韓國海岸·海洋工學會誌
第 10 卷 第 1 號, pp. 10~17, 1998年 3月

錦江河口域의 水動力學的 變化 (1) -觀測資料를 中心으로-

Hydrodynamic Changes in the Keum River Estuary (1)
- By Field Observed Data Analysis -

서 승 원*
Seung Won Suh*

要 旨 : 다양한 공사가 진행되는 금강하구의 수동역학 변화를 조석 및 조류 그리고 수심변화등의 관측자료를 중심으로 해석하였다. 2년여에 걸쳐 수집된 수심측정 자료를 분석한 결과, 군산외항부근의 도류제 축조구간에서는 뚜렷한 조류속도의 증가와 연평균 50 cm에 다다르는 세굴이 진행되는 것이 확인되었다. 그러나 군장산업단지조성 호안공사 및 새만금4호 방조제 축조 내면 간사지에서는 가을철 2개월에 30cm의 퇴적이 관측되는 등 유속의 둔화와 함께 퇴적이 급속히 진전되는 현상으로 수동역학의 전이 현상이 나타나 공사로 인한 금강하구의 수동역학체계는 매우 급격하게 변화됨을 보인다.

핵심용어 : 호안공사, 조석·유동관측, 수심측정, 조류, 퇴적

Abstract □ Based on field observed tide, tidal currents and depth data, hydrodynamic changes on the Keum River Estuary has been analyzed in which huge complex constructions has been made simultaneously. According to the analyses from acquired data over 2 years, rapid increasing of tidal currents and resulting scouring of 50 cm/yr has been reported in flow-guided dikes region of Kunsan Outer Port. However inner part of the Saemankeum sea dike and Kunjang Industrial Complex dike, 30 cm of sedimentation were found during 2 months of fall season in tidal flats and hence very rapid transition of hydrodynamic system on this area are resulted from those constructions which are still on going nearby.

Keywords : dike construction, tide and current observation, depth measurement, tidal flow, sedimentation

1. 서 론

서해연안에서 근년에 공사가 가장 활발하게 진행되는 곳이 금강하구일 것이다. 금강하구에는 1899년 군산항이 개항된 이후 큰 환경의 변화가 없다가 1974~1979년에 외항의 건설이 이루어져 하구 입구인 명암으로부터 8 km, 18 km, 22 km 지점에 군산외항, 장항항 및 군산내항이 각각 위치하고 있다. 그러나 이들 주요 항들은 감조하구항으로서 금강하구는 하구둑의 수문이 닫히기 전까지 금강으로부터 유사 공급으로 퇴적환경이 지배적이어 군산항으로 입출항하는 선박의 주운수심을 확보하기 위하여 주기적으로 준설을 실시해야만 했었다. 1994년 8월 금강하구둑 수문의 닫음과 하구에 축조중인 일련의 대규모 공사인 북측도류제 및 남측도류제와 군장국가공단 조성사업 군산지구 개발에 따른 호안 축조 및 새만금 4호방조제 건설 등의 영향으로 금강하구 일대해역의 흐름이 급격히 변화되었고 이로 인한 수동역학환경의 변화가 불가피한 해역이다. Table 1에 본 연구에서 고려하는 금강하구의 다양한 공사내용과 공사기간이 명시되어 있다.

이처럼 금강하구 및 연안에서 실시되는 공사 중에는 부득이하게 축조공사시 혹은 준설매립시 인근해역에 부유사 및 소류사의 침전과 세굴을 초래하며, 해양환경에 부정적인 영향을 끼치고 장기간에 걸친 단계별 축조 공사는 인근해역의 해수유동을 변화시켜, 궁극적으로 퇴적환경의 변화를 초래한다. 따라서 공사 계획

*군산대학교 해양시스템학과 (Department of Ocean System, Kunsan National University, Kunsan 573-702, Korea)

Table 1. Recent construction status on the Keum River Estuary.

공사명	공사기간	공사내용	시행처
외항호안공사	'79. 01~'92. 12	총연장 5,022 m	해양수산부
금강하구둑	'83. 11~'88. 12	금강하류의 담수확보 1994. 8. 31부터 수문닫음	농어촌진흥공사
외항수로준설	'90. 08~'92. 12	준설량 4,000 m^3	한국토지공사
북측도류제	'90. 08~현재	명암-유부도, 총연장 7,100 m	해양수산부
남측도류제	'92. 11~현재	총연장 2,912 m 비응도 서측호안과 연계	해양수산부
가도 호안	'93. 05~'94. 12	군장국가공단 군산지구조성	한국토지공사
비응도 서측 호안	'96. 03~현재	군장국가공단 군산지구조성	한국토지공사
새만금 4호방조제	'96. ~현재	새만금 간척지구 개발	농어촌진흥공사

시 혹은 공사진행 중 단계별로 변화되는 유동과 퇴적의 변화를 실측 및 모델링을 통하여 파악하고 지속적으로 감시함으로써 그 저감대책을 수립하여 악영향을 최소화하는 것은 공단조성공사를 시행하여 얻게되는 경제적인 측면이외에 환경보호 측면에서 절대적으로 필요하다. 이러한 필요성에 따라 금강하구에서 비응도를 중심으로 추진되는 해양수산부 시행의 남북측 도류제 축조, 한국토지공사의 군장국가공단조성, 농어촌진흥공사의 새만금방조제 축조 등에 따른 복합적 공사에 기인된 수동역학변화 영향을 평가하고자 본 연구가 진행되었다.

그동안 금강하구에서는 매년 약 0.5×10^6 m^3~1.0×10^6 m^3 준설을 실시하는 등(이, 1994) 항내 매몰을 방지하기 위한 종합적인 대책이 요구되어 금강하구 수리현상에 관한 수년간의 조사보고(군산항건설사무소, 1985, 1986, 1988, 1989, 1991, 1992)가 있었고, 도류제의 축조등 퇴적을 방지하기 위한 방안이 마련되었다. 수년간 실측과 수치실험을 통하여 제시된 금강하구역의 퇴적현상을 집약하여 보고한 자료(이, 1994)에 따르면 금강하구역의 평균적인 해저퇴적물의 입도는 수심 5 m 이상의 해역과 수로에서의 중앙입경은 0.06 mm 내외이며, 모래 30~50%, 실트 30~50% 그리고 점토 10~20%로 구성되어 있고, 얕은 수심에서는 중앙입경 0.20~0.25 mm의 세사로 구성되어 있다. 퇴적에 대한 금강하구 주수로의 동적 평형을 수로의 안정성으로 평가한 결과는 군산내외항의 최대전단응력이 각각 0.38 N/m^2 및 0.27 N/m^2로 보고하였다. 그러나 하구둑을 막은 후에는 조류속의 감소로 평형상태가 무너져 매몰현상이 일어날 개연성을 보고하고 있다.

아울러 금강하구는 복잡한 지형적 변화 및 천해특성에 기인된 조석의 현상이 뚜렷이 나타나는 곳인데, 금강하구둑의 건설로 이 일대에 조석체계의 변화가 예견되어 왔다. 그 중에서 하구둑 건설전의 조석 전파를 해석한 최·안(1985)의 해석과 하구둑에 의한 조석체계의 변화를 예측한 최·오(1987)의 연구결과가 있는데, 이들 연구에서는 1차원의 수동역학 모형을 이용하여 조석체계의 변화를 초기 추정한 바 있다. 그리고 소류사 이동가작을 정상적으로 밝히기 위한 연구로서 2차원 모형을 적용한 최(1988)의 비선형 조석현상 해석이 있다.

1차원 수동역학모형을 이용하여 장항과 오식도를 잇는 하구를 개방경계로 취하고, 종방향으로 매 1 km 마다 격자체계를 구성하여 해석한 최·오(1987)의 하구둑 영향 초기추정 결과는, 하구둑의 건설로 주요 4개 분조인 M_2, S_2, K_1, O_1의 경우는 진폭이 증가되는 확폭현상이 현저히 나타나며, 군산 내항에서 M_2 분조는 208.4 cm에서 215.7 cm로 7 cm의 증폭, S_2 분조는 74.5 cm에서 80.2 cm로 6 cm의 확폭이 예견되었다. 이러한 결과는 기존에 하구둑이 건설된 영산강의 조석을 하구둑 건설 전·후로 구분하여 분석한 연구인 최(1984)의 결과에서도 나타난 바와 같이 기존 조석체계가 하구둑 건설로 인하여, 실제 확폭되어 나타난 것과 비교한 바 그 영향은 대체로 일치한다. 그러나 연구자들이 지적한 바와 같이 개방경계의 설정이 해석 대상과 그리 멀지 않은 곳에 설정되어, 이로 인한 수치적 영향과 1차원 모형을 적용한 제한성 등에 기인되어 그 결과의 신뢰성은 다소 의문시 되었었다.

본 연구는 금강하구 수리현상조사보고 이후인 1994년부터 1996년까지 2년여에 걸쳐 금강하구역에 대하여 조사된 것을 바탕으로 실측 유속 및 수심에 의한 해저단면고의 변화를 살펴보기 위하여 실시된 것으로, 금강하구둑의 완공과 함께 수문의 닫음이 금강하구의 조석체계 및 수동역학에 미치는 영향을 평가하고자 한다(서, 1996). 전체적으로는 2차원 유한요소 해수유동 수치실험을 통하여 공사로 인한 복합적인 영향을

분석하기 위하여 추진된 일련의 연구(서, 1994)중 일부로 본 논문에서는 관측에 의한 금강하구역의 수동역학 변화를 다루고 있다. 공사로 인한 유속의 변화가 퇴적환경에 미치는 영향을 수치모형에 의한 해저전단응력과 퇴적간의 관계로 밝히는 결과는 본 논문과 연결된 후반의 논문(서, 1998)에서 다룬다.

2. 수심측정의 방법 및 분석

공사로 인한 유동의 변화는 직·간접적으로 단기간의 퇴적환경의 변화를 초래하고 장기간에 걸쳐 수심 및 지형의 변화를 유발하게 된다. 본 논문에서는 금강하구역에서 수심의 변화를 2년여 부정기적으로 관찰함으로써, 공사가 인근해역의 환경에 미치는 영향을 파악하고 사후 관리하는데 이용하고자 금강하구 해역에 대하여 Fig. 1에 보이는 28개 관측정점에서 수심을 측정하였다. 가도 이남의 간사지에는 수준측량을 실시하여 퇴적환경을 이해하고자 도모하였다.

매회 관측시 측정위치를 GPS 수신기(Garmin 100)를 이용하여 최소한 3점 이상의 정점을 독취하여 확인하고, 디지털 수심수온 측정기(Valeport Model 600)를 이용하여 수심변화를 계측하였으며, 동시간대에 군산 외항에서 자동으로 측정되는 검조기록으로 평균해면의 값을 산출하여 해당 측정지점의 수심을 환산하였다. 그러나 위치가 상이한 측점과 군산 외항의 검조자료는 공간적인 위치 차이로 인하여 조차가 발생하므로 관측한 수심을 직접 이용하지 못하므로 이를 보정하기 위하여 Fig. 2에서 보는 바와 같이 초기관측이 수행되었던 94년도에 수심측정과 검조기록을 동시에 관측하고 이로부터 해면경사를 도출한 성과를 비교하여 조차를 보정하였다.

3. 금강하구의 유동측정과 조석분석 결과

금강하구 인근 해역의 단기간 유동을 알아보기 위하여 표층과 중층의 유향·유속을 자동기록식인 Aanderra RCM-7 유속계와 직독식인 DNC3M의 두 대를 이용하여 12시간씩 관측한 정점이 Fig. 3에 도시되어 있다.

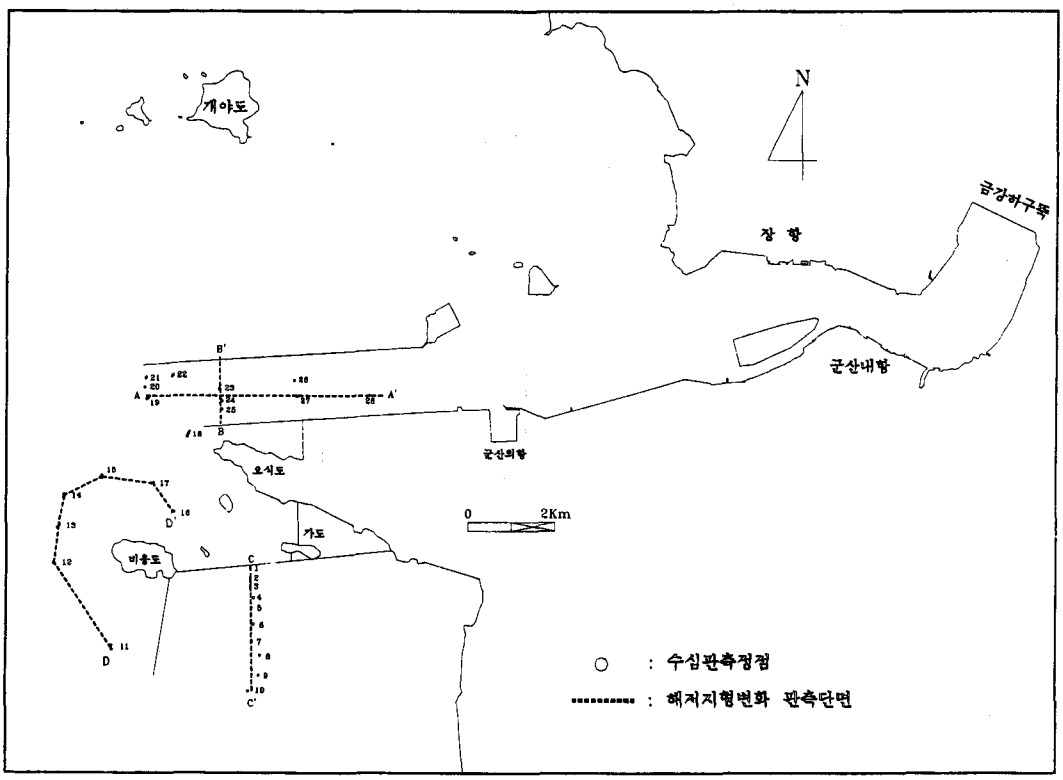

Fig. 1. Map showing study area and locations of depth measuring stations.

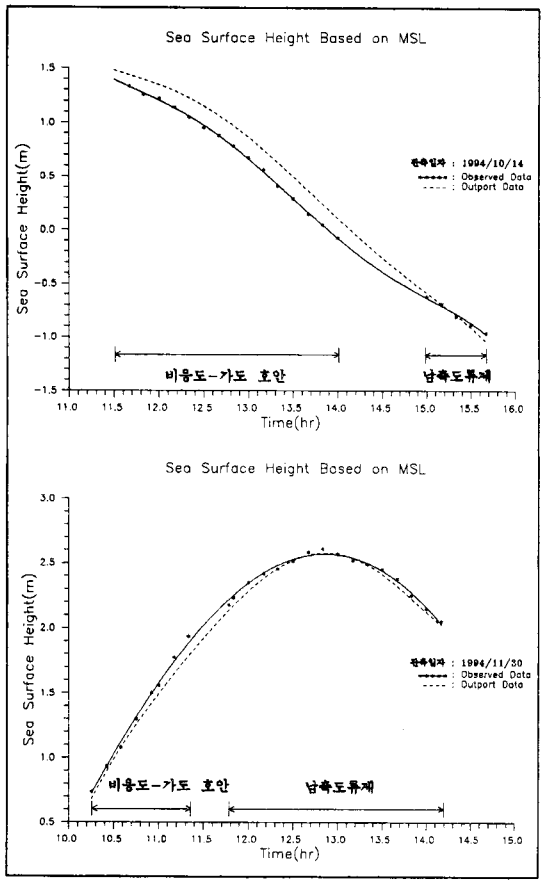

Fig. 2. Calibration of mean sea level reference to Kunsan Outer Port.

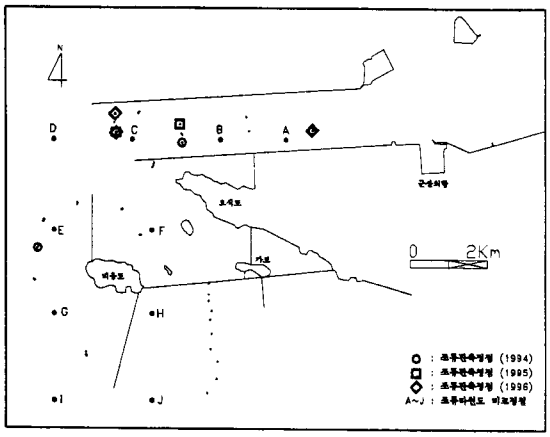

Fig. 3. Tidal currents observation stations.

1995년 11월과 1996년 5월 및 7월에는 15일간의 조류 관측을 실시하여 반일주조, 일주조 및 천해분조에 기인된 조류의 영향을 파악하였다. 유향유속 관측에 이용된 기기에는 수온 및 염분도도 함께 측정하는 센서가 부착되어 있어 이들의 변화도 아울러 조사되었다.

96년 5월에 북측도류제의 이남(C정점 좌상)에서 관측된 성과는 남측도류제가 아직 관측지점까지 연장되지 않은 관계로 주수로에서 나타나는 강한 왕복성 조류보다는 다소 약하게 나타나 최강유속이 90 cm/s에 그친다. 역시 동-서 방향의 강한 조류가 우세하고, 남-북 방향으로는 거의 변화가 없는 조류운동을 하고 있다.

96년 7월에 하절기(A정점 우측) 관측된 결과를 분석하면 조류관측정점이 도류제내의 주수로에 위치한 이유로 동-서 방향의 왕복성 조류가 매우 우세하게 나타나고 1일 2회 반복되어 나타나는 반일주조의 성향이 짙게 보이며, 남-북 방향으로는 미미한 유동이 있는 것으로 나타났다. 대조시에는 최강유속이 150 cm/s까지 기록되는 등 도류제 축조에 기인되어 매우 강한 유동장이 형성되고 있다.

금강하구둑의 수문 열고 닫음이 하구수동역학에 미치는 영향을 평가하고자 군산 내항과 외항의 조석자료를 입수하여 분석하는 과정은 다음과 같다. 금강하구둑 공사가 완공된 이후 그 동안 줄곧 수문의 폐쇄가 이루어지지 못하고 계속 개방되어 자유로운 유통이 되다가 1994년 8월 31일 비로소 수문이 폐쇄되어 완전한 체절이 된 바 있어, 본 연구에서는 이러한 금강하구 수문 폐쇄 전후의 조석체계의 변화를 매시간 실측된 군산 내항 및 외항의 검조소 자료를 바탕으로 분석 비교하므로써 기존 연구에서 추론하였던 결과와 비교하고 또 다른 한편으로는 2차원 수동역학 모형을 금강 하구를 포함한 고군산 일대 해역에 적용하여 공사로 인한 조류 변화의 현상을 밝히고자 하였다. 그러나 현재의 연구는 제한적으로 수행되어 수문 개폐 전후의 6개월씩 12개월간의 자료를 분석하였고 주요분조로써 M_2, S_2, K_1, O_1의 4개 분조만을 고려하였다.

군산 내항 및 외항에 위치한 검조소는 1994년 초부터 자동 검조시스템을 도입하여 운영하고 있는데 매분 단위의 측정된 자료가 자동으로 저장되고 있다. 이렇게 저장된 자료는 수로국의 각 사무소에 설치된 computer와 modem을 통하여 해당 검조소에 접속한 후 자료를 전송 받게된다. 수신된 자료는 여러 단계의 변화과정을 거쳐 처리되어 일별 및 월별의 자료로 편집되는데, 본 연구에서는 월별 처리된 검조 자료로 1994년 3월~1995년 2월까지 12개월간의 매시간 자료를 수집하여 이용하였다. 이 기간은 금강하구 수문을 닫기전

Table 2. Harmonic analysis of Kunsan Inner Port tidal heights due to gate opening conditions of tidal barrier for 6 months each.

Conditions / Constituents	Gate opened (before Aug 31, 1994)		Gate closed (after Sep 1, 1994)		Effects of gate operation (cm)
	amp (cm)	phase (deg)	amp (cm)	phase (deg)	
M_2	212	127	228	123	+16
S_2	75	186	87	177	+12
K_1	34	299	33	299	-1
O_1	25	258	25	262	-

Table 3. Harmonic analysis of Kunsan Outer Port tidal heights due to gate opening conditions of tidal barrier for 6 months each.

Conditions / Constituents	Gate opened (before Aug 31, 1994)		Gate closed (after Sep 1, 1994)		Effects of gate operation (cm)
	amp (cm)	phase (deg)	amp (cm)	phase (deg)	
M_2	220	118	224	117	+4
S_2	82	174	87	169	+5
K_1	36	294	35	297	-1
O_1	26	256	26	259	-

6개월, 닫은 후 6개월이 포함되어, 인위적인 하구 수동역학의 변화가 확연히 나타난다.

조석자료의 조화분석에 적용한 프로그램은 Canada 해양연구소의 Foreman(1977)이 발표한 package를 이용하였다. 전술한 방법에 의하여 군산내항과 외항에 대한 조화 분석한 결과를 Table 2와 Table 3에 각각 수록하였다. 여기서 진폭은 cm 단위로 표시하였고, 위상각은 Greenwich 기준 지각이다.

상기 분석결과를 비교하면 금강하구 수문 닫음으로 인하여 반일 주조인 M_2 및 S_2 분조는 군산 외항에서 각각 4 cm 및 5 cm의 진폭의 증가가 유발되었고, 군산내항에서는 더욱 크게 확폭되어 16 cm 및 12 cm의 증가로 나타났다. 일주조인 K_1 분조에 대해서는 진폭이 1 cm 낮게 나타났으나 O_1 분조는 진폭의 변동이 거의 없는 것으로 나타났다.

이와 같이 폐쇄하구로 변하게된 인위적 영향에 따라 진폭의 증가는 1차원 수동역학 모형을 이용하여 금강하구둑의 영향을 초기 추정하고 예측하였던 최·오(1987)의 결과에 따르면, 하구둑 전면에서 M_2 및 S_2 분조의 증폭은 7 cm 및 6 cm로 예측되었고, K_1 및 O_1 분조는 거의 변화가 없었던 것으로 기록되었다. 따라서 최(1987)의 연구결과는 하구둑 건설의 영향을 정성적으로는 예측하였으나 1차원 모형의 제한된 모형적용 및 너무 근접한 외해 개방경계의 설정 등으로 정량적으로는 미흡하게 예측하였다. 물론 근래에 금강하구 일대에서 준설 및 도류제 공사, 호안 및 새만금 간척 공사 등의 추가적인 인위적 영향도 현재 상태의 조석 변화를 유발하는 인자로 작용하여 실제적으로 매우 복잡하게 진폭 및 지각의 변화가 나타났을 것으로 추정된다.

조석체계의 변화는 금강하구역의 수동역학에도 결정적으로 영향을 미치게 되며, 하구둑 전면의 둔화된 조류속의 영향으로 일대에 퇴적성향이 강하게 나타나고 시간이 지남에 따라 조석의 확폭이 뚜렷할 것이며, 퇴적률도 증가될 것으로 사료된다. 보다 정량적인 평가분석은 본 연구에 이어지는 논문(서, 1998)에서 다루어질 것이다.

4. 퇴적환경의 변화분석

공사로 인한 유동의 변화는 직·간접적으로 퇴적환경의 변화를 초래하고 수심 및 지형의 변화를 유발하게 된다. 따라서 본 연구에서는 이러한 연안공사 인근해역에 대한 지속적인 수심의 변화를 모니터링함으로써, 공사가 인근해역의 환경에 미치는 영향을 파악하고자 하였다. 또한 가도 이남의 간사지에는 수준측량을 94년도에 3회, 95년도에 7회 및 96년도에 추가 2회 실시하여 퇴적환경을 이해하고자 도모하였다.

먼저 가도이남 간사지에 대한 수준측량성과를 도시한 Fig. 4를 살펴보면 종선 1(Kado site 1)로 명시된 측선 상에서 1994년도에 측정하였을 때보다 종방향거리

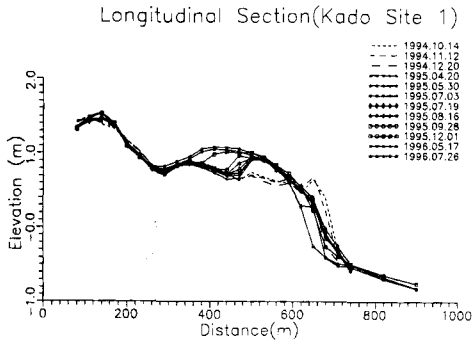

Fig. 4. Bottom level changes on Kado tidal flats.

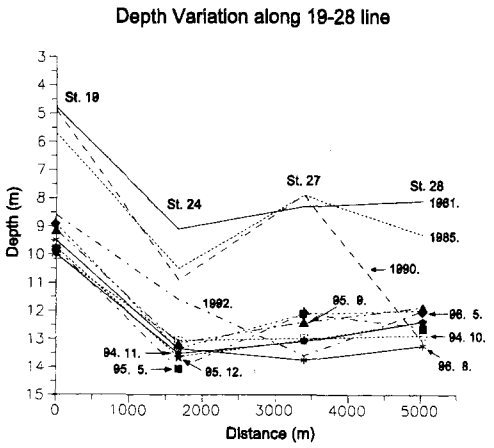

Fig. 5. Depth changes along observation line-1 (stations connecting 19-28)

500~600 m 구간에서 약 30 cm의 퇴적양상을 보인다. 그렇지만 600 m를 전후한 구간에서는 오히려 1 m 가까운 세굴현상을 보여 매우 불규칙적으로 세굴과 퇴적이 나타남을 알 수 있었고, 이러한 현상은 간사지의 특성으로 이해될 수 있다. 1995년 9월 측정 이후 2개월 후에 관측한 결과는 일부 약 100 m 구간에서 30 cm의 단기간 퇴적환경의 변화를 보여 계절적인 인자의 영향을 상당히 받고 있는 것을 알 수 있다.

이처럼 종적인 지반고의 비교는 공간적인 퇴적환경을 이해하는데 다소 미흡하므로 본 논문에서는 가도 이남에서 사방 1 km×1 km 구역에서 지반의 변화상을 체적계산을 하여 Table 4에 퇴적량과 퇴적률로 수록하였다. 관측결과에 따르면 간사지에서는 일관성 없이 불규칙적으로 퇴적과 세굴이 교대로 일어나며, 1년간의 평균세굴률은 0.4 cm에 이른다.

간사지에서의 수준측량 성과비교 보다는 해수 유동으로 인하여 지속적으로 변화되는 측심성과의 비교가 보다 명확히 공사로 인한 퇴적환경의 변화상을 표현할 것이므로 해상에서의 수심측량을 통하여 변화되는 퇴적상을 이해하고자 28개 정점에 대한 결과를 분석하였다.

Fig. 1에서와 같이 28개 정점을 3개의 정선 (정선 1은 정점19-24-27-28을 잇는 AA', 정선 2는 정점 11-12-13-14-15-16-17을 잇는 DD', 그리고 정선 3은 정점 1에서 10을 잇는 CC')을 설정하여 이에 관한 수동역학적 변화가 퇴적에 미치는 영향을 살펴본다.

관측정선 line-1에서는 Fig. 5에서 보듯이 1994년 10월 측정한 이후 1995년 9월 측정시까지 약 50 cm 정도의 퇴적되는 경향을 보이다 그 이후 1995년 12월 관측된 결과는 오히려 세굴이 진행되는 양상을 나타낸다. 이러한 결과는 도류제의 축조로 증가된 조류속에 기인되어 세굴이 진행되나 1995년 8월 홍수시에 일시 개방된 금강하구 수문으로부터 유입된 토사가 도류제 구간에 퇴적되었다가 동적인 평형이 깨어지면서 다시 세굴되는 것으로 이해된다. 이(1994)가 추론한 바와 같이 금강하구역의 소류사로 인한 퇴적성향을 나타낸 것과 일치한다. 주수로 구간에 대한 유동변화와 퇴적환

Table 4. Sedimentation rate on Kado tidal flats from July 1995 to July 1996.

Period	1995 Jul 19	Aug 17	Aug 17	Sep 28	Sep 28	Dec 1	Dec 1	1996 May 17	May 17	Jul 26
Sediment Rate	29 day		42 day		64 day		165 day		69 day	
Volume (m^3)	1,416,320	1,435,190	1,435,190	1,384,980	1,384,980	1,452,930	1,452,930	1,420,730	1,420,730	1,412,530
Volume change (m^3)	18,870		-50,210		67,950		-32,200		-8,200	
Sediment rate (cm/month)	+2.0		-3.6		+3.3		-0.6		-0.4	
Yearly mean sediment rate (cm/yr)	-0.4									

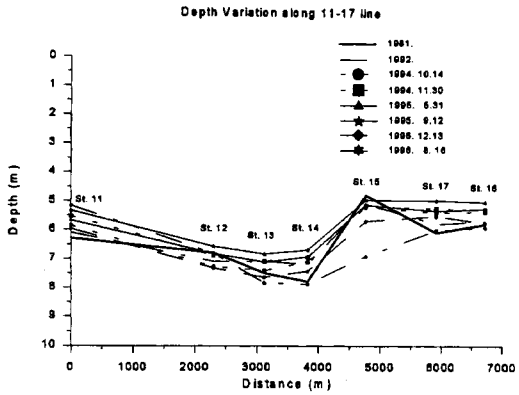

Fig. 6. Depth changes along observation line-2 (stations connecting 11-17).

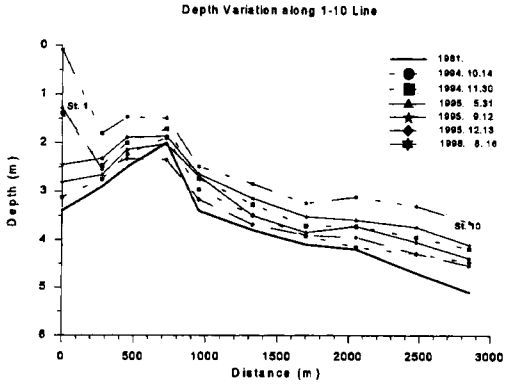

Fig. 7. Depth changes along observation line-3 (stations connecting 1-10).

경의 변화는 수치실험을 통하여 확인된 바와 마찬가지로 조류속이 증가되어 퇴적이 둔화되는 순기능을 발휘할 수 있는 것으로 보인다.

Fig. 6에서 보듯이 관측정선 line-2에서의 결과도 유사한 경향을 보이며 대체적으로 1994년 10월부터 1년간 약 50 cm정도의 퇴적을 보이다 최종적인 3개월간은 약 20 cm정도의 세굴된 결과를 나타낸다. Fig. 7에 보이는 관측정선 line-3은 도류제의 축조된 영향으로 다른 정점에 비해 퇴적률이 둔하고 오히려 관측정선 line-1과 같은 경우는 세굴이 촉진되어 진행되는 것을 알 수 있다. Table 5에는 앞서의 Fig. 1에 도시된 외항 주수로 입구부인 정점 19-20-21-22-23-24-25를 포함하는 사각형 영역인 1,353,100 m^2에 대한 퇴적률이 표시되고 있다.

이 결과를 분석하면 매우 정량적으로 공사로 인한 영향을 평가할 수 있는데, 94년 10월 이후 95년 5월까지는 지속적으로 세굴되고, 그 이후 3개월에는 상당히 퇴적됨에 나타났으나 다시 95년 9월부터 12월까지 3개월에 전적으로 세굴되고 있는 것으로 확인되었다. 그런데 96년 봄에는 또다시 퇴적이 진행된 이후에 봄을 거쳐 여름 8월 홍수 이전까지 상당량 세굴이 진전되어 전체적으로 년간 약 50 cm의 세굴이 금강하구에서 일어나고 있음을 보여 주수로 구간에 대한 유동변화와 퇴적환경의 변화는 조류속이 증가되어 퇴적이 둔화되는 순기능을 발휘할 수 있는 것으로 보인다.

5. 결 론

동시에 진척되는 대규모 연안 하구공사가 인근해역에 미치는 영향을 평가하기 위하여 2년여에 걸친 관측을 중심으로 살펴본 본 연구에서는 금강하구의 급격한 수동역학적 변화가 해저지형의 변화를 초래하는 것을 확인 할 수 있었다. 호안을 축조한 가도 이남의 간사지에서는 계절적인 영향으로 가을철의 단 2개월에 30 cm에 달하는 퇴적이 관측되기도 하였다. 그러나 관측된 조류속으로부터 최대 150 cm/s에 다다르는 매우 강

Table 5. Sedimentation rate for main channel around Kunsan Outer Port from October 1994 to August 1996.

Period	1994 Oct 14	Nov 30	Nov 30	95 May 31	May 31	Sep 12	Sep 12	Dec 13	Dec 13	1996 May 11	May 11	Aug 16
Sediment Rate	1.5 months		6.0 months		3.4 months		3.0 months		4.9 months		3.2 months	
Volume (m^3)	3,421,370	3,685,630	3,685,630	3,837,800	3,837,800	3,264,670	3,264,670	3,895,730	3,895,730	3,067,660	3,067,660	4,537,770
Volume changes (m^3)	-264,260		-152,170		+573,130		-631,060		+828,070		-1,470,110	
Sedimentation rate (cm/month)	-13.0		-1.9		+12.4		-15.5		+12.5		-34.0	
Yearly mean sedimentation rate (cm/yr)	-45.6											

한 유속의 증가에 기인되어 도류제 공사가 진척되는 금강하구 구간은 최대 년간 50 cm에 이르는 세굴 환경이 지배하는 것을 알 수 있었고, 비응도를 중심으로 퇴적환경의 변화는 불규칙하게 세굴과 퇴적이 계절에 따라 변화됨을 알 수 있었다.

따라서 금강하구역에서 현재 진행되는 공사는 인근 해역의 유동변화를 초래하며 주변해역에 부정적인 영향을 끼칠 것으로 예견되는 퇴적환경으로 변화는 크지 않고 오히려 그동안 퇴적이 문제시되었던 군산항 주수로 부분에 유속의 증가를 유발시켜 다소나마 퇴적을 줄일 수 있는 긍정적인 영향을 미치는 것으로 판단된다.

금강하구둑 공사가 금강하구의 조석수동역학에 미치는 영향은 하구둑 완공이후에 수문을 닫음으로 인하여 반일 주조인 M_2 및 S_2 분조에 대해 군산 외항은 각각 4 cm 및 5 cm의 진폭의 증가가 유발되었고, 군산 내항은 더욱 크게 확폭되어 16 cm 및 12 cm의 증가로 나타났다. 일주조인 K_1 분조에 대해서는 진폭이 1 cm 낮게 났으나 O_1 분조는 진폭의 변동이 거의 없는 것으로 분석되었다.

사 사

본 연구의 관측은 한국토지공사 군산직할사업단의 도움으로 수행되었기에 이에 감사의 뜻을 전합니다.

참고문헌

군산항건설사무소, 1985, 1986, 1988, 1989, 1991, 1992. 금강하구수리현상조사.

이석우, 1994. 한국항만수리지, 집문당.

서승원, 1994. 방조제 축조 영향해석에서의 유한요소모형, 한국해안·해양공학회지, **6**(2): 196-204.

서승원, 1996. 금강하구둑 건설로 인한 조석체계 변화모의, 한국수자원학회 학술발표회, pp. 677-682.

서승원, 1998. 금강하구역의 수동력학적 변화 (2) -수치 실험을 중심으로-, 한국해안·해양공학회지, **10**(1): 18-26.

최병호, 1984. 영산강하구의 방조제 건설에 따른 조위변화, 대한토목학회논문집, **4**(2): 113-124.

최병호, 안원식, 1985. 금강 감조구간의 조석전파, 한국수문학회지, **18**(1): 67-73.

최병호, 오윤근, 1987. 금강하구둑에 의한 조석변화의 초기추정, 한국수문학회지, **20**(2): 161-168.

최병호, 1988. 금강하구의 비선형조석, 한국수문학회지, **21**(1): 87-93.

Foreman, M.G.G., 1977. Manual for tidal heights analysis and prediction, *Pacific Marine Science Rep. 77-10*, Institute of Ocean Science, British Columbia, 101 pp.