

홍수시 둔치구간의 수리해석을 위한 2차원 모형 비교

구영훈 · 김영도*

인제대학교 환경공학과(낙동강유역환경연구소)

Comparison of Two-Dimensional Model for Inundation Analysis in Flood Plain Area

Ku, Young Hun · Kim, Young Do*

Department of Environmental Science and Engineering (NRERC), Inje University

요 약

2000년대 후반 이래로 홍수터를 활용한 생태공원이나 체육시설 등과 같은 다양한 친수시설들이 조성되었다. 또한 최근 강우강도 및 홍수 빈도의 증가로 인해 관련 피해가 급증하고 있으며, 이는 홍수터에 설치된 공원과 같은 친수시설들의 침수 피해와 직접적으로 연관되므로, 극한강우 시 홍수터에서의 수치해석이 필요하다고 판단된다. 본 연구에서는 홍수터에서의 수위상승과 하강에 따른 수리학적 영향을 분석하기 위해 마름/젖음 모의가 가능한 준부정류 흐름해석모형인 FaSTMECH와 부정류 흐름해석모형인 Nays2D 모형을 이용하여 각 모델간의 태풍 사상시 시간에 따른 침수심 및 유속분포를 비교 분석하였다. 태풍 사상시 홍수터에서의 유속분포는 주수로에서의 유속에 비해 매우 낮은 유속을 보이고 있었으며, 홍수터에서는 침식보다는 토사퇴적 문제가 더 높을 것이라 판단된다.

핵심용어 : 홍수터, 친수시설, FaSTMECH, Nays2D

Abstract

In the flood plain, river facilities such as sports facilities and ecological park are built up since the late 2000s. The recent increase of rainfall intensity and flood frequency results in the immersions of parks and river facilities located in the flood plain. Therefore it is necessary to perform the numerical analysis for the extreme rain storm in the flood plain. In this study, to analyze the hydraulic impact by lowering and rising of the water level at flood plain, Both the FaSTMECH, which is a quasi-unsteady flow analysis model to be used for simulating the wet and dry, and the Nays2D, which is unsteady flow analysis model, are used in this study. Also, the flow velocity distribution and the inundation are compared over a period of the typhoon. As a result, the flow velocity distribution at flood plain showed very low values compared to the flow rate in the main channel. This means that the problem of sedimentation is more important than that of erosion in the flood plain.

Keywords : flood plain, river facility, FaSTMECH, Nays2D

1. 서 론

자연하천은 저수시 및 평수시에 물을 소통시키는 주수로부와 홍수시 수위 상승에 따라 주수로로부터 범람하게 되는 홍수터로 구성된다(Choi et al., 2009). 2000년대 후반 이래로 이러한 홍수터를 활용하여 생태공원이나 체육시설 등과 같은 다양한 친수 시설들이 조성되었으며(Kim et al., 2011), 최근 강우 강도의 증가로 홍수의 발생빈도와 홍수량의 증가에 따라 홍수터에 설치된 친수시설의 침수피해 가능성이 높아지고 있다(Ku et al., 2013). 특히, 여름철 집중강우에 의한 하천의 홍수위 상승은 홍수터에서의 침식과 퇴적 등과 같은 침수피해를 가중시키는 원인

이 되기도 한다(Seo, 2002). 홍수터에서는 홍수시 수위가 상승 하였다가 하강함에 따라 마른 하도상태가 되는 부분이 발생하게 되며, 이러한 홍수터에서의 마름/젖음에 대한 모의가 중요하다. 또한, 홍수터에서의 흐름양상은 본류에 비하여 수심이 작고 흐름에 대한 저항이 커서 본류의 흐름과는 많은 차이가 있으므로 2차원 수치해석이 바람직한 것으로 제안되고 있다(Sato et al., 1989).

국내에서 2차원 수치모형의 적용에 관한 연구로는 대부분이 RMA-2나 River2D 및 CCHE-2D와 같은 오랜 기간 동안 적용성이 검증된 상용모형의 적용이 주를 이루고 있으며 모형을 개발하여 다양한 실험수로 및 자연하천에 적용한 연구도 있다. Yoon (1982)

* Corresponding author : ydkim@inje.ac.kr

이 각각 항만내 토사이동 예측과 단면 급확대에 의한 흐름영향을 분석하기 위해 적용하였고, Lee et al. (1996)은 유한체적법을 이용하여 개수로 축소부의 수리특성을 연구하였고, Kim (2002)은 한강하류부의 조석의 영향을 받는 신곡수중보 상하류지역을 중심으로 현장조사와 수치해석을 이용하여 지역의 수리특성을 검토하였으며, Yong (2003)은 RMA-2 모형을 이용하여 복잡한 자연지형이나 흐름이 급변하는 지역에서의 흐름양상을 구체적으로 표현하였다. 또한, Kim et al. (2009)은 자연하천에서 마름/젓음을 처리를 위한 유한요소 기반의 격자재구성 기법을 개발하여 적용하였으며, Ahn et al. (2009)은 한강하구지역의 구조물 설치에 의한 수리특성을 분석한 바 있다. Seo와 Song (2010a)은 Galerkin법에 근거한 천수흐름 해석모형을 개발하여, 실험실 사행수로의 만곡부 수치모의와 12개의 점변화류 수면곡선 모의에 적용한 바 있으며, Seo와 Song (2010b)은 천수흐름 수치모의의 상류단 경계조건으로 부여되는 유입유속 형상을 베타분포 등을 이용해 다양하게 입력할 수 있는 방법을 제안하였고, Song과 Seo (2012)은 SU/PG 기법을 이용해 이송이 지배적인 천이류 및 $Fr=2.7$ 이상의 사류 흐름을 수치모의한 바 있다. 또한 Song et al. (2012)은 분산응력 개념을 도입하여 자연하천 만곡부에서 발생하는 이차류의 3차원적 유속구조를 2차원 동수역학 수치모의에 반영하여 남강댐 하류부에 적용한 사례가 있으며, Seo와 Song (2012)은 수평 2차원 흐름모의의 내부 경계조건에 따른 구조물 주변에서의 와도, 유속 및 수심 분포를 비교한 연구를 수행하였다. 또한 본 연구의 선행연구로써 Ku et al. (2013)은 홍수터에서의 수리학적 영향을 분석하기 위해 2차원 모형인 FaSTMECH 모형의 적용성 검토에 대한 연구를 수행한 바 있다.

국외에서는 Adefwa와 Wang (1985)이 하도망 해석을 위해서 감쇠형 유한요소기법을 이용하여 해석하였으며, Ali와 Ben (1981)은 차분방정식을 이용한 모델로써 하천의 흐름이 상류흐름 상태에서 합류점이 지류에 미치는 영향에 대하여 연구하였고, Vreugdenhul와 Wijbenga (1982)는 ADI(Alternating-Direction-Implicit)기법을 유한차분해석법에 적용하여 홍수시 하천의 2차원 흐름해석을 실시하였고, Choi (1991)는 하천에서 합류점에서의 흐름변화를 연구한 바 있다. 이러한 2차원 수치해석은 주로 본류의 흐름해석에 대한 연구가 이루어 졌을 뿐 홍수터에서의 수치해석에 대한 연구는 미진한 실정이다(Ku et al., 2013).

따라서, 본 연구에서는 홍수터에서의 수위상승과

하강에 따른 수리학적 영향을 분석하기 위해 마름/젓음 모의가 가능한 2차원 준부정류(Quasi-Steady) 흐름 해석모형인 FaSTMECH와 2차원 부정류(Unsteady) 흐름 해석모형인 Nays2D를 이용하여, 각 모델간의 태풍 사상시 시간에 따른 침수심 및 유속분포를 비교·분석하였다.

2. 모형의 개요

2.1. FaSTMECH

FaSTMECH (Flow and Sediment Transport with Mechanical Evolution of Channels) 모형은 미국의 USGS(미국지질조사국)와 일본의 RIC(홋카이도 하천방재센터)에서 공동 개발한 iRIC 내에 탑재된 2차원 흐름해석 모형으로 준부정류 해석과 마름/젓음 처리가 가능하다. 유사이송과 하상변동성분을 통합하는 모듈 곡선좌표계 s, n , 그리고 z 의 방향에 대한 지배방정식은 다음과 같다(Nelson and McDonald, 1996).

$$\frac{1}{1-N} \frac{\partial u}{\partial s} - \frac{v}{(1-N)R} + \frac{\partial v}{\partial n} + \frac{\partial w}{\partial z} = 0 \quad (1)$$

$$\frac{u}{1-N} \frac{\partial u}{\partial s} + v \frac{\partial u}{\partial n} + w \frac{\partial u}{\partial z} - \frac{uv}{(1-N)R} = \quad (2)$$

$$\frac{-g}{1-N} \frac{\partial E}{\partial s} + \frac{1}{\rho} \left[\frac{1}{1-N} \frac{\partial \tau_{ss}}{\partial s} + \frac{\partial \tau_{ns}}{\partial n} + \frac{\partial \tau_{zs}}{\partial z} - 2 \frac{\tau_{ns}}{(1-N)R} \right]$$

$$\frac{u}{1-N} \frac{\partial v}{\partial s} + v \frac{\partial v}{\partial n} + w \frac{\partial v}{\partial z} - \frac{u^2}{(1-N)R} = \quad (3)$$

$$-g \frac{\partial E}{\partial n} + \frac{1}{\rho} \left[\frac{1}{1-N} \frac{\partial \tau_{ns}}{\partial s} + \frac{\partial \tau_{nn}}{\partial n} + \frac{\partial \tau_{zn}}{\partial z} + \frac{\tau_{ss} - \tau_{nn}}{(1-N)R} \right]$$

$$0 = \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial z} - g \quad (4)$$

여기서, u, v, w 는 각각 하류방향, 횡방향, 그리고 연직방향성분이다. E 는 수면높이이고, R 은 수로 중심선의 곡률반경이다. $1-N=1-n/R$ (Nelson 등, 2006)은 곡선좌표계로 조합된 하류부 거리이다. $\tau_{ss}, \tau_{ns}, \tau_{zs}, \tau_{nn}, \tau_{zn}, \tau_{zz}$ 은 각각 편향응력텐서(deviatoric stress tensors)의 요소 성분이다. 식 (5)에 나타낸 바와 같이 자연하천에서의 점성 응력은 레이놀즈 응력과

비교하여 일반적으로 영향이 적으며 무시할 수 있다 (Nelson et al., 2003).

$$\begin{aligned} \tau_{ss} &= 2\rho K \left(\frac{1}{1-N} \frac{\partial}{\partial s} - \frac{v}{(1-N)R} \right), \quad \tau_{nm} = 2\rho K \left(\frac{\partial v}{\partial n} \right), \\ \tau_{zs} &= \rho K \left(\frac{1}{1-N} \frac{\partial w}{\partial s} + \frac{\partial u}{\partial z} \right) \\ \tau_{zz} &= 2\rho K \left(\frac{\partial w}{\partial z} \right), \quad \tau_{zn} = \rho K \left(\frac{\partial w}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial z} \right), \\ \tau_{ns} &= \rho K \left(\frac{1}{1-N} \frac{\partial v}{\partial s} + \frac{u}{(1-N)R} + \frac{\partial u}{\partial n} \right) \end{aligned} \quad (5)$$

2.2. Nays2D

Nays2D 모형은 iRIC 내에 탑재된 2차원 흐름해석 모형으로 1990년대 홋카이도 대학에서 2차원 평면 흐름과 하상 변형 계산을 위한 RIC-Nays2 모형을 기반으로 개발되었다. Nays2D 모형은 부정류 해석과 마름/젓음 처리가 가능하며, 2차원 흐름장 계산을 위한 연속 및 운동방정식은 다음과 같다.

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial(uh)}{\partial x} + \frac{\partial(vh)}{\partial y} = 0 \quad (6)$$

$$\frac{\partial(uh)}{\partial t} + \frac{\partial(u^2h)}{\partial x} + \frac{\partial(uvh)}{\partial y} =$$

$$-gh \frac{\partial H}{\partial x} - \frac{\tau_x}{\rho} + \frac{\partial}{\partial x} \left[\nu_t \frac{\partial(uh)}{\partial x} \right] + \frac{\partial}{\partial y} \left[\nu_t \frac{\partial(uh)}{\partial y} \right]$$

$$\frac{\partial(uh)}{\partial t} + \frac{\partial(uvh)}{\partial x} + \frac{\partial(v^2h)}{\partial y} =$$

$$-gh \frac{\partial H}{\partial y} - \frac{\tau_y}{\rho} + \frac{\partial}{\partial x} \left[\nu_t \frac{\partial(uh)}{\partial x} \right] + \frac{\partial}{\partial y} \left[\nu_t \frac{\partial(uh)}{\partial y} \right]$$

여기서, u 와 v 는 x 와 y 방향에서의 수심 평균유속이며, h 는 수심, H 는 수위($=h+\eta$)를 말한다. η 는 바닥 표고이며, τ_x 와 τ_y 은 x 와 y 방향에서의 바닥 전단력이다. ν_t 는 와점성 계수, ρ 는 물의 밀도, g 는 중력가속도를 말한다(Yabe and Ishikawa, 1990).

3. 모형의 적용

3.1 대상구간 현황

본 연구에서 홍수터의 수치해석을 하기 위한 모의 대상 구간을 Fig. 1에 나타내었다. 선정된 대상구간은 강정-고령보 하류에 위치한 화원수위관측소로부터 달

성보 직상류구간까지 약 15 km에 이르는 구간이다. 모의구간 내의 홍수터에는 캠핑장, 수변데크, 인공습지 그리고 공원과 같은 다양한 친수시설들이 위치하고 있으며, Fig. 2는 Fig. 1에 표시한 A와 B지점에서 태풍 산바 이후 공원과 체육시설에서의 현장사진을 나타낸 것이다. 태풍 산바는 2012년 9월 11일 오전 9시에 필리핀 마닐라 동남동쪽 1,530 km 해상에서 발생하였으며 태풍 상륙 전후로 집중호우가 동반되어 큰 피해가 발생했다(Ku et al., 2013). Fig. 2에서와 같이 태풍 산바 이후 토사퇴적이 많이 발생된 것을 알 수 있다.

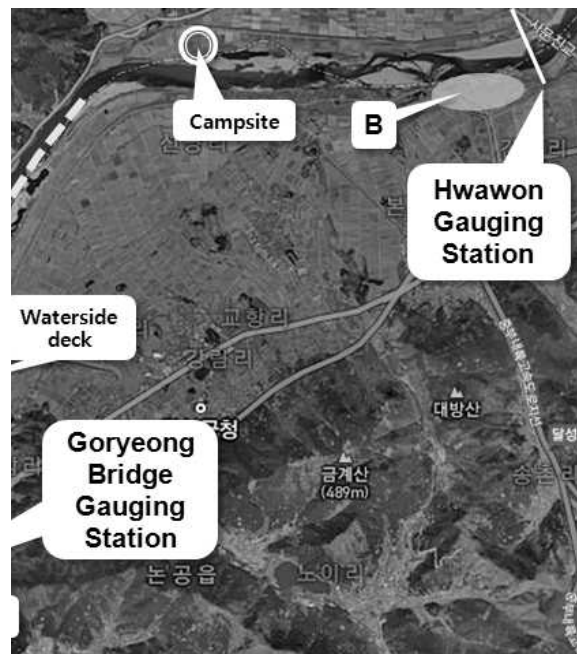


Fig. 1. Study Area



Fig. 2. Photographs of Region A and B in Fig. 1 (after Typhoon Sanba; Sep. 19, 2012)

3.2 경계조건 및 모의결과 검증

Fig. 3에 적용 대상구간의 평면도와 수치지형도의 측량자료를 이용하여 구성한 FaSTMECH와 Nays2D 모형의 지형 및 유한요소망을 나타내었다. 두 모형간의 동일한 유한요소망을 이용하였고, 두 모형은 일부 구간의 격자망을 Refine 할 수 있는 기능 없이 사각

격자망 만을 이용할 수 있기 때문에 구성된 유한요소 망은 총 23,550개로 해가 수렴하는 범위 내에서 최대한 많은 격자로 구성하였다.

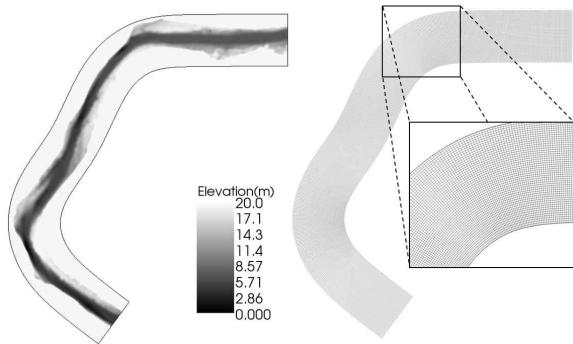


Fig. 3. Topography and Finite Element

모형의 상류단 경계조건은 낙동강 홍수통제소에서 제공하는 회원수위관측소 지점의 유량 값 (낙동강수계 본류 유량측정조사 보고서(2003)에서 제시된 수위 유량 관계곡선식 $Q=1706.5554H^{0.5867}$ 에 의해 산정된 값)을 이용하였으며, 하류단 경계조건은 선행연구(Ku et al., 2013)에서 검증된 달성보 직상류에서의 HEC-RAS 수위결과를 이용하였다. 또한, 모의를 위한 사상은 태풍 산바가 내습했던 2012년 9월 17일 11시에서 2012년 9월 19일 05시까지 첨두홍수량이 발생한 전·후로 하여 총 42시간에 걸쳐 모의를 실시하였으며, 조도계수는 낙동강하천정비기본계획서에서 제시된 0.023을 상수로 입력하였다. Fig. 4에 본 수치모의에 사용된 경계조건을 나타내었다(Ku et al., 2013).

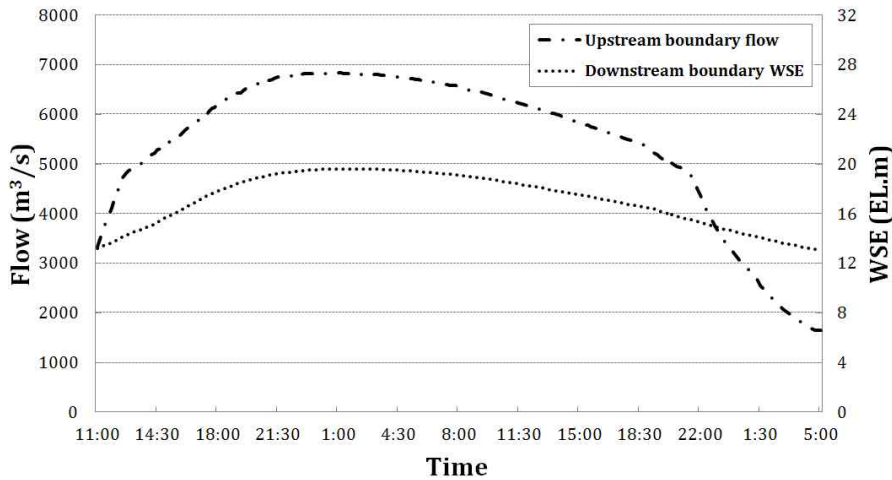


Fig. 4. Boundary Condition (Ku et al., 2013)

본 연구에서 사용한 FaSTMECH 모형은 준부정류 모형으로 부정류 모의를 수행함에 있어서 일정 시간마다 정상상태를 가정하여 수치해를 수렴시키며, Nays2D 모형은 부정류 모의가 가능하다. 따라서, 본 연구에서는 FaSTMECH 모형을 이용하여 3시간 30분마다 준부정류 모의를 수행하여 총 42시간을 모의하였으며, Nays2D 모형의 경우는 Δt 를 1초로 하여 총 42시간을 모의하였고 3시간 30분마다 결과를 추출하여 두 모형간의 결과를 비교하였다. 2차원 모형의 모의 수행결과를 검증하기 위해 Fig. 1에 나타나 있는 대상구간내의 고령교 수위관측소의 실측수위를 이용하여 검증을 실시하였다. 두 모형간의 수위검증에 사용한 주요 매개변수를 Table 1과 Table 2에 나타내었다.

Table 1. Parameters Used in FaSTMECH Simulation

Parameter	Value
Constant Roughness Value	0.023
Lateral Eddy Viscosity	0.45

Table 2. Parameters Used in Nays2D Simulation

Parameter	Value
Constant Roughness Value	0.023
Relaxation Coefficient	0.8

Fig. 5에는 FaSTMECH 모형과 Nays2D 모형의 시간에 따른 수위결과와 실측값을 비교한 그래프로써 각 모형간의 통계지표도 함께 나타내었다. 2차원 모형의 결과는 실제 고령교에 설치되어 있는 수위계의 위치에 동일한 곳에서 추출하여 실측값과 모의값을

비교하였다. 비교결과 FaSTMECH 모형의 R^2 값은 0.990, Nays2D 모형의 R^2 값은 0.973으로 비교적 높은 상관성을 나타내었다. 두 모형 모두 침투홍수위가 나타나는 시간까지는 높은 상관성을 보였으나, 그 이후

하강하는 수위 변화를 모의하는데 있어서 다소 실측 값과 차이를 보였다. 하지만 두 모형 모두 결정계수가 0.97이상의 상관성을 보이고 있기 때문에 모의구간에 대한 모형의 적용은 높다고 판단되었다.

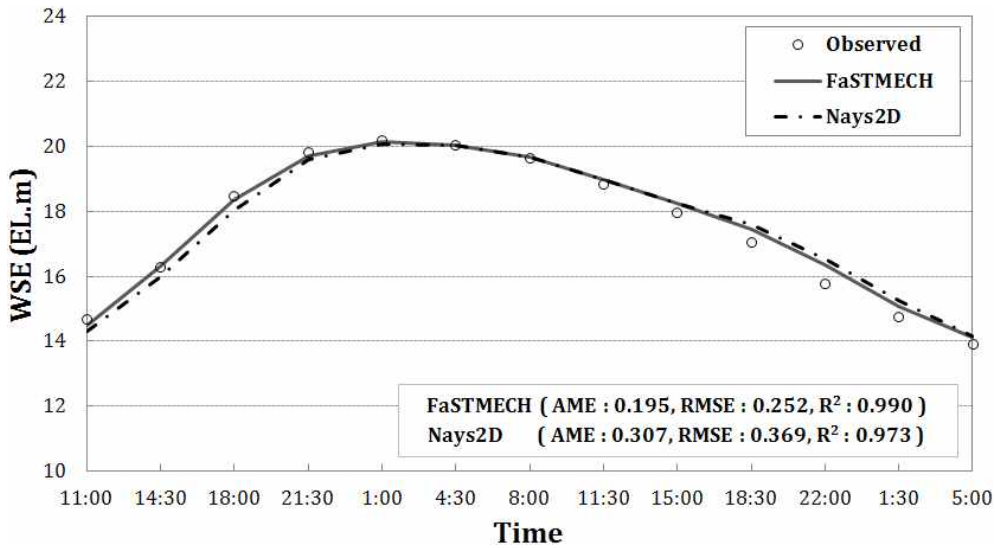


Fig. 5. Verification of WSE at Goryeong Bridge (FaSTMECH and Nays2D)

4. 홍수터에서의 FaSTMECH와 Nays2D 모형 모의결과 비교

검증된 2차원 흐름모형을 이용하여 태풍(산바) 사상 시 모의구간에 대한 모의를 실시하였고, 두 모형

간의 시간에 따른 등수심도 변화를 Fig. 6에 나타내었다. Fig. 6(b)의 시간이 대략 침투홍수위가 나타난 시기로 두 모형모두 홍수터에서의 침수가 발생한 것을 알 수 있으며, 두 모형간의 등수심도 변화는 매우 비슷한 양상을 보이고 있다.

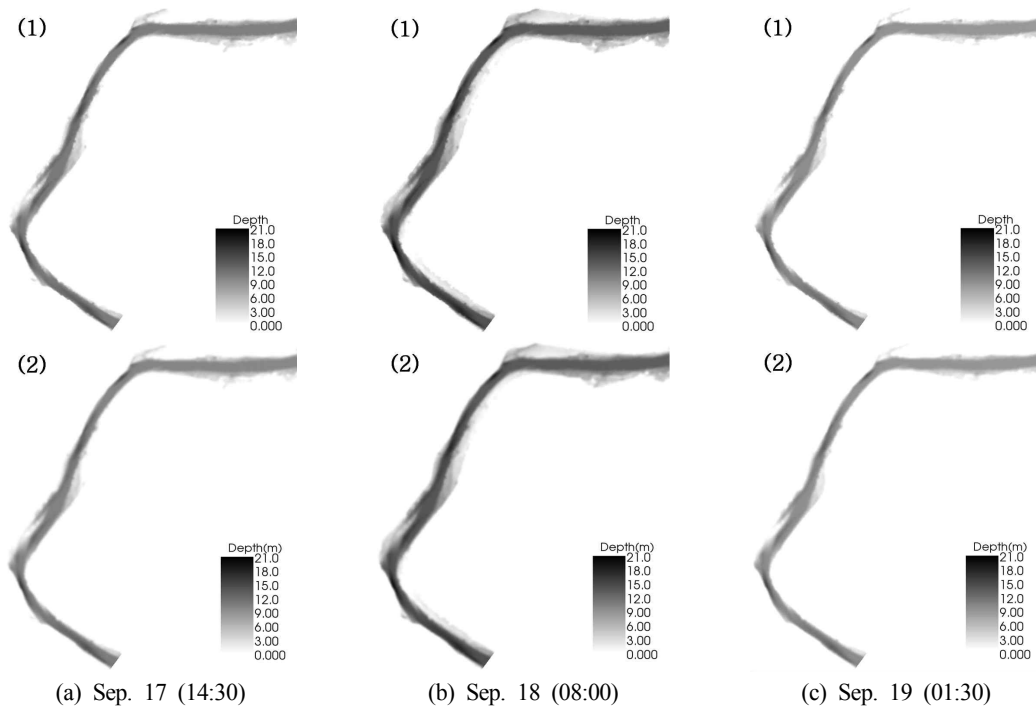


Fig. 6. Results of Inundation during Typhoon Sanba : (1) FaSTMECH, (2) Nays2D

FaSTMECH 모형과 Nays2D 모형의 결과를 보다 자세히 비교하기 위해서 Fig. 7과 같이 특정 홍수터를 선정하여 선정된 구간에서의 시간에 따른 수위변화와

유속분포의 변화를 살펴보았다. 선정된 구간은 은행나무 캠핑장이 위치한 곳으로 갈대습지, 나루터 및 산책로가 함께 위치한 곳이다.

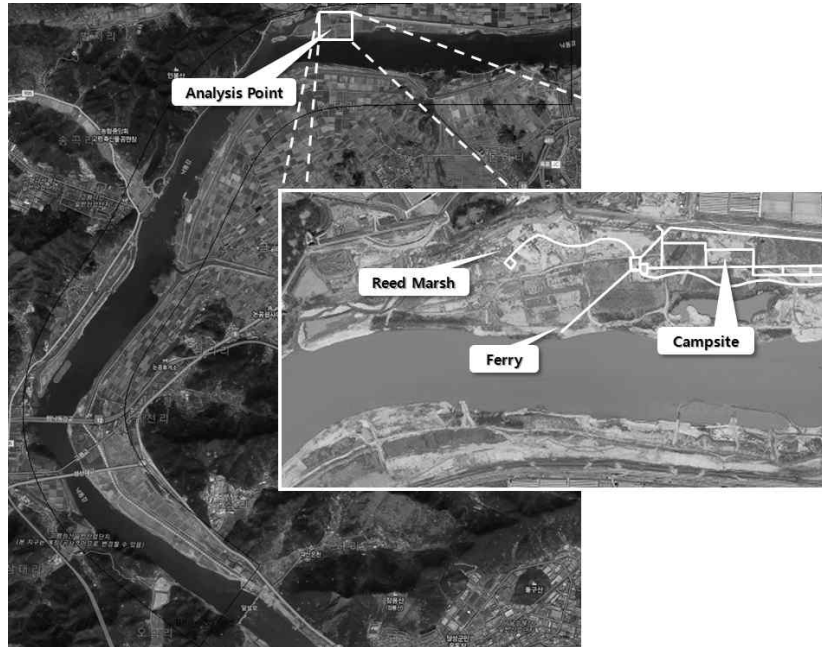
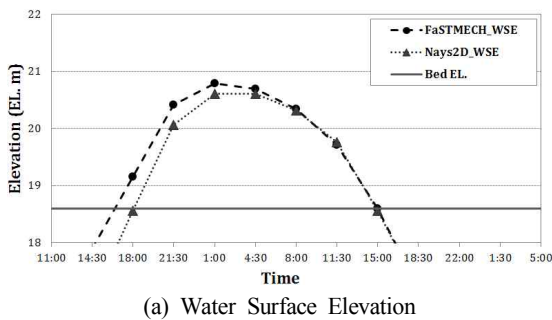


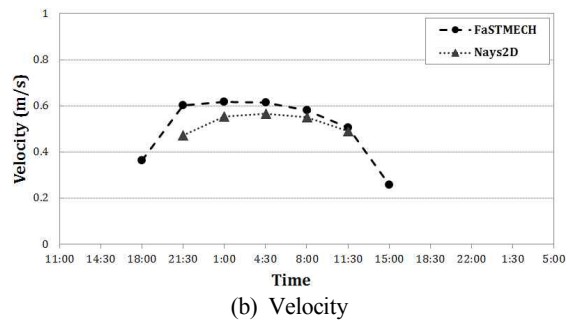
Fig. 7. Analysis Point

Fig. 8은 선정된 지점에서 각 모형간의 시간에 따른 침수심 변화 및 유속변화를 나타낸 그림이다. 실선으로 나타나있는 홍수터에서의 지형 표고보다 수위가 높을 때 홍수터에서의 침수가 발생하게 된다. 두 모형간의 결과는 수위가 차오르는 시간과 침수홍수위의 높이에서 다소 차이가 보이며, 태풍 산바 때 대략

21시간 이상 침수된 것을 알 수 있다. 또한, 두 모형간의 유속차이는 수위변화와 마찬가지로 FaSTMECH의 결과가 다소 높게 산정되었으나, 그 차이는 대략 0.1 m/s 이하의 결과로써 두 모형 모두 유사한 결과를 나타내고 있었다.



(a) Water Surface Elevation



(b) Velocity

Fig. 8. Change of Water Surface Elevation and Velocity on Flood Plain (Sep. 17, 2012 ~ Sep. 19, 2012)

Table 3에 선정된 지점에서 두 모형간의 시간에 따른 침수심과 유속결과를 나타내었고, Fig. 9는 홍수터에서 침수가 발생한 후 두 모형간의 침수심 변화에 따른 유속의 변화를 보기위한 결과로써 FaSTMECH의 결과는 침수심이 상승했다가 하강할 때 유속이 침수심과 비슷한 패턴으로 작아지는 반면, Nays2D의 결과는 침수심이 상승하기 시작하는 유속보다 하강

할 때 유속이 다소 높게 나타나는 것을 확인할 수 있다. 이는 FaSTMECH와 같이 매 시간마다 정상상태로 가정하여 해를 수립시키는 준부정류 모형과 다르게 Nays2D는 부정류 모의를 하기 때문에 수위가 상승하였다가 하강하는 시기에서의 배수효과에 대한 유속증가 현상을 모형이 적절하게 반영을 하고 있다고 판단된다.

Table 3. Time Variation of Inundation Depth and Velocity

Time	FaSTMECH		Nays2D	
	Inundation (m)	Velocity (m/s)	Inundation (m)	Velocity (m/s)
11:00	-	-	-	-
14:30	-	-	-	-
18:00	0.554	0.364	-	-
21:30	1.820	0.602	1.473	0.471
01:00	2.193	0.616	2.016	0.553
04:30	2.100	0.613	2.015	0.566
08:00	1.748	0.580	1.723	0.550
11:30	1.110	0.505	1.169	0.491
15:00	0.001	0.257	-	-
18:30	-	-	-	-
22:00	-	-	-	-
01:30	-	-	-	-
05:00	-	-	-	-

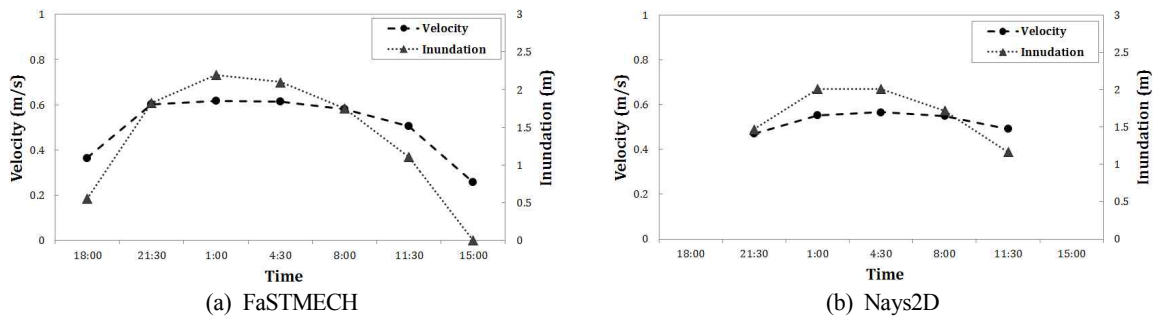
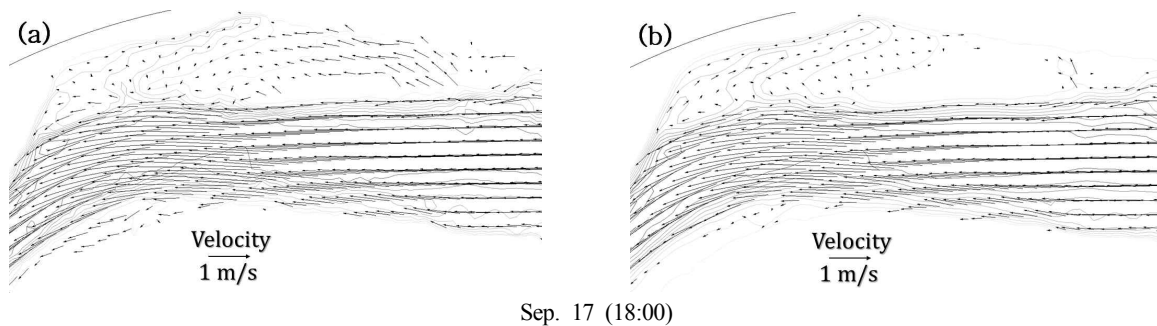


Fig. 9. Changes of Velocity and Inundation on Flood Plain (Sep. 17, 2012 ~ Sep. 18, 2012)

Fig. 10은 두 모형간의 선정된 홍수터에서 침투홍수위가 발생한 전·후로 하여 수위가 상승하는 시간에서의 유속분포를 나타낸 그림이다. 그림에서와 같이 홍수터에서의 흐름은 주수로에서의 흐름보다 훨씬 낮은 유속을 보이며, 두 모형간의 홍수터에서 유속분포의 결과는 9월 18일 18시까지 비슷한 양상을 보였다. 하지만 수위가 하강할 때 홍수터에서의 유속분포는 Nays2D 모형의 결과가 FaSTMECH 모형에 비해 유속

이 다소 빠르게 나타났으며, 와류의 발생도 더 강하게 나타나고 있었다. 따라서, 부정류 모형이 수위가 하강할 때의 수리학적 현상을 보다 잘 구현한다고 판단이 되며, 홍수터에서의 흐름은 1 m/s 미만으로 주수로에서의 흐름보다 매우 낮은 분포를 보이기 때문에 태풍 사상시 침식보다는 퇴적의 발생이 더욱 중요시 될 것이라고 판단된다.



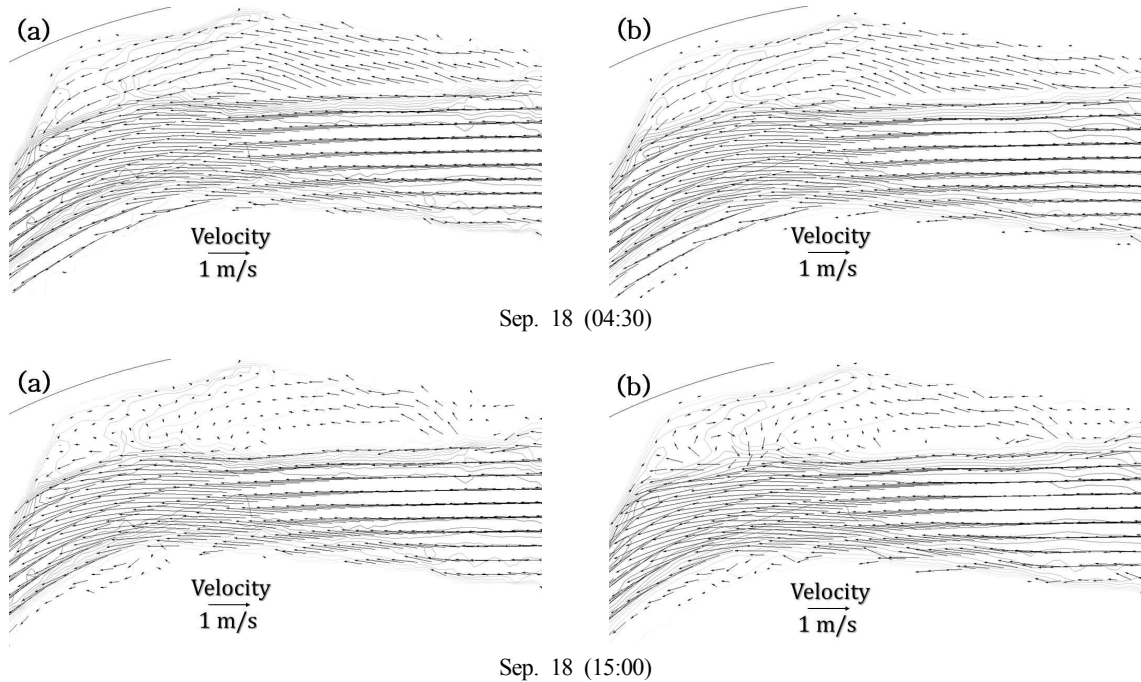


Fig. 10. Velocity Vector During Typhoon Sanba : (a) FasTMECH, (b) Nays2D

5. 결론

2차원 모형의 흐름해석에 대한 기존 연구에서는 주요 관심사가 하도 내에서의 흐름특성이나 유사이송 및 하상변동과 같은 연구들이 주를 이루고 있다. 하지만 우리나라와 같이 최근, 대하천 사업 후 홍수터 구간에 다양한 친수시설들이 설치되면서, 앞으로 이러한 친수공간을 활용하고 친수시설들을 유지관리 하는 것이 중요할 것으로 판단된다. 따라서, 본 연구에서는 태풍 사상시 홍수터에서의 수리학적 현상을 2차원 준부정류 모형과 부정류 모형의 수치모의 결과를 이용하여 비교·분석 하였다. 본 연구의 결과를 요약하면 다음과 같다.

- (1) FaSTMECH 모형과 Nays2D 모형의 검증을 위해 태풍 산바 사상에서의 준부정류 및 부정류 모의를 실시하였으며, 그 결과를 모의구간 내에 위치한 고령교 수위관측소의 실측수위와 비교하여 검증하였다. 그 결과, R^2 값은 FaSTMECH와 Nays2D 모형 각각 0.990 및 0.973의 상관관계를 보였고, 두 모형간의 결과는 비슷한 패턴을 보였다.
- (2) 홍수터에서의 2차원 모형의 수치해석을 통해 모의구간 내에 위치하는 은행나무 캠핑장을 분석지점으로 선정하여 선정된 지점에서의 시간에 따른 수위변화 및 유속분포를 분석하였다.

두 모형간의 결과는 수위가 상승하는 시간과 침투홍수위의 높이에서 다소 차이가 보였으며, 태풍 산바 때 대략 21시간 이상 침수된 것을 알 수 있다. 또한, 두 모형간의 유속차이는 수위변화와 마찬가지로 FaSTMECH의 결과가 다소 높게 산정되었으나, 그 차이는 대략 0.1 m/s 이하의 결과로써 두 모형 모두 유사한 결과를 나타내고 있었다.

- (3) 홍수터에서의 시간에 따른 침수심 및 유속분포는 Nays2D의 경우 부정류 모의를 하기 때문에 수위가 상승하였다가 하강하는 시기에서의 배수효과에 대한 유속증가 현상을 구현한다고 판단되었고, 홍수터에서의 유속은 두 모형 모두 1 m/s 미만으로 주수로에서의 흐름보다 매우 낮은 분포를 보이기 때문에 태풍 사상시 침식보다는 퇴적의 발생이 더욱 중요시 될 것이라고 판단된다.
- (4) 본 연구에서의 결과는 향후 홍수터에서의 친수공간을 활용하고 관리함에 있어서 수리학적 기초자료로 활용될 수 있다고 판단된다.

감사의 글

본 연구는 국토교통부 물관리연구사업의 연구비 지원(11-기술혁신-C06)에 의해 수행되었으며, 이와 같은 지원에 감사드립니다.

Reference

- Adeff, SE and Wang, SSY (1985). Hydro-Dynamic Model for River Flow in a Microcomputer. *Hydraulics and hydrology in small computer age*, ASCE, pp. 1017-1023.
- Ali, OA and Ben, CY (1981). Diffusion-Wave Flood Routing in Channel Networks. *J. of Hydraulics Division*. ASCE. 107(HY6), pp. 719-732.
- Ahn, KH, Choi, GW, Jo, HG and Jo, SU (2009). Study for influence by installing structures at lower the Han. Proceedings of 2009 KWRA Spring Meeting, *J. of Korea Water Resources Association*, pp. 718-722.
- Choi, GW (1991). *Hydrodynamic Network Simulation through Channel Junctions*. Ph.D. Dissertation, Colorado State University, Ft. Collins, CO.
- Choi, SY, Han, KY, Kim, BH and Kim, SH (2009). Parameter Assessment for the Simulation of Drying/Wetting in Finite Element Analysis in River and Wetland. *J. of Environmental Impact Assessment*, 18(6), pp. 331-346.
- Choi, SY, Nam, KY and Han, KY (2011). Assessment for Characteristics of Flow According to Installing Hydraulic Structures by 2-D Numerical Model. *J. of Environmental Impact Assessment*, 20(6), pp. 797-813.
- Jeon, GS (1998). Quasi-Two-Dimensional Model for Floodplain Flow Simulation. *J. of Korea Water Resources Association*, 31(5), pp. 515-528.
- Kim, DG, Lee, LY, Lee CW, Kang, NR, Lee, JS, Kim, HS (2011). Analysis of Flood Reduction Effect of Washland using Hydraulic Experiment. *J. of Wetlands Research*, 13(2), pp. 307-317.
- Kim, SH, Choi, SY, Oh, HW and Han, KY (2009). Development of Grid Reconstruction Method to Simulate Drying/Wetting in Natural Rivers (I): Model Development and Verification. *J. of Korea Water Resources Association*, 42(11), pp. 973-988.
- Kim, SY (2002). *Analysis of flow characteristics by the Tide Influence in Singok Inline-weir*. Master's degree Dissertation, Kyonggi University.
- Ku, YH, Song, CG, Kim, YD and Seo, IW (2013). Analysis of Hydraulic Characteristics of Flood Plain Using Two-Dimensional Unsteady Model. *J. of Korean Society of Civil Engineers*, 33(3), pp. 997-1005.
- Lee, JH, Kim, KT and Shim, MP (1996). Finite Volume Method for Two-Dimensional Unsteady Flow in Open Channel. *J. of Korea Water Resources Association*, 29(5), pp. 173-184.
- MLTM (Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs). (2009). *Nakdong River Basin River Master Plan Report (Change)*, Technical Report.
- Nelson, JM and McDonald, RR (1996). *Mechanics and Modeling of Flow and Bed Evolution in Lateral Separation Eddies*. Rep. to Grand Canyon Monitoring and Research Center.
- Nelson, JM, Bennett, JP and Wiele, SM (2003). *Flow and Sediment Transport Modeling Tools in Fluvial Geomorphology*. Wiley, England. pp. 539-576.
- Nelson, J, Mcdonald, RR and Kinzel, P (2006). Morphologic Evolution in the USGS Surface-Water Modeling System. *J. of Federal Interagency Sedimentation Conference (8th FISC)*. pp. 233-240.
- Sato, S, Imamura, F and Shuto, N (1989). Numerical simulation of flooding and damage to houses by the Yoshida River due to Typhoon No. 8610. *J. Natura Disaster Science*, 11(2), pp. 1-19.
- Seo, IW and Song, CG (2010a). Development of 2D Finite Element Model for the Analysis of Shallow Water Flow. *J. of Korean Society of Civil Engineers*, 30(2B), pp. 199-209.
- Seo, IW and Song, CG (2010b). Specification of Wall Boundary Conditions and Transverse Velocity Profile Conditions in Finite Element Modeling. *J. of Hydrodynamics*, 22(5), pp. 633-638.
- Seo, IW and Song, CG (2012). Numerical Simulation of Laminar Flow Past a Circular Cylinder with Slip Conditions. *International Journal For Numerical Methods In Fluids*, 68(12), pp. 1538-1560.
- Seo, Kyu-Woo (2002). A Study on the Floodplain Management Plan due to Inundation of Nakdong River Basin. *J. of Wetlands Research*, 4(2), pp. 57-66.
- Song, CG and Seo, IW (2012). Numerical Simulation of Convection-dominated Flow Using SU/PG Scheme. *J. of Korean Society of Civil Engineers*, 32(3B), pp. 175-183.
- Song, CG, Seo, IW and Kim, YD (2012). Analysis of Secondary Current Effect in the Modeling of Shallow Flow in Open Channels. *Advances in Water*

- Resources*, 41, pp. 29-48.
- Vreugdenhul, CB and Wijnbenga, JHA (1982). Computation of Flow Patterns in River. *J. of Hydraulics Division*, ASCE 108(HY11), pp. 1296-130.
- Yong, CJ (2003). *Comparison Analysis of River Flow Models and Sediment Transport Models*. Master's degree Dissertation. Honam University.
- Yabe, T and Ishikawa, T (1990). A numerical cubic-interpolated pseudoparticle (CIP) method without time splitting technique for hyperbolic equation. *Jour. of PSJ*, 59(7), pp. 2301-2304.
- 논문접수일 : 2013년 04월 23일
 - 심사의뢰일 : 2013년 04월 29일
 - 심사완료일 : 2013년 06월 07일