끼쳤을 것으로 판단된다.

포항신항의 남측해안은 포항신항에 의해 형산강으로부터의 표사공급이 차단되어 있는 해역이지만, 이곳에서의 해안침식은 그다지 큰 문제로 인식되고 있지 않다. 따라서, 이 구역에서부터는 하구 델타의 영향을 받고 있지 않았던 지역이라는 것이 추측된다. 결국, Table 3에서 나타냈듯이 형산강 남측으로 하구델타의 영향을 받아왔던 지역은 현재 포항신항 건설에 따라 매립되어졌을 가능성이 높다. 한편, 송도해안은 하구 델타 영향 영역의 북측해역이지만, 현재 이 해역에서는 형산강으로부터의 표사공급이 계속되므로 표사원의 감소, 표사원 차단 문제는 없을 것으로 판단된다. 오히려, 형산강으로부터의 표사가 남측으로 배분되지 않기 때문에 하구의 폐쇄현상이나 포항구항의 항구매물 등 과잉표사 문제가 발생할 수 있다는 점에 주의를 기울여야 할 것으로 판단된다.

2.4 최근 송도해안의 변화특성

본 연구에서는 1967년부터 1996년까지의 기존 항공사진 분석성과(Fig. 3 참조)를 재검토하였다. 검토결과, 해안북단의 포항구항 방사제측으로는 퇴적이 현저하게 나타나고 있으나, 남측에서는 약간의 침식경향이 나타

남을 볼 수 있다. 아울러, Fig. 4에 나타낸 1985년과 2002년의 해도수심 비교결과로부터 송도 백사장 전면해역에는 토사량이 증가하고 있다는 것을 분명하게 알 수 있다.

또한, 송도해안 북측에는 1960년대부터 포항구항의 증설이 계속되어져 왔다. 일반적으로, 방파제를 연장하

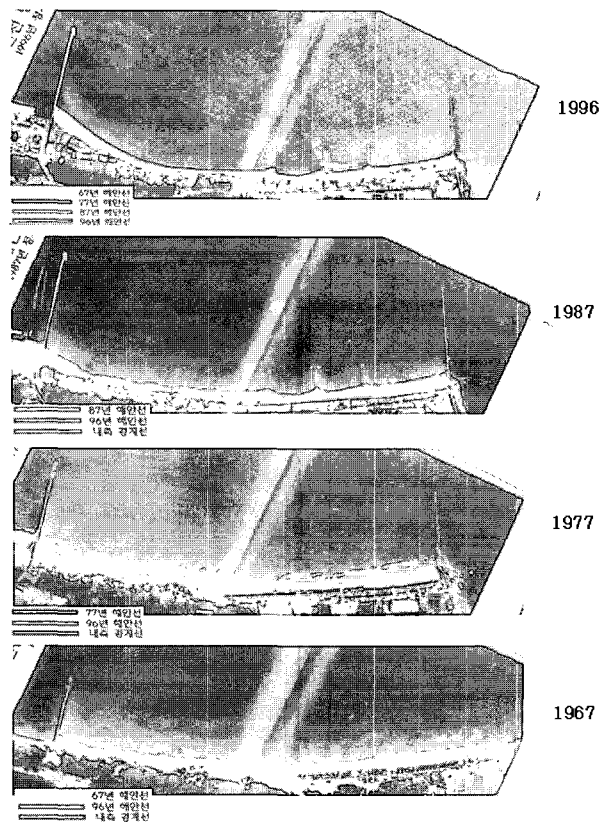


Fig. 3. Analysis of shoreline change based on aerial photos (1967, 1977, 1987, 1996)

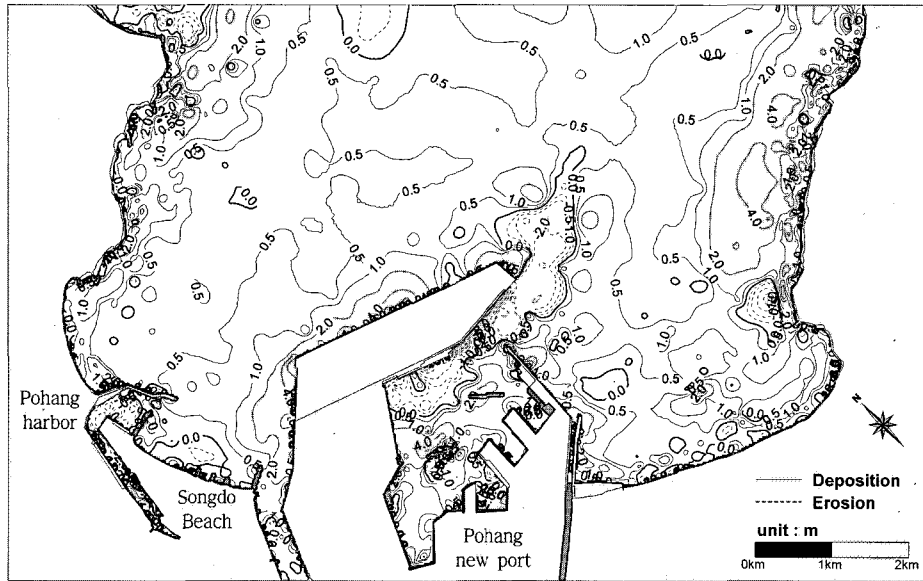


Fig. 4. Analysis of water depth change based on a marine chart (1985~2002)

는 경우에는 그 영향범위의 확대를 고려하여 주변해안에 미치는 영향에 대한 대책을 강구하여야 한다. 포항 구항에 있어서는 방사제 남측의 해변변형 대책을 강구하지 않은 상태에서 축조되었던 까닭에 방파제에 의한 회절과 영향이 작용하여 송도해안 북측에서의 퇴적현상과 해안남측 구간에서의 침식현상이 야기되었을 것으로 판단된다. 아울러, 이러한 현상은 항만구조물 건설 및 방파제의 연장 등으로 인하여 발생한 환경변화 과정으로 안정적인 Pocket beach의 형상을 취하려는 자연적인 현상에서 유발된 것으로 사료된다. 이를 명확하게 규명하기 위해서는 백사장에 돌출구조물(어항, 항만의 외곽구조물, 돌제 등)이 설치될 경우, 구조물과 주파향이 이루는 각도에 상관되는 해안침식의 영향범위를 면밀히 검토할 필요가 있다고 판단된다(Tanaka and Sato, 1976).

한편, 송도해안 남측에서는 형산강 하구부 흐름의 안정을 도모하기 위하여 설치된 도류제로 인하여 형산강으로부터의 직접적인 토사공급이 단절된 까닭에 약간의 해안침식이 나타났을 가능성은 있지만, 하구 테라스로부터의 파랑에 의한 저질의 퇴적현상 때문에 그 영향도 서서히 회복되고 있는 것으로 판단되며, 실제로도 큰 해안선의 후퇴는 확인할 수 없다.

3. 송도해안의 해안선 변동량과 전면해역의 단면변화 검토

본 연구에서는 1985년과 1996년의 해도자료와 항공사진자료에 의해 송도해안 전면해역의 단면변화 및 해

안선 변동량의 상관관계를 검토하였다. 본 검토에서는 파랑에 의한 수심변화가 더 이상 발생되는 않는다고 생각되는 영역에서 수심 변화량을 "0"으로 되게끔 보정을 하여 단면을 비교하였다. 비교단면의 위치는 Fig. 5에 나타내었고, 비교결과를 Fig. 6에 나타내었다. 파랑에 의한 수심변화고의 추정에는 여러 방법이 있으나, 宇多高明(2002)의 방법을 사용할 경우, 수심변화의 이동한계수심은 $h_{cr} = 4.47 \times H_{s(90)}$ 으로 산정된다. 여기서, $H_{s(90)}$

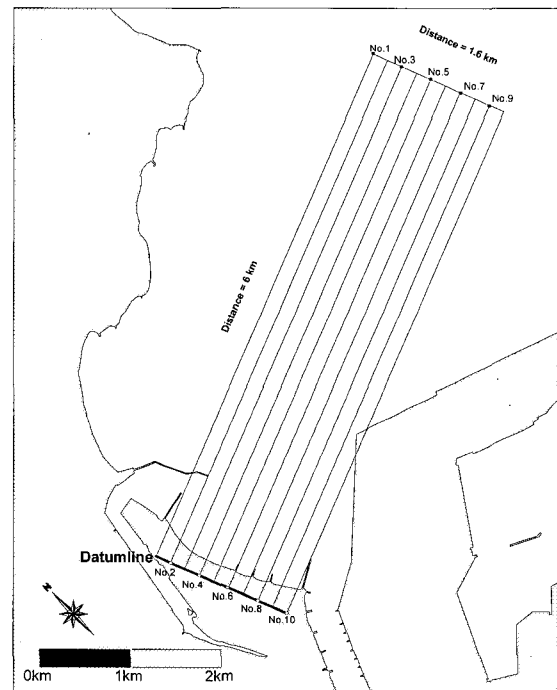


Fig. 5. Sections for analysis of water depth change

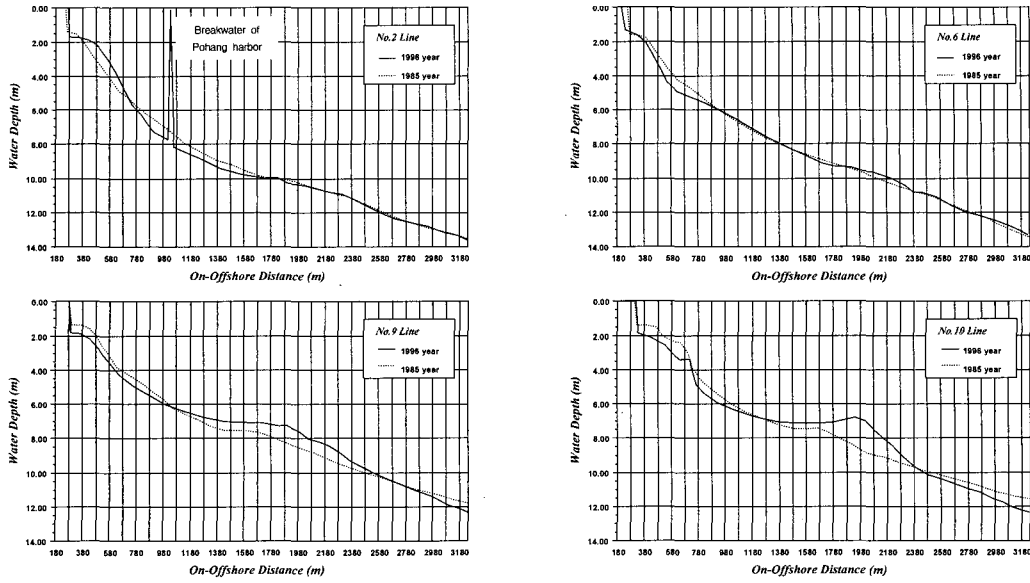


Fig. 6. Analysis results of water depth change based on sections

Table 5. Computation Results of h_{cr}

Wave dir. Wave Hei.	NNE		NE		ENE		E	
	No. of appearance	Ratio of Cumulative appearance	No. of appearance	Ratio of Cumulative appearance	No. of appearance	Ratio of Cumulative appearance	No. of appearance	Ratio of Cumulative appearance
$H_{st} < 0.5$	10	1.1	58	8.4	29	8.8	40	10.3
$0.5 \leq H_{st} < 1.0$	101	12.6	213	39.1	128	47.9	174	55.3
$1.0 \leq H_{st} < 2.0$	507	69.9	321	85.4	125	86.0	152	94.6
$2.0 \leq H_{st} < 3.0$	225	95.4	76	96.4	42	98.8	20	99.7
$3.0 \leq H_{st} < 4.0$	37	99.5	15	98.6	2	99.4	1	100.0
$H_{st} \geq 4.0$	4	100.0	10	100.0	2	100.0	0	100.0
Total	884		693		328		387	
$H_{s(90)}$		2.8		2.4		2.3		1.9
h_{cr}		12.5		10.8		10.3		8.4

은 비초과확률이 90% 되는 파고이며, 송도해안에서 영향을 미칠 수 있는 NNE, NE, ENE, E 방향의 $H_{s(90)}$ 가 JMA 파랑산출자료를 정리하여 산출한 Table 5와 같이 1.9~2.8 m로 산출되므로, 송도해역의 지형변동고는 8.4~12.5 m 정도로 나타난다. 검토결과, 측선 No.1~7까지는 수심 10 m 근방에서 수심변동한계가 확인되었다. 따라서 위의 보정이 매우 타당하다는 것을 확인할 수 있으며, 이때의 해안선도 명확히 후퇴하는 곳이 보이지 않는다.

그러나, 측선 No.8~10에 있어서 이러한 보정방법으로는 심해측에서 잘 맞지 않으며 상당량의 퇴적현상이 나타나고 있다. 이는 포항신항 제 3, 4투기장의 건설로 인하여 형산강 하구의 유출토사가 1985년에 비해 외해 측에 퇴적된 것에 기인한 현상으로 사료되며, 결국, 대

상해역에서는 수심의 단면변화량과 해안선 변동량의 상관성이 미약하다는 것으로 판단할 수 있다. 따라서, 단면 변화량과 해안선 변동량의 상관성이 미약하다는 점을 감안할 때, 소위 One line theory에 의한 해안선 변화 예측의 적용성은 좋지 않을 것으로 사료된다.

4. 해빈변형 수치모형실험

앞서 언급한 바와 같이 대상해역에서는 수심의 단면 변화량과 해안선 변동량의 상관성이 미약한 것으로 나타나고 있어 One line theory에 의한 해안선 변화 예측방법의 적용성은 그다지 양호하지 않을 것으로 판단됨에 따라서 본 연구에서는 해빈변형 수치계산을 해안구조물 공사시점별로 수행하여 포항구항과 신항의 건설에 따른 표사이동의 영향범위를 검토하고자 하였다.

4.1 수치계산 조건

해빈변형 모형은 파랑장·해빈류장의 계산 및 지형변동계산의 3가지 Sub model로 구성되어, 종합적 해빈변형 예측 System으로서 구축되어 사용되어진다(김규한 등, 2001). 해빈변형의 수치모형실험을 수행하기 위한 입사파랑 제원은 대상해역에서 지형변동에 주영향을 끼칠 것으로 판단되는 NNE, NE, ENE 방향을 취하였다. 파고 및 주기는 해빈류에 의한 해빈변형을 계산할 경우, 해안선 전면 수심에서 쇄파대가 형성될 수 있는 파랑 즉, 해빈류에 의한 지형변동이 탁월하게 발생될 수 있는 파랑을 설정한다. 따라서, 본 계산에서는 대상해역의 연중 1/20 최대파 조건을 이용하였으며, 지형변동현상의 재현기간은 각 파향별로 입사파고에 대해 에너지플럭스를 고려하여 1년간에 해당하는 계산일수를 산정하였다. 격자간격은 $\Delta x = \Delta y = 25m$ 로 하여 480×300 개의 격자로 구성하였다.

본 연구에서는 Fig. 7 및 Table 6에서 나타난 바와 같이 해안침식의 원인을 분석하기 위하여 과거안(1985년안) 및 Case1, Case2의 해빈변형상황을 검토하였다.

4.2 수치모형실험 결과

수치모형실험은 전술하였듯이 해빈변형실험의 sub model인 파랑장 및 해빈류, 지형변동의 계산을 각 파향별로 수행하였으나, 본 논문에서는 지면의 여건상 해빈류 및 지형변동 계산결과만을 나타내었다. 포항신항 매립의 영향을 검토하기 위한 Case1의 실험결과와 1985년안의 해빈류 및 지형변동 실험결과를 거의 같은 경향을 나타내고 있으며, 이러한 경향은 과거안과 지형변동 계산결과를 비교한 Fig. 8 (d)의 순지형변동량에서도 잘 나타나고 있다. 포항구항 외곽구조물이 송도해안에 미치는 영향을 살펴보기 위한 Case2의 실험결과, 송도백사장 북측의 포항구항 방사제와 접한 해안측에서 과거안 및 Case1안에 비해 북측으로의 해빈류가 탁월하게 나타나고 있다. 이러한 흐름의 변화로 인하여 국부적으로 퇴적이 나타나고 있으며, 퇴적구간 남측에는 침식경향이 비교적 넓게 증대된 것을 알 수 있다. 이러한 결과는 Case2와 과거안의 지형변동량을 비교한 Fig. 8 (e)에서 분명하게 나타나고 있다. 이러한 실험결과로부터, 송도해안의 국소적인 침식원인은 포항신항 구조물의 영향은 물론, 포항구항의 방파제 연장도 비교적 많은 영향을 미친 것으로 판단된다.

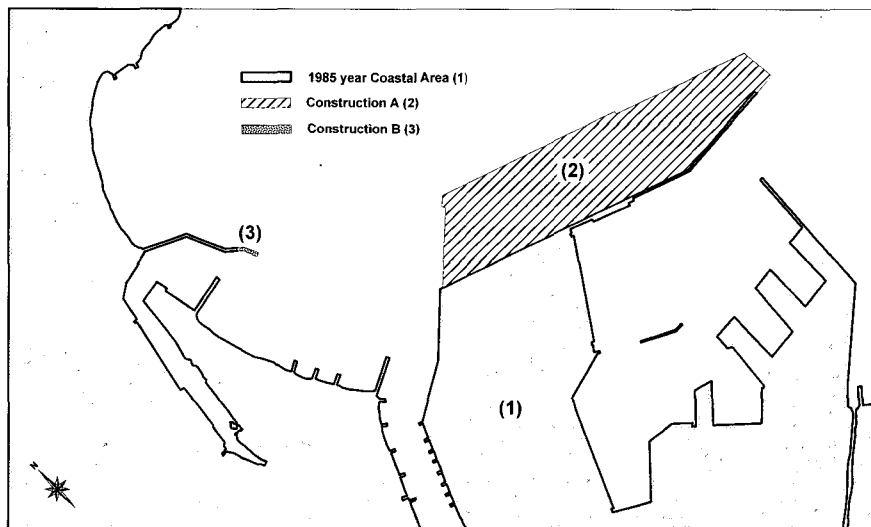
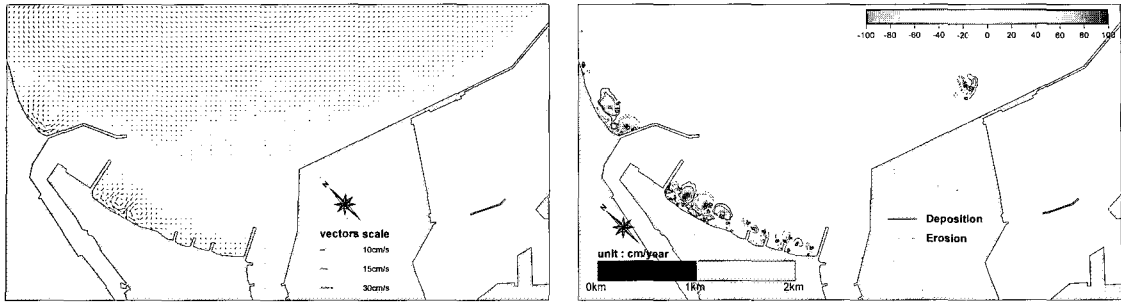


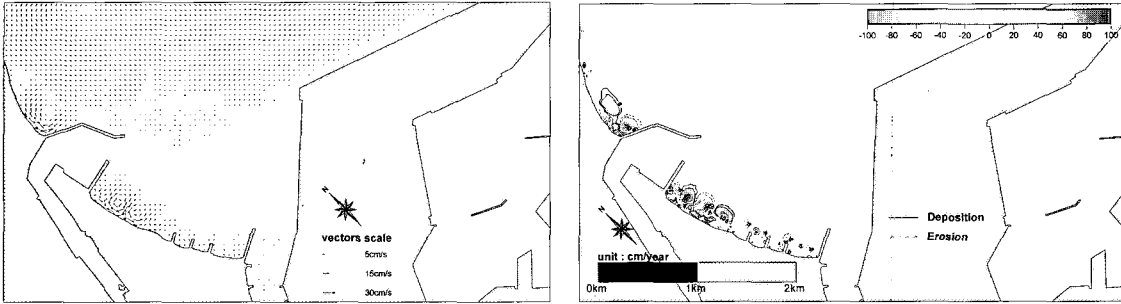
Fig. 7. Plane condition for the topographical deformation model test

Table 6. Cases of the topographical deformation model test

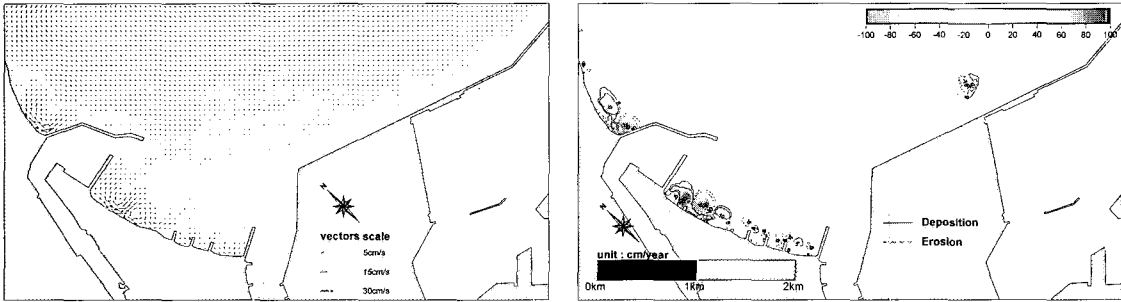
Classification	Case0 (1985)	Case1	Case2
Plane condition in Fig.7	(1)	(1)+(2)	(1)+(3)
Water depth	Situation (1985)		
Wave input condition	NNE : $H=2.96\ m$, $T=9.5s$, NE : $H=2.60\ m$, $T=10.0s$, ENE : $H=2.35\ m$, $T=8.5s$		



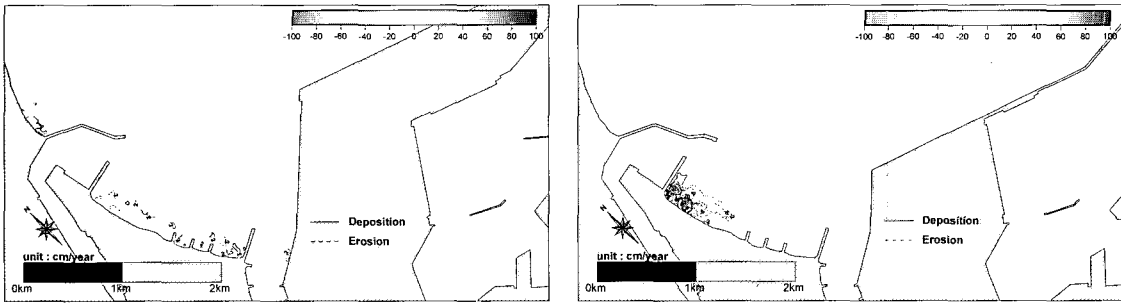
(a) Test results of wave induced current(NNE) & topographical change(NNE, NE, ENE), Case0



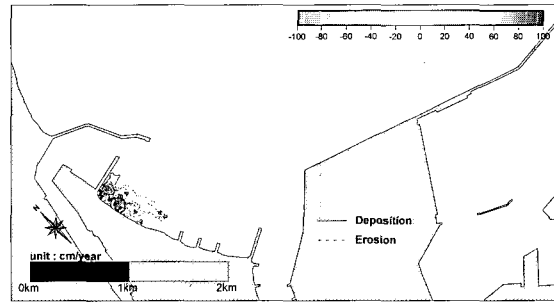
(b) Test results of wave induced current(NNE) & topographical change(NNE, NE, ENE), Case1



(c) Test results of wave induced current(NNE) & topographical change(NNE, NE, ENE), Case2



(d) Analysis results of 1985-Case1



(e) Analysis results of 1985-Case2

Fig. 8. Numerical test results

5. 결론

본 연구는 해안구조물 건설 및 유로변경 등으로 인하여 해안침식이 유발된 송도해안 주변해역을 대상으로 기존 조사성과 및 기존자료에 대한 재분석과 더불어, 해안선의 변화와 해안 전면의 수심변화 분석, 그리고 해빈변형 수치모형실험 등의 방법을 통해 해안구조물이 주변해역에 미치는 영향을 검토하고자 하였다.

대상해안의 해안침식에 있어서는, 1970년대 이후, 수

공구조물 구축 등의 하천상류 개발과 유로변경 및 그에 따른 준설토사의 이용 등에 의한 유출토사의 감소현상이 과거 송도해안의 모래유실에 적지 않은 영향을 끼친 것으로 판단되었다. 또한, 1970년대 형산강의 유로변경을 위하여 준설된 토사는 포항신항 매립지의 매립토사로 사용되었으며 일부는 형산강 하구 좌측 해도동의 습지 매립토사로 사용된 점을 감안할 때, 이러한 하천의 준설토사 이용은 당시 하천으로부터의 유출토사량의 감

소는 물론, 유로변경으로 인하여 송도 백사장의 표사공급에도 적지 않은 영향을 끼쳤을 뿐만 아니라, 과거 송도 백사장의 모래 유실과 깊은 관계가 있었을 것으로 판단된다. 아울러, 포항구항의 주방파제 연장 및 포항신항 매립에 따른 주변해안의 침식영향을 구체적으로 검토하기 위하여 3차원 해빈변형실험을 수행한 결과, 포항구항의 주방파제 연장으로 인하여 송도해안의 국소적인 침식현상이 비교적 크게 나타난 것으로 확인되었다.

그리고, 송도해안은 현재, 포항구항 주방파제의 연장 및 포항신항의 건설, 하천상류의 개발 등 복합적인 영향으로 인해 국부적인 해안침식현상이 유발된 것으로 판단되어지나, 향후에는 오히려 표사과잉 상태가 되어, 잉여토사에 의한 항로매몰, 포항구항의 항구매몰 등 2차 재해가 예상되고 있다. 따라서 형산강 하구 테라스 퇴적토사의 계획적인 준설계획이 면밀히 검토되어야 되고 준설토의 Sand bypassing에 의한 백사장 관리방안이 수립되어야 할 것으로 사료된다.

감사의 글

본 연구의 일부는 차세대 핵심환경기술개발사업과 지역협력연구센터의 지원에 의한 것임을 밝히며 이에 감사의 뜻을 표합니다.

참 고 문 헌

- 김규한, 유형석 (2003). “해안구조물 주변의 해안침식 원인분석.” **대한토목학회 학술발표회 논문집**, 대한토목학회, pp. 5028-5033
- 유형석, 김규한 (2003). “현장관측에 의한 침식해안의 표사이동분석.” **대한토목학회 논문집**, 대한토목학회, Vol. 23 No. 2B, pp. 115-121
- 건설부 (1986). 포항신항 건설지
- 건설교통부 (1998). **기존 댐 용수공급능력 조사보고서**
- 포항지방해양수산청 (1990). **항만대장**
- 한국해양연구원 (2002). **송도백사장 복구 및 보상대책 관련용역 보고서**
- 한동대학교 (2000). **송도 백사장 유실 원인규명 및 대책수립 연구보고서**
- 宇多高明 (2002). “沿岸漂砂量, 波による地形變化の限界水深および波候特性の關係.” **海洋開發論文集**, 第18卷, pp. 803-808.
- Tanaka and Sato (1976). “Topographic Change Resulting from Construction of a Harbor on a Sandy Beach.” *Kashima Port. Proc. 51th Coastal Eng.*, Chap. 106.

(논문번호:05-119/접수:2005.08.26/심사완료:2005.11.17)