

목포해역 낙조우세 재고찰 Revisit of Ebb Dominance at Mokpo Coastal Zone

문승록¹, 박선중², 강주환³
Seung Rok Moon¹, Seon Jung Park² and Ju Whan Kang³

1. 서 론

목포해역은 우리나라 서남해안에 위치한 해역으로 조간대가 매우 광범위하게 분포되어 있다. 그러나 이 해역에는 영산강 하구언과 영암·금호 방조제가 건설됨으로써 조간대를 포함한 목포구 내부 감조수역 약 230km²가 감소되었고, 이로 인해 목포 및 인근해역에 여러 가지 형태로 적지 않은 환경 변화를 초래하였다. 하구언과 방조제 건설에 따라 목포구의 'tidal choking effect(TCE)'가 거의 소멸되어(Kang, 1999) 목포의 만조위 상승이 유발된 조석확폭현상(강주환 등, 1996) 뿐 아니라 오염확산 양상 변화(강주환 등, 1998b) 및 건설에 따른 조류속 변화와 낙조우세의 심화(강주환 등, 1998a; Kang 등, 2003; 강주환 등, 2004) 등이 그것이다. 특히 낙조우세와 관련된 연구에 대하여 간략히 소개하면 다음과 같다. 하구언과 방조제 건설에 따라 목포해역에는 조석확폭현상이 유발되었고 이는 청계만에까지 영향을 미치게 되어 청계만의 조간대 규모를 증대시켰다. 조간대가 발달된 해역에서는 낙조우세화되는 경향이 있음을 감안하면 조석확폭에 따른 청계만 내부의 조간대 규모 확대는 낙조우세를 심화시켰음을 기존 연구(강주환 등, 2005) 및 관측자료를 통해 확인할 수 있었다. 또한 건설이후 청계만과 목포해역 사이의 조랑이 크게 증가하여 서로 직접적인 영향을 미치게 되었다. 이에 따라 목포항의 조석확폭이 청계만에 영향을 미쳤을 뿐 아니라 청계만

의 낙조우세가 목포항에 영향을 미쳐 목포항에서도 낙조우세가 심화되었음을 목포항 조위 관측과 수치실험결과로부터 확인하였다.

전술한 바와 같이 목포해역에서 하구언 및 방조제 건설에 따른 환경변화 고찰을 위해서는 TCE(Kjerfve 등, 1991; Rydberg 등, 1996; Hogue 등, 1999; Jan 등, 2001; Smith, 2001)에 대한 연구와 TCE 변화에 따른 영향성 파악이 반드시 필요하다. 따라서 본 연구에서는 목포구 TCE 변화가 기존연구를 통해 확인된 목포해역 조석확폭 이외에 목포해역의 주요 특성인 건설에 따른 낙조우세 심화에 미치는 영향을 파악하고자 하였고, 이와 관련하여 Byun 등(2004)이 지적한 바와 같이 입구가 좁은 수로를 통과하는 조석파는 단주기일수록 더욱 영향을 많이 받음을 다양한 수치모의를 통해 확인하였다.

2. 목포구 TCE의 영향

2.1 조석확폭 및 조석파의 주기에 따른 영향성

목포해역은 알려진 바와 같이 하구언과 방조제 건설에 따라 고조위는 상승하고 저조위는 하강하는 조석확폭현상이 발생하였다. 특히, 고극조위의 기간별 평균값은 영산강하구언과 영암, 금호 방조제 건설에 따라 각각 32cm, 14cm, 16cm 상승하여 총 62cm 상승한 값을 보이고 있다. Table 1은 1960년부터 조위관측자료를 분석하여 기간별 조화상수의 평균값을 나타낸 것으로 특히 M₂와

1 발표자: 목포대학교 내풍방재기술연구센터

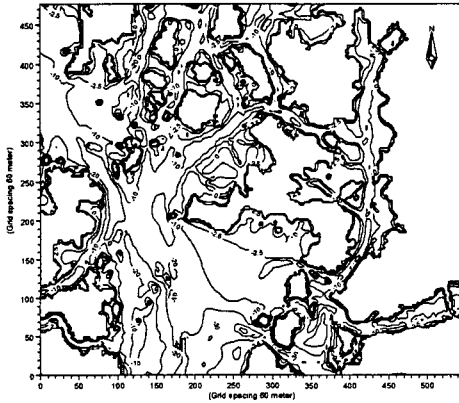
2 목포대학교 건설환경협동과정 박사과정

3 목포대학교 건설공학부 토목공학전공 교수

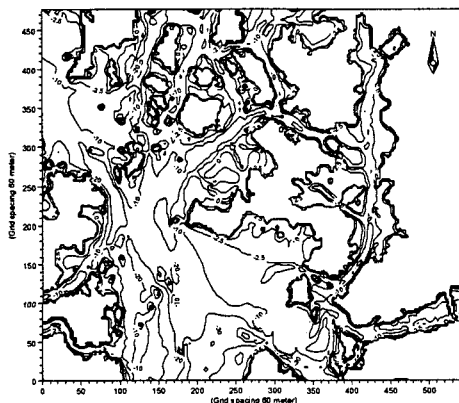
S₂분조의 진폭 증가가 크게 나타나고 있다.

Table 1. 목포항의 건설기간별 진폭변화(cm)

구분		기간			
		하구언 건설전 (1960-1980)	하구언 건설후 (1981-1990)	영암방조제 건설후 (1991-1993)	금호방조제 건설후 (1994-2005)
관측 조화 상수	M ₂	123.1	135.5	140.0	141.8
	S ₂	37.5	44.6	46.9	48.0
	K ₁	31.6	31.7	30.9	30.7
	O ₁	24.9	24.8	23.5	23.5
	M ₄	18.2	21.9	20.9	21.5
건설시기별 수치실험	K ₁	31.4	31.5	31.1	30.9
	M ₂	123.0	134.1	140.0	141.1
	M ₄	15.8	19.0	24.8	27.0
목포구확대 수치실험	K ₁	31.3	31.1	30.8	30.6
	M ₂	137.7	141.7	141.8	141.8
	M ₄	22.0	24.5	26.6	26.8



(a) 현 수심도



(b) 가상 수심도

Fig. 1. 세부역 수심도

강주환 등(2006)은 목포항에서의 조석확폭이 전적으로 목포구의 TCE 기능 상실에 기인하고 있는지를 확인하기 위한 수치실험을 시행하였다. 본

연구에서는 추가적으로 일주조, 반일주조, 1/4일주조를 대표하는 K₁, M₂, M₄분조를 경계조건으로 부여한 상태에서 이전 연구(강주환 등, 2005)와 유사한 수치실험을 수행하였다. 모의는 목포구를 재현한 실제상태와 가상적인 상황으로 구분하였다. 목포구를 재현한 모의에서는 각 건설시기를 재현하여 하구언과 방조제 건설에 따른 목포구 TCE 기능의 소멸과정을 확인하고 모의 결과와 조위관측치를 비교하여 모형을 검증하였다. 실제 수심도인 Fig. 1(a)로부터 목포구와 중구 사이에 위치한 달리도를 제거함으로써 Fig. 1(b)와 같이 실제 폭이 약 600m인 목포구 단면을 약 4,500m 폭으로 가상적으로 충분히 넓게 설정하여 목포구의 TCE 기능을 제거한 상태에서 건설에 따른 가상적 변화를 모의하였다.

목포구의 폭을 실제값으로 한 경우 Table 1에서와 같이 목포항에서의 하구언과 방조제 건설에 따라 M₂ 분조의 진폭은 각각 11cm, 6cm, 1cm로 총 18cm 증폭된 것으로 나타나고 K₁ 분조의 진폭은 크게 변화가 없는 것으로 관측결과와 유사한 결과를 보이고 있다. 반면에 목포구를 넓게 설정한 가상적 상황에서는 M₂ 분조의 진폭은 4cm 정도의 확폭에 그치고 있으며, 영암방조제와 금호방조제 건설에 따른 변화는 거의 없는 것으로 나타났다. M₄분조의 경우는 목포구를 실제상태로 재현한 경우 진폭이 70%까지 증대되고, 가상의 경우는 20% 증대되는 것으로 나타나고 있어 관측결과와는 다소 차이를 보이고 있다. 이는 천문조와 달리 천해조의 경우 조건대와 같이 수심이 복잡한 곳에서 생성될 수 있는 특성에 상당부분 기인한

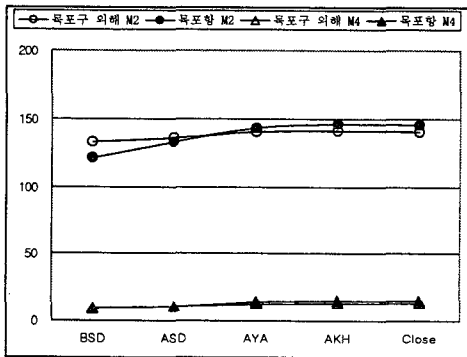
것으로 판단된다. Byun 등(2004)이 지적한 바와 같이 입구가 좁은 수로를 통과하는 조석파는 단주기일수록 더욱 영향을 많이 받게 되므로 Table 1에서 보듯이 1/4일주조 및 반일주조의 증가가 일주조에 비해 더욱 크게 나타나고 있어 목포해역 조석확폭의 주원인이 여기에 있음을 반증하고 있다.

2.2 목포구 TCE에 따른 낙조우세 심화

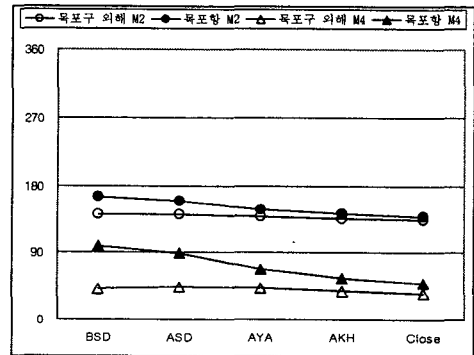
목포구의 TCE와 관련된 예로서 목포구 외해에 해당하는 월내리와 목포항에서의 건설시기별 모의를 통해 얻은 결과는 Fig. 2와 같다. 특히 Fig. 2(a)에서와 같이 M₂분조의 진폭은 목포구 TCE 기능이 소멸전인 영산강하구언 건설전(BSD)과 하구

언 건설후(ASD)에는 외해의 진폭에 비해 목포항에서의 조위가 낮게 나타나고 있으나, 영암방조제 건설후(AYA)와 현재 상황인 금호방조제 건설후(AKH)는 목포항의 조위가 외해보다 크게 나타나고 있다.

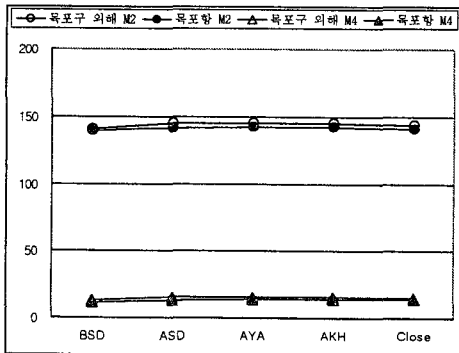
건설시기별 모의에 추가하여 목포해역에서 청계만으로 해수의 유출입을 막은 가상적인 모의(Close)도 수행하여 청계만의 영향이 없을 때에 목포해역의 낙조우세 특성을 파악하고자 하였다. 그 결과 Fig. 2(a)에서 보듯이 M₂와 M₄분조의 진폭은 현재와 큰 차이가 없으며, 현재와 동일한 낙조지속시간을 보이고 있다. Fig. 1(a)를 통해 산정한 낙조지속시간은 각각 5.77h, 5.75h, 5.64h, 5.61h, 5.61h이다.



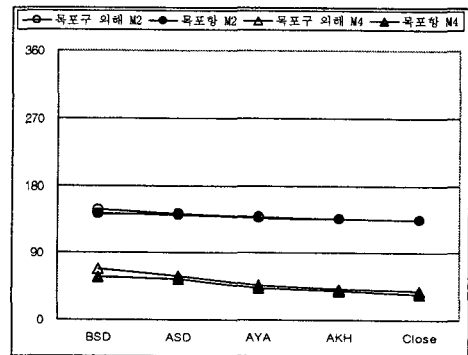
(a) 목포구 재현 진폭변화



(b) 목포구 재현 위상변화



(c) 목포구 가상 진폭변화



(d) 목포구 가상 위상변화

Fig. 2. 목포구 TCE에 따른 진폭 및 위상변화

수치모의를 통해 산정한 건설시기별 진폭비(M₄/M₂)는 하구언건설전 0.07, 금호방조제 건설후는 0.10으로 낙조지속시간에 큰 변화를 주기에는 미미한 변화이다. 그러나 Fig. 2(b)에서와 같이 목포구 외해와는 달리 목포항에서는 건설시기별 M₂

와 M₄분조 각각의 지각 변화는 큰 차이를 보이고 있다. 전술된 TCE는 단주기에 많은 영향을 준다는 결과에 부합되게 M₄분조의 지각(334°→254°)이 M₂분조의 지각(95°→67°)보다 크게 변화되는 양상이다. 이에 목포항 기준점검조소의 조석관측자료를

분석하여 M₂와 M₄분조의 진폭, 지각 및 낙조지속 시간을 Table 2(생략)에 나타내었다. Fig. 2의 결과와 동일하게 M₂와 M₄분조의 지각에 변화가 발생하여 상대지각이 270°에 근접하여 건설에 따라 낙조우세가 더욱 심화되고 있다.

3. 결론

목포해역에 대한 관측자료 분석과 다양한 수치 모의를 통해 하구언 및 방조제 건설에 따른 낙조우세 심화가 목포구 TCE에 영향이 있음을 부분적으로 규명하였고, 목포해역 조석확폭현상이 목포구 TCE 소멸에 의한 것이라는 기존연구의 결과를 재확인하였다.

목포구의 폭을 실제값으로 한 경우의 모의를 통해 M₂ 분조의 진폭은 하구언건설이전에 비해 현재인 금호방조제 건설후에 18cm 증폭된 것으로 나타나고 K₁ 분조의 진폭은 크게 변화가 없는 것으로 관측결과와 유사한 결과를 보였다. 반면에 목포구를 넓게 설정한 가상적 상황의 모의결과와 비교를 통해 1/4일주조 및 반일주조의 증가가 일주조에 비해 더욱 크게 나타나고 있어 목포해역 조석확폭의 주원인이 여기에 있음을 반증하고 있다. 또한 TCE는 단주기에 많은 영향을 준다는 결과에 부합되게 건설시기별 모의 결과는 M₄분조의 지각(334°→254°)이 M₂분조의 지각(95°→67°)보다 크게 변화되는 양상이다. 이는 목포항 기준점조소의 조석관측자료를 분석한 결과와 동일하게 M₂와 M₄분조의 지각에 변화가 발생하여 상대지각이 270°에 근접하여 건설에 따라 낙조우세가 더욱 심화되고 있다. 본 연구에 후속하여 목포구 내부해역의 규모 변화에 따른 목포구 TCE가 조석파의 주기별로 어떠한 영향을 미치는지 분석하여 목포해역 및 TCE의 특성을 추가적으로 파악하고자 한다.

감사의 글

본 연구는 한국과학재단 목적기초연구(R01-2003-000-10164-0) 지원으로 수행되었음.

참고문헌

강주환 (1996) 하구언 및 방조제 건설에 따른 목포해역의 환경변화. 대한토목학회논문집, 대한토목학회, 제16권, 제II-6호, pp. 611-619.

- 강주환, 문승록, 박선중 (2004) 해수유동모형에서 조간대 모의의 필요성. 대한토목학회논문집, 제24권, 제3-B호, pp. 259-265.
- 강주환, 문승록, 박선중 (2005) 조석확폭에 수반되는 조간대 영역 확대의 영향성. 한국해양-해양공학회지, 한국해양-해양공학회, 제17권, 제1호, pp. 47-54.
- 강주환, 문승록, 박선중 (2006) 조석/해일 환경변화를 감안한 고극조위 빈도분석. 대한토목학회논문집, 제26권, 1B호, pp. 99-106.
- 강주환, 송재준, 오남선 (1998a) 낙조우세와 관련된 목포해역의 조류특성 분석. 대한토목학회논문집, 대한토목학회, 제18권, 제II-2호, pp. 185-193.
- 강주환, 임병선 (1998b) 방조제 건설로 인한 목포해역에서의 오염확산양상 변화. 대한토목학회논문집, 제18권, 제II-6호, pp. 613-622.
- Byun, D.S., Wang, X.H. and Holloway, P.E. (2004) Tidal characteristic adjustment due to dyke and seawall construction in the Mokpo coastal zone. Korea, Estuarine, Coastal and Shelf Science, Vol. 59, pp. 185-196.
- Hoguan, A.M., Hill, A.E., Simpson, J.H. and Bowers, D.G. (1999) Diurnal and tidal variation of temperature and salinity in the Ponta Rasa Mangrove Swamp, Mozambique. Estuarine, Coastal and Shelf Science. Vol. 49, pp. 251-264.
- Kang, J.W. (1999) Changes in tidal characteristics as a result of the construction of sea-dike/sea-walls in the Mokpo coastal zone in Korea. Estuarine, Coastal and Shelf Science. Vol. 48, No. 4, pp. 429-438.
- Kang, J.W. and Jun, K.S. (2003) Flood and ebb dominance in estuaries in Korea. Estuarine, Coastal and Shelf Science. Vol. 56, No. 1, pp. 189-198.
- Kjerfve, B. and Knoppers, B.A. (1991) Tidal choking in coastal lagoons. in Tidal Hydrodynamics. B.B. Parker ed., John Willey & Sons, Chichester, pp. 169-181.
- Lars rydberg and Lisa wickbom (1998) Tidal choking and bed friction in Negombo Lagoon, Sri Lanka. Estuaries. Vol. 19, No. 3, pp. 540-547.
- Sen jan, Shenn-yu chao and Jia-jang hung (2001) Circulation and brackish water dispersal in a coastal lagoon of Southwest Taiwan. Journal of Oceanography, Vol. 57, pp. 647-661.
- Smith, N.P. (2001) Seasonal-scale transport patterns in a multi-inlet coastal lagoon. Estuarine, Coastal and Shelf Science. Vol. 52, pp. 15-28.