

MIKE21 모형을 이용한 경남해역 해일모의 Storm Surge Simulations at Gyeongnam Coastal Zone by MIKE21 Model

박선중¹, 문승록², 강주환³, 윤종태⁴
Seon Jung Park¹, Seung Rok Moon², Ju Whan Kang³ and Jong Tae Yoon⁴

1. 서 론

지구온난화 등과 같은 기후변화에 대한 문제가 연안재해의 기폭제로 작용하여 전세계적으로 많은 관심을 유발하고 있으며, 특히, 폭풍 및 지진해일에 의한 피해가 가중되고 있다. 우리나라에도 2000년 이후 SAOMAI(0014), RUSA(0215), MAEMI(0314), NABI(0514), EWINEAR(0603), NARI(0711) 등의 태풍의 내습으로 막대한 인명 및 재산피해를 유발하였으며, 그에 대한 피해복구에서 많은 노력이 요구되고 있다. 특히 태풍 MAEMI(0314)는 경남 및 부산지역에 막대한 해일범람 피해를 유발하였는데, 과거에 비해 발달된 관측시스템 및 현장조사 등을 통해 많은 연구자에 의해 폭풍해일 및 범람과 관련된 분야에서 다양하게 비교 및 검증자료가 활용되고 있다.

태풍 MAEMI(0314)가 발생한 후, 해일에 의한 범람피해 등의 대책수립이 요구가 증대되었고, 최근에는 슈퍼태풍(오재호, 2007; 허동수 등, 2008) 등의 발생 가능성이 제기되고 있다. 다행스럽게 최근에는 태풍 MAEMI(0314)에 유사한 규모 및 피해를 유발한 태풍이 우리나라에 내습하지 않았다. 그러나 올해(2008년)의 경우도 5월에는 미얀마에서 사이클론(나르기스)에 의한 막대한 피해, 6월에는 필리핀에서 FENGSHEN(0806)의 영향으로 수백명이상의 인명 피해가 발생한 바 있다. 또한 1959년 우리나라에 기록적인 피해를 유발한 태풍 SARAH(5914)가 내습한 일주일 후, 이세만에 엄청난 피해를 유발하여 이세만

태풍이라 불리는 VERA(5915)가 일본에 내습한 사실을 고려했을 때, 태풍 내습에 대한 대책수립은 보다 적극적으로 진행해야 할 것으로 사료된다.

본 연구에서는 태풍 내습시 남해안에 상륙하는 태풍의 위험성이 증대되고(박종길 등, 2006) 향후 태풍의 내습 강도가 강화될 수 있다(오재호, 2007; 최병호 등, 2004)는 기존연구를 토대로 남해동부연안에서 해일고 및 그 변화양상을 파악하고자 하였다.

2. 폭풍해일 실험조건 및 검증

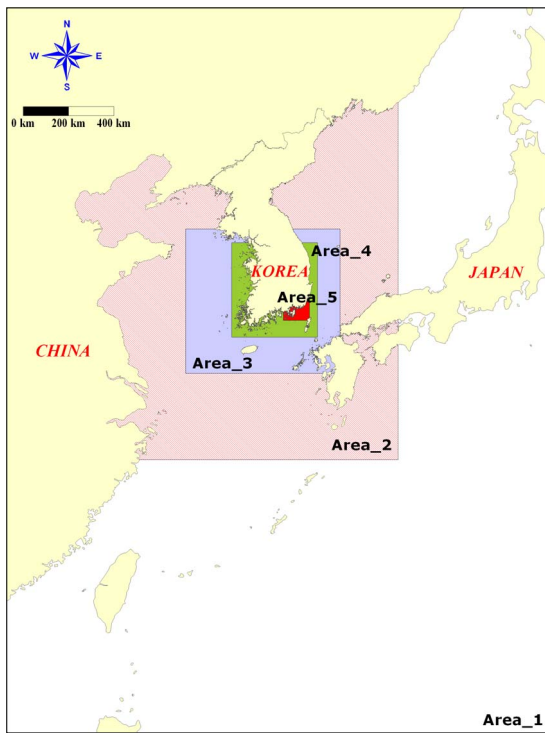
실제 태풍의 검증을 토대로 시나리오를 구성하여 그 영향을 파악한 국내 연구로는 부산 및 경남지역에 적용한 사례(허동수 등, 2006a, 2006b) 및 목포해역 적용사례(문승록 등, 2006)가 있다. 또한 문승록 등(2007)은 과거 발생한 태풍으로부터 중심기압, 최대풍 반경, 진로 등을 변경한 가상 태풍 시나리오 D/B를 구축하여, 향후 태풍 내습시 해당 태풍정보와 가장 유사한 시나리오 D/B의 결과를 추출하여 피해 예측정보로 활용하는 방안을 제시하고, 태풍 MAEMI(0314)의 내습으로 막대한 피해를 초래한 바 있는 마산지역을 대상으로 시나리오를 설정하여 적용한 바 있다. 최근 허동수 등(2008)은 슈퍼태풍에 대한 위험성을 인지하고 사전준비 및 방재대책의 강구를 촉구하기 위하여, 부산 및 경남 연안역에 막대한 피해를 입힌 태풍 MAEMI(0314)와 세계적으로 막대한 피해를 입힌 태풍(Katrina, Durian, Vera)을 조합하여 추정된 폭풍

1 목포대학교 건설환경협동과정 박사과정
2 (주) 지오시스템리서치 연구기획부 과장
3 목포대학교 건설공학부 교수
4 경성대학교 건설/환경공학과 토목공학전공 교수

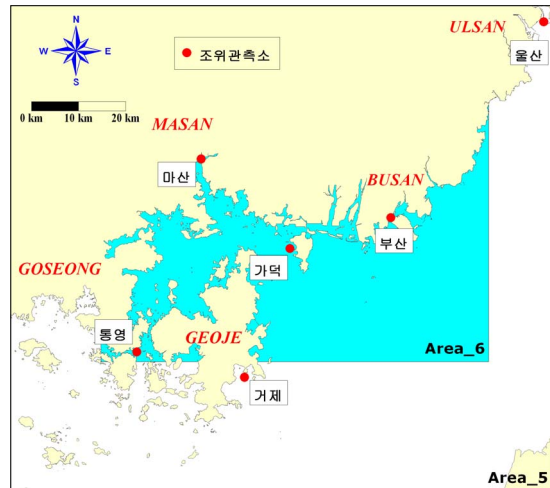
해일고를 비교·검토하여, 태풍 MAEMI(0314)시에 비해 약 4배 이상의 폭풍해일고가 발생 가능하다고 지적하였다.

태풍 내습시 발생하는 해일의 크기 및 양상은 태풍 경로, 중심기압, 최대풍반경, 진행속도 등 다양한 인자에 의해 지역별로 상이하게 발생하고 있는데, 본 연구에서는 태풍의 내습에 따른 피해 위험성이 증대되고 있는 부산 및 경남지역을 대상지역으로 태풍의 경로 및 내습시 진입각도를 통해 그 변화 양상을 고찰하였다. 이는 해일 및 범람에 영향을 미치는 주요인자를 파악하고, 지역적 영향을 분석하고자 하는 연구의 일환이며, 폭풍해일 수치모의는 박선중 등(2008)이 적용한 바와 같이 DHI사의 MIKE 21 HD 모듈과 CYWIND 부프로그램을 이용하였다.

박선중 등(2008)은 태풍은 내습시 그 경로가 매우 상이하여 특정 태풍의 경로가 우리나라에 내습하는 태풍을 대표하는 경로로 판단하기 어렵고, 다양한 경로 및 내습각도 등 태풍의 주요인자의 변경 및 그에 대한 영향을 판단하는데 용이하도록 실제 모의 기준 태풍의 경로를 우리나라 내습시 직선화하였다. 또한 직선화된 가상의 태풍 경로를 0.5° 간격으로 좌우로 이동하고, 미래기후에 대한 태풍 강도의 강화를 고려하여 중심기압 및 최대풍 반경을 5% 씩 증가하여 그 변화를 분석하였다.



(a) 광역



(b) 세부역

Fig. 1. 폭풍해일 계산영역(Area 1 ~ Area 6)

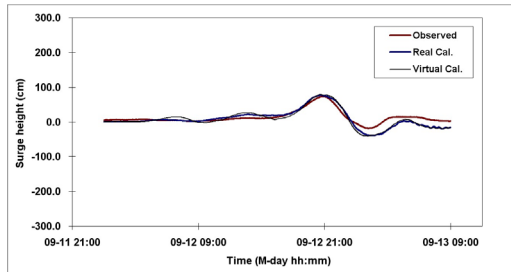
Table 1. 격자망 구성

구분	$\Delta x = \Delta y$ (m)	$N_x \times N_y$
Area-1	32,400.0	75 × 100
Area-2	10,800.0	139 × 148
Area-3	3,600.0	190 × 178
Area-4	1,200.0	316 × 349
Area-5	400.0	289 × 259
Area-6	133.3	619 × 463

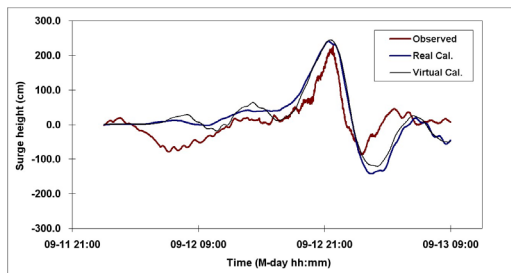
Fig. 1은 폭풍해일 수치모의에 적용한 대상영역으로 MIKE 21 HD 모듈의 nested grid 기법의 적용을 위해 격자간격을 1/3씩 감소시켜 Table 1과 같이 6단계로 구성하였다.

박선중 등(2008)의 폭풍해일 모의와 계산영역 및 격자간격이 변경되어 폭풍해일 검증을 위해 Fig. 1(b)의 조위관측소 6개 지점에 대하여 태풍 MAEMI(0314)시 해일고를 비교하였다. 해일고 비교는 각 지점별로 태풍 MAEMI(0314)시 관측조위로부터 산정된 해일고, 실제 태풍 경로를 고려한 해일고 계산치 그리고 태풍의 경로를 직선화한 가상 경로에 의한 해일고를 나타내고 있다. 태풍 경로 직선화는 태풍 MAEMI(0314)의 육지상륙 직전 위치와 상륙시 위치를 직선으로 연결하여 구성하였으며, 태풍의 이동속도는 실제진로의 이동속도와 동일하게 처리하였다. 해일고 비교지점 중 주요 관심지역인 부산, 마산, 통영은 Area_6의 133.3 m 격자상에서 비교하였다. Fig. 2와 같이 모든 지점에서 해일 관측치와 실제 태풍을 고려한 계산치와 일치하고 있으며, 직선화된 경

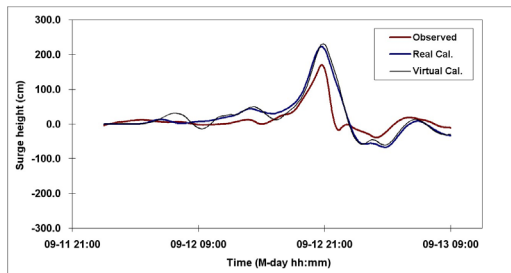
로의 해일고는 3개 지점에서 실제 경로를 고려한 해일고에 대해 최대 3.3%의 오차로 잘 재현되는 것으로 사료된다.



(a) 부산



(b) 마산

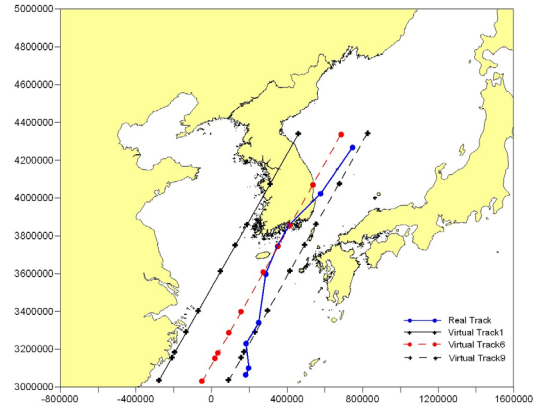


(c) 통영

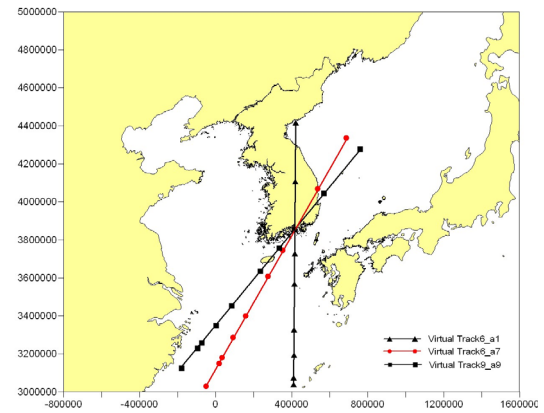
Fig. 2. 직선화 경로의 해일고 비교
(태풍 MAEMI(0314))

3. 경로 및 내습각도에 따른 해일고 변화

폭풍해일 수치모의 검증을 통해 직선화된 태풍을 Fig. 3과 같이 경로 및 내습각도를 변경하여 총 81개 CASE의 수치실험을 통해 Fig. 1 (b)의 6개 지점에 대한 해일고 변화양상을 고찰하였다. Fig. 3 (a)의 경로 변경은 Track_1부터 Track_9로 경도를 0.5° 좌우로 이동시킨 것으로 태풍 MAEMI(0314)의 직선화된 경로는 Track_6에 해당된다. Fig. 3 (b)의 각도 변경은 육지 상륙시를 기준으로 시계 및 반시계방향으로 5°도 변화하는 a1부터 a9의 9개 CASE로 설정하였으며, 직선화된 태풍의 내습시 각도는 a7에 해당한다.



(a) 경로 변경 CASE



(b) 각도 변경 CASE

Fig. 3. 경로 및 내습각도 변화

첨부 Fig. A(생략)는 주요 6개 지점에 대한 진입각도에 따른 경로별 해일고를 나타낸 것으로 각 지점별 최대해일고를 발생하는 경우는 Table 2와 같다. Table 2에서 보는 바와 같이 거제도, 가덕도, 부산은 태풍 MAEMI(0314)의 직선화 경로에서 좌측으로 0.5° 이동된 Track_6에서 최대해일고가 발생함을 알 수 있다. 또한 통영, 마산, 부산은 내습각도가 거의 수직방향에 유사하게 이동하는 경우로 Track의 경우를 고려하면 태풍의 가항반원에 위치하여 최대해일고를 발생시키는 것으로 사료되고, 거제도, 가덕도, 울산은 태풍의 중심이 해당지점을 통과하여 그 중심기압의 영향으로 해일고를 유발하는 것으로 알 수 있다.

더불어, 첨부 Fig. A(생략)의 지역별 변화 양상을 살펴보면 마산지역의 해일고는 타 지점에 비해 전반적으로 크게 발생하고 있는데, 이는 마산만 및 진해만의 지형적 특성에 따른 것으로 사료된다. 마산의 경우 Track_4 ~ Track_6의 경우에 상대적으로 큰 해일고가 발생하며, Track_4와 Track_6의 비교를 통해 진입각

도에 따라 그 양상이 확연히 구분됨을 알 수 있다. Track_4에서는 수직방향에 유사한 내습각도 일수록 해일고가 커지는 반면, Track_6에서는 내습각도가 45%에 접근할수록 해일고가 증가됨을 알 수 있다. 이는 지점별 해일고의 특성과 유사하게 해일고 유발요인이 태풍내습에 따른 태풍 진행방향에 따른 지점의 위치와 태풍 중심기압의 영향에 따라 결정되는 사항을 확인할 수 있다.

Table 2. 지점별 최대해일고 발생 CASE

지점	최大海일고	CASE
통영	1.66	Track_4_a1
거제도	1.30	Track_6_a5
마산	2.63	Track_5_a1
가덕도	1.56	Track_6_a6
부산	1.34	Track_6_a1
울산	0.82	Track_8_a8

4. 결론 및 발전방향

남해동부연안에서 해일고 및 그 변화양상을 파악하고자 태풍 MAEMI(0314)의 경로를 직선화된 가상의 태풍 경로를 0.5° 간격으로 좌우로 이동하고, 미래 기후에 대한 태풍 강도의 강화를 고려하여 중심기압 및 최대풍 반경을 5% 씩 증가하여 그 변화를 분석하였다. MIKE 21 HD 모듈과 CYWIND 부프로그램을 활용하여 주요 6개 지점에서 총 81개 CASE 모의를 통해 진입각도에 따른 경로별 해일고를 산정하였다. 모의결과, 해일의 위험성이 증대되는 부산 및 경남해역에 위치한 인접지점에서도 태풍 진행방향에 따른 지점의 위치 및 태풍 통과에 따른 영향 등이 상이하게 나타나고 있음을 알 수 있었다. 해일 및 범람에 영향을 미치는 주요 인자의 지역적 영향을 분석하기 위해서는 본 연구를 통한 태풍 경로 및 내습각도의 영향뿐만 아니라, 개별적 인자에 대한 복합적인 고려를 통한 다양한 분석이 필요하다. 또한 수치모의시 지역별 특성을 충분히 반영할 수 있는 수심, 표고 및 해안선 정보에 정확한 수집 및 분석도 매우 중요한 사항이다.

감사의 글

본 연구는 건설교통부 지역특성화연구개발사업의 연구비지원(C105E1020001-06E020200210)에 의해 수행되었습니다.

참고문헌

문승록, 강태순, 남수용, 황준 (2007). 폭풍해일에 의한 해안침수예상도 작성 시나리오 연구. 한국해양·해양공학회지, 제19권 제5호, 492-501.

문승록, 박선중, 강주환, 윤종태 (2006). MIKE21 모형을 이용한 목포해역 해일/범람모의. 한국해양·해양공학회지, 제18권 제4호, 348-359.

박선중, 강주환, 박민원, 문승록 (2008). 내습 태풍의 특성변화에 따른 해일양상 고찰. 한국해양해양공학회 춘계학술대회 발표논문집.

박종길, 김병수, 정우식, 김은별, 이대근 (2006). 한반도에 영향을 주는 태풍의 통계적 특성 변화. Korean Meteorological Society, 제16권 제1호, 1-17.

오재호 (2007). 미래 태풍 강도 변화에 관한 연구: 기후변화가 동아시아지역 태풍에 미치는 영향. 기후변화전문가 워크숍(제5차 기후변화 학술대회 및 제4차 기후변화 정책포럼), 21-24.

최병호, 고진석, 엄현민 (2004). 한반도 주변 해역의 최극해양환경, 한반도 해역의 고파. 폭풍해일 워크숍 논문집, 한국해양해양공학회, 87-120.

허동수, 엄경선, 김지민, 김도삼, 배기성 (2006a). 부산연안에서 폭풍해일고의 추정. 한국해양공학회 논문집, 제20권, 제3호, 37-44.

허동수, 엄경선, 김지민, 김도삼, 배기성 (2006b). 경남연안의 지역특성에 따른 폭풍해일고의 변동. 한국해양공학회논문집, 제20권, 제3호, 45-53.

허동수, 이현우, 이우동, 배기성 (2008). 슈퍼태풍 내습 시 부산·경남 연안역의 폭풍해일고. 한국해양·해양공학회논문집, 제20권 제1호, 128-136.