

## 서해연안 돌제구조물 인근의 침퇴적 변화 Sedimentation Around Jetties in The West Coast

서승원<sup>1</sup>, 유경선<sup>2</sup>, 김준호<sup>3</sup>

Seung Won Suh<sup>1</sup>, Gyeong Sun Yoo<sup>2</sup> and Jun Ho Kim<sup>3</sup>

### 1. 서 론

우리나라 서해안은 조차가 크며, 지역적으로 그 차이가 매우 심하게 나타나고 있다. 이러한 조석특성은 수심이 불규칙하고 낮은 연안에서 비선형 운동을 야기하면서 복잡한 양상으로 나타난다. 서해중부 해역인 전북 해안에서는 조류의 특성이 대체로 창조시에 연안을 따라 북상하고 낙조시에는 이와 반대의 양상을 보이지만 최강류시에 수송된 해저질과 비대칭성에 기인된 조류의 잔차류 등의 영향으로 연안지형의 동적 변화가 꾸준히 일어나고 있다. 서해안에서 목포의 영산강 하구 해역은 인위적인 제방의 축조로 인해 조석수동역학의 변화가 나타나고(강 과 문, 2000) 금강하구의 군장해역에서는 제방축조로 조석체계의 교란이 뚜렷한 해역으로 평가된다(서승원, 1998). 특히 새만금 방조제의 축조는 인근 조석체계 뿐만 아니라 황해 전역에 걸쳐서도 그 영향을 미치고 있는 것으로 보고 되며(최와 이, 2003), 여기서 파생되는 조석-조류 체계변화는 인근의 전복을 포함한 서해중부 연안에 직간접적으로 영향을 미치게 된다.

우리나라 서해중부 연안은 조차가 6m-7m 에 이르는, 대조차 해역에 속하므로 해저질의 수송과 침퇴적은 조류와 직접적으로 관련성이 있게 된다. Klein(1985)에 따르면 조간대의 경우 침수되었을 때에만 조류가 발생되므로, 조류가 조간대를 가로질러 흐르는 경우 저니토는 조류에 대응하는 해저의

소류력에 기인되어 움직이게 된다. 대체로 조류속도가 10cm/sec를 초과하게 되면 모래 입자를 움직일 수 있는 소류력을 갖게 된다. 평균 조류속도가 50cm/sec를 초과하게 되면 current ripple이 생성되고, 40cm/sec 정도이면 dune 이 생성되는 등 조류속도가 해저의 수송과 해빈형성에 직접적으로 영향을 미치게 된다. 이처럼 조류속도가 해빈변형을 유발하므로, 조류체계의 급격한 변화를 초래하는 해안의 돌제 구조물 축조는 조간대의 침퇴적 환경변화에 직접적으로 영향을 끼친다.

해안공학적인 관점에서는 세굴이 심화되는 해안을 보호할 목적으로 해안에서 외해방향으로 돌출되는 돌제가 건설되고, 특히 사빈해수욕장의 유실 유사를 방지하기 위한 공법으로 이용되기도 한다. 그러나 제방의 축조 목적이 이러한 것과는 근본적으로 거리가 있는 선착장을 위한 돌제, 흐름을 유도하기 위한 도류제로서의 돌제 등은 부차적인 현상으로 자연스럽게 그 주위의 지형변동을 야기시킬 수밖에 없다. 본 연구는 수심이 낮고 조석 간만의 차이가 6.6m에 이르는 등 이에 따른 유동이 복잡한 해역에서 온배수 배출의 완화목적으로 설치된 방류제 및 돌제 등이 건설되어 있는 전북 구시포 인근에 대하여 과거 구시포해수욕장 및 어항 인근에 제방이 인위적으로 축조되기 이전상태를 비롯해서 각각의 제방들이 설치되는 상황을 설정하여 모델실험을 하여 유동변화를 알아보고 유동의 변화가 인근의 침퇴적에 어떠한 영향을 미치는지 현장관측이

1 군산대학교 해양응용공학부 해양시스템공학전공 교수

2 군산대학교 해양산업공학과 해양공학전공 석사과정

3 군산대학교 해양산업공학과 해양공학전공 석사과정

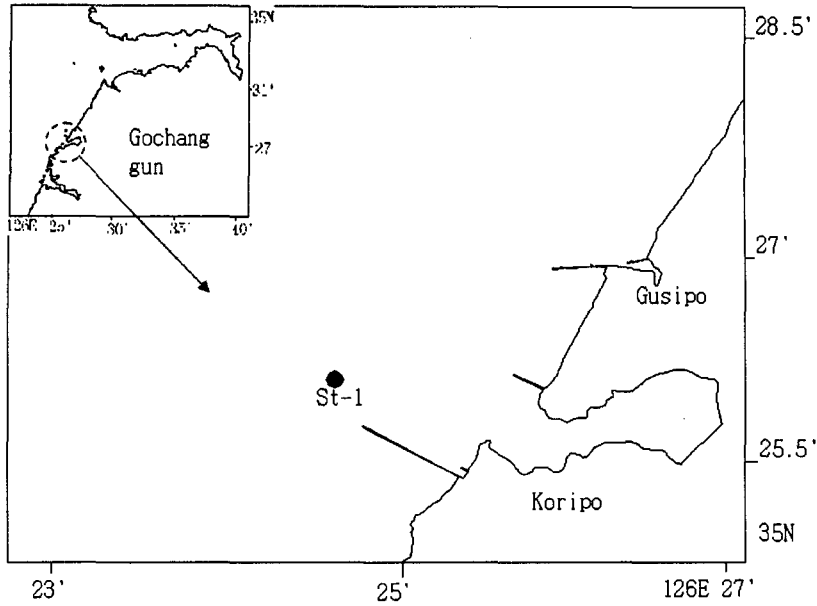


Fig. 1. Study area with jetties in the west coast

실시되었다. 이처럼 돌체가 건설됨으로써 유사수송 체계의 동적평형이 교란되어 침퇴적이 단기간에 매우 급격하게 나타나게 되므로(Horikawa, 1988) 본 연구에서는 이에 대한 해석을 위해 1년 6개월에 걸친 계절별 실측을 통한 현장관측과 수치모형을 병행 실시하여 현장관측과 조류변화를 예측하는 동수역학적 모델의 결과와 견주어 상호 연관성을 고찰하는 연구가 다루어지는데, 본 고에서는 현재까지 수행된 결과가 일차적으로 제시된다.

## 2. 현장관측 및 분석

### 2.1 대상해역

연구의 대상해역으로는 서해 중부연안역인 전라북도 해안에서 Fig. 1에 보이는 바와 같이 입해발전소의 냉각수 흐름을 외해로 유도하기 위한 방류제를 포함한 돌체와 함께 어항 연속도로 등의 건설로 일대 해역에 대한 해수유통의 변화와 함께 해저지형의 변화가 발생되는 곳을 선정하여 돌체구조물 주위의 침퇴적 환경변화를 살펴본다.

### 2.2 물리적 특성의 현장관측

#### 2.2.1 조석

연구 대상해역의 침퇴적 환경에 가장 크게 영향을 미치는 해양물리특성을 파악하기 위하여 조석, 조류 및 파랑에 관한 연속관측이 1년 6개월에 걸쳐 계절별로 이루어졌다. Fig. 1과 같이 일련의 제방군 중에서 남측에 위치한 방류제 북쪽 입구(정점 St-1)에 임시 조위측정소를 설치하고 WTR-9을 이용하여 2002년 8월 14일부터 2004년 1월 7일까지 계절별로 15일간격으로 4회의 조석 관측을 실시하였다. 관측된 결과 중 하나를 보여주는 Fig. 2에 따르면 2003년 10월의 조석은 1일 2회조의 조석변화가 뚜렷하고, 대조차는 6.5m에 이르는 것을 알 수 있다.

#### 2.2.2 파랑

파랑 관측은 이어지는 연구에서 검토할 해수유통모델에서 계절적인 특성을 고려하기 위하여, 앞서 조류 관측정점과 동일한 정점에서 실시되었다. 여기서는 그 중 일부인 파랑자료만을 Fig. 3에 제시하였다. 특정 기간인 2003년 10월에 관측된 파랑은 유의파고 및 최대파고가 각각 0.8m 및 1.3m를 기록하는 등 해상에서 불규칙한 현상을 나타낸다. 이러한 파랑 작용은 해양물리적인 특성을 급격히 바꾸게 되며, 조위와 함께 관측된 수온변화를 유발함을 알 수 있다.

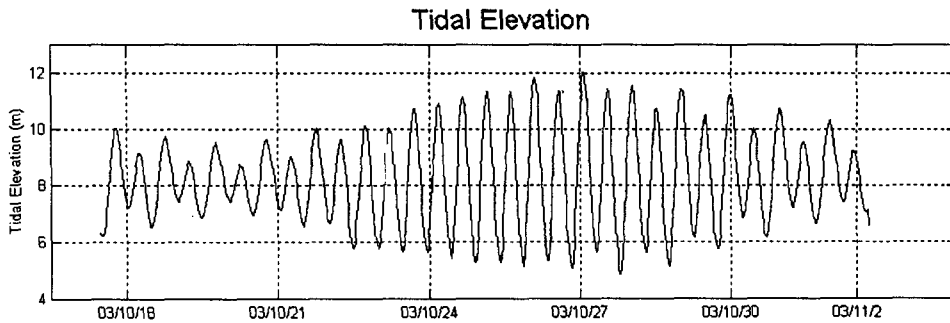


Fig. 2. Observed tides

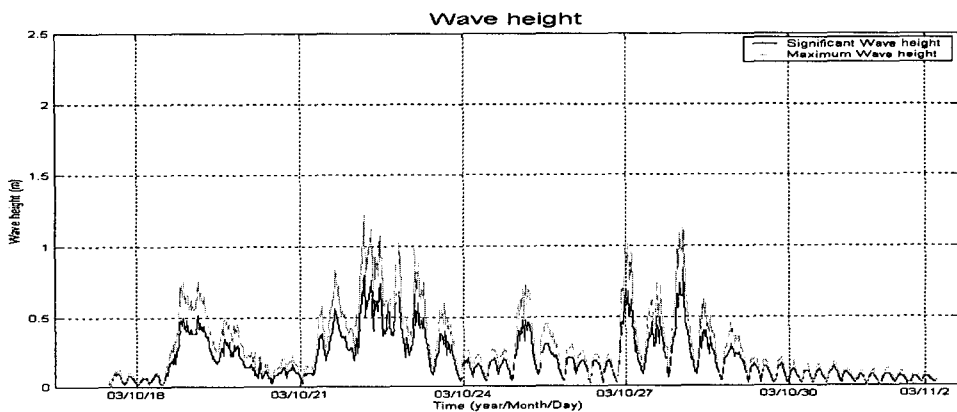


Fig. 3. Observed waves

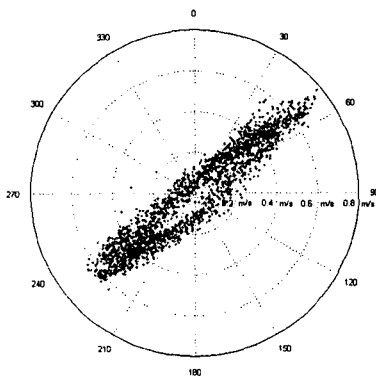


Fig. 4. Scattered tidal ellipse diagram

### 2.2.3 조류

연구 대상해역의 지형변화에 가장 크게 영향을 미치는 인자 중의 하나인 조류의 실측도 연구 기간 중 조석 관측정점에서 병행 수행되었다. 조류는 Fig. 4에 보이는 바와 같이 왕복성 운동을 하며, 최

강창조류는 0.8m/sec, 최강낙조류는 0.6m/sec을 보이는 등 비대칭의 현상을 보이고 있다. 이러한 강한 조류는 돌계군이 축조된 당 해역에서 저니트 유사 수송을 유발하는 상당한 소류력을 갖게 되며, 조석 및 조류의 비대칭과 돌계 축조로 인해 야기된 유사수송은 급격한 환경변화를 겪게 된다.

## 2.3 해빈변형 실측

### 2.3.1 개요

본 대상지와 같이 큰 조차에 기인된 간사지를 포함하는 해빈변형은 정해진 위치에서 정밀한 수준측 위에 의해 변동 상황을 파악할 수 있다. 간사지의 주요 단면별 지형변화를 조사하기 위한 횡단측량방법은 단면상의 동일지점을 주기적으로 측량하여 그 단면의 표고변화를 조사하는 방법과 단면상의 경사 변환지점을 주기적으로 측량하여 그 단면의 전체적인 변화양상을 조사하는 방법이 있다. 동일지점을 반복관측하기 위하여 각 단면에 측점을 표지하고

그 측점을 조사 종료시까지 유지시켜야 하나 조사 대상 해안이 해수욕장이라 측점의 설치, 유지관리가 어렵기 때문에 단면상에 측점을 설치하지 않고, 조사지점의 평면위치는 정선의 방향과 기점으로 부터 조사지점까지 거리를 Total Station으로 측정하여 구한다. 종단면은 해안선에 직각방향으로 연속도로 방파제 남측 구시포 해수욕장 간사지에 4개정선, 방파제 북측에 1개 정선을 배치한다(Fig. 5).

중단수준측량은 GPS측량이나 삼각수준측량을 이용하면 보다 쉽게 할 수 있으나, 이 방법들은 본 조사범위에서 표고측량의 정확도를 1cm이내로 확보할 수 없으므로, 본 조사에서는 가장 높은 정확도를 얻기 위하여 레벨을 이용한 직접수준측량으로 간사지의 지점별 표고차를 구한다. 관측주기는 Table 1에 보이는 바와 같이 간사지의 계절별 변화를 고려하여 약 3개월이 이상적이며, 그 결과를 단면별로 그래프로 중첩 도시하여, 시계열적 변화를 추출한다.

### 2.3.2 정선별 변화

조사해안 간사지에 정한 5개 단면에 대하여 약 3개월 주기로 5회에 걸쳐 실시한 중단수준측량결과 중 정선1과 정선3를 시계열적으로 도시하면 Fig. 6, Fig. 7과 같다. 그래프에서 가로축은 단면시점으로부터 거리(m), 세로축은 간사지 단면상 50m 간격 지점의 표고(m)이며, 표고의 기준면은 평균해수면(M.S.L.)이다.

정선별로 관측된 성과를 분석하면, 먼저 정선1은 제1차 관측이후 표고가 점차 높아져 퇴적되고 있는 경향을 보였다. 특히, 기점으로 부터 거리 400m 지점은 제1차 관측 5개월 후에 약 0.7m가 퇴적된 것으로 조사되었다. 시간이 경과하면서, 지속적으로 퇴적이 진행되었으나 퇴적높이 차이가 점차 줄어들고, 2003년 4월과 2003년 5월에 이르러서는 거의 변화가 없다. 즉, 퇴적이 거의 평형 상태에 이르렀다. 특히, 단면 1지점 400m 근방에서는 오히려 제4차 관측표고가 제3차 관측표고보다 낮아졌다. 이는 연속도로의 종점부터 해체작업이 시작되어 그 영향으로 연속도로 종점부근부터 쌓였던 토사가 침식으로 변화되고 있다고 볼 수 있다. 이처럼 급격한 퇴적환경의 변화는 인위적인 제방의 축조 및 제거로 인해 인근해역의 해빈변형을 촉진하고 있다고 판단된다.

정선2와 정선3의 해안 간사지 표고는 관측착수일(2002년 12월27일) 이후 단면2 기점 150m까지는 해수욕장 부근에서 퇴적과 침식이 교대로 일어나며

크게 변화가 없으나 다소 퇴적이 우세하지만, 그 너머 단면2 기점 350m 부근에서는 간사지 침식으로 표고가 약 15cm 낮아지는 것으로 보이나 이는 관측이 일년에 불과하고 장기적인 관측이 되지 않아 침식과 퇴적 어느 쪽이 우세하다고 단정하기는 곤란하다.

정선4는 전 관측시기에 대해 단면표고변화가 거의 없는 단면이다. 제1차 관측과 제2차 관측 사이에는 이 단면의 간사지가 단면 4 기점 125m 부근에서 간사지 표고가 약 25cm정도 침식되었다. 그 이후 제2차 관측부터 제5차 관측까지 1년간에 단면표고변화는 크게 변화되지 않지만, 봄철 2차 관측이후 표고가 높아지면서 퇴적이 진행되는 것으로 보인다. 그러나 단면4를 제외한 북측에 설정된 단면에 비해서는 표고의 변화가 크지 않다.

정선5는 단기간에 단면표고변화가 없을 것으로 예상하고 선정한 단면이다. 관측착수기인 제3차 관측으로부터 제4차 관측까지는 예상대로 변화가 없었다. 제5차 관측결과는 그 이전의 관측에 비해 단면5 기점 250m 너머 외해 측 간사지 표고가 약 50cm 정도 퇴적되었다, 즉, 구시포항 연속도로 종단부 간사지는 동절기임에도 토사가 퇴적되고 있다. 이는 단면 1의 토사가 구시포항 연속도로 종단부 해체로 침식되는 것과는 반대 현상으로 계절적인 영향과 연속도로 해체의 영향이 복합적으로 작용한 결과라고 판단된다.

### 2.3.3 간이항공측량

직접적인 정선 및 관측은 상당한 노력이 요구되고 공간적으로도 한정되는 제약사항이 있어, 전체 관심영역에 대해서는 동시 분석을 실시할 수 있는 항공측량이나 광범위한 영역을 포함하는 경우에는 위성측량의 간접방법이 이용된다. 그러나 본 한정된 영역의 해빈변형을 살펴보기 위해서는 정도 높은 방법을 동원하기 보다는 간이항공측량의 방법이 다수 활용되는 추세이다. 따라서 본 연구에서는 항공사진을 주기적으로 촬영하여 간사지의 전반적인 지형변화를 조사할 목적으로 간이방법을 취하여 해석하였다.

전반적인 지형을 조사하는 방법으로는 항공사진측량과 원격탐사영상이 널리 이용되는 방법이다. 원격탐사영상은 광역변화 탐지에 좋은 자료이나, 본 조사의 특성상 필요한 시기(간조)에 대상지역을 촬영한 영상을 입수하기가 쉽지 않고 비용도 과다하다. 항공사진은 필요한 시기에 필요한 축척으로

촬영할 수 있는 장점이 있는 반면, 단점은 막대한 예산이 소요된다는 것이다. 따라서 본 조사에서는 비용이 저렴하고 정해진 촬영시간에 작동이 편리한 무인 회전익 항공기에 비측정용 카메라를 탑재하고, 조사대상지 상공에 정지한 상태에서 간사지를 촬영하는 방법을 채택하였다. 무인 항공기에 카메라를 탑재하여 촬영할 때에 비교하여 회전익 항공기는 촬영지점에서 정지할 수 있다는 장점이 있으나, 무인회전익 항공기 조정이 시야에 의존하고 있으므로, 조사지역을 연직사진 한 장에 촬영할 수 있는 높은 고도까지 유도할 수 없어, 여러 구역으로 나누어 연직사진을 찍거나, 아니면 경사사진을 찍어야 하는 단점이 있다. 본 조사에서는 구시포 해수욕장 간사지에 대한 경사사진을 찍는 방법을 취하였다. Table 2에 항공사진측량장비의 주요 사

항이 제시되고 있다.

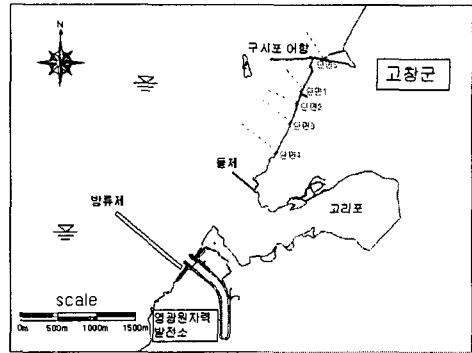


Fig. 5. Measuring lines for beach profile variation

Table 1. Observed schedule of beach profile measurement

Observation	Date (m/d/y)	Remarks
1st	7/25/2002	4 cross-sections with spacing of 200 meters were set. Reference point was established. Initial leveling.
2nd	12/27/2002	According to the 4 sections leveling were done by total station.
3rd	4/26/2003	According to the 4 sections leveling were done by total station.
4th	8/29/2003	Additive section measured along with existing 4 sections
5th	12/12/2003	Final measurements on 5 cross-sections

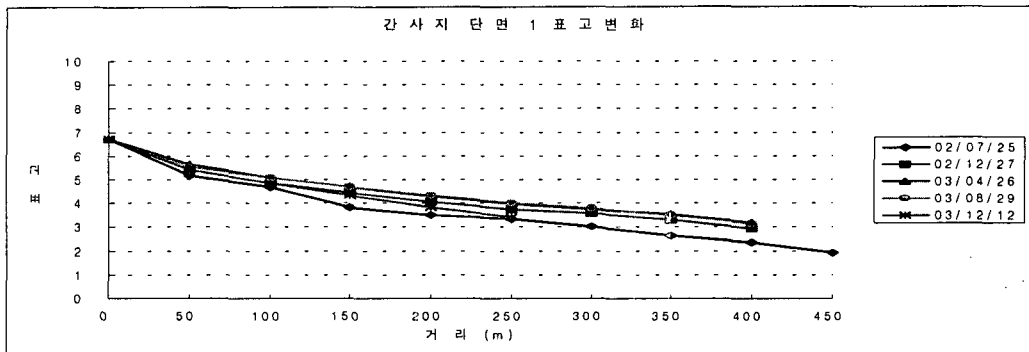


Fig. 6. Beach profiles for line 1

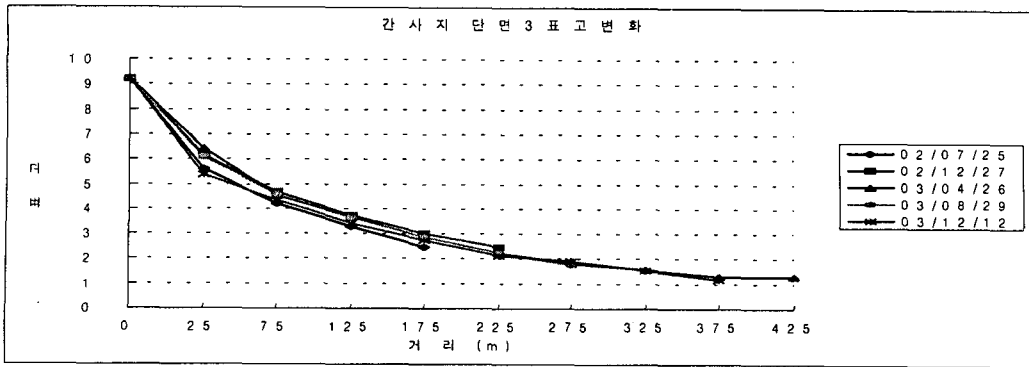


Fig. 7. Beach profile for line 3

Table 2. Specification of remote controlled aerophoto system

Device	Specification
무인 회전익 항공기	<ul style="list-style-type: none"> <li>엔진 : 15cc (체공시간 15분)</li> <li>자중 : 8kg(적재하중 5kg)</li> <li>날개 길이 1.5m</li> <li>최대도달고도 : 300m</li> </ul>
필름 카메라	<ul style="list-style-type: none"> <li>모델 : Pentax 645</li> <li>필름크기 : 120mm</li> </ul>
기타	<ul style="list-style-type: none"> <li>항공촬영용 짐벌/스키드 시스템</li> <li>촬영지역 검색용 비디오 카메라 및 영상 무선 송수신 장치</li> </ul>

항공사진촬영에 의한 간사지의 전반적인 지형 변화조사는 회전익 무인 항공기에 필름카메라를 장착하여 경사사진을 촬영하고 무인 항공기에 장착된 비디오카메라 영상을 지상에서 모니터링하여, 구시포 해수욕장 전체가 최대축적으로 촬영되도록 무인 항공기의 촬영고도 및 사진경사를 무선 원격조정장치로 조정한다. 촬영전에 간사지에 대공표지를 설치하여 사진의 축척 및 경사를 계산한다. 사진촬영은 가능한 한 중단축량과 더불어 실시하며, 저조부터 고조까지 조위 1시간 간격으로 촬영하여, 수해선으로 간사지의 수심별 등심선을 유추한다. 주기별 사진의 조위별 수해선으로부터 구한 등심선을 중첩시켜, 간사지의 전반적인 지형 변화 추적한다.

항공촬영한 경사사진을 분석한 결과 구시포 해수욕장 간사지는 해안에서 160m 지점까지는 퇴적토사로 보이는 분지지가 산재하나, 이 보다 외해 쪽으로 간조선까지는 얇은 웅덩이 형태의 간사지가 분포하고 있다. 구시포 연육도로 남측에 연한 간사지는 변화가 활발하나, 최근의 연육도로

해체공사의 영향으로 침식이 우세하다. 결론적으로 조사해안 간사지 지형은 구시포항 연육도로 부근에서, 조사초기에 퇴적이 우세하다, 점차 안정화 침식 우세의 경향을 보이며, 구시포 해수욕장 남쪽 간사지는 작은 미세한 퇴적과 침식이 반복되고 있는 안정된 상태이나 퇴적이 다소 우세한 상태를 보인다.

### 3. 수동역학 모델에 의한 평가

#### 3.1 정성적 평가 개요

앞서 검토한 바와 같이 직접적인 방법에 의한 해석은 매우 효과적으로 지형변동을 해석할 수 있는 반면, 전체 해안과 영역에 대한 활용과 접근은 제한적이다. 이와 같은 제한사항을 극복할 수 있는 방법이 간접적인 방법인 수치모형을 구동하여 이로부터 돌출 주위와 인근 해역의 유동과 퇴적환경의 변화를 살펴보는 것이다. 당 해역에 대해 선행연구(서와 김, 2003)에서는 조간대의 영향이 수동역학

에 미치는 영향을 살펴보기 위해 조간대를 고려한 ADCIRC 및 고려하지 않은 장기간의 모의에 적합한 TIDE3D를 각각 적용하여 실측 조류와 비교한 성과가 있었다. 그러나 조간대를 고려하는 것과 관계없이 조류속도를 실측치와 비교한 결과 수치해의 신뢰성은  $U_{RMS}=1.4\text{cm/sec}$ ,  $V_{RMS}=0.5\text{cm/sec}$ 의 크기로 동서방향의 최대 조류속도 대비 각각 3.7%, 1.1% 이내에서 만족되므로 크게 영향을 받지 않는다. 따라서 본 연구에서는 두 모델 중 계산시간이 작게 걸리는 TIDE3D를 선정하여 각각의 제방이 유동변화와 해저마찰응력에 미치는 영향을 중점적으로 비교 검토한다. 이 모델의 전개 및 적용은 선행의 연구(서, 1999; 서와 김, 2003)에서 상세히 소개되고 있으므로 본 고에서는 생략한다. 전 해역에 대한 실험결과는 창조시에 연안을 따라 북동진하는 조류가 방류제 선단부에서의 강한 와류를 형성하면서 이 영향이 구시포어항 연육도로까지 광범위하게 돌아 들어가는 흐름장을 형성한다. 그러나 낙조시에는 이러한 것과는 달리 연안을 따라 남하하는 유동이 구시포어항 연육도로 이남에 포획되는 분포를 보이고 있는 등 뚜렷한 조류의 비대칭성이 보인다. 이와 같은 이유로 이 연안 일대에서는 퇴적환경이 우세하게 작용하는 것으로 천이되고 있는 것으로 유추할 수 있다.

### 3.2 실험조건

구조물 인근의 침퇴적 환경변화는 해안수동역학의 급격한 변화가 유사수송체계의 동적평형을 교란시켜 발생되므로, 이에 대한 영향을 간접적인 방법인 수치모형에 의해 평가하는 내용도 본 연구에서 다루어진다. 파랑에 의한 일시적인 변동과 달리 조류에 기인된 장기적인 해저질의 수송능력의 변화를 살펴보기 위하여 Table 3과 같이 조류 수치모형 실험안을 설정한 후, 자연상태와 대비한 여러 가지 안에 대한 실험을 실시하고 수동역학적 변화가 침퇴적환경에 미치는 영향과 그 결과를 검토하였다. 본 연구에서는 대상 해역에서 제방이 없었던 과거의 상황을 포함하여 연속제방만 설치된 경우, 돌제만 설치된 경우, 연속교와 방류제가 설치된 경우, 방류제만 설치한 경우 그리고 연속교, 돌제, 방류제 모두 축조된 현재의 상황 등을 고려한 6가지 경우로 실험조건을 설정하여 실험하였다.

## 3.3 제방 축조가 유동변화에 미친 영향

### 3.3.1 실험조건 및 분석결과

자연상태에 비하여 어항 연속제방이 축조되면서 일대 해역에는 유동의 저감이 폭넓게 유발되며, 특히 제방의 남측에는  $0.2\text{m/sec}$  이상 급감함을 알 수 있다. 제방이 없었던 자연상태의 구시포 연안 해역 유동이  $0.2\text{--}0.3\text{m/sec}$  임을 감안하면 연육도로 제방이 건설됨으로써 남측으로 반경 500m 구간에서는 크게 영향을 끼치는 것을 알 수 있다. 연속제방의 선단부에서는 창낙조류시 유속이 증가되는 것을 알 수 있다.

만약 자연상태에서 돌제만이 축조된 경우, 돌제가 건설되면서 제방 선단부에 다소간의 유속 증가를 제외하고는 역시 일대 해역이 폭 넓게 유동 저감이 예상된다. 그러나 유속 저감의 크기는 제방 인근에서  $0.1\text{m/sec}$  정도이고, 해수욕장에는 돌제의 영향으로  $0.05\text{m/sec}$ 의 유속 저감이 예상된다. 방류제만 축조되었다고 가정한 상황에서의 수치실험 결과는 방류제 선단부에서는  $0.4\text{m/sec}$  이상의 매우 강한 유속의 증가가 예견되고, 방류제 이남의 남측해안에서  $0.3\text{m/sec}$  정도의 급속한 유속 둔화가 예상된다. 또한 방류제 건설은 구시포 해수욕장을 포함한 일대해역의 유속 둔화를 유발하고 있다.

그러나 제방이 없었던 자연상태에서 제방의 축조 순서대로 연속제방이 축조된 이후 방류제가 건설된 상황의 유동변화는 방류제만 건설된 경우의 상황과 다른 양상을 보이고 있는데, 연속제방 인근에서의 유속은 독립적으로 나타나는 것으로 평가되나, 여기에 방류제가 추가로 건설되면서 유속의 저감이 급격하게 부가되어 나타나는 것으로 평가된다. 실험결과에 따르면, 방류제 선단부에서도 유속 증가가 독립적인 경우보다도 작게 나타나는 반면, 유속 감소는 구시포해수욕장 전면에서 증가되어 자연상태에 비하여 대체로  $0.1\text{m/sec}$  정도의 유속 저감이 나타남을 알 수 있다.

여기에 돌제까지 축조되면서 돌제의 영향으로 방류제 인근 선단부는 오히려 독립적인 경우처럼 유속이 증가하지만, 구시포 해수욕장을 포함한 구시포 전면해역은 일종의 가두어진 만의 형태로 변하게 되어 유속 저감이 부가되어 나타나게 되고

Table 3. Modeling cases

비교 실험안	제방 축조상황	
	①:연육교,②: 돌제,③:방류제	비교
CASE 0	제방 없음	과거상황의 자연상태 해안
CASE 1	①	1(연육교)설치 되고 2,3번 없는 경우
CASE 2	②	2(돌제)설치 되고 1,3번 없는 경우
CASE 3	①,③	1,3번(연육교, 방류제)설치되고 2번 없는 경우
CASE 4	③	3번(방류제)설치되고 1,2없는 경우
CASE 5	①,②,③	1,2,3번 모두 축조된 현재의 상황

0.1m/sec 이상의 유속 둔화 환경으로 전이되는 것으로 분석된다.

### 3.3.2 정량적 비교검토

제방 축조가 구시포 해수욕장과 어항 인근의 주변해역에 미치는 영향을 정량적으로 상세하게 평가하기 위하여 각 CASE 별로 구시포해역에 Fig. 8과 같이 구시포 어항 및 해수욕장 해안에 8 곳, 그리고 해안으로부터 약4-5Km 외해 방향으로 떨어진 곳 8곳 등 모두 16 지점을 선정하여, 이들 비교정점에서 각각의 제방이 축조되면서 변화되는 유동의 증가 혹은 감소되는 변화율을 백분율로 표현하여 분석에 활용하여 각각의 돌제가 주변의 퇴적환경에 미친 기여율을 평가하였다(Table 4). 이러한 일련의 과정 및 결과는 제방군이 축조되어 있는 경우 가가의 제방이 침퇴적 환경변화에 미치는 기여율을 공학적으로 판단하는 중요한 의미를 갖게 된다.

이와 같이 연육제방 단독으로 건설된 경우(case 1), 돌제만이 단독으로 건설된 경우(case 2) 그리고 방류제만 단독으로 건설된 경우(case 4)의 총체적인 영향으로 나타날 수 있는 유동 변화 중에서 방류제가 기여한 유동 저감변화율을 정점11번과 같이 돌제 복측의 해안 정점에 대해 평가하면 24.6%가 되며, 연육제방이 기여한 유동 저감 변화율은 7.1% 그리고 돌제가 바로 인접하여 있는 관계로 돌제로 인한 유속의 저감에 대한 기여율은 68.3%가 된다.

이처럼 제방이 인접한 곳에서 유속 저하에 대한 변화율이 크게 나타나며, 연육제방과 방류제의 인근에서는 변화량 중 90% 정도가 이와 같이 인근에 위치한 제방의 영향으로 유속이 급감한 것으

로 평가되며, 제방으로부터 멀리 떨어질수록 이의 영향이 점차 약화된다. 따라서 구시포해안의 남측에 축조된 방류제로 인한 유속 변화 영향은 선단부에서 유속이 증가되는 것을 제외하고는 모두 유속을 둔화시키며 방류제 인근에서 가장 크게 영향을 미치고, 북쪽으로 멀어질수록 그 영향은 작아진다. 돌제의 경우도 마찬가지이며, 돌제가 설치된 주변에서 이 영향이 가장 크게 나타나고 멀어질수록 유속변화의 영향은 작아진다.

유속의 증가와 감소는 자연상태에서 동적인 평형을 이루는 침퇴적적인 변화에 직접적으로 영향을 끼치고 있으며, 유속의 둔화는 평형상태에서 장기적으로 퇴적환경으로 전이될 수 있는 환경으로 변화됨을 의미한다. 따라서 구시포 해수욕장과 어항 인근에서 제방이 축조됨으로써 조류속도가 둔화되는 것은 이 해역에 지속적으로 퇴적이 우세한 환경으로 전이되는 것을 의미하고, 각각의 제방이 복합적으로 영향을 미쳐 이와 같은 환경으로 변화되는 것으로 결론지을 수 있다.

## 4. 결과고찰 및 결론

본 연구는 수심이 낮고 조석 간만의 차이가 크며 이에 따라 비선형 조석이 유발되는 등 유동이 복잡한 해역에서 온배수 배출의 완화목적으로 설치된 방류제 및 돌제 등이 건설되어 있는 전복 구시포 인근을 연구의 대상해역으로 설정하여 구조물 인근의 침퇴적 환경변화와 이에 따른 현상이 현장관측과 병행된 해수유동 수치실험과 함께 실시되었다. 현장관측결과 구시포항 연육도로 남측 간사지는 퇴적이 우세하다가 점차 안정된 상태로 접어들었으나, 최근의 연육도로 해체의 영향으로



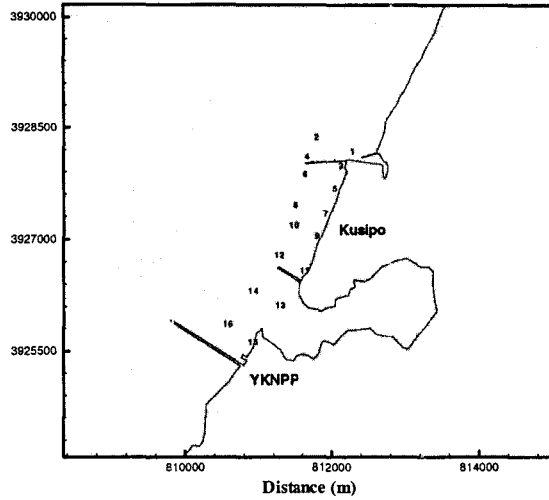


Fig. 8. Reference points for quantitative comparison of tidal currents

Table 4. Tidal current variation due for construction of jetties and impact factor of each jetty causing variation

비교정점	case 1	case 2	case 3	case 4	case 5	연육도로 기여율(%)	돌제 기여율(%)	방류제 기여율(%)	비고
1	-6.8	-0.2	-10.7	-0.7	-7.2	88.3	2.6	9.1	어항입구
2	1.8	0.0	-0.6	-0.9	0.7	66.7	0.0	33.3	어항입구의해쪽
3	-18.7	-0.2	-20.9	-0.8	-19.2	94.9	1.0	4.1	연육제방남측안쪽
4	12.4	0.0	8.4	-1.2	10.9	91.2	0.0	8.8	연육제방외측(가막섬부근)
5	-8.7	-0.5	-12.5	-0.9	-9.8	86.1	5.0	8.9	해수욕장북쪽
6	-7.7	-0.3	-7.6	-1.2	-8.7	83.7	3.3	13.0	
7	-3.5	-1.2	-8.6	-1.6	-5.7	55.6	19.0	25.4	해수욕장 중앙부
8	-2.6	-0.3	-5.1	-1.5	-4.3	59.1	6.8	34.1	
9	-1.9	-2.5	-7.3	-1.9	-5.3	30.2	39.7	30.2	해수욕장 중앙부
10	-1.7	-0.3	-3.5	-1.7	-3.4	45.9	8.1	45.9	
11	-0.9	-8.6	-8.2	-3.1	-9.5	7.1	68.3	24.6	돌제북측안쪽
12	-0.9	4.4	-4.8	-2.4	6.3	11.7	57.1	31.2	돌제선단부
13	-0.2	-4.0	1.1	-1.2	-2.7	3.7	74.1	22.2	고리포입구 중앙
14	-0.3	-1.2	-5.8	-3.6	-4.7	5.9	23.5	70.6	
15	-0.3	-0.5	-12.7	-15.1	-15.4	1.9	3.1	95.0	
16	-0.3	-0.3	-19.4	-9.9	-10.2	2.9	2.9	94.3	

침식이 우세한 상태로 변화하고 있다. 단기간에 걸친 퇴적이 돌제구조물로 인한 것임을 확연하게 알 수 있었다. 자연상태의 해안에서는 침식과 퇴적이 교대로 발생하면서 장기간에 걸쳐 준 평형상태를 유지하여 해안과 해저의 토사가 동적평형을 이루지만 이를 교란시키는 조건 즉, 인위적인 제방의 축조 등이 있는 경우에는 동적평형이 깨지면서 침퇴적 환경에 변화를 미치게 된다. 특히, 하류

에 두 번씩 나타나는 창낙조류는 해저질의 이동을 유발하고, 부유토사의 침퇴적 변화에 직접적으로 영향을 미치기 때문에 자연상태의 동적평형에서 조류속도가 감소하게 되면 침식이 감소하게 되고 퇴적 환경으로 전이하는 것으로 평가할 수 있다. 간접적인 인접한 곳에서 유속 저하에 대한 변화율이 크게 나타나며, 연육제방과 방류제의 인근에서는 변화량 중 90% 정도가 인근에 위치한 제방의

영향으로 유속이 급감한 것으로 평가되며, 제방으로부터 멀리 떨어질수록 이의 영향이 점차 약화된다. 1년 6개월이라는 단기간의 관측기간으로 장기적인 경향을 살펴볼 수 있는 연간 퇴적고의 추정 은 불가능하였지만, 직접적인 관측과 함께 병행된 간접적인 항공측량의 성과는 광역의 해빈변형의 추이를 이해하는데 도움이 되는 것으로 판단된다. 둘째군으로 인한 퇴적물 변화의 기인 원인을 밝히기 위하여 수동역학 변화를 해석한 바에 따르면, 조류체계의 급격한 교란이 직접적으로 퇴적환경의 변화를 유발하고 있으며 대상해역에서의 공간적인 침퇴적 변화와 함께 각각의 돌체가 미치는 기여율을 평가할 수 있어 현장관측에 의한 방법과 함께 유용하게 이용될 수 있는 방법으로 이해된다.

### 참고문헌

서승원, (1998 a) 금강하구역의 수동역학적 변화 (1) -관측자료를 중심으로-, 한국해양해양공학회지, 10(1):10-17.

- 서승원 (1998,b). 금강하구역의 수동역학적 변화(2) -수치실험을 중심으로-, 한국해양해양공학회지, 10(1):18-26.
- 서승원 (1999). 3차원 유한요소모형을 이용한 황해 및 동중국해의 조석수동역학 해석, 대한토목학회논문집, 19(Ⅱ-3):375-387.
- 서승원, 김정훈 (2003). 조석수동역학 모의에서 조간대 침수 -노출 고려효과 비교연구, 한국해양·해양공학회지, 15(2):97-107.
- 강주환, 문승록 (2000). 조석환경변화를 고려한 목포항의 고극조위 산정, 한국해양해양공학회지 12(4):203-209.
- 최병호, 이한수 (2003). 새만금 방조제 건설에 의한 황해 조류체계의 교란, 한국해양·해양공학회지 14:143-153.
- Horikawa, K. (1988). Nearshore dynamics and coastal processes, University of Tokyo Press.
- Klein, G.V. (1985). *Intertidal flats and intertidal sand bodies in Coastal Sedimentary Environment*, edtr. R.A.Davis, Jr., Springer-Verlag.