

파형에 따른 지진해일의 월파특성에 관한 고찰

On Overtopping Characteristics of Tsunami due to Waveforms

이우동*, 김정옥**, 박종률***, 허동수****

Woo-Dong Lee, Jung-Ouk Kim, Jong-Ryul Park, Dong-Soo Hur

요 지

지진해일의 수리특성을 분석하기 위하여 유사한 파형특성을 가진 고립파를 많이 이용하고 있다. 그러나 고립파의 근사파형은 실제 지진해일에 비해 상당히 좁은 파형분포를 가지고 있다. 이에 수치모의에서는 기존의 고립파 근사식을 개량하여 고립파형의 지진해일을 수치적으로 생성하고 있다. 본 연구에서는 지진해일의 파형분포에 따른 월파특성을 수치적으로 조사하기 위하여 개량된 고립파 근사식을 2차원 N-S solver에서 적용하였다. 이것에 기초하여 수치파동수조에 직립호안과 그 배후에는 월파수조를 설치하고, 지진해일 월파량을 측정하였다. 수치해석결과로부터 직립호안 주변의 공간파형과 마루 위의 유속분포로부터 파형분포에 따른 월파현상을 분석할 수 있었다. 또한 기존 고립파 근사이론 대비 개량된 고립파의 체적비에 따른 월파량 변화를 정량적으로 조사하였다. 그 결과 지진해일의 체적비가 증가할수록 월파량이 거의 선형적으로 증가하는 경향을 나타내었다.

핵심용어 : 지진해일, 고립파, 직립호안, 월파, 나비에-스톡스 방정식 모델

1. 서론

지진해일에 의한 피해는 충격파와 월파 그리고 침수에 의해 대부분 발생한다. 이에 많은 연구자들은 지진해일의 수리특성을 분석하기 위하여 유사한 파형특성을 가진 고립파를 사용하고 있다. 그러나 Qu et al., (2017)에 따르면, 고립파는 실제 지진해일에 비해 상당히 좁은 파형분포를 가지고 있다. 이에 수치모형실험에서는 조파기의 스트로크와 이동속도를 조절하거나(Cho et al., 2016), 붕괴파(Nouri et al., 2010; Liu et al., 2011), 공기압축식 조파방법(Rossetto et al., 2011) 등을 이용하여 지진해일을 조파하고 있다. 이에 반해 수치모형에서는 기존 고립파 근사식을 개량하여 파형분포를 조절하거나(이우동 등, 2016), 고립파를 연속적으로 조파하여 쌍봉형의 지진해일(Qu et al., 2017)을 생성하고 있다.

본 연구에서는 지진해일과 같이 넓은 파형을 생성하기 위하여 이우동 등(2016)이 제안한 조파방법을 2차원 N-S solver(Hur et al., 2011)에 적용한다. 그것으로 말미암아 2차원 수치파동수조에서 다양한 분포의 지진해일을 조파할 수 있게 된다. 다음으로 지진해일고, 체적비, 호안높이에 따른 지진해일의 월파를 모의하고, 직립호안에서 지진해일 파형이 월파량에 미치는 영향을 정량적으로 분석한다.

* 정회원 · 국립경상대학교 해양산업연구소 선임연구원 · E-mail : leewoodong@gnu.ac.kr

** 국립경상대학교 해양토목공학과 석사과정 · E-mail : wjddnr2892@gmail.com

*** 국립재난안전연구원 지진대책연구실 연구원 · E-mail : parkjr82@korea.kr

**** 정회원 · 국립경상대학교 해양토목공학과 교수 · E-mail : dshur@gnu.ac.kr

2. 수치모델

본 연구에서는 직립호안에서 지진해일 파형분포에 따른 월파모의에는 해안공학분야에서 다양한 수치해석에 적용되었던 2차원 파동장모델(LES-WASS-2D; Hur et al. 2011)을 이용한다. LES-WASS-2D는 무반사 조파시스템을 갖추고 있어서 다양한 이론파(스톡스파, 고립파, 크노이드파 등)를 파동장 교란없이 지속적으로 생성할 수 있다. 여기에 다양한 파형의 지진해일을 고려하기 위하여 지진해일 조파방법(이우동 등, 2016)을 새롭게 도입한다.

2.1 수치파동수조 및 입사조건

지진해일 파형이 월파에 미치는 영향을 고찰하기 위해 그림 1과 같은 수치파동수조를 설치한다. 지진해일의 입사조건을 표 1에 나타내고, 이우동 등(2016)의 조파방법을 적용한 지진해일의 파형은 그림 2와 같다. 그림 2에서 검은색 실선은 Dean and Dalrymple(1984)의 고립파 근사파형($\beta = 1$)이고, $\beta = 1$ 의 파형이 기준 체적()이 된다. 붉은색 실선들은 $\beta > 1$ 의 경우로서 넓은 파형, 푸른색 실선들은 $\beta < 1$ 로서 좁은 파형의 지진해일을 각각 의미한다.

표 1. 지진해일의 입사조건

Condition	Symbol	Value
Tsunami height (cm)	H_i	7.5, 10, 12.5, 15
Crown height (cm)	F_b	2, 4, 6, 8
Volume fraction	V/V_0	0.6 ~ 2.0
Depth (cm)	h	30

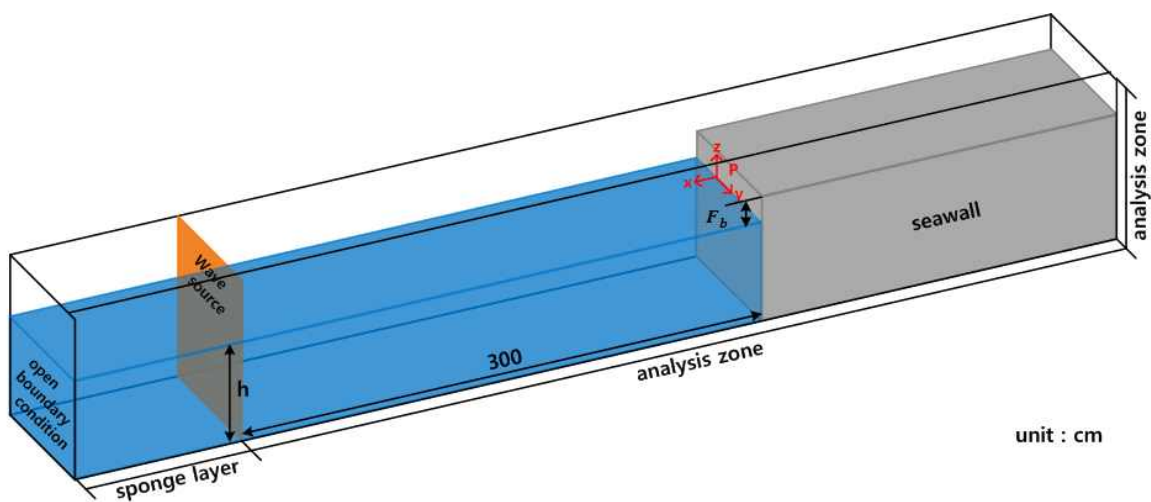


그림 1. 월파모의를 위한 수치파동수조의 구성

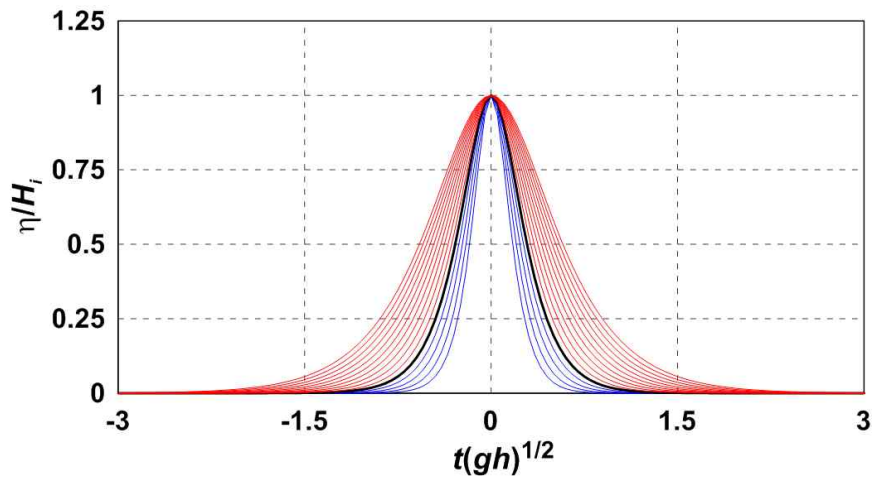
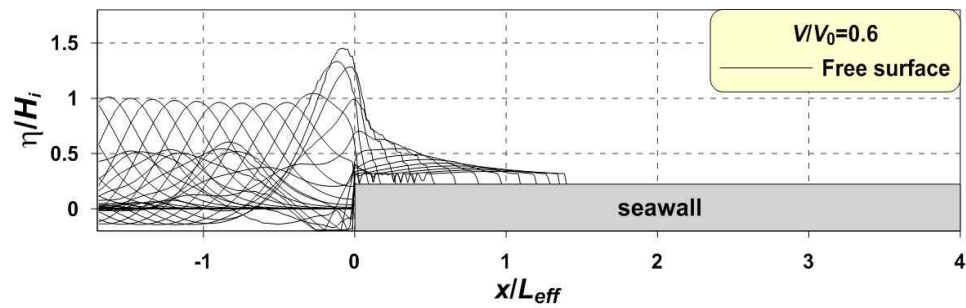
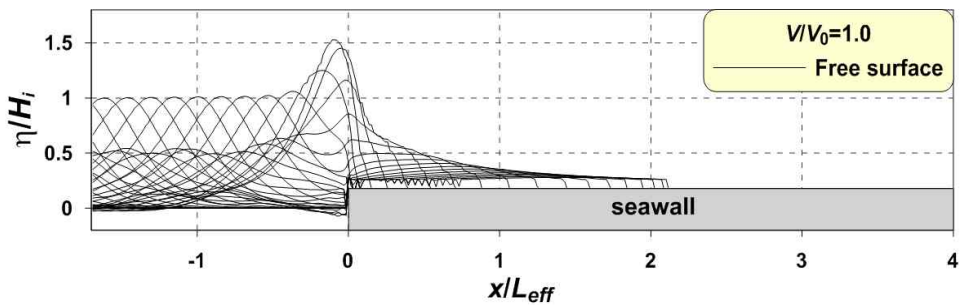


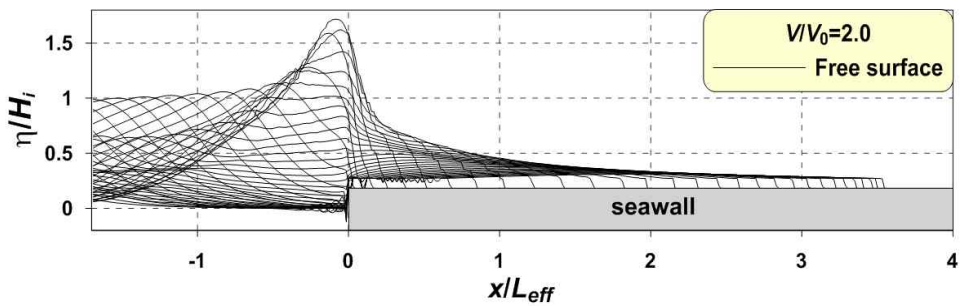
그림 2. 다양한 지진해일의 파형분포



(a) $V/V_0 = 0.6$



(b) $V/V_0 = 1$



(c) $V/V_0 = 2$

그림 3. 직립호안 주변 지진해일의 시·공간파형 분포

3. 수치해석결과

3.1 지진해일 파형에 따른 월파특성

그림 3은 지진해일의 시·공간파형분포를 나타낸 것으로 $h = 0.42$, $F_b/H_i = 0.16$ 의 입사조건을 가진다. 여기서 (a)는 $V/V_0 = 0.6$, (b)는 $V/V_0 = 1$, (c)는 $V/V_0 = 2$ 의 경우를 각각 나타낸다. 그림 3에서 기존 근사파형 대비 체적비(V/V_0)가 클수록 넓은 파형의 지진해일이 직립호안으로 유입된다. 그 결과, 월파시의 수위가 상승하고, 월파량이 증가하여 침수거리가 증가하는 현상이 발생한다.

3.2 지진해일 파형에 따른 월파비

그림 4는 지진해일 파형이 월파량에 미치는 영향을 나타낸 그래프로서 $H_i/h = 0.42$, $F_b/H_i = 0.16$ 의 입사조건인 경우이다. 여기서 V/V_0 에 따른 월파량의 비(Q/Q_0)는 $V/V_0 = 1$ 을 기준으로 나타낸다. 그림 4에서 지진해일의 파형이 넓을수록 월파량이 증가함으로 인하여 V/V_0 가 커질수록 Q/Q_0 는 거의 선형적으로 증가하는 것을 알 수 있다.

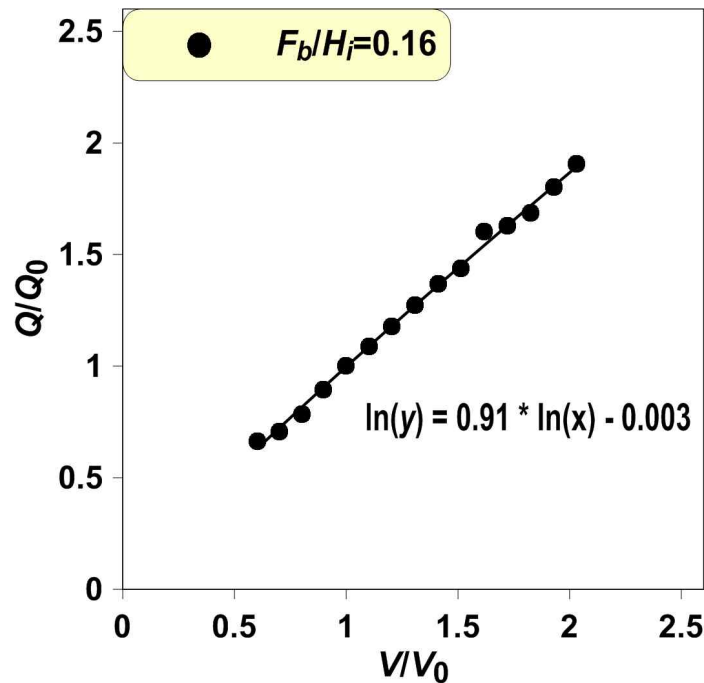


그림 4. 지진해일 파형에 따른 월파량 분포

4. 결론 및 고찰

본 연구에서는 지진해일 파형에 따른 월파특성을 수치적으로 고찰하기 위하여 다양한 파형의 고립파를 생성할 수 있는 조파방법(이우동, 등, 2016)을 2차원 파동장 모델(Hur et al., 2011)에 도

입하여 월파모의를 수행하였다. 수치모의결과로부터 지진해일 파형분포가 넓을수록 이동하는 유체량이 증가하기 때문에 직립호안에서의 월파량이 크게 증가하였다. V 가 클수록 지진해일-호안 상호간섭 시간이 증가하여 파고상승이 두드러지게 나타나고, 이로 인해 월파량과 침수거리가 증가하였다.

감 사 의 글

본 연구는 2016년 해양수산부 재원으로 한국해양과학기술진흥원의 지원을 받아 수행된 연구임(연안침식 대응기술개발).

참 고 문 헌

1. 이우동, 박종률, 전호성, 허동수.(2016). 수리/수치파동수조에서 안정적인 쓰나미 조파를 위한 고찰. 대한토목학회논문집, 제36권, 제5호, pp. 805-817.
2. Cho, J.N., Kim, D.H. and Lee, S.O.(2016). Experimental Study of Shape and Pressure Characteristics of Solitary Wave Generated by Sluice Gate for Various Conditions, Journal of the Korean Society of Safety, Vol. 31, No. 2, pp. 70-75.
3. Dean, R.G. and Dalrymple, R.A.(1984). Water Wave Mechanics for Engineers and Scientists, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, 353p.
6. Hur, D.S., Lee, K.H. and Choi, D.S.(2011). Effect of the Slope Gradient of Submerged Breakwaters on Wave Energy Dissipation. Engineering Applications of Computational Fluid Mechanics, Vol. 5, pp. 83-98.
7. Liu, H., Sakashita, T. and Sato, S.(2014). An Experimental Study on the Tsunami Boulder Movement. Proceedings of the 34th International Conference on Coastal Engineering.
8. Nouri, Y., Nistor, I. and Palermo, D.(2010). Experimental Investigation of Tsunami Impact on Free Standing Structures. Coastal Engineering Journal, Vol. 52, No. 1, pp. 43-70.
9. Qu, K., Ren, X.Y. and Kraatz, S.(2017). Numerical Investigation of Tsunami-Like Wave Hydrodynamic Characteristics and Its Comparison with Solitary Wave. Applied Ocean Research, Vol. 63, pp. 36-48.
10. Rossetto, T., Allsop, W., Charvet, I. and Robinson, D.(2011). Physical Modelling of Tsunami using a New Pneumatic Wave Generator, Coastal Engineering, No. 58, pp. 517 - 527.