

아산만 배수갑문 확장사업에 따른 아산만 해역의 수리특성 변화 검토

박병준*, 송현구**, 송태관***, 장은철****

Estimation for Changing of Hydraulic States Caused by Gate Expansion in Asan Bay

Park, Byongjun*, Song, Hyunku**, Song, Taekwan*** and Jang, Eunuchl****

Key Words : Hydrodynamic(동수역학), Gate(배수갑문), Delft3D, FLOW-3D

Abstract

The gate expansion was planned to increase discharge capacity of gate structure at sea dike in Asan Bay. So it was estimated for changing of hydraulic states in Pyeongteak Harbor Zone caused by gate expansion, by 2D and 3D CFD Module. In result, influence of gate expansion was less than tidal current and discharge ratio between old gate and new gate was 4/6.

1. 서론

1.1 사업개요

아산만 방조제는 경기도 평택시 현덕면 권관리와 충청남도 아산시 인주면 공세리 사이에 위치한 총 길이 2,564m의 방조제로 평택과 아산 주변의 농업용지 이용을 위해 염수차단 및 연안 침식의 방지, 홍수시 원활한 통수능력 배양을 목적으로 총 사업비 377억원을 소요하여 1970년 12월에 착공하고, 1973년 12월에 완공되었다. 그러나 아산호 상류지역의 도시화 진행과 이상 기후 등에 따른 강수량 증가로 1994년 12월 건설교통부의 “안성천 치수대책조사 하천정비 기본계획”에서 아산만 방조제 배수갑문 확장의 필요성이 최초로 제기되었으며, 1999년 11월경부터 지역 주민, 경기도 시장·군수 협의회, 경기도 평택시에서 침수방지 대책의 일환으로 배수갑문의 확장을 요구하였고, 2002년에는 행정자치부 국립방재연구소의 “2002년 호우 피해 현장조사 보고서” 등에서 직접적으로 배수갑문의 확장을 요구하게 되었다.

따라서, 이 사업의 목적은 현재 아산호의 100년 빈도 홍수위 EL.(+)5.68m를 설계 당시 홍수위 EL.(+)4.50m에 근접시키는 방안으로 배수갑문을 확장하여 통수능력을 확보함으로써 유입홍수를 원활하게 배수하는데 있으며, 아산호의 홍수 관리능력의 증대(안성천의 홍수량 조절), 상습침수 농경지의 배수개선 및 침수구역 감소, 아산호 관광단지와의 연계한 관광자원으로서의 역할 등이 기대되고 있다.

1.2 과업목적

정부부처(해양수산부, 건설교통부)의 요구사항을 이행하기 위하여 2차원 및 3차원 수치모의로 배수갑문 확장 후 발생할 수 있는 장단기 퇴적에 의한 지형변화 예측과 교량신설에 따른 영향을 검토하여 아산만 및 주변 해역에 미치는 환경영향을 최소화하고 주변 환경을 효과적으로 보전하는데 필요한 기초자료를 제공하고, 수리모형실험 결과의 신뢰성 확보에 목적이 있다.

2. 2차원 수치모의

2.1 사용코드 소개

본 과업의 광역 수치모의는 화란의 델프트 수리연구소에서 개발한 범용 3차원 수치모의 코드인 Delft3D의 유동해석 모듈 Delft3D-FLOW(Ver.3.27)가 사용되었다. Delft3D는 곡선좌표계(curvilinear coordinate)를 사용하기 때문에 불규칙한 경계에 효율적으로 적용할 수 있으며, 가변격자(variable grid)를 사용하여 정밀한 흐름정보가 필요한 대상영역을 세분화함으로써 계산 결과의 정확도와 함께 계산 효율을 높일 수 있다. 또한, 고정경계에서 기초력이나 기상력으로부터 발생하는 조석 및 부정류의 계산이나 수질 및 유사이동 등의 계산을 위한 동수역학적 기초를 제공하는데 이용되도록 만들어졌다. Delft3D는 동수역학적 유동해석 뿐만 아니라 수온, 염분 등의 물리현상(밀도류)까지 모의가 가능한 FLOW, 수질, 식물성 플랑크톤 등의 생물·화학현상까지 모두 계산이 가능한 WAQ, 파랑변형 해석을 위한 WAVE, 지형변동 해석을 위한 MOR 등의 여러 가지 모듈로 구성되어 있으나, 최근에는 유동해석 모듈에 MOR이 편입되고, WAVE의 계산 결과가 FLOW에 직접 연동(on-line)이 되는 등 많은 발전을 거듭하여 사용자에게 여러 가지 편의를 제공하고 있다. 특히, 이 패키지는 농어촌연구원 수리시험연구팀이 델프트 수리연구소와 체결한 공동연구 기술협정 프로그램에 따라 도입한 것으로 여러 연구과제와 새만금사업 등에 적용하여 이미 코드의 우수성과 효율성이 입증되었으며, 기능이 보완되고 있다.

2.2 모형의 구성과 모의내용

2차원 수치모의에서는 현재 상태에 대한 모형 검증과 아산만 배수갑문 확장 이후에 나타나는 해수유동, 부유사확산, 지형변동을 각각 모의하여 비교하였다. 현재 상태에 대한 모형검증은 현장 관측값을 이용하였으며, 해안선에 따른 계산 격자의 작성, 수심자료의 작성 등은 국립해양조사원에서 판매하는 전자해도와 평택지방해양수산청에서 수행한 수심측량자료를 근거로 하여

Delft3D-RGFGRID와 Delft3D-RGFGRID를 사용하여 작성하다. 격자는 곡선좌표계로 해상도 10~100m의 범위로 하였고, 모형의 외해측 개방경계는 검토하고자 하는 해역으로부터 충분히 외측으로 확보하였으며, 37개 분조값을 입력하였고, 배수갑문의 경우 수위를 경계로 하여 충분한 시간을 확보하여 계산을 수행하였다.

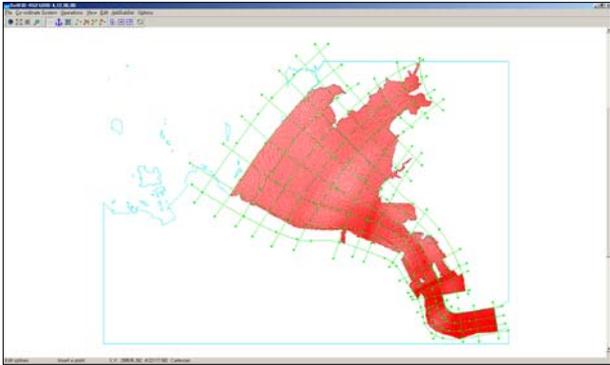


Fig 1. Curvilinear Grid Generating

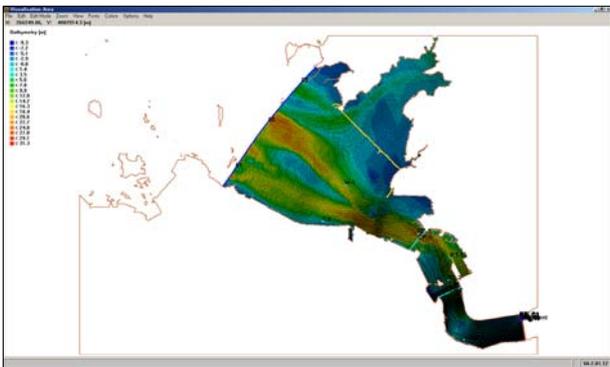


Fig 2. Completed 2D Geometry & Mesh

3. 3차원 수치모의

3.1 사용코드 소개

FLOW-3D는 미국 뉴멕시코(New Mexico)주 로스아라모스(Los Alamos)에 있는 Flow Science, Inc.에서 개발한 3차원 범용 전산유체역학 프로그램으로 로스알라모스 국립연구소의 전산유체역학 연구실에서 F. Harlow, B. Nichols 및 T. Hirt 등에 의해 개발된 MAC(Marker and Cell) 방법과 SOLA-VOF(Volume of Fluid)방식을 기초로 하고 있다. 그 후 Dr. Hirt가 1980년에 Flow Science, Inc사를 설립하여 계속 프로그램을 발전시켰으며 1985년부터 FLOW-3D로 명명하였다. 그 후 난류, 천수, 응고 등 다수의 기능이 포함되어 현재의 상용 프로그램이 되었으며 수공학뿐만 아니라 주조, 잉크젯 등 일반 산업공정 해석에도 널리 사용되고 있다. 전처리, 계산, 후처리 모듈로 구성되어 있고, 해석모듈은 FORTRAN, 전·후처리는 C 언어를 사용하고 있으며 PC, 워크스테이션, 슈퍼컴퓨터 등 거의 모든 컴퓨터 기종에서 사용이 가능하다. 해석방법은 기본적으로 비정상 유동상태이며, 연속방정식, 3차원 운동량 보존 방정식 및 에너지 방정식을 유체 및 열유동 해석에 그리고 유체로부터 또는 유체로의 열전달에 의한 고체내의 온도는 열전도에 의한 에너지 교환을 에너지

방정식 발생항으로 사용하여 해석하고 있다. 또한 유체의 난류 유동에는 기본 대수 모형으로부터 RNG(Renormalized Group Theory) 모형까지의 난류 방정식을 선택할 수 있으며, 자유표면 해석을 위해 VOF(Volume Of Fluid) 방정식이 사용되고 있다. 직육면체형 격자계 사용시 일반 형상 기술을 보다 정확히 하기 위해 FAVOR(Fractional Area/Volume Obstacle Representation) 기법을 각 방정식에 적용하고 있으며 비압축성 및 압축성의 계산시 해석 속도를 증진시키기 위해 별도의 보조 방정식 등을 사용하고 있다.

3.2 모형의 구성과 모의내용

3차원 수치모의에서는 배수갑문 확장 전과 후에 대한 배수갑문 주변의 수리현상을 검토하고, 평택호대교 교각 주변의 국부세굴에 대하여 모의를 수행하였다. 모형은 2차원 평면으로 작성된 준공도면 및 계획도면 등을 토대로 Solid Edge를 이용하여 3차원으로 인공 구조물을 작성하고 STL을 형성하였으며, 자연지형은 수심측량 성과물을 Point Cloud 파일로 추출하고 삼각망으로 구성하여 STL을 형성하였다. 격자의 크기는 수평 및 연직 방향 모두 동일한 0.5m로 등격자로 구성하고, 배수갑문을 기준으로 상류와 하류의 경계조건은 모두 수위로 설정하였다.

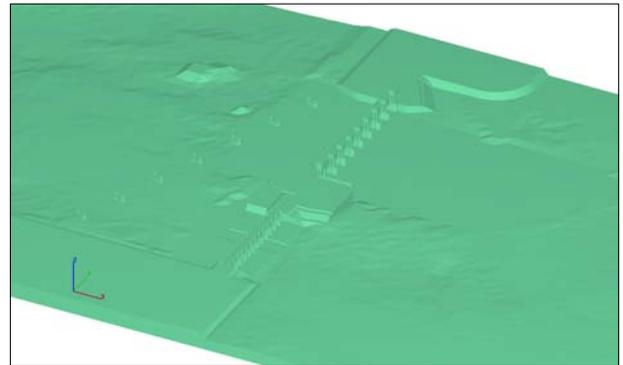


Fig 3. Completed 3D Geometry & Mesh

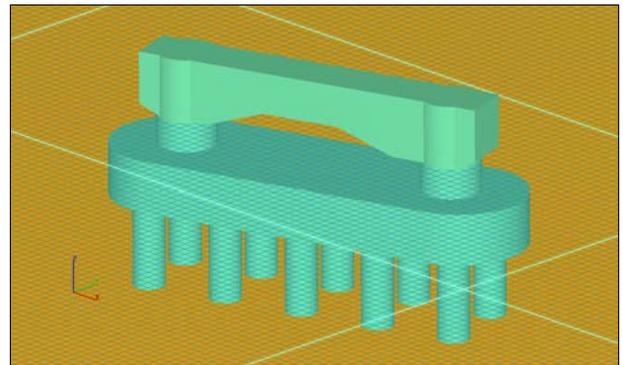


Fig 4. Detailed View at Pier

4. 모의결과

4.1 2차원 수치모의

아산만 방조제 배수갑문 확장, 평택항 남측호안 철거, 화옹 방조제의 해수소통 차단 등으로 인한 아산만(평택항) 일대 수리현상 변화를 예측하기 위해 Delft3D를 이용하여 해수유동, 부유사확산, 지형변동에 대하여 수치모의를 실시하였으며, 그 결과를 정리하면 다음과 같다.

* 한국농촌공사 농어촌연구원, jiwhajal@ekr.or.kr
 ** 한국농촌공사 농어촌연구원, sksong@ekr.or.kr
 *** 한국농촌공사 농어촌연구원, stksong@ekr.or.kr
 **** 동아대학교 토목공학과, civil9527874@paran.com

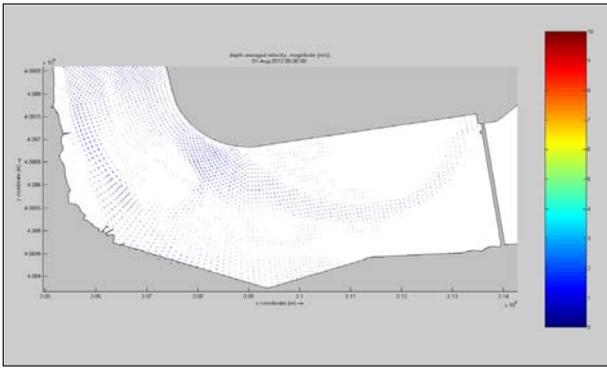


Fig 5. All Gate Closed Condition

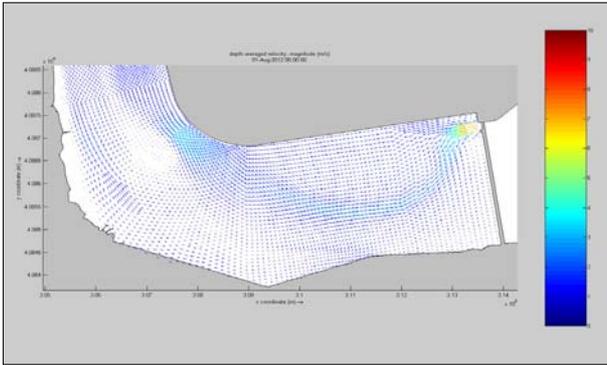


Fig 6. Only Old Gates Opened Condition

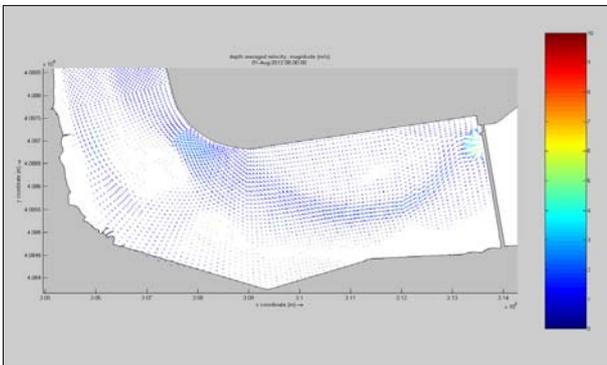


Fig 7. Only New Gates Opened Condition

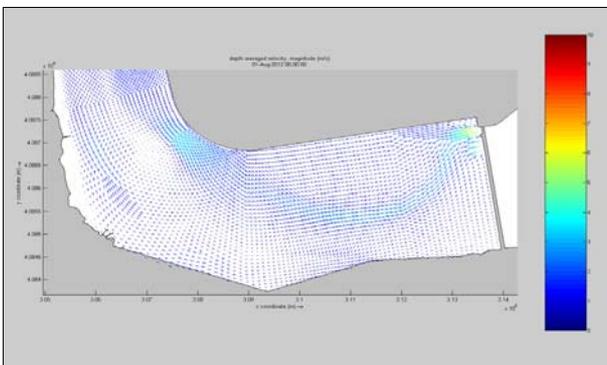


Fig 8. All Gate Opened Condition

해수유동 모의 결과 저조위는 현재보다 1~3cm 높아지고, 고조위는 현재보다 4~9cm 낮아지는 것으로 나타났으며, 최강유속은 8~20cm/s 정도 감소하는 것으로 나타났다. 그리고 배수갑문은

확장된 상태에서의 방류에 의한 외곽호안 안정성 문제 검토결과 시설 배수갑문의 방류수가 남측으로 분산하기 때문에 외곽호안에 미치는 영향은 현재 상태와 크게 달라지는 점은 없다고 판단되며, 오히려 현재와 같은 규모의 홍수를 방류할 경우 신설 배수갑문으로만 방류하면 외곽호안에 미치는 영향은 줄어드는 것으로 나타나 배수갑문 확장에 따른 이점이 기대된다.

널말뚝 시공(육상시공)에 따른 부유사 확산 모의 결과 초과농도 0.5mg/l 이상에서 오타방지막을 설치하지 않은 경우 확산범위는 0.60km², 최대확산거리는 0.50km, 최대농도는 4.8mg/l로 나타났고, 오타방지막을 설치하였을 경우 확산범위는 0.02km², 최대확산거리는 0.10km, 최대농도는 16.5mg/l로 나타났다.

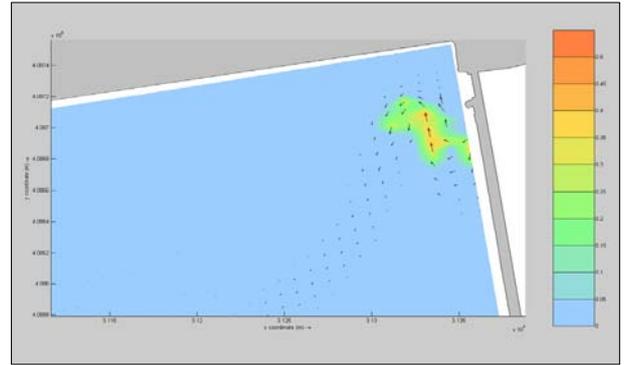


Fig 9. Sediment Concentration

지형변동 모의 결과 퇴적이 발생하는 곳은 신설 배수갑문으로부터 약 500m 가량 직선 거리에 위치하는 수로부와 평택항 외곽호안 곡선 노선부가 끝나는 서측 지점이었으며, 외곽호안 곡선 노선부 시작 직전의 서측 지점에서는 침식이 발생하였다. 행담도 동측부의 서해대교 근처에서는 간헐적으로 퇴적과 침식이 번갈아 발생하였다.

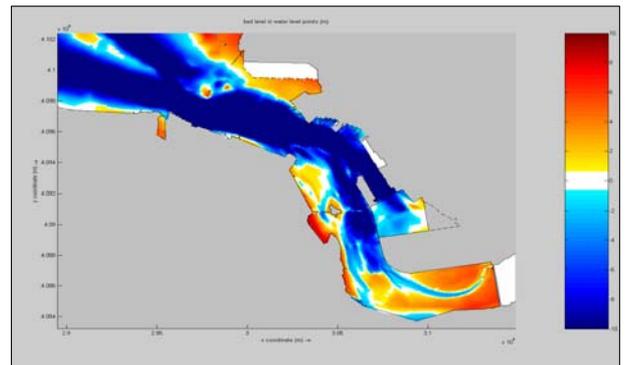


Fig 10. Bottom Level Points

이상과 같이 평택항 항계의 지형변화와 외곽호안에 미치는 영향은 조류가 지배적이며, 아산만 방조제 배수갑문 확장에 의한 영향은 미흡한 것으로 확인되었다.

4.2 3차원 수치모의

아산만 방조제 배수갑문 확장 상태에서의 내·외 수위차에 대한 배수갑문의 통수능력과 평택호대교 교각 주변의 국부세굴 현상을 검토하기 위해 FLOW-3D를 이용하여 유동과 세굴을 모의하였으며, 그 결과를 정리하면 다음과 같다.

배수갑문 통수능력 검토결과 갑문을 확장하여 호측수위 EL.(+4.50m)에서 가능한 최대 방류량은 9,543m³/s인 것으로 나타났으며, 여기서 기설 배수갑문은 3,848m³/s, 신설 배수갑문은 5,695m³/s를 분담한다. 따라서 기설 배수갑문과 신설 배수갑문의 방류량 분담비는 46이라는 결론을 얻었다.

Table 1. Discharge Result

내측 수위 (EL.m)	외측 조위 (EL.m)	낙차 (m)	방류량 (m ³ /s)			
			수치모의		수리모형실험	
			기설	신설	기설	신설
(+4.50)	(+4.00)	0.50	2,447 (38.3%)	3,947 (61.7%)	2,772 (39.5%)	4,248 (60.5%)
	(+2.00)	2.50	3,848 (40.3%)	5,690 (59.7%)	4,273 (40.5%)	6,278 (59.5%)
	0.00	4.50	3,838 (40.3%)	5,689 (59.7%)	4,332 (40.5%)	6,375 (59.5%)
	(-2.00)	6.50	3,848 (40.3%)	5,695 (59.7%)	4,353 (40.5%)	6,385 (59.5%)
	(-4.00)	8.50	3,830 (40.2%)	5,697 (59.8%)	4,362 (40.5%)	6,408 (59.5%)

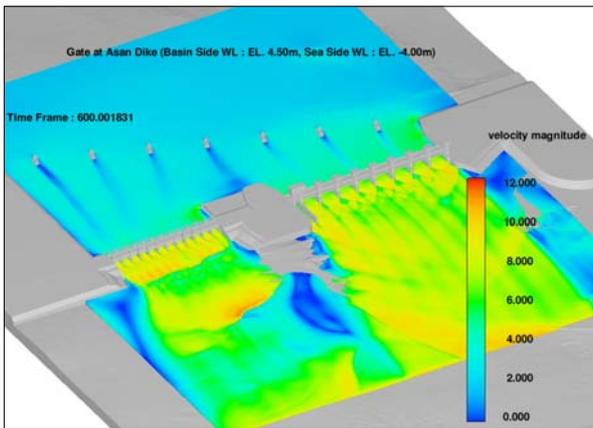


Fig 11. Discharge (Physical Result)

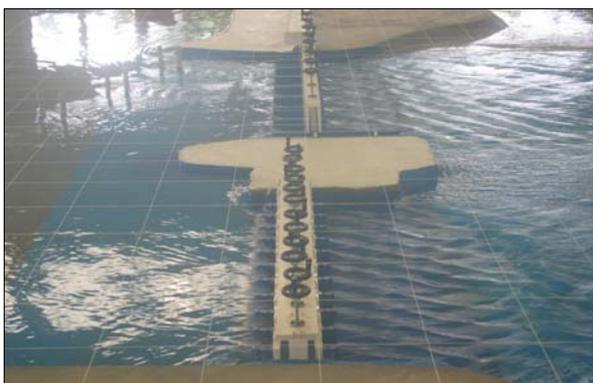


Fig 12. Discharge (Physical Result)

평택호대교 교각주변 국부세굴 모의 결과 발생유속 1.00m/s에서 세굴면적은 180m², 발생유속 2.00m/s에서 세굴면적은 220m², 발생유속 3.00m/s에서 세굴면적은 240m²인 것으로 나타났으며, 세굴깊이는 1~5m인 것으로 나타났다.(단, 보호공이 없는 조건에 해당한다.)

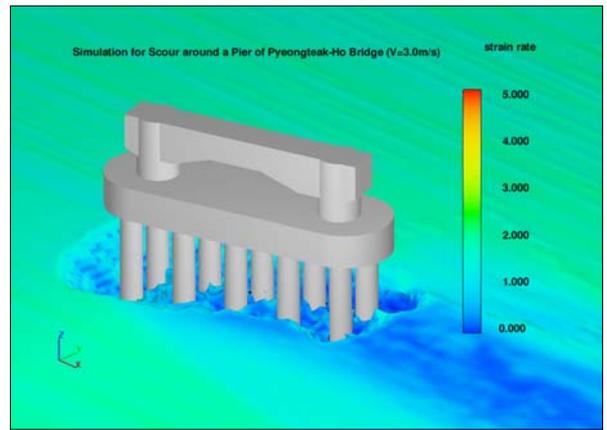


Fig 13. Scouring around a Pier (Numerical Result)



Fig 14. Scouring around a Pier (Physical Result)

이상과 같이 배수갑문 내·외 수위차가 2.50m가 넘을 경우에는 한계류가 형성되는 것을 알 수 있으며, 군말뚝 교각주변의 세굴을 방지하기 위하여 견고한 보호공이 요망되는 것으로 확인되었다.

5. 결론

아산만 방조제 배수갑문 확장, 평택항 남측호안 철거, 화옹 방조제의 해수소통 차단 등으로 인한 아산만 일대 수리현상 변화를 Delft3D로 예측한 결과 조위변화는 미소한 것으로 나타났으며, 최강유속은 다소 느려졌다. 배수갑문이 확장된 상태에서의 외곽호안에 미치는 영향은 현재 상태와 크게 달라지는 점은 없다고 판단되며, 신설 배수갑문으로만 방류하면 외곽호안에 미치는 영향은 줄어드는 것으로 나타나 배수갑문 확장에 따른 이점이 기대된다.

아산만 방조제 배수갑문 확장 상태에서의 내·외 수위차에 대한 배수갑문의 통수능력과 평택호대교 교각 주변의 국부세굴 현상을 FLOW-3D로 모의한 결과 기설 배수갑문과 신설 배수갑문의 방류량 분담비는 46이고, 내·외 수위차가 2.50m가 넘을 경우에는 한계류가 형성되는 것을 알 수 있으며, 군말뚝 교각주변의 세굴을 방지하기 위해 보호공이 요망되는 것으로 나타났다.

후기

본 과업은 “아산만 방조제 배수갑문 확장사업”의 일환으로 수행되었습니다.