

조석확폭에 수반되는 조간대 영역 확대의 영향성 Effects of Tidal Flat Enlargement Induced by Tidal Amplification

강주환* · 문승록* · 박선중*

Ju Whan Kang*, Seung Rok Moon* and Seon Jung Park*

요 지 : 목포해역과 같이 수심이 복잡하고 조간대가 광범위하게 발달되어 있는 곳의 수심자료를 용이하게 입력하고 수치모형 운용을 경제적으로 수행할 수 있는 기법을 개발하였다. 이를 청계만의 조간대 모의에 적용하여 조간대와 관련된 목포해역의 동수역학적 해석을 수행하였다. 하구언과 방조제 건설에 따라 목포항 인근을 비롯해 청계만 수역까지 조석확폭현상이 발생한 바 있는데, 이로 인해 청계만의 조간대 규모가 증대되었으며 낙조우세가 더욱 심화되었다. 청계만의 심화된 낙조우세현상은 목포항 쪽의 해수유통량 증가에 기인하였는데 이러한 영향성 증대로 인해 목포항 부근의 낙조우세 역시 심화된 결과를 초래하였다.

핵심용어 : 조간대, 조석확폭, 낙조우세, 전자해도, 청계만

Abstract : A method has been developed, which can be handled easily and economically for inputting depth data of complex bathymetry and enormous tidal flats such as Mokpo coastal zone. The method is applied to Chungkye Bay, and some hydrodynamic features related with tidal flat are analyzed. Tidal amplification by construction of the sea-dike and sea-walls had been detected not only near Mokpo Harbor but also at Chungkye Bay which is connected with Mokpo Harbor by a narrow channel. This brings about the increase of tidal flat area, which makes the ebb dominance at Chungkye Bay more seriously. This pronounced ebb dominance with the increase of tidal discharge at the channel between Chungkye Bay and Mokpo Harbor, which results in deepened ebb dominance near Mokpo Harbor as well.

Keywords : tidal flat, tidal amplification, ebb dominance, ENC, Chungkye Bay

1. 서 론

최근 갯벌에 대한 사회적 관심이 고조됨에 따라 갯벌에 대한 다양한 연구가 진행되고 있다. 이를 통해 많은 정보가 획득되고 있으며, 건강한 갯벌에 대한 보존방안과 갯벌의 복원 및 활용에 대한 지침이 마련되고 있다. 특히 우리나라는 서남해안을 중심으로 조간대(갯벌)가 널리 분포되어 있는데, 하구언이나 방조제 건설과 같이 다양한 연안 환경변화로 인해 인근 조간대의 침식 또는 퇴적이 점진적으로 진행되고 있는 실정이다. 이러한 조간대 형상의 변형은 해수유통기구 및 유사이동체계에 기인하고 있으며 특히 조간대 동수역학(Hir et al., 2000; Roberts et al., 2000; Pritchard et al., 2002)과 밀접한 관계가 있다.

본 연구 대상해역인 목포해역 역시 우리나라 서남해안에 위치한 해역으로 조간대가 매우 광범위하게 분포되어 있다. 그러나 이 해역에는 영산강 하구언과 영암·금호 방조제가 1981년과 1991년 및 1994년에 건설됨으로써 조간대를 포함한 목포구 내부 감소수역 약 230 km²가 감소되었고, 이로 인해 목포 및 인근해역에 여러 가지 형태로 적지 않은 환경 변화를 초래하였다. 하구언과 방조제 건설에 따라 목포구의 'tidal choking effect'(Kjerfve and Knoppers)가 거의 소멸되어(Kang, 1999) 목포의 만조위 상승이 유발된 조석확폭현상(강주환, 1996) 뿐 아니라 오염확산 양상 변화(강주환·임병신, 1998b) 및 건설에 따른 조류속 변화와 낙조우세의 심화(강주환 등, 1998a; 강주환 등, 2004) 등이 나타났다.

*목포대학교 건축조경토목공학부(Corresponding author: Ju Whan Kang, Division of Architectural Engineering, Landscape Architecture and Civil Engineering, Mokpo National University, Jeonnam 534-729, Korea. jwkang@mokpo.ac.kr)

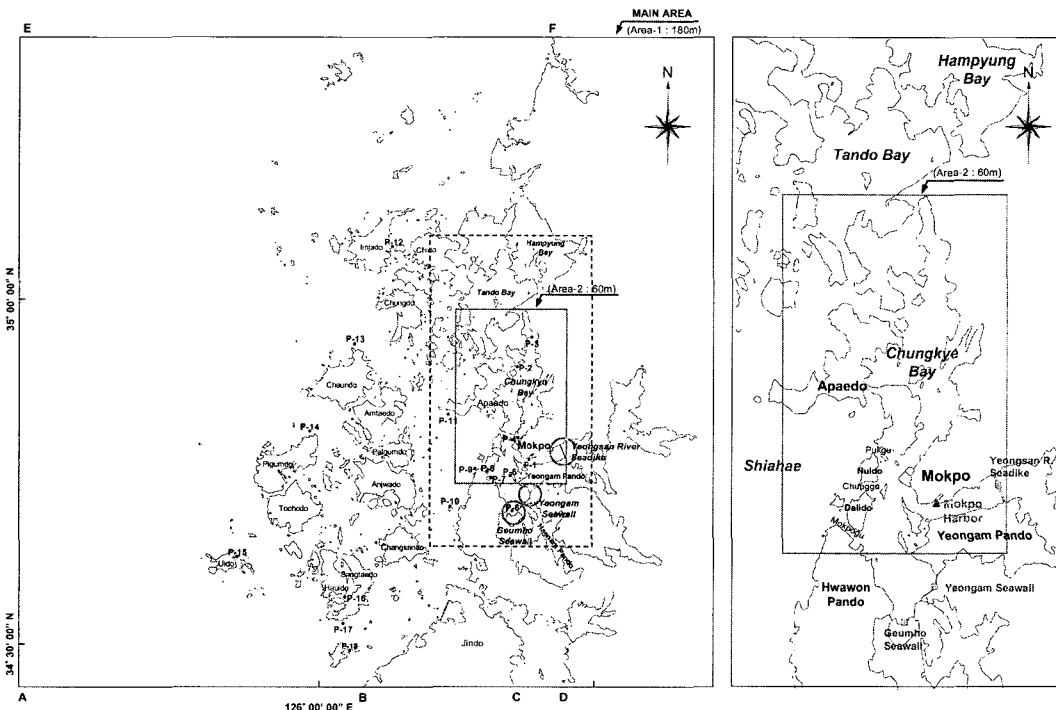
본 연구에서는 조간대가 광범위하게 형성된 청계만을 포함한 목포해역의 환경변화에 따른 조간대의 변화상을 파악하고, 당 해역의 낙조우세 심화를 비롯한 동수역학 측면에 미치는 영향성에 대하여 구체적으로 분석하였다. 더불어 전자해도와 다양한 수심정보를 토대로 조간대를 포함한 해역에서 수치모의시 많은 노력이 요구되는 수심자료를 용이하게 입력하고 수치모형 운용을 경제적으로 수행할 수 있는 기법을 제안하였으며 이를 조간대 모의에 활용하였다.

2. 청계만의 조석환경

청계만은 함평만, 탄도만과 함께 무안연안을 구성하고 있으며, 압해도와 내륙사이에서 위치하고 있는데, Fig. 1과 같이 남측으로 목포해역, 서측으로 탄도만과 인접해 수로로 연결되어 있다. 청계만 내부에는 조간대가 널리 분포되어 있으며, 발달된 조간대에 기인한 천해조의 성장에 따라 국내에서 낙조우세가 가장 심한 해역으로서 낙조시 조류속이 창조시의 1.5배에 달하는 곳도 있다. 게다가 목포

해역에는 하구언과 방조제 건설에 의해 전술한 바와 같이 각종 해안 환경의 변화가 발생하였다. 즉, 해안구조물의 건설에 따라 목포항에서는 평균만조위가 총 28 cm 상승, 평균저조위가 13 cm 하강하는 등 조석확폭현상이 발생한 바 있다. 이와 함께 청계만과 탄도만의 연결수로를 비롯해 목포 인근해역의 조류속이 전반적으로 감소한 반면 청계만과 목포항의 연결수로인 압해도 동남쪽에서만 증가된 조류속을 보이고 있어(수로국, 1983; 1994; 2001), 청계만으로의 해수유통이 주로 목포항 쪽으로 이루어지는 것으로 변화되었다. 자세한 내용은 5장에서 구체적으로 서술하였는데, 이러한 주 수로방향의 변화로 청계만의 낙조우세적 조류특성이 목포해역에 직접 영향을 끼치게 되었을 뿐 아니라 목포해역의 조석확폭 역시 청계만에 영향을 미치게 되었다. 청계만 내부해역의 조석확폭은 청계만의 조간대 규모를 확대시켜 낙조우세적 조류특성이 심화되었을 것으로 추정되며, 이러한 사항을 본 연구에서 밝히고자 한다.

본 논문에서는 하구언과 방조제 건설로 인하여 발생하는 급격한 환경변화를 갖게 된 목포해역과 청계만에 대



(a) Main area

(b) Detailed area

Fig. 1. Mokpo coastal zone.

하여 수치모의를 실시하였는데, 대상영역은 Fig. 1과 같이 동서로는 영산강 일부와 나주군도까지 108 km, 남북으로는 진도로부터 함평만까지 108 km 영역으로 광역모형의 격자수는 x와 y방향 동일하게 600개이며 공간격자간격은 양방향 모두 180m이고, 덴마크 DHI사에서 개발한 해수유동모델인 MIKE 21의 'nested grid 기능'을 활용하기 위하여 청계만에서는 광역모형 격자간격의 1/3(60 m)로 세부역을 추가하였다. MIKE21에서 조간대 모의가 가능한 'flooding and drying' 기능은 'dried out'된 지점의 수심이 저장되어 다시 'flooded' 되었을 때 재사용되어 flooding과 drying 과정동안 연속방정식을 만족시킨다. 시간간격은 15 sec로서 Courant 수는 2.12로 설정하였고, 개방경계조건을 부여하기 위하여 목포항 검조소와 인근 지역의 관측자료와 한국해양연구소(1996)의 한반도 주변 조석 조화상수자료를 이용하였다. 또한 목포항을 중심으로 영역내부의 비교지점에서 관측치와 계산치의 진폭 및 위상의 오차가 최소가 되도록 시행착오법에 의해 경계조건을 수립하였다.

본 연구는 목포 인근해역의 특성과 연관된 고극조위 산정(강주환·문승록, 2000), 조석왜곡과 관련된 조석파 전파특성(강주환·문승록, 2001), 그리고 조간대 모의의 특성을 밝힌 조간대 모의의 필요성(강주환 등, 2004) 등의 연장선 상에서 수행되었다. 조간대 모의의 필요성에도 불구하고 대부분의 해도에서 조간대에 대한 정보가 자세히 제공되고 있지 않을 뿐 아니라, 모형을 수행하는 계산시간이 증가하고 전처리 작업 등을 고려해야 하기 때문에 조간대 모의는 쉽지 않은 실정이다. 이러한 문제를 극복하기 위하여 본 연구에서는 조간대 모의에 필요한 수심도 생성을 전자해도로부터 기존 생성방법과는 차별화하여 충분히 수집된 정보를 반영할 수 있는 방안을 제시하였다.

3. 수심도 생성기법

수치모델을 이용하여 특정해역의 유동현상을 재현하기 위해서는 통상적으로 수심자료와 외해 경계조건 및 초기 조건 등의 입력자료를 구성해야 한다. 특히 수심자료는 적용하고자 하는 해역의 특성을 직접적으로 반영하는 것으로 세심한 고려가 필요하다. 따라서 본 연구에서는 대상해역의 전자해도를 바탕으로, 조간대상의 수심자료는 연안해역도 및 기타 실측자료로 보완하여 다음과 같은 방법을 통해 수치모의에 필요한 수심도를 생성하였다.

3.1 전자해도의 수정 및 보완

최근 보편화된 전자해도는 종이해도와 동일한 내용을 지형도의 수치지도와 같은 AutoCAD파일 형식중 DXF (Drawing Exchange file Format) 파일로 제공되고 있다. 종이해도가 하나의 평면위에 모든 정보를 함께 나타낸 것과 달리 전자해도에서는 CAD 프로그램의 Layer 기능을 이용하여 수심, 등수심선, 육지경계 등 서로 다른 정보를 각각의 Layer에 표현하여 원하는 정보만을 구분하여 나타낼 수 있도록 되어 있다.

전자해도는 각 해도별로 수록하고 있는 정보에 따라 수많은 Layer로 구성되어 있는데, 지점의 수심은 SOUNDG_, 등수심선은 DEPCNT, 그리고 육지경계선은 자연 및 인공 해안선 등의 종류에 따라 각각 COALNE_, SLCONS, DAMCON_ 등의 Layer로 구분되어 있다. 따라서 전자해도에서 수심자료만을 얻기 위해 수심도 작성에 사용되는 수심, 등수심선 그리고 육지경계를 제외한 나머지 모든 Layer는 삭제하고, 수심자료와 관련되어 삭제되지 않은 각각의 Layer는 하나의 Layer로 통합하여도 된다. 그러나 인공구조물에 해당하는 교각 및 방파제 등의 해안선은 다른 자연지형과 함께 내삽에 사용되지 않는 것이 바람직하므로 따로 분리하여야 한다.

Fig. 2는 수심도 생성에 불필요한 Layer를 모두 삭제하고 수심, 등수심선, 해안선과 관련된 Layer만 남긴 것으로 다음의 추가작업을 통해 수심자료의 정확성을 확보하고자 하였다. 먼저 육지경계가 폐합이 아닌 곳은 폐합이 되도록 해서 자료 내삽시에 발생할 수 있는 오류를 예방하고, Explode 명령을 실행하여 등수심선과 육지경계와 같이 연결된 요소를 분해함으로써 개개의 도면 요소들로 변환시킨다. 이 과정을 통해 육지 경계 곡선이 실제에 더욱 가깝게 재현될 수 있으며 내삽에 이용되는 자료의 수가

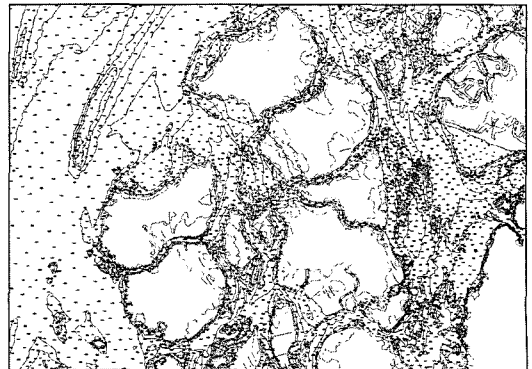


Fig. 2. Layer (point, polyline) of ENC.

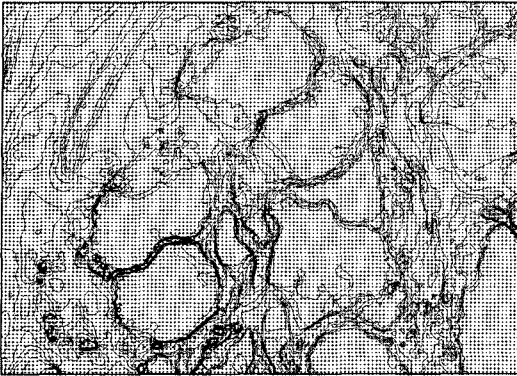


Fig. 3. Final depth contour.

증가하므로 보다 정밀한 수심도 생성이 가능하게 된다.

조간대가 발달된 해역에서의 수심도를 생성하고자 할 경우, 해도상의 수심자료가 충분하지 않아 조간대상 수심의 정확한 표현은 매우 어려운 일이고, 조간대상 세밀한 격자간격을 필요로 할 경우에는 더욱 그렇다. 이러한 경우 조간대상의 수심 보완을 위하여 연안해역도를 활용하거나 수정된 전자해도에 조간대 수심을 직접 입력하는 방법이 있다. 국립지리원에서 발행되는 1:50,000 축척의 연안해역도를 이용하면 수심 50 m 이하 연안역에 대한 수심을 참고할 수는 있다. 그러나 해도와 지형도의 좌표 기준점과 수심 기준선이 상이하기 때문에 이에 대한 각별한 주의가 필요하며, 현재 연안해역도는 종이로만 발행되고 있는 단점이 있다. 이와 함께 CAD상에 조간대의 수심을 직접 입력하는 방법이 있는데, 이는 조간대상 수심자료가 많지 않기 때문에 제한적으로 사용될 수 있는 방법이다. 그러나 이 방법을 통해, 섬 사이의 좁은 수로상의 조간대 모의시 제한된 격자수 및 급격한 폭방향 수심경사로 말미암아 수심자료의 내삽시 조간대가 아닌 육지로 처리되는 문제는 극복할 수 있다.

3.2 수심자료의 변환

전자해도의 수정 및 보완 과정을 거쳐 .DWG 또는 .DXF 형태의 확장자로 저장된 전자해도는 다양한 프로그래밍 언어를 활용하여 수심자료로 변환이 가능하다. 본 연구에서는 파일의 확장자에 따라 두가지 방법으로 수심자료로 변환하는 방법을 제시하고자 한다.

먼저 일반적으로 널리 활용되고 있는 방법은 DXF 파일에서 text 형식으로 표현된 자료를 재배열하는 과정만으로 수심도 생성에 필요한 자료를 추출하는 방법이다. 본 연구에서도 Fortran 프로그램을 이용해 DXF 파일의 ENTITIES

SECTION으로부터 수심, 등수심선, 해안선의 좌표값(X, Y)과 수심값(Z)을 추출하였다. 이러한 방법은 등수심선의 수심값이 수치가 아닌 문자를 포함하거나, 육지경계 및 조간대에 해당하는 자료가 적절하지 않은 값을 포함하고 있는 해도가 있으므로 주의가 필요하다. 또한 수심의 부호가 등수심선과 수심이 서로 다른 경우가 있으므로 수심도 생성시 수심의 부호 결정을 먼저하여 그에 적합하도록 설정해야 한다.

또 다른 방법은 AutoLISP 프로그램을 활용하여 DWG 파일로부터 수심자료를 획득하는 방법이다. CAD의 Object(text, circle, block, pline, line, point)의 좌표를 Excel Sheet에 직접 변환시키는 방법으로 수심, 등수심선 및 육지경계의 3가지 Layer로 구분하여 변환시켜야 하며, 한번에 변환가능한 Object의 수는 약 20,000개 정도이다.

변환된 수심자료는 정신택 등(2003)이 제시한 바와 같이 여타 방법에 비해 쉽게 격자간격을 조정할 수 있으며 수심을 보정하는데도 용이한 Surfer 프로그램을 이용하여 자료를 내삽하였다. Fig. 3은 내삽된 수심자료를 나타낸 것으로 최종적으로 생성된 파일을 GS Ascii 형태로 저장하였다.

이러한 수심도 생성기법은 기존의 종이해도를 이용한 디지털링 생성기법 등과 비교하면 작업시간을 대폭 줄일 수 있고, 수작업에 의한 오차를 확실히 제거할 수 있으며 작업자가 단독으로 할 수 있다는 장점이 있으며, Gridding 과정 이전에 CAD 파일 자체에서 조간대 영역의 수심 설정이 가능하므로 내삽시 조간대가 육지로 처리되는 문제를 해결할 수 있다.

4. 조석확폭에 따른 조간대 규모 확대

하구언 및 방조제 건설시기별로 영산강 하구언 건설이전(1961~1981, BSD), 영산강 하구언 건설이후부터 영암 방조제 건설이전(1981~1991, ASD), 영암방조제 건설이후부터 금호방조제 건설이전(1991~1994, AYA), 그리고 금호방조제 건설이후(1994~현재, AKH)로 구분하여 각 건설시기별 수치모의를 실시하였다. 시행착오로 언어인 외해경계조건으로 금호방조제 건설후인 현재상황을 재현하여 선행연구(강주환, 1996)와 동일한 주요지점에서 조위 및 조류속을 비교한 결과 선행연구에 비해 크게 개선된 결과를 얻을 수 있었으며, 자세한 내용은 강주환 등(2003)에 수록되어 있다. 본 연구에서는 기존 방법에 비해 정확하고 간편하게 특히 조간대에 주안점을 두어 수심도를 생

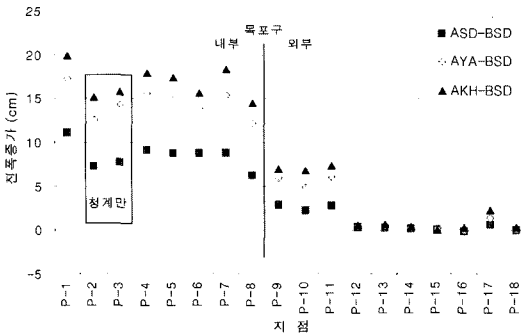


Fig. 4. Amplifications of M₂ tidal amplitude.

성하였을 뿐 아니라, 선행 연구의 대상영역보다 훨씬 넓은 해역을 180 m 간격의 광역으로 설정한 외에도 60 m의 세부역을 도입함으로써 선행연구에 비해 개선된 결과로 나타난 것으로 판단된다. 또한 이러한 조간대 처리를 통해 목포해역에서 낙조우세 경향 등을 실제로 가깝게 모의할 수 있게 되었다.

먼저, 하구언과 방조제 건설로 인한 목포항에서 건설시기별 진폭의 변화를 정량적으로 파악하여 Fig. 4에 제시하였다. 이는 Fig. 1에 표시된 목포해역의 주요 18개 지점에서 건설시기별 M₂ 진폭의 지점별 증가량을 나타낸 것으로, 목포항(P-1)과 함께 목포구 내부에 위치한 P-4~P-8 지점에서는 하구언건설 이전에 비해 현재 상황인 금호방조제 건설후까지 15 cm 이상의 진폭 증가를 보이고 있다. 특히 청계만 내부에 위치한 P-2 및 P-3 지점은 목포구 내부해역과 멀리 떨어져 있음에도 불구하고 내부의 진폭 변화와 유사한 증가 양상을 보이고 있음을 통해, 하구언과 방조제 건설이 목포구 내부해역 뿐만 아니라 청계만 해역에도 크게 영향을 미치고 있음을 확인할 수 있다. 이러한 건설에 따른 조석확폭 영향성은 목포항을 중심으로 서쪽으로 목포구, 북쪽으로는 압해도 북단을 지나면서 급격히 둔화되고 있다.

이와 같이 목포해역은 하구언과 방조제 건설에 따라 조석확폭현상이 발생하였는데, 특히 조간대가 발달된 청계만에서는 이러한 조석확폭현상에 의해 조간대 규모가 확대됨과 함께 낙조우세가 심화되었을 것으로 추정된다. 그러나 관측자료 부족으로 인해 청계만 내부에서 각 건설시기별 낙조우세의 정량적 검증은 매우 어려운 상황이다. 따라서 본 연구에서는 청계만에서의 기존 관측자료(강주환, 1998a) 외에 목포항의 관측자료와 수치해석 결과를 통해 청계만의 조간대 변화에 따른 낙조우세 변화를 추정하였다.

Table 1. Enlargement of tidal flat at Chungkye Bay

Case	조간대 격자수	증가된 조간대 격자수	비고
BSD	4,602		
ASD	4,831	+229	+5.0%
AKH	4,985	+383 (+154)	+8.2% (+3.2%)

하구언과 방조제 건설에 따른 청계만에서의 조간대 규모의 변화를 파악하기 위해 Fig. 1에 광역과 함께 도시된 청계만 세부역에서 조간대 모의가 가능한 MIKE21 모형의 ‘flooding and drying’ 기능을 활용하였다. 이때 광역 외해경계조건으로 대표조석 M₂분조 뿐 아니라 천해조인 M₄분조도 함께 부여하여 낙조우세도 재현되도록 하였다. 모의 결과로부터 각 건설시기별 조석확폭에 따른 조간대 규모의 증감을 파악하기 위해 시기별로 구분하여 고조위와 저조위에 해당하는 조위를 파악한 후 청계만에서 고조위의 wet-depth를 보이는 격자수에서 저조위의 wet-depth를 보이는 격자수를 뺀 결과, Table 1과 같이 하구언과 방조제 건설에 따라 청계만에서 조간대 규모가 하구언 건설 이전에 비해 8% 이상 증가하였음을 보이고 있다. 이처럼 하구언과 방조제 건설에 따른 조석확폭현상은 청계만 내부의 조간대 규모가 확대되는 결과를 초래한 것이다.

5. 건설에 따른 낙조우세 심화

이와 같이 하구언과 방조제 건설이후 청계만에서도 조석확폭현상이 발생함에 따라 청계만 내부에서 조간대 영역이 적지 않게 증가하였다. 조간대가 발달할수록 낙조우세 경향이 심화된다는 일반적인 연구결과(Friedrichs and Aubrey, 1988; 강주환 등, 2004)에 따라 이러한 조간대 영역 증가로 인해 청계만 내부해역에서는 건설시기별로 낙조우세가 심화되었을 것으로 추정할 수 있다. 수치실험을 통해 이를 확인하였는데, 청계만 내부의 두 지점(P-2, P-3)에서 Fig. 5의 결과에서 보듯이 예상대로 낙조지속시간이 점차 짧아지는 낙조우세가 심화되고 있다.

한편 Fig. 1 및 Fig. 6에서 보듯이 청계만으로의 해수 유출입은 두 군데 수로를 통해 이루어지고 있는데, 방조제 건설이전에는 압해도 북쪽 수로의 조류속이 압해도 동남쪽에 위치한 목포항쪽 수로에서보다 크게 나타나고 있었다. 그러나 수치실험 결과 뿐 아니라 관측치(수로국, 1983; 1994; 2001)에서도 Fig. 6에 보인 바와 같이 하구언 건설이전에 비해 금호방조제 건설이후 압해도 북단을

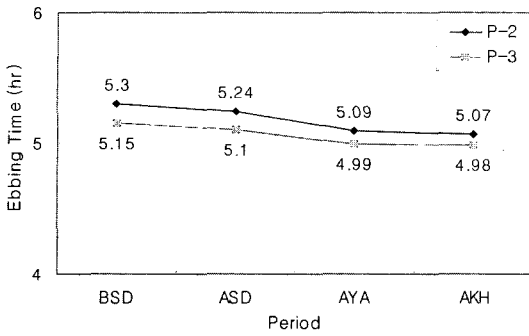


Fig. 5. Variations of ebbing time (P-2, P-3).

포함하여 대부분의 목포해역의 조류속은 창·낙조시 모두 감소하는데 반해 압해도 동남단에서만 조류속의 증가를 보이고 있다. 이와 같이 허구언과 방조제 건설로 인해 청계만의 해수유통기구에도 변화가 야기되어 압해도 북단 방향의 해수교환량은 감소한 반면 목포항 방향의 해수교환량은 오히려 증가한 결과를 초래하였다.

수치실험결과인 Table 2는 압해도 동남쪽과 압해도 북쪽 단면에서의 창·낙조시 조량을 나타낸 것으로 목포항 쪽 수로(a-a')의 경우 낙조시 조량이 창조시보다 크게 나타나고 있는 반면 시아해쪽 출구인 압해도 북쪽 수로(b-

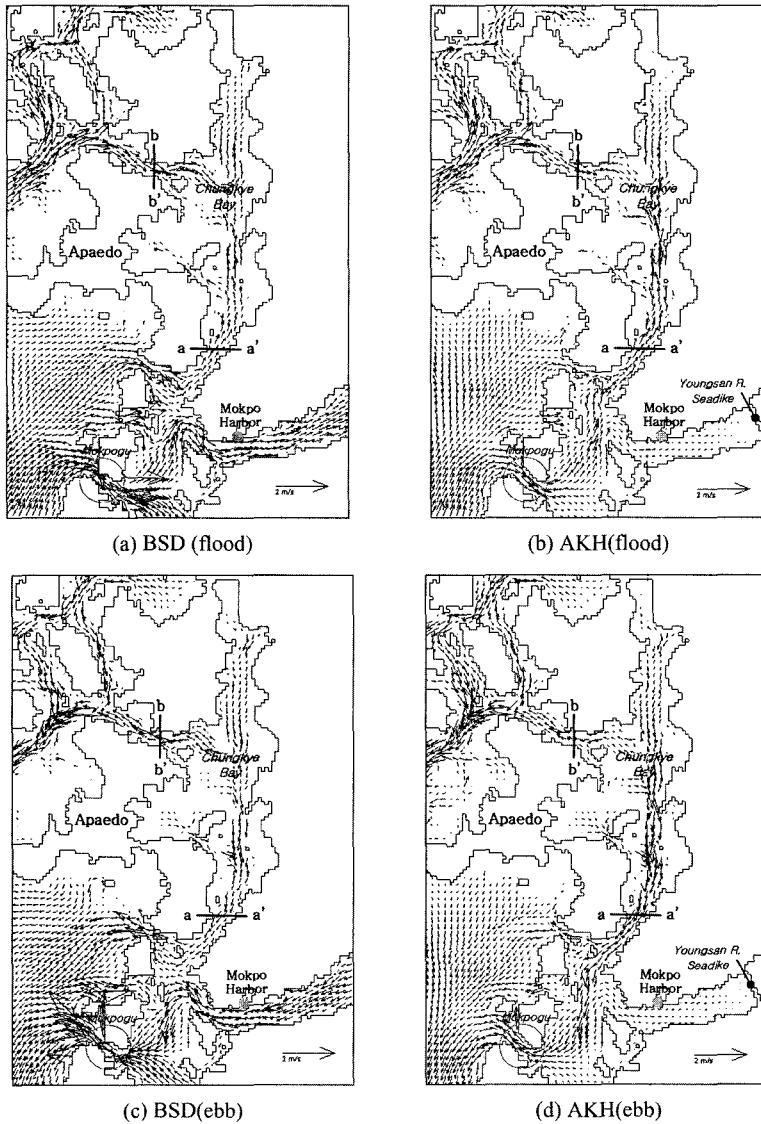


Fig. 6. Comparisons of tidal flow patten.

Table 2. Comparison of tidal discharges for each cross-section (m^3/s)

Cross section	BSD		ASD		AYA		AKH	
	Flood	Ebb	Flood	Ebb	Flood	Ebb	Flood	Ebb
a-a'	556.62	693.71	609.16	720.22	688.20	803.45	719.84	827.19
b-b'	457.82	359.31	396.43	299.40	345.68	264.92	324.61	246.15

b')에서는 창조시 조량이 좀더 크게 나타나고 있다. 따라서 청계만의 해수교환은 b-b' 단면을 통해서는 외해수가 보다 많이 유입, a-a' 단면을 통해서는 내해수가 보다 많이 유출되는 형태로 이루어지고 있다. 또한 a-a' 수로에서는 영산강하구언 건설이전에 비해 금호방조제 건설이후 창·낙조시 각각 29.3%와 19.2%의 조량 증가를 보여 창조시 조량증가가 두드러지는 반면, b-b' 수로에서는 창·낙조시 각각 29.1%, 31.5%의 조량 감소를 보이고 있다.

이러한 결과를 종합하여 분석하면, 하구언과 방조제 건설로 인해 목포항 부근의 조석확폭현상이 청계만 쪽으로 영향을 미치게 되었고, 이에 따라 청계만에서 조간대 규모가 증가하였으며 동시에 낙조우세도 심화되었다. 또한 건설전에 비해 압해도 동남쪽인 목포해역으로의 영향이 (낙조시에 더욱) 커짐에 따라 청계만에서의 더욱 심화된 낙조우세가 목포항 쪽으로 영향을 미치게 되어 목포항 부근까지 심한 낙조우세가 형성되었다. 이러한 변화는 목포항쪽 수로로부터 청계만 해역으로의 해수 유·출입을 억제하던 목포구의 tidal choking effect의 소멸에 따른 것으로 Kang(1999)에서도 일부 언급된 바 있다.

목포항 기준 검조소의 조위 관측결과에 대한 조화분석을 통해 산정된 낙조지속시간과 본 연구에서 수치해석을 통해 계산된 각 건설시기별 낙조지속시간을 Table 3에 나타내었다. 관측치와 계산치 모두 건설에 따라 낙조우세가 더욱 심화되는 경향을 보이고 있으며, 특히 청계만의 넓게 분포된 조간대가 고려되는 경우는 실제와 유사하게 낙조우세 경향이 비교적 잘 재현되고 있으나, 그렇지 않은 경우 낙조우세가 오히려 둔화되는 경향을 보이고 있다. 따라서 이러한 목포해역에서 낙조우세의 심화는 청계만 내부의 낙조우세 심화 및 목포항 방향으로의 영향성 증대에 크게 기인된 현상임을 알 수 있다. 이와 함께 조간대 모의를 포함한 수심자료 처리에 따라 매우 다른 결과가 나타날 수도 있으므로 적합한 수심자료 입력의 중요성을 재확인하였다.

6. 결 론

목포해역에 건설된 영산강 하구언과 영암·금호방조제

Table 3. Ebbing time at Mokpo Harbor (hr)

Case	ASD	AYA	AKH
Observed	5.46	5.40	5.33
Calculated	With tidal flat	5.43	5.28
	Without tidal flat	6.02	6.07

는 목포구 내부해역인 목포항 인근에서 조석확폭현상을 유발하였고 이는 청계만에까지 영향을 미치게 되어 청계만의 조간대 규모를 증대시켰다. 조간대가 발달된 해역에서는 낙조우세화되는 경향이 있음을 감안하면 조석확폭에 따른 청계만 내부의 조간대 규모의 확대는 낙조우세를 심화시켰음을 수치모의 및 관측자료를 통해 확인할 수 있었다. 또한 건설이후 청계만과 목포해역 사이의 조량이 크게 증가하여 서로 직접적인 영향을 미치게 되었다. 이에 따라 목포항의 조석확폭이 청계만에 영향을 미쳤을 뿐 아니라 청계만의 낙조우세가 목포항에 영향을 미쳐 목포항에서도 낙조우세가 심화되었음을 목포항 조위 관측과 수치실험결과로부터 확인하였다. 또한 목포해역의 수치모의시 조간대를 비롯한 수심자료 입력의 중요성을 재확인하였으며 기존 수심자료 생성방법보다 경제적이고 현 해역의 수심상황을 비교적 잘 재현할 수 있는 방법을 제시하였다.

하구언과 방조제 건설은 서술된 바와 같이 목포구 내부해역과 청계만에 다양한 형태의 해수유동 변화를 야기시켰다. 이러한 변화는 소류사 및 부유사 이동양상에 결정적인 영향을 수반하게 되는데, 특히 조간대가 광범위하게 발달되어 있는 청계만에서 갯벌지형 변화가 점진적으로 발생하고 있는 것으로 추정된다. 따라서 최근 심각한 문제로 대두되고 있는 청계만 해역의 해안침식의 주요 원인이 여기에 기인하는 것이 아닌지에 대한 면밀한 검토가 필요한 시점이다. 이러한 배경하에 후속되는 연구에서는 청계만을 포함한 목포해역의 소류사 및 부유사 이동양상 분석 및 해안침식과의 관련성을 고찰하고자 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, 16(II-6), 611-619.
- 강주환, 문승록 (2000). 조석환경변화를 고려한 목포항의 고극조위 산정. 한국해양·해양공학회지, 12(4), 203-209.
- 강주환, 문승록 (2001). 천해조가 발달된 하구에서의 조석과 전파특성. 한국해양·해양공학회지, 13(1), 56-60.
- 강주환, 문승록, 박선중 (2004). 해수유동모형에서 조간대 모의의 필요성. 대한토목학회논문집, 24(3-B), 259-265.
- 강주환, 박선중, 문승록 (2003). 목포해역의 낙조우세적 조류특성의 수치모의. 대한토목학회발표논문집, CD-rom.
- 강주환, 송재준, 오남선 (1998a). 낙조우세와 관련된 목포해역의 조류특성 분석. 대한토목학회논문집, 18(II-2), 185-193.
- 강주환, 임병선 (1998b). 방조제 건설로 인한 목포해역에서의 오염확산양상 변화. 대한토목학회논문집, 18(II-6), 613-622.
- 수로국 (1983). 수로기술연보. 150-178.
- 수로국 (1994). 수로기술연보. 107-149.
- 수로국 (2001). 수로기술연보. 36-83.
- 정신태, 조범준, 김정대 (2003). 유한차분모형을 위한 직사각형 격자정보 생성기법. 한국해양·해양공학회지, 15(3), 190-195.
- 한국해양연구소 (1996). 한반도 주변 조석 조화상수 자료집.
- Friedrichs, C.T. and Aubrey, D.G. (1988). Nonlinear tidal distortion in shallow well mixed estuaries: A synthesis. Estuarine, Coastal and Shelf Science, 26, 521-545.
- Kang, J.W. (1999). Changes in tidal characteristics as the result of the construction of sea-dike/seawalls in the Mokpo coastal zone in Korea. Estuarine, Coastal and Shelf Science, 48, 429-438.
- Kjerfve, B. and Knoppers, B.A. (1991). Tidal choking in coastal lagoons. In Tidal Hydrodynamics (Parker, B.B. ed.). John Wiley & Sons, 169-181.
- Le Hir, P., Roberts, W., Cazaillet, O., Christie, M., Bassoullet, P. and Bacher, C. (2000). Characterization of intertidal flat hydrodynamics. Continental Shelf Research, 20, 1433-1459.
- Pritchard, D., Hogg, A.J. and Roberts, W. (2002). Morphological modelling of intertidal mudflats: the role of cross-shore tidal currents. Continental Shelf Research, 22, 1887-1895.
- Robert, W., Le Hir, P. and Whitehouse, R.J.S. (2000). Investigation using simple mathematical models of the effect of tidal currents and waves on the profile shape of intertidal mudflats. Continental Shelf Research, 20, 1079-1097.

Received December 2, 2004

Accepted March 12, 2005