

금강하구둑 축조 전·후의 지형변화에 관한 연구

A Study on the Topography Change of the Before and After Construction at Geum River Estuary Dike

홍성근* / 신문섭** / 강신중*** / 김재형****

Hong, Sung-Kun / Shin, Moon-Seup / Kang, Shin-Jung / Kim, Jae-Hyoung

Abstract

We analyzed the harmonic and non-harmonic constant of Geum River estuary to know tidal change of the before and after construction at Geum River estuary dike. As a result of analysis, the harmonic and non-harmonic constant after estuary dike building increased. Also, depth change analyzed at each section by using each year chart data. As a result, scour was occurred in the channel between south and north side guide bank. And accretion was occurred at channel from Kunsan outer port to estuary dike. Tidal change was judged as the effect of construction and dredge, watergate closing at Geum River estuary dike. And water depth change is a cause by effect of Geum River estuary dike construction and, south-north side guide bank, Kunjang country industrial complex furtherance business, seamangeum 4th sea bankment construction.

keywords : Geum river estuary, Harmonic and non-harmonic constant, Depth change, Estuary dike

요 지

금강하구둑 축조 전·후의 조석변화를 알기위하여 금강하구의 조류조화상수 및 비조화상수를 분석하였다. 그 결과, 하구둑 축조 후에 조화상수 및 비조화상수가 증가하였다. 또한 연도별 해도자료를 이용하여 구간별 수심변화를 분석하였다. 그 결과 남·북측도류제 사이의 수로에서는 세굴이 발생하였다. 그리고 군산외항에서 하구둑까지의 수로에서는 퇴적이 발생하였다. 조석변화는 건설과 준설, 금강하구둑의 수문닫힘의 영향으로 판단된다. 그리고 수심변화는 금강하구둑 건설과 남측도류제, 군장 국가공단 조성사업, 새만금 4호 방조제 건설의 영향에 의하여 야기된 것으로 판단된다.

핵심용어 : 금강하구, 조류조화상수 및 비조화상수, 수심변화, 하구둑

* 군산대학교 해양과학기술대학 해양생산학·동력기계시스템공학부 교수
Professor, Faculty of Marine Science & Production · Power System Engrg., Kunsan Univ., Kunsan 573-701, Korea
(e-mail: skhong@kunsan.ac.kr)

** 군산대학교 토목·환경공학부 교수
Professor, Faculty of Civil & Environmental Engrg., Kunsan Univ., Kunsan 573-701, Korea

*** 군산대학교 대학원 토목공학과 박사과정수료
Doctoral Student, Dept. of Civil Engrg., Kunsan Univ., Kunsan 573-701, Korea

**** 군산대학교 대학원 토목공학과 박사과정
Doctoral Student, Dept. of Civil Engrg., Kunsan Univ., Kunsan 573-701, Korea

1. 서론

대부분의 서해안은 천해역으로 간조시에 드러나는 넓은 간석지로 이루어져 있다. 이러한 천해역을 가지는 하구역에서는 수로의 너비 변화 및 수심의 변화가 심하다. 또한 수로와 수로 사이에 중앙 천퇴가 발달하기도 하여 해안선 및 해저 지형이 매우 복잡하다. 이처럼 지형이 복잡한 하구역에서의 조류 형태(tidal flow regime)는 주로 만이나 해안선의 형태, 해저 지형(bottom topography), 수로(channel), 천퇴(sand bar)나 간석지 등의 지형적인 요인에 의해 결정된다.(Masch et al. 1969)

금강하구는 복잡한 지형적 변화 및 천해특성에 기인된 조석의 현상이 뚜렷이 나타나는 곳이다. 군산항은 1899년에 개항된 이후 큰 환경의 변화가 없었다. 하지만 1974~1979년에 외항의 건설이 이루어졌고, 현재는 하구 입구인 명암으로부터 8km, 18km, 22km 지점에 군산외항, 장항항 및 군산내항이 각각 위치하게 되었다. 금강하구는 하구둑의 축조 후 수문이 닫히기 전까지 금강으로부터 공급되는 유사로 인해 퇴적되었다. 그래서 군산항으로 입·출항하는 선박의 수심을 확보하기 위하여 주기적으로 준설을 해야만 했다. 그리고 1994년 8월 금강하구둑 수문의 닫힘과 북측도류제 및 남측도류제와 군장국가공단 조성사업 및 새만금 4호 방조제 건설 등의 영향으로 금강하구 일대 해역의 흐름이 급격히 변화되고 있다.

금강하구둑 축조 전·후의 해수면 변화와 조석체계에 대한 연구들을 보면, 박원경, 서승원(1995)은 1960~1993년까지의 조위자료를 분석하였고, 서승원(1998a, b)은 군산내항의 조위자료를 조화분해하여 반일주조의 진폭증가를 연구하였다. 또한 안희수, 오임상(1995)은 만 내부에서 진폭의 증가요인을 조사하였으며, 권효근, 이상호(1997)는 해수면의 변화와 반일주조의 진폭에 대하여 연구하였다. 그리고 최병호, 오윤근(1987)은 금강하

구둑 건설에 따른 변화에 대해서 1차원 수리역학 모델을 이용하여 평균대조차, M2 분조와 S2 분조의 변화를 예측하였다. 또한 신문섭 등(2001)은 새만금 간척전·후 금강 하구의 퇴적과정에 관하여, 신문섭(2002)은 새만금 간척 퇴적과정에 관한 연구와 신문섭, Yanagi(2002)는 새만금간척 전·후 잔차류의 계절변화에 관한 연구를 하였다. 새만금 간척 및 금강하구둑 건설은 하구역의 조류 및 잔차류등의 흐름을 변화시키고 있다. 또한 이러한 흐름 변화는 하구지형을 변화시켰다고 판단된다. 따라서 본 연구에서는 금강 하구둑 축조 전·후에 대한 지형변화를 알아보기 위하여 해도가 새롭게 제작된 1958년, 1966년, 1971년, 1979년, 1996년, 1999년의 해도 자료를 이용하여 퇴적변화를 알아보았다. 또한 금강 하구둑 축조 전·후의 조석변화를 조사하고 분석하여 퇴적변화현상을 규명하고자 한다.

2. 금강하구의 지형변화

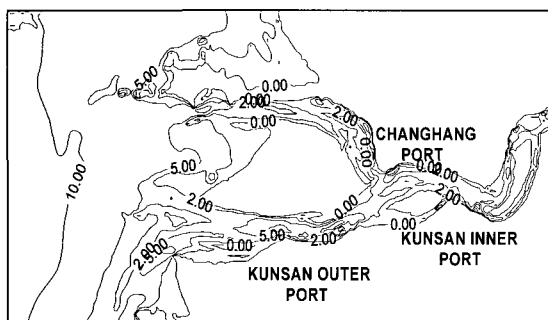
2.1 지형조사

금강하구엔 지형은 평균 만조선과 평균 간조선 사이의 조간대(intertidal zone)에 위치하고 있다. 이러한 조간대는 해수면의 주기적인 상승과 하강에 의한 퇴적작용이 우세한 환경이다. 또한 금강을 통하여 육지로부터 공급된 많은 퇴적물이 하구에 쌓이고, 조류에 의하여 침식과 퇴적이 반복되고 있다.

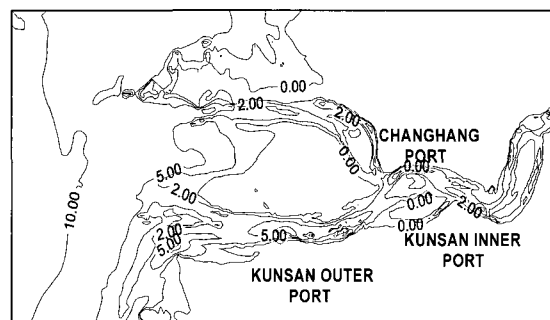
대상해역의 지형자료는 국립해양조사원에서 편수한 "군산항 부근(No. 305)"의 해도에서 얻었다. Fig. 1에서 Fig. 6은 각각 1958년, 1966년, 1971년, 1979년, 1996년, 1999년의 해도자료를 구축한 것이다. 이 자료를 이용하여 금강하구둑 축조 전·후의 수심을 분석하였다.

2.2 수심변동

Fig. 2와 Fig. 3은 해도에서 얻은 1966년 수심에서 1958년 수심을 빼어 수심변동을 표현하였다. 같은 방법

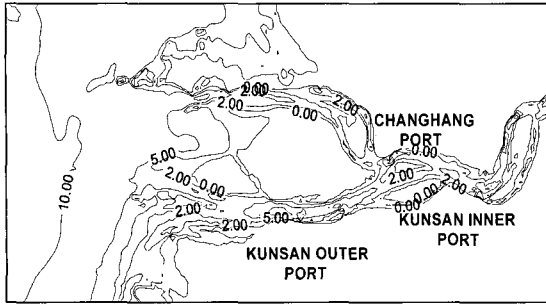


(a) 1958년

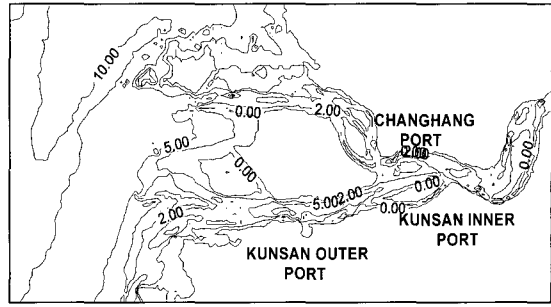


(b) 1966년

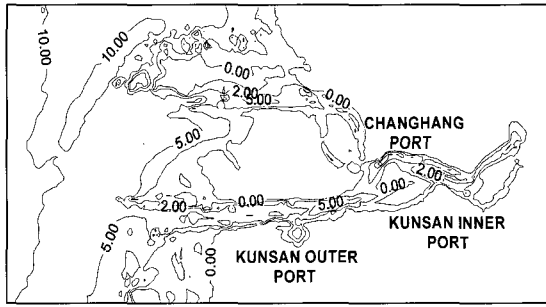
Fig. 1. Chart Data Construction of Each Year in Geum River Estuary (unit: m) (continued)



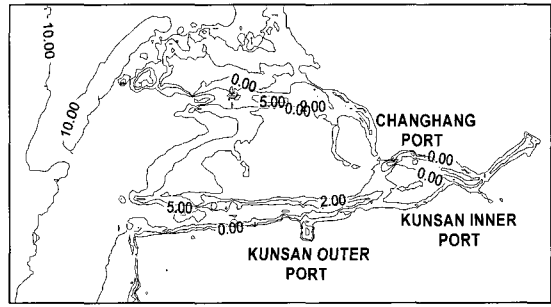
(c) 1971 년



(d) 1979 년



(e) 1996 년



(f) 1999 년

Fig. 1. Chart Data Construction of Each Year in Geum River Estuary (unit: m)

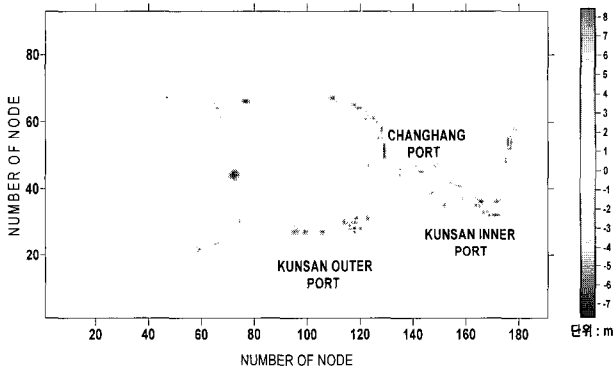


Fig. 2. Water Depth Change Distribution of 1958 and 1966

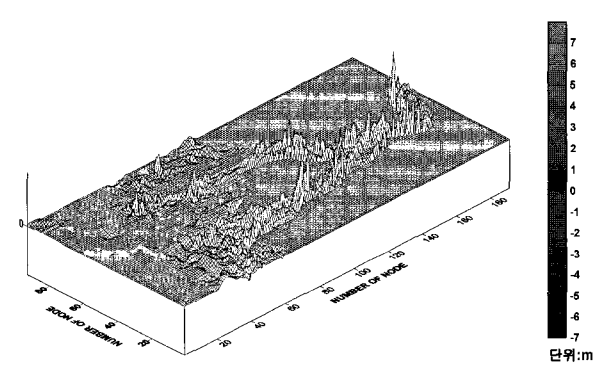


Fig. 3. Three-Dimensional Water Depth Change Distribution of 1958 and 1966

으로 Fig. 4에서 Fig. 13까지는 각각 1971년 수심과 1966년 수심, 1979년 수심과 1971년 수심, 1996년 수심

과 1979년 수심, 1999년 수심과 1966년 수심, 1999년 수심과 1958년 수심의 변동을 표현하였다.

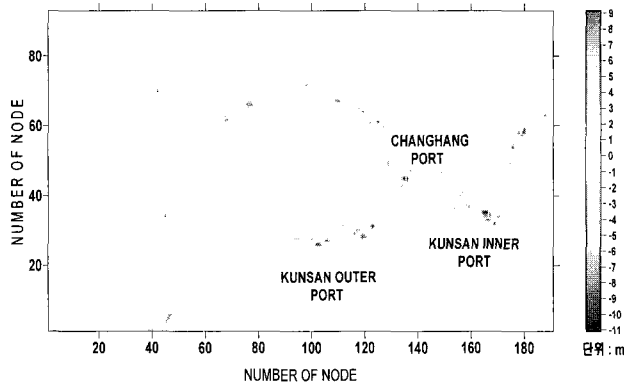


Fig. 4. Water Depth Change Distribution of 1966 and 1971

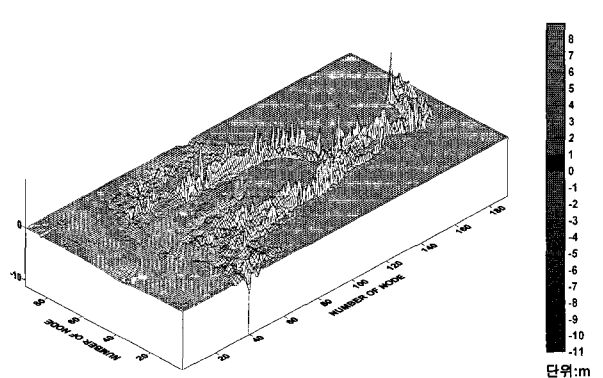


Fig. 5. Three-Dimensional Water Depth Change Distribution of 1966 and 1971

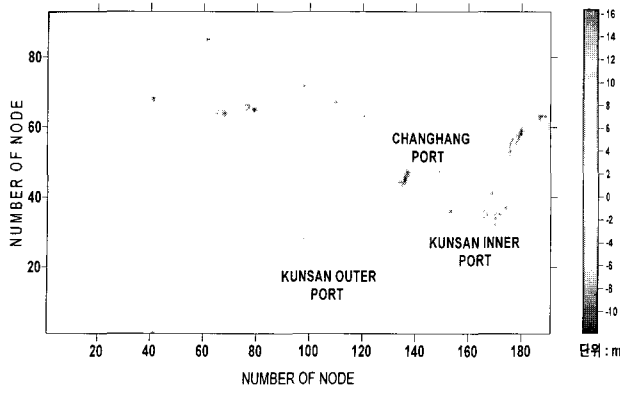


Fig. 6. Water Depth Change Distribution of 1971 and 1979

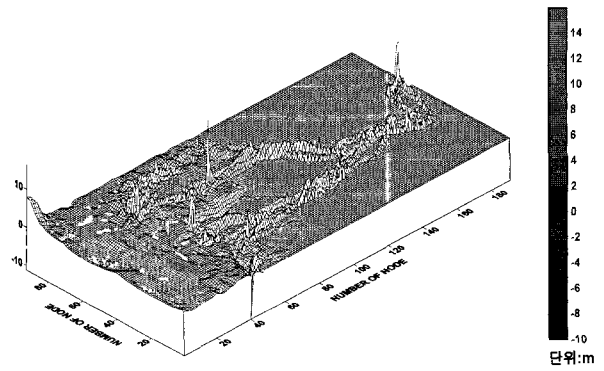


Fig. 7. Three-Dimensional Water Depth Change Distribution of 1971 and 1979

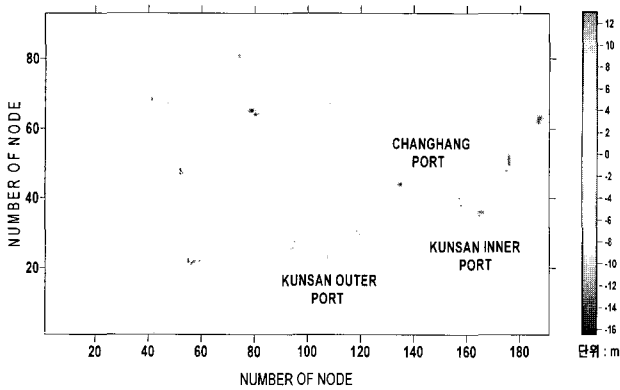


Fig. 8. Water Depth Change Distribution of 1979 and 1996

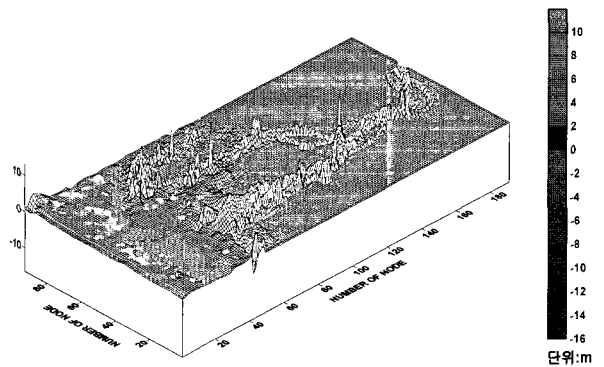


Fig. 9. Three-Dimensional Water Depth Change Distribution of 1979 and 1996

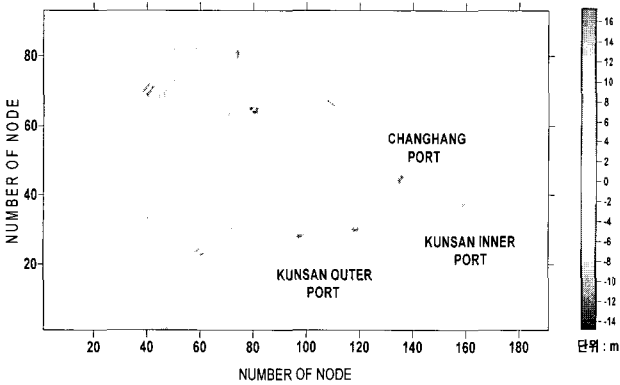


Fig. 10. Water Depth Change Distribution of 1996 and 1999

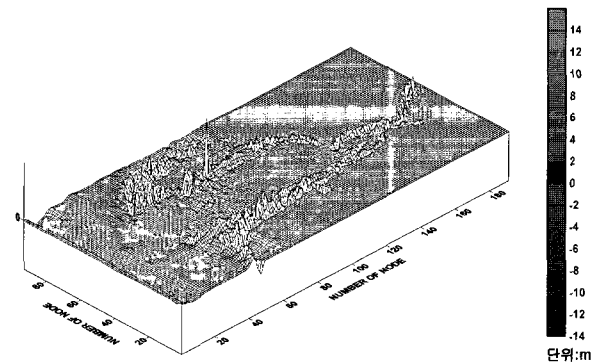


Fig. 11. Three-Dimensional Water Depth Change Distribution of 1996 and 1999

구축된 해도자료 중 최근의 자료인 1999년의 수심에서 예전의 자료인 1958년의 수심을 뺀 수심변동분포를 살펴보았다. 명암 부근, 명암 부근에서 군산외항까지의 수로부분, 군산외항, 도류제 부근에서는 수심이 깊어진 것을 알 수 있다. 그러나 군산외항 부근, 장항항 부근, 군산내항 부근, 군산외항에서 장항항까지의 수로부분, 군산외항에서 군산내항까지의 수로부분에서는 수심이 얕아진 것을 알 수 있다.

3. 조석변화 분석

금강하구둑 축조 전·후의 조석변화를 알아보기 위하여 해운항만청의 “군산항 수심측량 용역보고서”와 군산지방해양수산청의 “금강하구 수리현상 변화조사 보고서” 및 “군·장항 매물저감대책시설 기본계획수립 용역보고서”를 인용하여, 금강하구둑 축조 전·후의 군산외항 조석변화를 Table 1에서 비교하였다.

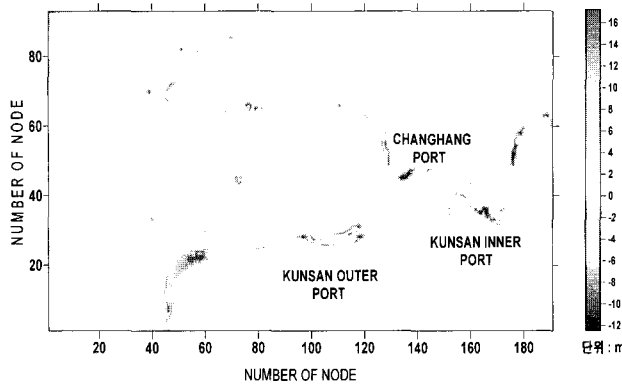


Fig. 12. Water Depth Change Distribution of 1958 and 1999

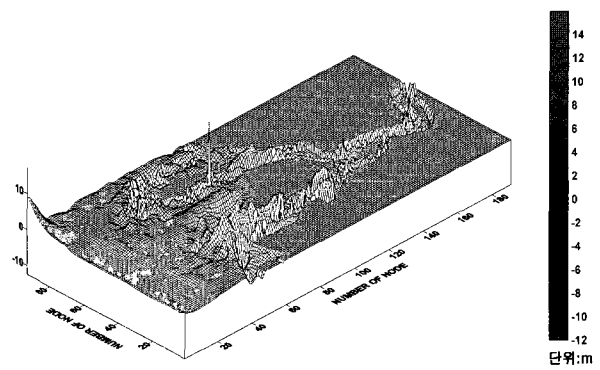


Fig. 13. Three-Dimensional Water Depth Change Distribution of 1958 and 1999

Table 1. Kunsan Outer Port Tide Change of the Before and After Estuary Dike Constructing

Item		Before Estuary Dike Construction		After Estuary Dike Construction		Note	
Component Tide	Term	Amplitude (cm)	Phase (°)	Amplitude (cm)	Phase (°)	Amplitude (cm)	Phase (°)
M ₂	Principal Lunar Semidiurnal Component	220.1	82.2	223.4	80.6	+3.3	-1.6
S ₂	Principal Solar Semidiurnal Component	81.6	126.3	84.8	125.5	+3.2	-0.8
K ₁	Soli-Luner Diurnal Component	34.4	272.0	35.3	272.4	+0.9	+0.4
O ₁	Principal Lunar Diurnal Component	26.2	243.9	25.8	244.9	-0.4	+1.0
Approx. H.H.W	2(H _m +H _s +H _o +H')	724.6cm		738.5cm		+13.9cm	
H.W.O.S.T	2(H _m +H _s)+H _o +H'	664.0cm		677.4cm		+13.4cm	
H.W.O.M.T	2H _m +H _s +H _o +H'	582.4cm		592.6cm		+10.2cm	
H.W.O.N.T	2H _m +H _o +H'	500.8cm		507.8cm		+7.0cm	
M.S.L	H _m +H _s +H _o +H'	362.3cm		369.3cm		+7.0cm	
L.W.O.N.T	2H _s +H _o +H'	223.8cm		230.7cm		+6.9cm	
L.W.O.M.T	H _s +H _o +H'	142.2cm		145.9cm		+3.7cm	
L.W.O.S.T	H _o +H'	60.6cm		61.1cm		+0.5cm	
Approx. L.L.W	A _o -(H _m +H _s +H _o +H')	0.0cm		0.0cm		0.0cm	

금강하구둑 축조 전·후에 대한 군산외항 조석변화를 비교하여 분석한 결과, 하구둑 축조 후에 조화상수인 주태음·주태양 반일주조 및 일월합성일주조는 각각 3.3cm, 3.2cm, 0.9cm의 진폭이 증가되었다. 또한 비조화상수인 약최고 고조위, 대조평균 고조위, 평균 고조위, 소조평균 고조위, 평균해면, 소조평균 저조위, 평균 저조위, 대조평균 저조위도 각각 13.9cm, 13.4cm, 10.2cm, 7.0cm, 6.9cm, 3.7cm, 0.5cm로 증가한 것으로 분석되었다.

4. 수심변화 분석

공사로 인한 유동의 변화는 직·간접적으로 퇴적환

경의 변화를 초래하고 수심 및 지형의 변화를 유발하게 된다. 이에 금강하구의 연도별 해도자료를 이용하여 Fig. 14와 같이 AA', BB', CC', DD'의 구간에서 수심 변화를 분석하였다.

AA'구간은 남·북측도류제 사이 수로로써 외해에서 외항으로의 수심변화를 나타내었다. 1996년 이전에는 외해에서는 수심이 낮고, 외항으로 갈수록 수심이 깊어졌다. 하지만 1999년에는 외해의 수심이 깊고, 외항으로 갈수록 수심이 낮아진 것으로 분석되었다. 그리고 BB'구간은 군산외항에서 장항항까지의 수심변화를 나타내었다. 1958년에서 1971년까지는 수심이 깊어지다가 그

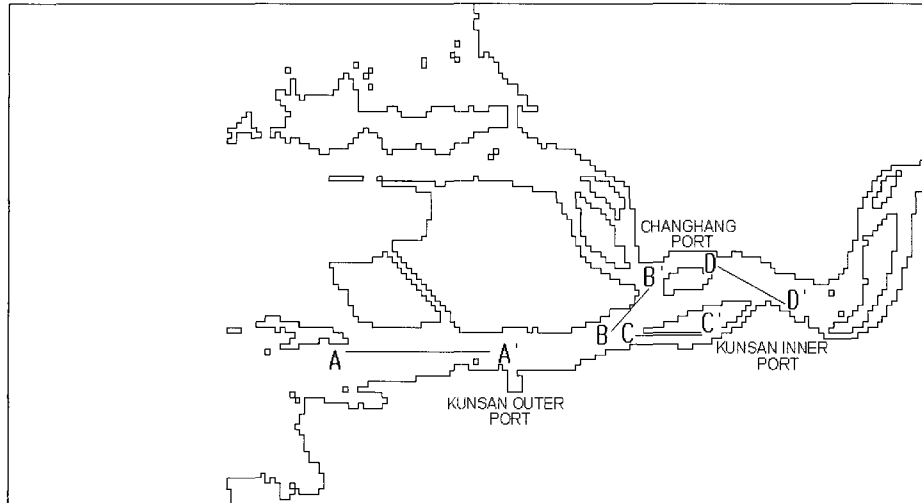
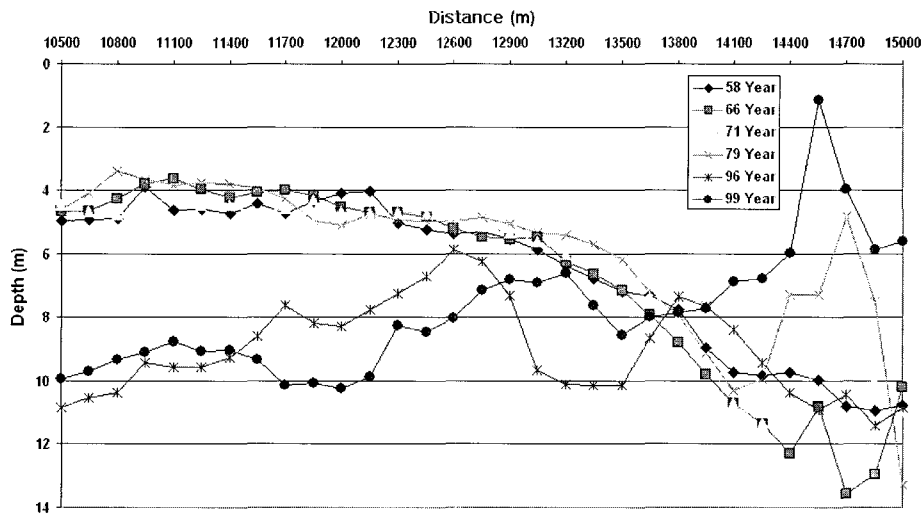
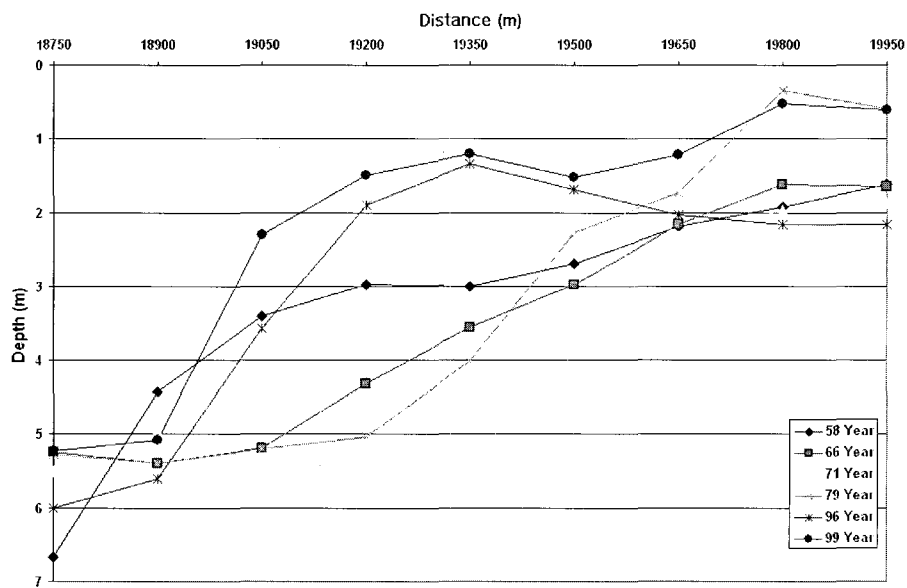


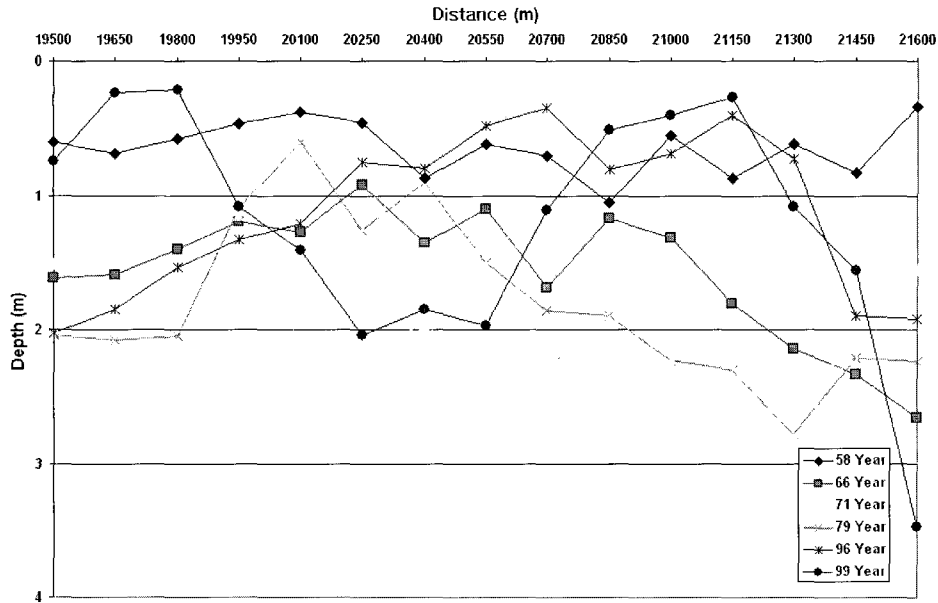
Fig. 14. A Compared Location of Water Depth Change



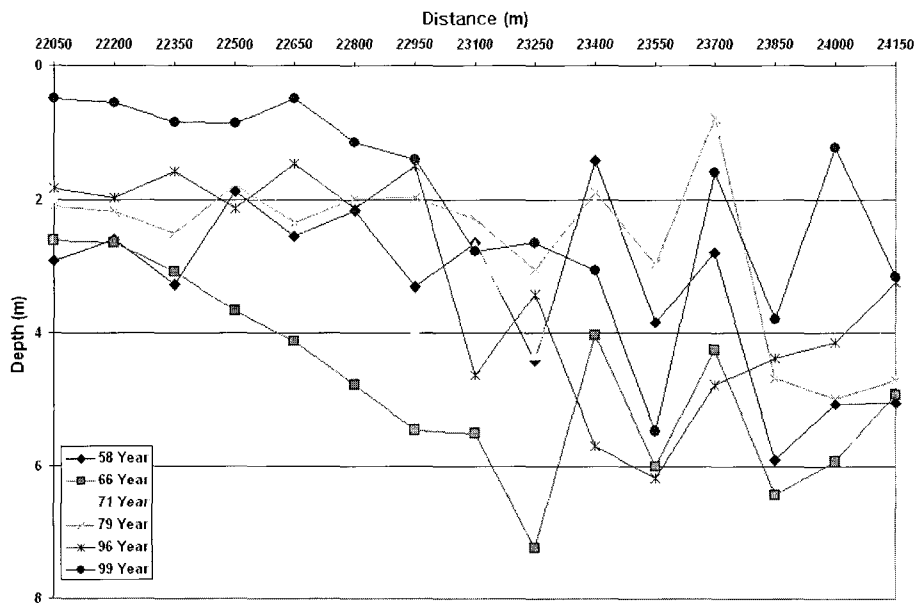
(a) A-A' Section



(b) B-B' Section



(c) C-C' Section



(d) D-D' Section

Fig. 15. Water Depth Change of Each Year by Section

이후에는 수심이 얕아졌다. CC' 구간은 군산외항에서 군산내항까지의 수심변화를 나타내었다. 이 구간은 BB' 구간과 마찬가지로의 변화를 보였다. DD' 구간은 장항항에서 군산내항까지의 수심변화를 나타내었다. 이 구간에서는 1966년에만 수심이 깊어졌다가 이후에는 계속 얕아진 것으로 분석되었다.

5. 결론

본 연구에서는 금강하구둑 축조 전·후의 군산외항

조석변화와 제작 연도별 해도자료를 구축하여 수심변화를 비교·분석 하였다. 그 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 금강하구둑 축조 전·후의 군산외항 조석변화를 비교하여 분석한 결과, 하구둑 축조 후에 조화상수인 주태음·주태양 반일주조 및 일월합성일주조는 각각 3.3cm, 3.2cm, 0.9cm의 진폭이 증가되었다. 또한 비조화상수도 하구둑 축조 후에 증가한 것을 알 수 있었다. 이러한 조석변화는 금강하

구 일대에 축조된 북측도류제, 남측도류제, 군장 국가공단, 새만금 4호 방조제 건설 및 준설 등의 인위적 영향과 금강하구둑 건설로 인하여 조석전 파가 차단됨으로써 나타난 것으로 추정된다.

- 2) 연도별 해도자료를 활용하여 4개의 구간에서 수심 변화를 분석한 결과, AA'구간인 남·북측도류제 사이의 수로에서는 하구둑 축조 후에 수심이 깊어 졌지만, BB', CC', DD'구간에서는 수심이 얕아진 것을 알 수 있었다. AA'구간의 경우는 도류제 건설로 인하여 조류속에 기인된 세굴이 진행된 것을 알 수 있다. 하지만 다른 구간의 경우는 금강상류 60km 정도 되는 지점까지 영향을 미치던 조수가 하구둑에 의해 차단되어 창조류와 함께 외해로부터 유입된 토사 일부가 퇴적되어 많은 퇴적이 발생한다고 할 수 있다.

감사의 글

본 연구는 군산대학교 연구교수 연구년제의 연구비 지원에 의하여 연구 되었으며 이에 감사드립니다.

참고 문헌

권효근, 이상호 (1997). “금강 하구연의 수문단음으로 인한 하구의 해수면 변화.” **1997년도 춘계학술발표회 요약집**, 한국해양학회, pp. 1-1.
 군산지방해양수산청 (1999). **금강하구 수리현상 변화조사 보고서**.
 군산지방해양수산청 (2001). **군·장항 매물저감대책시설 기본계획수립 용역 보고서**.

박원경, 서승원 (1995). “대규모 공사로 인한 금강하구역의 퇴적환경변화.” **1995년도 정기학술강연회 발표논문 초록집**, 한국해안·해양공학회, pp. 44-47.

해운항만청 (1982). **군산항 수심측량 용역보고서**.

서승원 (1998a). “금강하구역의 수동역학적 변화(1) -관측자료를 중심으로-.” **한국해안·해양공학회논문집**, 한국해안·해양공학회, 제 10권, 제 1호, pp. 10-17.

서승원 (1998b). “금강하구역의 수동역학적 변화(2) -수치실험을 중심으로-.” **한국해안·해양공학회논문집**, 제 10권, 제 1호, pp. 18-26.

신문섭, 배기성, 김남형 (2001). “새만금 간척전·후 금강 하구의 퇴적 과정에 관한 연구.” **한국지반환경공학회논문집**, 제 2권, 제 3호, pp. 5-15.

신문섭 (2002). “새만금간척 퇴적과정에 관한 연구(Ⅱ).” **한국농공학회지**, 제 44권, 제 5호, 별책.

신문섭, T. Yanagi (2002). “새만금간척 전·후 잔차류의 계절변화에 관한 연구.” **한국수자원학회논문집**, 제 35권, 제 4호, pp. 425-442.

안희수, 오임상 (1995). “유한요소법에 의한 금강하구역의 조석 및 금강 유입의 수치실험.” **한국해양학회지**, 제 30권, pp. 299-308.

최병호, 오윤근 (1987). “금강하구둑에 의한 조석변화의 초기추정.” **한국수문학회지**, 제 20권, 제 2호, pp. 161-168.

Masch, F. D., R. J. Branders and J. D. Reagan (1997). “Computation of Numerical Hydraulic Models.” Masonboro Inlet, North Carolina, Giti Report 6.

(논문번호:05-130/접수:2005.10.07/심사완료:2005.12.30)