

조석-해일 결합모형의 범람 적용성

박선중¹ · 강주환[†] · 윤종태² · 정태성³

[†]목포대학교 건설공학부 토목공학전공

¹(주)헤인이엔씨 기술연구소

²경성대학교 건설/환경공학과

³한남대학교 건설시스템공학과

Applicability of Inundation Simulation with the Coupled Tide-Surge Model

Seon Jung Park¹, Ju Whan Kang[†], Jong Tae Yoon² and Tae Sung Jung³

[†]Major in Civil Engineering, Division of Construction Engineering, Mokpo National University, Mu-an-gun, Jeonnam 534-729, Korea

¹Technology R&D Institute, Hyein E&C

²Department of Civil and Environmental Engineering, Kyungsoong University

³Department of Civil and Environmental Engineering, Hannam University

요 약

선행연구에서 우리나라 남해안을 대상으로 상용모형인 MIKE21 모형을 사용하여 실시간 조석 및 조석-해일 결합모형을 수립하였다. 본 연구에서는 이를 토대로 마산해역에서 범람모의에 대한 적용성을 검토하였다. 실제 적용에 앞서 가상적인 인공구조물의 범람에 대한 영향성 분석을 시행하였다. 범람 모의에 인공구조물을 포함시킨 결과 침수 속도가 지체되어 침수면적이 감소하고 있는 반면 침수심은 별 차이를 보이지 않고 있다. 한편 실효역에 대한 결합모형과 폭풍해일모형의 범람 적용을 비교한 결과, 침수면적과 침수심은 유사한 결과를 보이고 있는 반면 최대 범람에 이르는 시간은 결합모형이 보다 타당한 결과를 나타내고 있다.

Abstract – Applicability of the MIKE21 model as a real time coupled tide-surge model had been examined at the previous study. In this study, another applicability of the model as an inundation model is also examined. Prior to real cases, effect of artificial structures on the inundation is analyzed. The results show that inundation depth is not altered, while inundation area is lessened as a result of decreased inundation speed. Comparative study between the coupled model and an uncoupled storm surge model is also carried out at the Masan coastal zone, which shows the coupled model is considered to be plausible at the time to maximum inundation, while both models show similar results at the inundation area and inundation depth.

Keywords: coupled tide-surge model(조석-해일 결합모형), inundation(범람), artificial structures(인공구조물), Masan coastal zone(마산해역)

1. 서 론

현재의 폭풍해일에 대한 연구는 개념정립과 기술개발의 단계를 넘어 복합 모의체계 구축을 통한 시뮬레이션 결과를 토대로 재난 대응 및 피해 평가체계 구축을 위한 재해지도(Hazard map) 제작이 주요 연구주제로 떠오르고 있다. 이를 위해서는 태풍 내습시

조석, 폭풍해일 등 장주기 해수위 변동과 고파랑 등에 의한 수면 상승 뿐 아니라 연안역의 얇은 수심에서의 바다마찰의 영향, 그리고 계산영역이 지속적 또는 불규칙적으로 변화하는 범람특성 등의 구현이 가능해야 한다. 일반적으로 해안선 경계에서의 침수/노출을 모의하기 위한 방법은 초창기 폭풍해일모형에 널리 적용된 방법(Flather와 Heaps[1975]; Falconer와 Owens[1987])인 해안선을 따라 가상벽(imaginary wall)을 설정하고 해안선을 통한 흐름을 강제로 차단하는 방법과 Leendertse[1967]의 침수/노출 알고리

[†]Corresponding author: jwkang@mokpo.ac.kr

즘을 근간으로 한 이동경계기법(moving boundary scheme)으로 구분할 수 있다(Xie *et al.*[2004]). 이동경계기법이 적용된 모형의 경우 수치해석과정이 다소 복잡하지만 비교적 정확한 수치해를 얻을 수 있으며, 계산영역이 지속적 또는 불규칙적으로 변화하는 범람특성의 구현이 가능하다. 최근에는 바다마찰, 압력구배, 비선형 이류항, 질량보존 등을 고려하여 사실적인 범람현상의 재현이 가능해지고 있으나(조용식 등[2001]; Ip *et al.*[1998]; Hubbert와 McInnes[1999]; Xie *et al.*[2004]), 정확한 유량 산정을 통한 범람 모의를 위해서는 수리학적 연구 및 적용에 관한 부분이 요구되고 있다(조지훈[2000]). 이러한 점을 고려해 최근에는 수위가 해안구조물의 마루높이를 초과하는 경우, 즉 월류가 발생하면 월류 전후 격자의 수심 차이에 따라 수중월류와 완전월류로 구분하고 월류 전후 수심과 유량계수를 이용하여 월류량을 산정한 후 계산된 월류량을 운동방정식의 유량으로 대체하는 방법의 범람모의가 제안되고 있다(김도삼 등[2007]; 문승록 등[2007]; 천재영 등[2008]; Shibaki *et al.*[2007]).

본 연구는 MIKE21 모형의 조석과 해일이 결합된 실시간 모의 적용성 검토(박선중 등[2010])에 이어 범람모의에 대한 적용성 및 효율성을 검토한 연속 논문으로, 적용성이 검증된 조석-해일 결합 모형을 이용해 조석과 해일의 비선형 효과를 감안할 수 있는 동적결합된 정밀격자의 범람모형을 수립하였다. 이를 통해 마산해역을 대상으로 태풍 MAEMI 내습당시 발생한 해일범람 현상을 재현하였고 인공구조물 고려 여부가 범람 재현에 미치는 영향성을 파악하였다.

2. 조석-해일 결합모형

2.1 적용 모형

MIKE21 모형의 HD 모듈은 동지형 격자체계(nested grid)의 운용이 가능하며 조간대 모의 및 Coriolis 효과, 바람과 저기압에 의한 수면상승을 고려하여 폭풍해일고 산정이 가능한 모형이다(DHI Water and Environment[2007]). 국내외적으로 수많은 적용사례가 있으나, 조간대 및 범람과 관련된 사례는 흔치 않다. 대표적인 사례로 Bengal 만에서 해일 및 범람 모의에 적용(Madsen과 Jakobsen[2004])된 바 있으며, 국내에서도 조간대 모의 및 범람과 관련된 연구에 활용된 바 있다(강주환 등[2004]; 강주환 등[2005]; 문승록 등[2006]; 강주환 등[2009]).

MIKE21 모형의 조간대 모의기법은 대표적인 침수/노출(flooding and drying) 기법인 Leendertse[1967]의 방법을 기초로 Stelling *et al.*[1998]의 해석기법이 혼용된 방법을 사용하고 있다. 수치계산 초기에는 모든 영역에서 자유수면변위와 유속은 0이 되며, 초기의 해안선은 전체수심이 0이 되는 곳을 연결한 선으로 정의된다. 즉 노출격자와 침수격자의 경계로 형성되며, 연속방정식을 해석하여 전 영역에서 자유수면변위를 계산하게 된다. 이때 노출격자, 즉 전체 수심이 0보다 작은 격자의 자유수면변위는 계속 0을 유지하게 되며, 다음으로 연속방정식에서 새로이 계산한 자유수면변위를 이

용하여 노출격자를 수정한다. 즉, 해안선 경계(침수격자)의 전체수심이 육지방향의 노출격자로 이동이 가능한지를 검사하며, 운동방정식을 이용하여 x, y 양방향의 유량을 계산하게 된다. 이때 연속방정식은 노출된 지점의 수심이 저장되며 다시 침수되었을 때 재사용되어 침수/노출 과정동안 만족시키게 된다. 일반적으로 침수 과정이 노출과정보다 더 복잡한데, 인접격자에 대해서도 동일한 과정이 적용되므로 한 번에 여러 격자가 침수될 수 있다.

또한 수치적인 오류로 인해 침수와 노출이 짧은 시간동안 반복되는 것을 피하기 위해 주변의 네개 격자 모두가 침수수심보다 크다면 해당 격자는 노출되지 않도록 한다. 수치적인 안정을 위한 또 한가지 방안으로 노출수심과 침수수심을 사용자가 정의할 수 있으며, 노출전의 최소수심은 보통 0.1~0.2 m, 침수전의 최소수심은 0.2~0.4 m 범위로 하고, 노출수심을 침수수심의 절반으로 설정하는 방법(Balzano[1998])이 추천되고 있다.

2.2 적용영역 설정 및 격자구성

조석-해일범람모의를 위해서는 태풍의 생성 및 이동 등을 구현할 수 있도록 우리나라 및 주변해역의 광범위한 해역을 포함한 광역의 구축이 필요하며, 동시에 범람모의를 위해서는 수 m 격자간격의 상세역의 모의를 위한 정밀역이 구축되어야 한다. 범람모형의 수립을 위해 앞서 본 연구에서는 MIKE21 모형의 동지형 격자망 구축시 공간상 해석능력의 도약이 $\Delta x_{Coarse} = 3\Delta x_{Fine}$ 인 것을 감안해 격자간격을 1/3씩 감소시켜 Table 1과 같이 최대 격자간격 21,870 m에서 최소 격자간격 10 m까지의 총 8단계 계산영역으로 설정하였다. 특히 동지형 격자망 구축시 각 영역별 접합경계부근의 수심을 동일하게 보정하고, 수심 및 지형자료가 정확히 구현될 수 없는 큰 격자의 수심을 작은 격자의 상세수심으로 보정하는 과정을 전 영역에 대해 수행함으로써 보다 정도 높은 범람모의의 결과를 기대할 수 있도록 하였다. 광역 격자망인 Area-1은 태풍의 발생 및 진행경로의 재현을 충분히 반영하기 위해 우리나라, 일본, 대만 등이 포함되도록 설정하였으며, Area-3은 제주도 및 우리나라 해안을 충분히 포함하여 향후 여러 대상해역에 대한 모의에 활용토록 구성하였다(Fig. 1(a)). 격자간격 90 m인 Area-6과 30 m인 Area-7, 10 m인 Area-8은 해일발생에 따른 범람모의를 위해 육지 지형까지 재현된 상세영역이다(Fig. 1(b)).

해일범람을 정도 높게 모의하기 위해서는 태풍의 내습경로와

Table 1. Specification of nested grid system

Domain	Origin ^{a)} (m)		Cell size (m) ($\Delta x = \Delta y$)	No. of cells ($N_x \times N_y$)
	X	Y		
Area_1	-800,000	2,000,000	21,870	110×150
Area_2	16,480	3,297,620	7,290	106×115
Area_3	106,390	3,533,330	2,430	226×220
Area_4	372,070	3,760,130	810	262×256
Area_5	418,510	3,828,440	270	448×421
Area_6	448,030	3,873,080	90	298×325
Area_7	456,610	3,886,610	30	400×451
Area_8	458,090	3,890,790	10	700×799

^{a)}Referenced to UTM-52

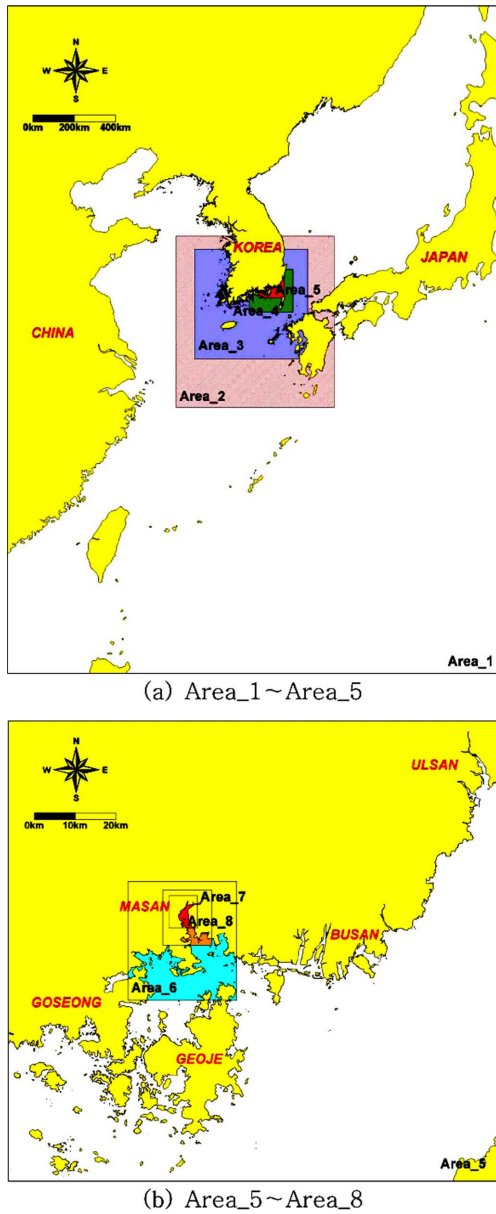


Fig. 1. Model domains for nested grid system.

중심기압, 최대풍속 등 주요 인자의 정확한 자료획득을 통한 해상풍의 생성뿐만 아니라 육상 및 해상의 지형적인 특성을 충분히 반영할 수 있는 수심, 표고 및 해안선 정보의 정확한 수집 및 분석도 매우 중요한 사항이다. 본 연구에서는 지형자료 구축 및 수심도 생성을 위해 2008년도 기준 국토지리정보원(www.ngi.go.kr)의 1:1,000, 1:5,000의 수치지형도로부터 추출한 표고자료와 국립해양조사원(www.nori.go.kr)의 수치해도로부터 추출한 해안선 및 수심자료를 활용하여 구축하였다.

3. 인공구조물의 영향을 고려한 해일범람모의

실제에 가까운 범람현상을 재현하기 위해서는 육상 및 해상의 지형적인 특성을 충분히 반영할 수 있는 수심 및 지형자료의 구

축과 더불어 육상내 존재하는 건물과 같은 인공구조물의 재현이 가능해야 한다. 현재 대부분의 범람모의는 1/1,000 및 1/5,000 수치지도에서 확보한 등고선 및 표고값을 추출하여 활용하고 있

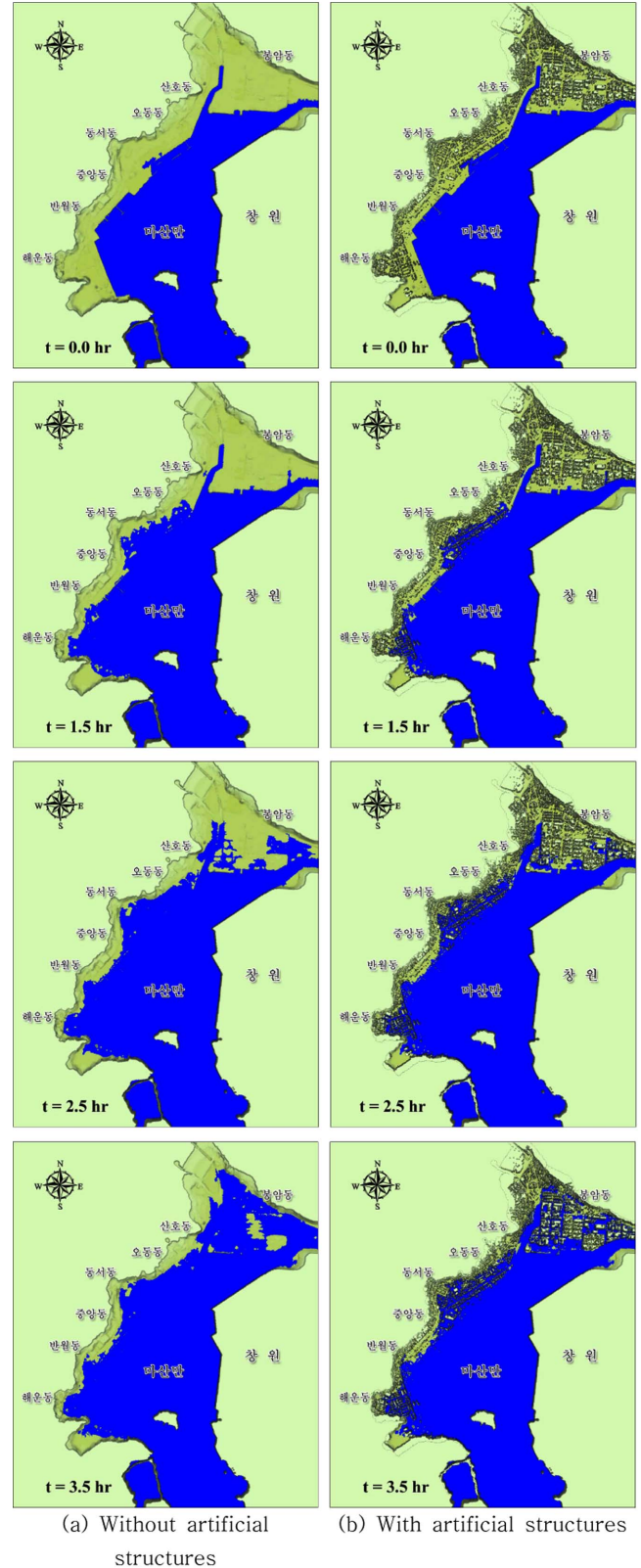


Fig. 2. Variation of inundation area.

Table 2. Variation of inundation area (unit : km²)

시간 (hr)	인공구조물 미 고려 (a)	인공구조물 고려 (b)	(a)-(b)	
			km ²	%
0.0	0.167	0.165	0.002	1.2
0.5	0.383	0.359	0.024	6.7
1.0	0.654	0.638	0.016	2.5
1.5	1.238	1.139	0.099	8.7
2.0	1.544	1.472	0.072	4.9
2.5	1.967	1.839	0.128	7.0
3.0	2.623	2.363	0.260	11.0
3.5	2.821	2.527	0.294	11.6

나, 이는 건물 등과 같이 지형상에 존재하는 인공구조물 및 수목과 같은 자연지물 객체의 표고정보를 포함하지 않는다. 이에 본 연구에서는 1/1,000 수치지도 내에 포함된 건물 정보로부터 취득한 가상의 표고자료를 활용하여 인공구조물이 고려된 마산만 범람모형을 구축하고, 이를 활용하여 인공구조물 고려 여부에 따른 범람양상을 검토하였다.

Fig. 2는 인공구조물 고려 여부에 따른 최초 범람 발생시부터 최대 범람시까지의 각 시간대별 범람양상을 도시한 것이다. 인공구조물 미고려시 시간이 경과함에 따라 고려된 경우에 비해 침수면적이 다소 빠르게 확대되고 있음을 알 수 있다. 특히 최대 범람에 이르는 t=3.5 hr에는 인공구조물의 밀집도가 높은 봉암동 내륙지역에서 그 차이가 확연히 나타나고 있다.

침수면적의 변화를 자세히 검토하기 위해 인공구조물 고려 여부에 따른 각 시간대별 침수면적과 침수면적의 차이를 Table 2에 제시하였다. 여기서 인공구조물이 고려되지 않은 경우의 침수면적은 실제 침수가 발생되지 않는 인공구조물 지점의 면적을 배제하고 계산된 면적이다.

각 시간대별 침수면적은 인공구조물 미고려시 1.2%(0.002 km²)~11.6%(0.294 km²) 더 넓은 지역에서 침수가 발생되고 있으며, 최대 침수면적의 차이는 최대 범람이 발생하는 t=3.5 hr에 발생하게 된다. 이때 침수면적은 인공구조물을 고려한 경우의 침수면적 2.527 km²에 비해 0.294 km² 넓은 2.821 km²의 면적이 침수되는 것으로 모의되었다.

동서동과 해운동 일부 해안가 지역에서만 침수가 발생하는 t=1.5 hr 이전까지의 침수면적 차이는 최대 0.024 km² 이내로 큰 차이를 보이지 않으나, 해운동에서 오동동 일대 내륙으로 침수면적이 점차 확대되기 시작하는 t=1.5 hr 이후에는 인공구조물의 영향으로 해수 유입량이 감소함에 따라 점차 침수되는 면적의 차가 커져 0.099 km²(8.7%) 이상 차이를 보이게 된다. 이후 해운동에서 오동동 일대의 대부분 지역이 침수되는 t=2.0 hr 시간대에는 침수면적의 차이가 0.072 km²(4.9%)로 다소 감소하지만, 봉암동 내륙지역으로 침수가 확대되기 시작하는 t=2.5 hr 이후 또다시 큰 차이를 보이게 시작하며, t=3.0 hr 이후에는 그 차가 두 배 이상 커지고 있음을 알 수 있다.

이처럼 인공구조물 고려 여부에 따라 침수면적은 최대 0.294 km²(11.6%) 차이를 보이고 있으나, Fig. 3에 제시된 최대 범람 발생시(t=3.5 hr) 침수심 분포를 살펴보면, 각 조건별로 침수심이 거의 비슷한 것으로 나타나 인공구조물 고려 여부에 따른 영향은 거의 없는 것으로 판단된다.

Fig. 4는 Fig. 3(a)에 표시된 A-A' 단면에서의 주요 시간대별 유속변화를 도시한 것으로, 실선과 등근 표식의 실선은 인공구조물이 고려되지 않은 경우 및 고려된 경우의 유속분포를 의미하며, 하단의 음영은 지반형상을, 막대표식은 인공구조물을 의미한다. 육상으로 월류한 해수의 흐름이 A-A' 단면 내측 지점까지 완전히 확대되는데 소요되는 시간은 인공구조물 미고려시 1.5 hr, 인공구조

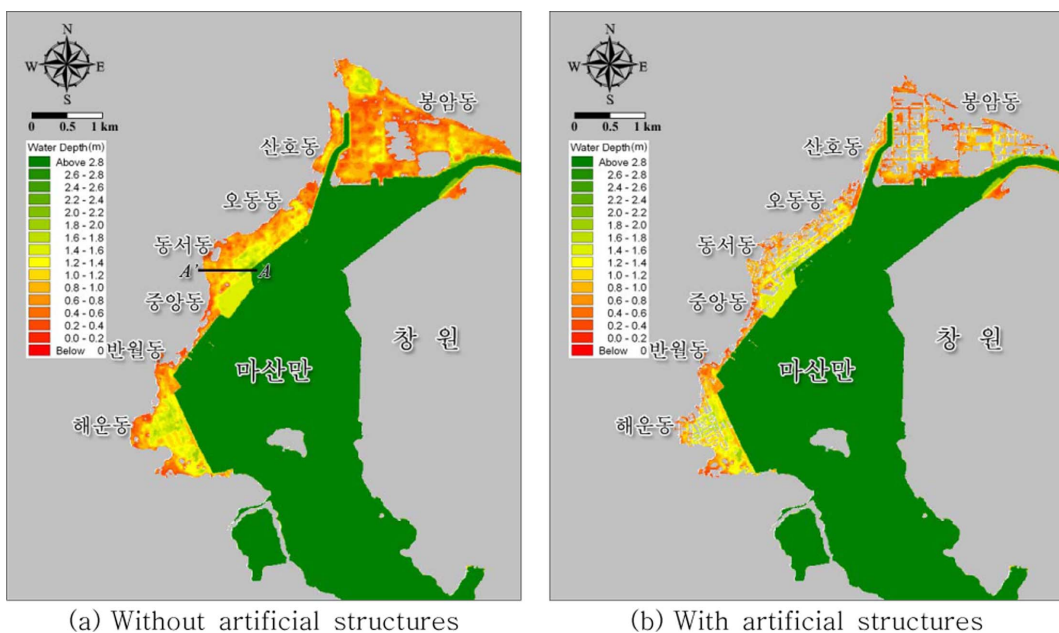


Fig. 3. Maximum inundation depth(t=3.5hr).

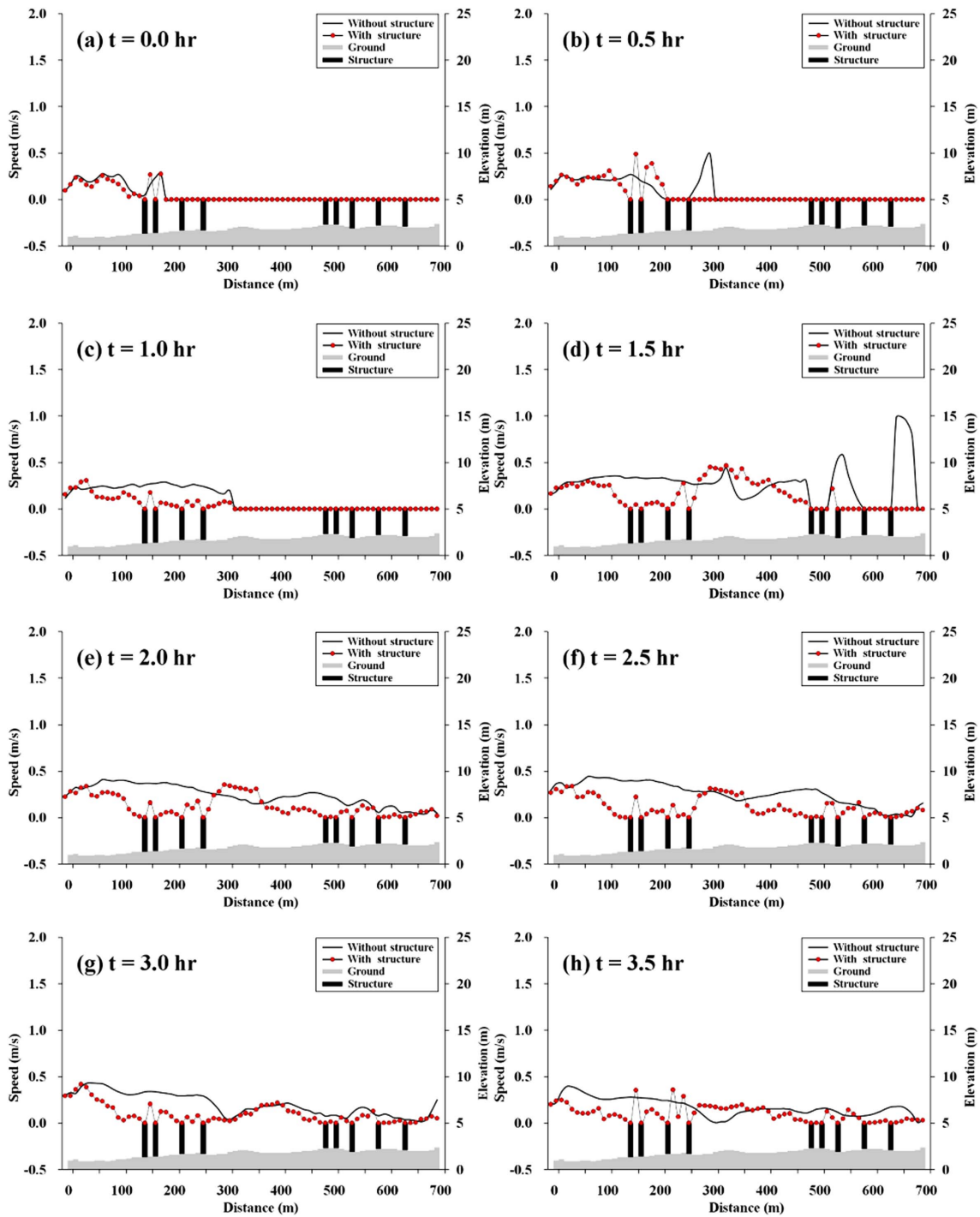


Fig. 4. Variation of inundation speed.

물 고려시 2.0 hr로 인공구조물의 영향으로 침수속도가 다소 지체되고 있음을 알 수 있다. 두 조건 모두 내륙으로 흐름 발생시 일부 유속이 급변하는 지점을 제외하고 0.5 m/s 이하의 유속분포를 보이고 있으나, 인공구조물을 고려할 경우 인공구조물 인근에서 유속변화가 심하게 발생되며, 통과유량이 감소함에 따라 인공구조물이 없는 경우에 비해 전반적으로 유속이 다소 작게 모의됨을 알 수 있다.

이처럼 인공구조물을 고려할 경우 해수 유입량의 감소로 유속이 전반적으로 감소함에 따라 침수속도가 지체되며, 침수면적 또한 해수 유입량 및 유속 감소의 영향으로 최대 11.6%(0.294 km²) 감소하는 것으로 나타났다. 그러나 침수심의 경우 인공구조물 고려 여부에 관계없이 큰 차이가 없는 것으로 나타나 별다른 영향을 받지 않는 것으로 판단된다.

향후, DSM 자료를 활용한 인공구조물, 도로상황에 대한 상세

한 재현과 토지이용현황 등에 따른 육상 조도계수의 설정 등 보다 정밀하게 구축된 범람모형을 활용한 추가적인 검토가 요구되긴 하나, 인공구조물을 고려할 경우 좀 더 사실적인 범람모의가 가능해 과거 사상재현 및 해안침수예상도 작성과 같은 재해예방 측면에서는 효용성이 매우 우수할 것으로 판단된다. 그러나 인공구조물을 고려할 경우 모형수립에 장시간이 소요되며, 특히 인공구조물 및 도로상황을 세밀한 재현을 위해서는 최소 10 m 미만의 세격자 구성이 요구됨에 따라 계산 소요시간의 증가가 불가피하게 된다. 따라서 태풍 내습시와 같이 빠른 시간내에 다양한 예측 경로에 대한 신속한 범람양상의 파악이 요구되는 재해예측모형으로써의 효용성은 다소 떨어질 것으로 판단된다. 반면, 인공구조물이 고려되지 않은 범람모형의 경우, 침수면적이 다소 과대 산정되는 결과를 보이고는 있으나, 최악의 피해에 대비하기 위한 잠재적인 피해 위험지역 선정과 같은 보수적인 관점에서는 충분히 활용도가 높을 것으로 판단된다. 또한 인공구조물이 고려된 범람모형 수준의 세격자 구성이 요구되지 않음으로 계산 소요시간의 단축이 가능하며, 육상부 DEM만을 일정 정도 이상으로 재현할 경우 충분한 정도의 범람모의가 가능하므로 신속한 결과 도출이 요구되는 예측모형으로써의 효용성은 매우 우수할 것으로 판단된다.

4. 마산해역 범람모의

4.1 범람모의 조건

전술한 조석-해일 결합모형을 사용하여 태풍 MAEMI의 영향 기간을 포함해 총 7일간(2003년 9월 8일~14일) 조석과 해일을 동시에 고려해 범람모의를 수행하였다. Fig. 5는 외력조건으로 각각 조석, 해일, 조석과 해일을 부여한 상태에서 모의된 계산결과의 시계열 자료를 비교도시한 것이다. 조석 외력만을 고려한 모의결과, 태풍 MAEMI가 통과하는 시점의 조위는 M.S.L.(+)0.88 m이며, 해일모의를 통해 계산된 최대 수위상승은 M.S.L.(+)2.09 m로 모의되고 있다. 조석과 해일의 비선형 효과가 상호 작용된 결합모의 결과, 계산된 조위에서 조석 효과를 제거할 경우 최대 2.00 m의 수위 상승이 유발된 것으로 나타나, 해일모의 결과에 비해 0.09 m

작게 모의되고 있어 조석과 해일의 비선형효과에 의해 최대해일 고가 다소 감소함을 알 수 있다.

4.2 범람모의 결과 분석

Fig. 6은 동적결합된 범람모의 결과 마산만의 태풍 MAEMI 내습 당시 최초 범람이 발생된 2003년 9월 12일 20시부터 23시 30분까지의 범람양상을 30분 간격으로 도시한 것이다. 12일 20시경, 동서동 해안 매립지 주변에서 최초 범람이 발생되며(Fig. 6(a)), 이후 동서동과 해운동 일대로 점차 확대된다. 시간이 경과함에 따라 오동동, 중앙동, 반월동 일대로 침수면적이 점차 확대되기 시작하며, 1시간 30분이 경과한 12일 21시 30분경 이들 지역의 침수면적 및 침수심은 최대에 이르게 된다(Fig. 6(b)). 이때 침수된 지역의 대부분은 1.0 m 이하의 침수가 발생되며, 동서동과 해운동 일대의 해안저지대를 중심으로는 2.0 m 이하의 침수심 분포를 보이는 지역도 상당히 넓게 발생하고 있다. 12일 22시 이후 이들 지역의 침수면적과 침수심은 점차 감소하는데 반해 마산시 북부에 위치한 산호동과 봉암동 일대는 내륙까지 해수가 유입됨에 따라 침수면적이 최대로 확대되며 이때 침수심도 대부분은 1.0 m로 최대에 이르게 된다. 이후 시간이 경과함에 따라 외조위의 하강으로 점차적으로 침수된 모든 지역의 침수면적 및 침수심이 감소하는 것을 볼 수 있다.

이처럼 마산시의 경우 연안에 위치한 대부분 지역이 해일범람의 위험성에 노출되어 있을 뿐 아니라, 최근에 내습하는 태풍의 강도 및 빈도가 점차 증가하는 추세임을 감안할 경우 태풍 규모에 따른 침수범위 및 침수고 등 범람양상에 관한 지속적인 관심이 필요할 것으로 사료된다.

Fig. 7은 외력조건에 따른 각 모형별 최대 침수면적 및 침수심 분포를 도시한 것으로, Fig. 7(a)는 조석과 해일이 동적결합된 범람모의 결과로 인공구조물의 표고정보가 포함된 결과이며, Fig. 7(b)는 이전 연구(박선중 등[2009])에서 수행했던 폭풍해일만을 고려한 범람모의결과이다. 조석과 인공구조물이 고려된 범람모의결과(Fig. 7(a)), 1.0 m 이상의 침수심별 침수면적은 폭풍해일모형의 결과에 비해 다소 축소되었으며, 봉암동 북부 내륙에서는 침수가 발생되지 않았다. 이를 제외하고 전체적인 침수면적은 두 모형이

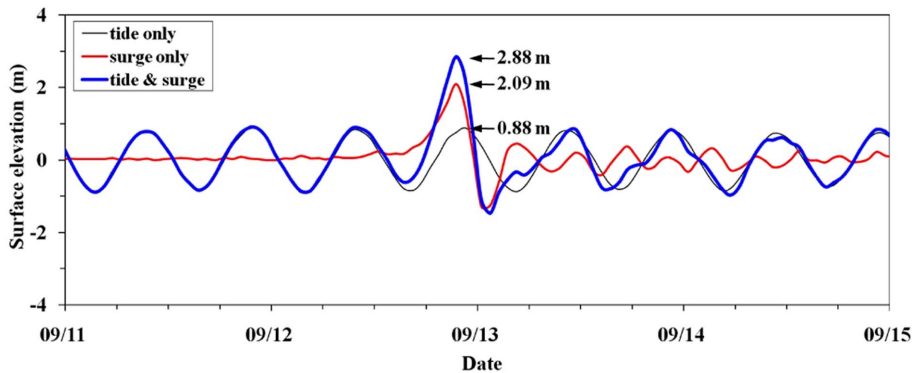


Fig. 5. Time series of water levels at the Masan coastal zone.

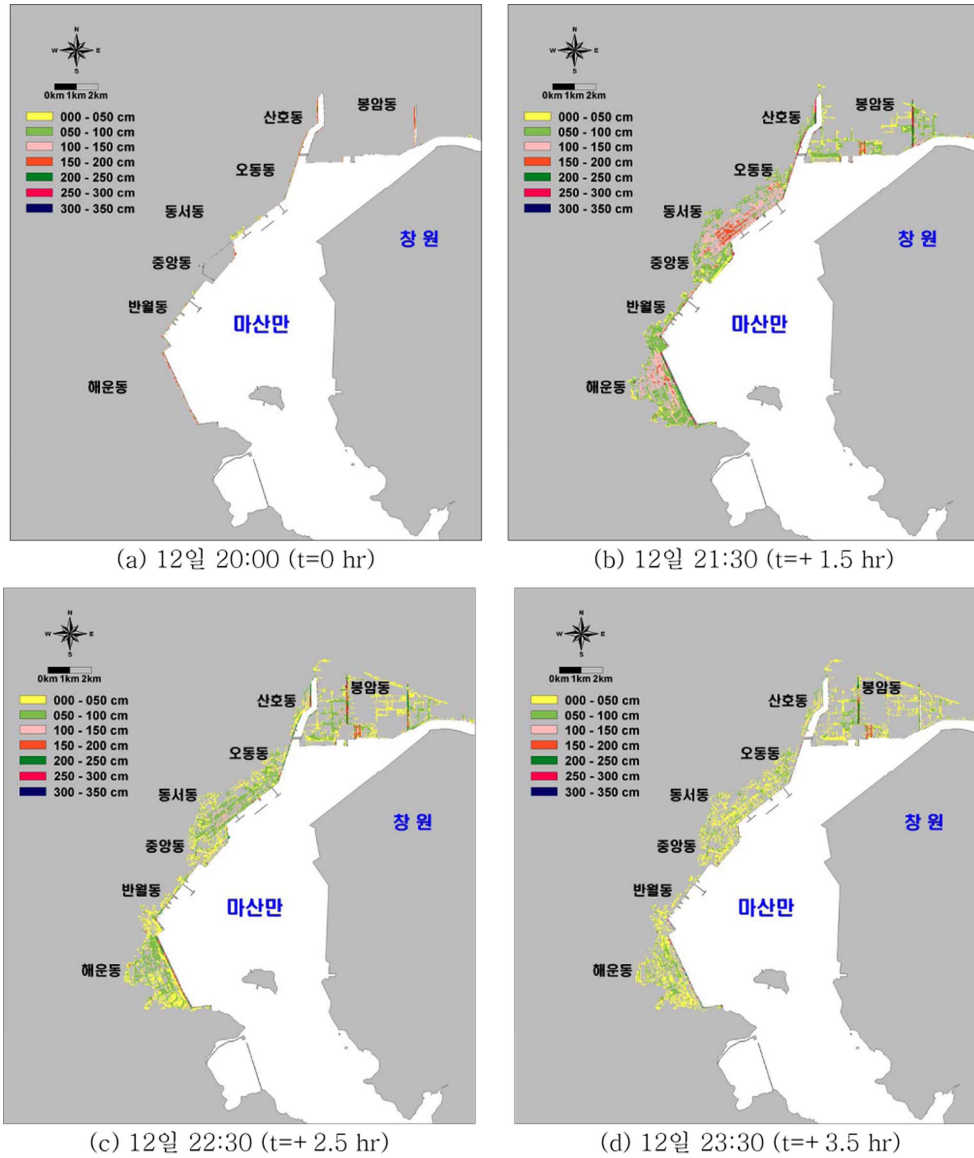


Fig. 6. Variation of inundation area and inundation depth induced by the Maemi.

거의 일치하고 있음을 알 수 있다. Fig. 8의 마산시 해일침수 재해지도와 비교할 경우 폭풍해일모형의 결과가 좀 더 부합하는 결과를 보이고 있으나, 중앙동과 봉암동 일부 지역에서는 과대평가된 결과를 보이는 지역도 있다. 동적결합된 범람모의결과 또한 해운동 일대와 같이 다소 과소평가된 지역이 있으나 전반적인 범람양상은 거의 일치하는 것을 알 수 있다.

이처럼 두 모형 모두 전반적인 침수면적 및 침수심에 있어서는 거의 유사한 결과가 도출되었으나, 최대 범람에 이르는 시간은 두 모형이 큰 차이를 보이고 있다. 앞서 폭풍해일만을 고려한 경우 최대 범람에 이르는 시간은 3시간 30분에서 4시간 가량 소요된 반면, 조석과 해일이 동적결합된 범람모형의 경우 1시간 30분에서 2시간 가량 소요되었다. 이러한 차이는 폭풍해일만을 고려한 범람모형의 경우 해수면을 태풍 MAEMI 내습 당시의 조위 상황으로 유지시킨 상태에서 범람모의를 한 결과로, 범람이 발생하는 시간

과 유통량에 있어 동적결합된 모형에 비해 과대평가되기 때문이다. 즉 실제 외조위 조건에 따라 발생하는 유통현상의 재현이 불가능함에 따라 장시간에 걸쳐 해수유입이 발생되며, 이로 인해 침수면적, 침수심, 침수시간 모두 동적결합모형에 비해 과대평가되고 있는 것이다.

그러나 신뢰성 있는 정확한 검증자료가 부족한 상황에서 어떠한 모형이 보다 정확한 결과를 도출하였는가에 대한 결론을 내리기는 것은 사실상 어렵지만, 조석과 해일의 비선형 효과가 감안된 동적결합모형의 적용결과가 보다 현실적인 범람양상의 재현이 가능한 것만은 사실이다. 특히 대피시스템 구축시 침수면적, 침수심, 침수지속시간 등 다양한 정보의 획득이 가능해야함을 감안할 때 조석과 해일의 동적결합된 범람모형의 적용은 반드시 필요할 것으로 판단된다.

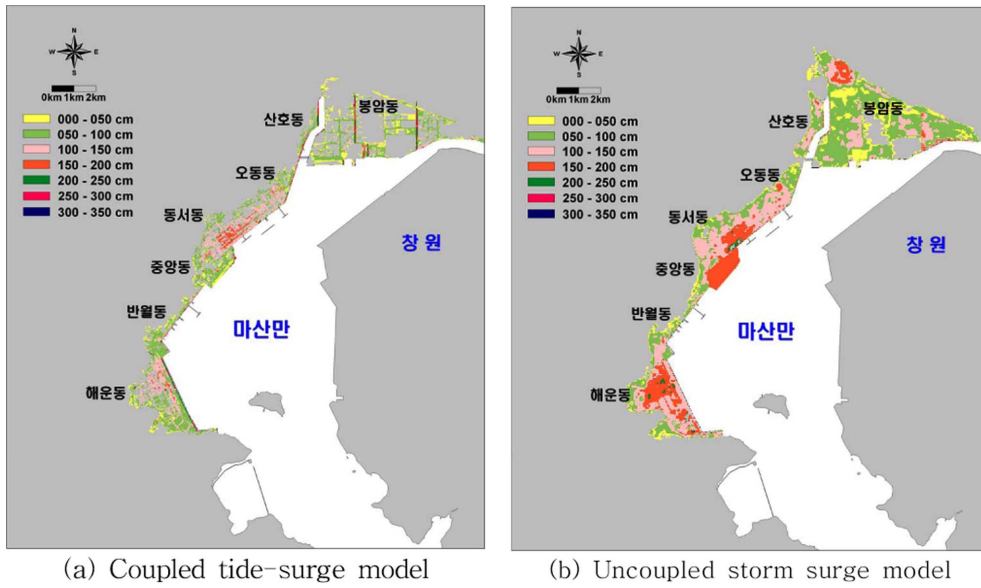


Fig. 7. Maximum inundation areas and depths induced by the Maemi.



Fig. 8. Inundation hazard map at the Masan coastal zone.

5. 결 론

본 논문에서는 선행연구인 MIKE21 모형의 실시간 조석 및 조석-해일 결합모형을 토대로 마산해역에서 범람모의에 대한 적용성을 검토하였다. 최대 격자간격 21,870 m에서 최소 격자간격 10 m까지의 총 8단계 계산영역으로 설정하였으며, 수심 및 지형자료가 정확히 구현될 수 없는 큰 격자의 수심을 작은 격자의 상세수심으로 보정하는 과정을 전 영역에 대해 수행함으로써 보다 정도 높은 범람모의 결과를 기대할 수 있도록 하였다.

실제 적용에 앞서 가상적인 인공구조물의 영향성을 분석한 결과 인공구조물을 포함시킨 경우 통과유량이 감소됨에 따라 침수 속도 역시 지체되어 침수면적이 감소하고 있는 반면 침수심은 큰 차이를 보이지 않고 있다.

결합모형을 마산해역의 범람모의에 적용한 결과 조석과 해일의 비선형효과에 의해 최대해일고가 다소 감소함을 보였고, 이 결과를 조석이 포함되지 않은 폭풍해일모형에 의한 결과와 비교하였다. 두 모형의 결과는 침수면적과 침수심에 있어 큰 차이를 보이지 않고 있으나 최대범람에 이르는 시간은 결합모형이 보다 타당한 결과를 나타내고 있다.

감사의 글

본 연구는 국토해양부 지역특성화연구개발사업의 연구비지원(CI05E1020001- 06E020200210)에 의해 수행되었습니다. 또한 본 연구는 해양환경보전기술개발 사업결과의 일부로서, 국토해양부의 지원에 의해 수행되었습니다.

참고문헌

- [1] 강주환, 문승록, 박선중, 2004, “해수유동모형에서 조건대 모의의 필요성”, 대한토목학회논문집, 24(3B), 259-265.
- [2] 강주환, 문승록, 박선중, 2005, “조석확폭에 수반되는 조건대 영역 확대의 영향성”, 한국해양해양공학학회논문집, 17(1), 47-54.
- [3] 강주환, 박선중, 김양선, 소재귀, 2009, “해수유동모형의 조건대 모의 특성”, 한국해양해양공학학회논문집, 21(5), 357-370.
- [4] 김도삼, 김지민, 이광호, 이성대, 2007, “연안역에서 고파랑과 폭풍해일을 고려한 침수해석”, 한국해양해양공학회지, 21(2), 35-41.
- [5] 문승록, 강태순, 남수용, 황 준, 2007, “폭풍해일에 의한 해안침수예상도 작성 시나리오 연구”, 한국해양해양공학학회논문집, 19(5), 492-501.
- [6] 문승록, 박선중, 강주환, 윤종태, 2006, “MIKE21 모형을 이용한 목포해역 해일/범람모의”, 한국해양해양공학학회논문집,

- 18(4), 348-359.
- [7] 박선중, 강주환, 문승록, 윤종태, 2009, “이동경계기법을 이용한 해수유동모형의 범람 적용성”, 한국해양해양공학회논문집, 21(2), 164-173.
- [8] 박선중, 강주환, 김양선, 문승록, 2010, “조석-해일 결합모형의 적용성 검토”, 한국해양해양공학회논문집, 22(4). (계재예정)
- [9] 조용식, 서승원, 2001, “이동경계를 이용한 지진해일의 최대 범람구역 추산”, 한국해양해양공학회지, 13(2), 100-108.
- [10] 조지훈, 2000, 해안범람 수치모의, 석사학위논문, 한양대학교.
- [11] 천재영, 이광호, 김지민, 김도삼, 2008, “태풍 매미(0314호)에 의한 마산만 주변연안역에서의 범람해석”, 한국해양해양공학회 논문집, 20(3), 8-17.
- [12] Balzano, A., 1998, “Evaluation of methods for numerical simulation of wetting and drying in shallow water flow models”, Coastal Engineering, Vol. 34, pp. 83-107.
- [13] DHI Water and Environment, 2007, “User guide and reference manual”, Hydrodynamic Module.
- [14] Falconer, R.A. and Owens, P.H., 1987, “Numerical simulation of flooding and drying in a depth-averaged tidal flow model”, Proceedings Institution Civil Engineers, Vol. 83, pp. 161-180.
- [15] Flather, R.A. and Heaps, N.S., 1975, “Tidal computations for Morecambe Bay”, Geophysical Journal Royal Astronomical Society, Vol. 42, pp. 489-517.
- [16] Hubbert, G.D. and McInnes, K.L., 1999, “A storm surge model for coastal planning and impact studies”, Journal of Coastal Research, Vol. 15, No. 1, pp. 168-185.
- [17] Ip, J.T.C., Lynch, D.R. and Friedrichs, C.T., 1998, “Simulation of estuarine flooding & dewatering with application to Great Bay”, New Hampshire. Estuarine, Coastal and Shelf Science, Vol. 47, pp. 119-141.
- [18] Leendertse, J.J., 1967, Aspects of a computational model for long water wave propagation. Memorandum RH-5299-PR, Rand Corporation, Santa Monica.
- [19] Madsen, H. and Jakobsen, F., 2004, “Cyclone induced storm surge and flood forecasting in the northern Bay Bengal”, Coastal Engineering, Vol. 51, pp. 277-296.
- [20] Shibaki, H., Suzuyama, K., Kim, J.I. and Sun, L., 2007, “Numerical simulation of storm surge inundation induced by overflow, overtopping and dike breach”, Asian and Pacific Coasts 2007, Nanjing, China.
- [21] Stelling, G.S., Kernkamp, H.W.J. and Laguzzi, M.M., 1998, Delft flooding system (FLS): A powerful tool for inundation assessment based upon a positive flow simulation.
- [22] Xie, L., Pietrafesa, L.J. and Peng, M., 2004, “Incorporation of a mass-conserving inundation scheme into a three dimensional storm surge model”, Journal of Coastal Research, Vol. 20, pp. 1209-1223.

2010년 7월 27일 원고접수

2010년 10월 4일 심사완료

2010년 10월 5일 수정본 채택