

## 태풍 차바(CHABA) 내습 시, 주요 연안역 피해 원인과 향후 충청남도의 대응전략 수립 방안

윤종주

충남연구원 기후변화대응연구센터 전임책임연구원, jjyoon@cni.re.kr

- ◇ 2016년 18호 태풍 차바가 남부지방을 강타함에 따라 강풍, 폭우, 해일, 침수범람 등의 피해가 속출함
- ◇ 특히 만조시에 발생한 폭풍해일로 인한 해수면 상승과 이에 동반한 고파랑에 의해 부산 해운대 마린시티 일대에 대규모 월파 피해가 발생함
- ◇ 대규모 태풍의 발생 및 서해안 상륙가능성도 커지고 있는 만큼, 충남도 주요 해역에도 해일침수범람에 대한 사전 대응전략의 수립이 필요함

### □ 태풍 차바 피해 현황

- 2016년 10월 4일부터 태풍이 제주도 부근 해상으로 근접하면서 영향권에 들기 시작함. 이 후 제주 서귀포시(10월 5일 4시), 거제시(10월 5일 10시), 부산시(10월 5일 11시)에 상륙한 뒤 동해상으로 진출함.
- 제주 상륙 시 중심기압 955 hPa, 최대풍속 41 m/s, 순간최대풍속은 56.5 m/s를 기록하여 관측 이래 3번째로 강력한 태풍으로 기록됨.
- 특히 경남 동부 해역에 상륙 시, 만조 시기와 겹치면서 최대 1 m에 달하는 폭풍해일이 발생함.
- 만조, 저기압, 해일의 지형적인 증첩효과 등이 복합되어 해수위가 급격히 상승된 시점에 발생한 고파랑에 의해, 주요 해역에서의 월파 피해가 극심하게 발생하였음(부산 해운대 마린시티, 부산 민락 해변 등).
- 최근 경남 지방에 반복하여 발생한 지진의 여파가 가시기 전에 발생한 자연재해여서 지역민의 불안감이 극도로 증가하고 있음.

▶ 태풍 차바에 의한 해일범람 피해 사례 (부산 해운대, 2016.10.5.)

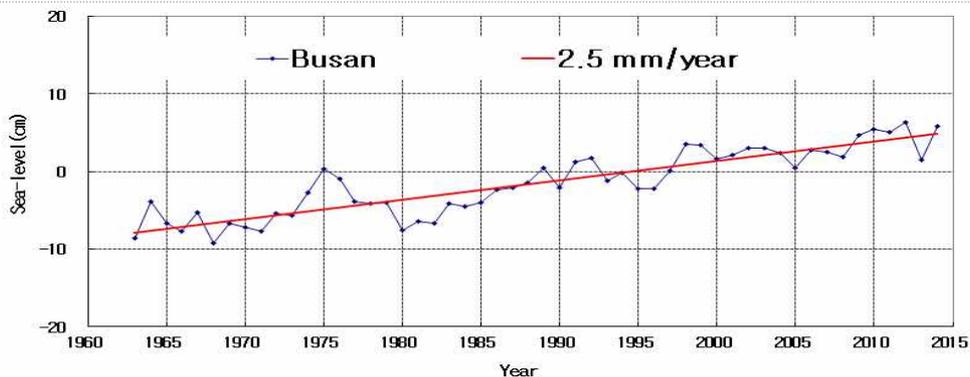


주) 해운대 미린시티는 수영만 일부를 매립하여 조성된 지역으로 해양 전면부에 위치하여, 각종 해양재해에 취약함

□ 해일침수범람 위험요인 분석

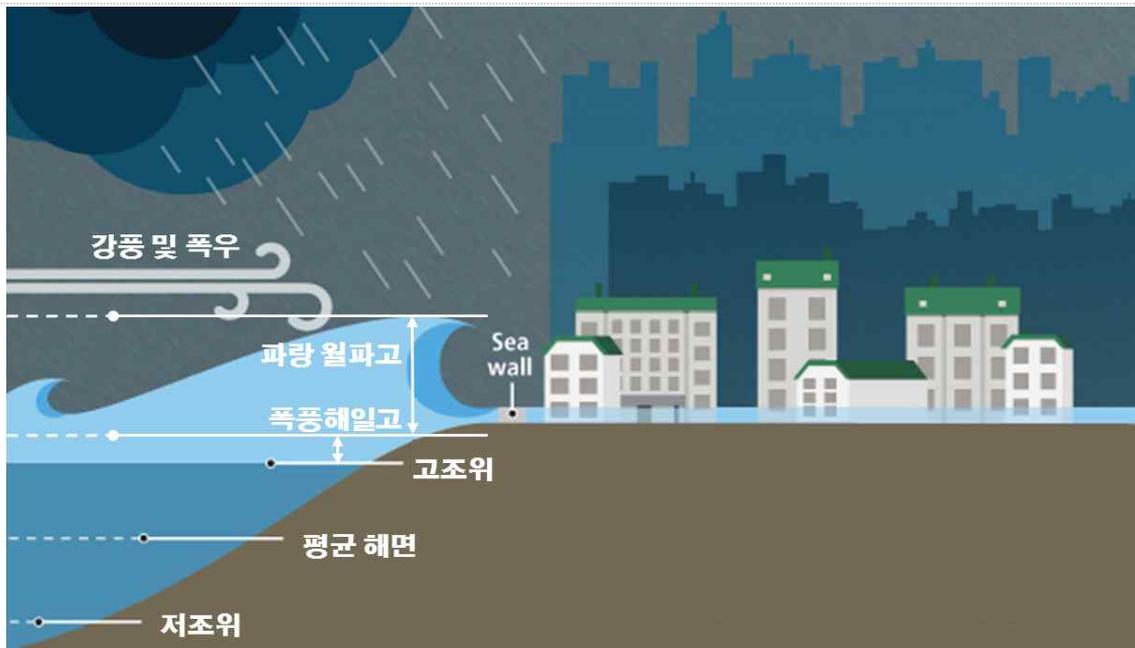
- 지구온난화에 따른 장기적인 해수면 상승으로 인해 지난 52년 간(1963~2014년) 자료 분석결과, 부산의 평균해수면은 매년 평균 2.5 mm 높아지고 있음.
- 한반도 주변의 수온이 높아짐에 따라 한반도에 상륙하는 태풍의 강도가 세지고 있으며, 태풍의 발생빈도 증가와 함께 초대형 태풍의 내습주기가 점차 짧아지고 있어 향후 해일 피해는 더욱 심각해 질 것으로 보임.

▶ 부산 해역의 장기간 평균해수면 상승추세 (2.5 mm/year)



주) Yoon, J.J.(2016). Analysis of long-period sea-level variation around the Korean Peninsula. JCR SI 75

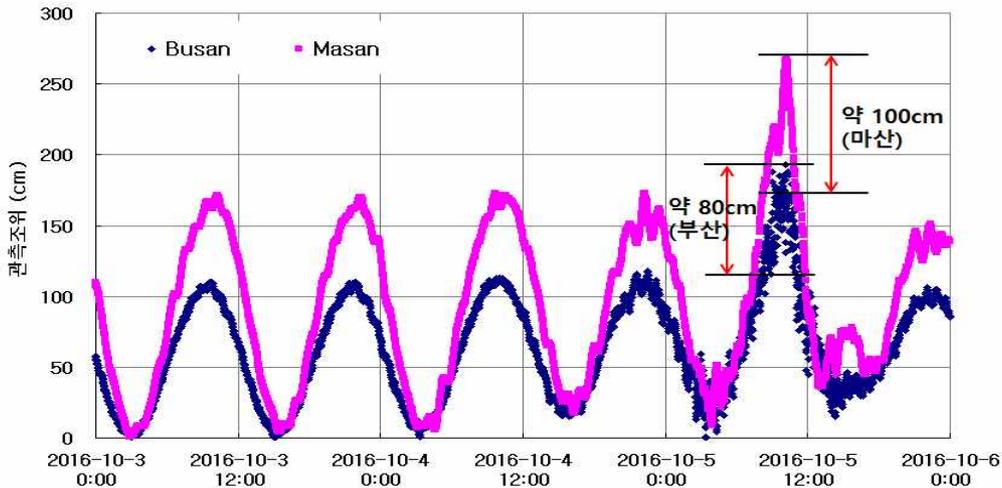
▶ 태풍 내습 시 해일침수범람 피해 발생 모식도



- 해수면 상승은 평상시에는 체감할 수 없는 정도이지만, 태풍 시 저기압 효과에 의해 해수면 자체가 상승하면서 한쪽으로 물이 간히게 되어 발생하는 국지적 폭풍해일이 만조와 겹치게 되면 안벽고가 낮은 곳에서부터 범람이 발생하게 됨.
- 해수의 유입으로 인한 침수범람 피해 발생유형은 첫째, 만조위+폭풍해일고(파랑 차폐 해역), 둘째, 만조위+폭풍해일고+고파랑(파랑 노출 해역), 기타, 해수면 상승에 의한 배수관 역류+강우에 의한 도시침수 복합발생의 경우 등이 있음.
- 금번 태풍 차바 내습 시, 부산 해운대 마린시티 침수범람은 만조위 시 폭풍해일이 중첩된 상태에서 들이닥친 대규모 파랑에 의한 월파 피해임(파랑 노출 해역).
- 조위가 낮고 폭풍해일의 영향이 없는 평상시에는 높은 파랑이 내습해도 수심이 얇은 방파제 전면부 쇄파대에서 파랑에너지가 대부분 소멸되나,
- 이번처럼 해일과 만조가 겹치면서 해수위가 높아진 상태에서는 높은 파도가 에너지를 유지한 채 그대로 호안을 넘어 막대한 피해를 줄 수 있음.
- 실제로 부산 및 마산에서는 만조시와 겹쳐서 약 80 cm, 100 cm의 폭풍해일고가 각각 발생하였는데, 마산의 경우 해일범람이 약 1~2시간 정도 발생하여 일부 침수피해가 발생하였음(파랑에 의한 월파 피해는 크지 않음).

- 그러나 부산 해운대 마린시티의 경우, 높아진 해수위(폭풍해일+만조) 상으로 진행된 4~5 m 높이의 파랑이 월파하여 해안에 인접한 아파트 등에 직접적인 피해가 가해짐.

▶ 태풍 차바 시, 조위 관측자료(부산, 마산 검조소)에서 산출한 폭풍해일고



▶ 태풍 차바 시, 파고 관측자료 (해운대 부이)에서 살펴본 최대 파고



## □ 재발 방지를 위한 근본 대책

- 해일피해가 극심했던 해운대 마린시티는 원래 바다였던 수영만을 매립하여 조성한 전형적인 인공부지로서 지진 뿐 아니라 태풍 및 해일에서도 매우 취약할 수 있음을 보여줌.
- 일부 언론에서 조망권을 이유로 낮게 조성된 방수벽 때문에 해일피해를 키웠다는 주장이 있지만, 방수벽을 높게 조성하는 것으로는 근본적인 대책이 될 수 없음.
- 근본적인 대책으로는 마린시티 전반의 호안고를 높이고, 현재 계획 중인 초대형 해상 방파제의 조속한 설치가 추진되어야 함(2020년까지 국비와 시비 655억 투입 예정).

- 미국 뉴욕의 맨하탄은 지난 2012년 초대형 허리케인 샌디 내습 시에 실제 해일 침수범람 피해가 발생하였고, 이 후 조 단위의 해일방지 시설의 구축을 적극 추진 중에 있음.
- 국내의 경우, 지난 2003년 태풍 매미에 의한 해일침수범람 발생으로 많은 인명피해가 발생하였음에도 이 후 몇 년간 태풍의 피해발생이 없자, 적극적인 방어대책 수립 정책 추진이 미루어지다, 지난 2012년 태풍 산바 시에 같은 피해가 반복된 사례가 있음.
- 태풍 등의 자연재해에 선제적으로 대응하기 위해서는 적극적인 하드웨어적인 방호 체계의 보강이 반드시 필요하며, 건설에 많은 시간 및 예산이 소요되기 때문에 피해재발 방지를 위한 국가적 차원의 지속적인 정책의 실질적 추진이 매우 중요하며,
- 더불어 신속한 대피를 위한 해당 지자체의 재난예측 및 경보시스템의 적극적인 구축 및 활용이 필수적임.

## □ 충청남도 현황 및 해수범람 피해대비 필요성

### ▶ 만조시 고파랑 내습으로 인한 태안 백사장 해수욕장 침수(2009)



### ▶ 보령 오천항 해수범람 피해 사례 (2014)



- 충청남도 주요 해역에서도 태풍 시 해수범람에 의한 피해가 발생한 사례가 다수 보고되고 있음. 특히 보령시의 경우 1997년부터 2015년까지 약 25여 건의 해안재해 중 오천면에서 약 20여 건이 발생함.
- 1995년과 1997년에 태풍 내습에 의한 폭풍해일이 만조시에 중첩 발생하여 오천면에서 대규모 해수범람 피해가 발생한 적이 있음.
- 충남의 해안은 매립지가 많이 분포하고 있는데, 이 중 일부 지역은 매립고가 만조위보다 낮게 매립되었으며, 호안고가 낮게 설계되어 해일범람이 발생 시 육지 내측으로 해수가 빠르게 침범할 수 있어 그 위험성이 큼.
- 또한 주요 하구에 방조제가 건설됨에 따라 해수의 흐름경로가 차단되어 조차가 커지고, 좁아진 해역에 해일이 몰리게 되면 해수면이 급격히 상승할 수 있음.
- 서해안을 따라 북상한 2000년대 주요 태풍은 볼라벤(2012), 라마순(2002), 프라피룬(2000), 무이파(2011), 메아리(2011), 카눈(2012), 곤파스(2010) 등이며, 최근으로 오면서 점차 그 발생 빈도가 증가추세에 있음.
- 대부분 태풍은 충청남도 해역에 근접하면서 그 세력이 약해졌으며, 세력을 유지하였더라도 저조위 시에 폭풍해일이 발생하여 직접적인 피해를 체감하지 못하는 경우가 많았음.
- 그러나 기후변화에 따라 한반도 주변의 평균해수면은 지속적으로 상승하고 있으며, 해수온도 역시 상승하고 있어 서해안 진행 태풍의 발생 빈도 및 강도는 더 세질 것으로 전망되고 있음(태풍 차바 상륙시 남해안 평균수온 26℃).
- 서해안에 넓게 분포한 갯벌이 해일피해를 저감시켜 줄 수 있지만, 고조위시에는 갯벌의 영향이 상대적으로 작아짐. 이러한 해수면 상승기에는 해일 및 파랑에너지가 연안까지 직접 전파될 수 있어 배후지역 피해위험성이 매우 커짐.
- 이에 따라 국가와 도(道)가 협력하는 연안방재 계획 수립 및 실행의 필요성이 커지고 있으나, 사후 미봉책 수준의 대응으로는 한계가 있으므로, 체계적이고 선제적인 피해대응 정책의 마련이 절실한 상황임.

## □ 충청남도 정책 제안

- 도내 주요 해역의 호안높이를 일차적으로 점검하고, 설계고가 충분하지 않아 해수범람의 피해가 반복적으로 발생하는 지역을 중심으로 보완대책 수립이 반드시 필요
- 충남도는 서해안 천혜의 대조차 해역의 특징으로 해일 등 자연재해에 있어 유리하다고 볼 수도 있음. 그러나 낮은 확률이지만, 여러 불리한 조건이 중첩(고조+해일+고과랑)되어 나타나는 경우에는 막대한 규모의 피해 가능성이 상존함.
- 단기적으로는 미래 기후변화에 대비한 충청남도 해수면 상승에 따른 침수범람 취약성 평가 및 위험성 분석 연구의 수행이 우선 필요함.
- 이를 통하여 연안역 기후변화 적응정책 수립의 기본자료로 활용하며, 장기적인 측면의 연안관리 지역계획 수립(방호 및 이주계획 등)을 지원할 수 있음.
- 충청남도 해양정책과에서는 기후변화에 의한 침수, 침식피해 등 연안재해로부터의 도내 해양생태환경 보호를 위한 중장기 전략 수립 기획연구를 추진 중에 있어, 이를 통한 체계적인 중장기 정책기획이 필요할 것으로 보임.
- 국가예산으로 태안, 서천 등에 순차적으로 진행되고 있는 연안정비 사업이 친수공간, 관광지 조성 등의 목적보다는 해일, 침식 등 자연재해 방지라는 본연의 목적에 맞게 진행될 수 있도록 道 차원의 적극적인 관심과 지원이 중요
- 천수만 해역은 지형적 특징으로 인하여 폭풍해일 발생 시 해일고가 중첩하여 상승할 수 있는 지역으로서, 장기적인 해일피해 대책의 적극적인 수립이 필요함.
- 고조위 등 해수면 상승과 집중호우에 따른 연안내륙 침수 피해(도시 홍수)가 복합 발생 시에 가장 심각한 침수범람 피해 위험이 닥칠 수 있음.
- 이에 대한 대비를 위한 장기적인 연안도시 하수관거 종합정비계획 시, 기후변화에 따라 강화된 강우 설계빈도 적용(50년 이상)이 매우 중요함.
- 기타 소프트웨어적인 대책으로는 태풍 시 해안저지대 및 침수범람 상습 발생지역에 대한 점검 실시 및 민·관 협동의 피해 예방 및 대피활동을 위한 대응반 운영이 필요.
- 담당공무원 및 해안저지대 거주 주민을 대상으로 한 지속적인 방재안전 교육 및 비상대피훈련의 정기적인 실시도 필수적임.