

동해연안에 영향을 미친 지진해일의 수치시뮬레이션

김도삼* · 김지민** · 이광호***

*한국해양대학교 건설환경공학부

**한국해양대학교 대학원 토목환경공학과

***일본 나고야대학 공학연구과 사회기반공학전공 수공학강좌

Numerical Simulation of Tsunamis that Affected the Coastal Zone of East Sea

DO-SAM KIM*, JI-MIN KIM** AND KWANG-HO LEE***

*Division of Construction and Environmental Engineering, Korea Maritime University, Busan, Korea

**Department of Civil and Environmental Engineering, Graduate School, Korea Maritime University, Busan, Korea

***Department of Civil Engineering, Nagoya University, Nagoya, Japan

KEY WORDS: 1983 Central east sea earthquake 1983년 동해중부지진, 1993 Southwest off Hokkaido earthquake 1993년 북해도남서외해지진, Tsunami 지진해일

ABSTRACT: The tsunami that resulted from the Central East sea Earthquake, which registered 7.7 on the Richter scale, that occurred over the entire water region in Akita on May 26, 1983 and the tsunami that was triggered by the Southwest off Hokkaido Earthquake (7.8 on the Richter scale) that occurred in Southwest off Hokkaido on July 12, 1993 are representative cases that led to considerable damage in life and property, not only in Japan but also in Korea. In this study, multi-grid method was used in order to reproduce sufficiently the shoaling effect that occurs as water depth becomes shallow in the shallow water region and moving boundary condition was introduced to consider the runup in the coastal region. For the tsunamis that exerted considerable effect on the East Sea coast of Korea that were caused by the Central East Sea Earthquake in 1983 and the Southwest off Hokkaido Earthquake in 1993, characteristics like water level rise and propagation in the East Sea coast will be examined using numerical simulations. At the same time, these values will be compared with observed values. In addition, maximum water level rise and change in the water level with respect to time that were caused by the tsunamis were examined at each location along the East sea coast. Usefulness of numerical analysis was verified by comparing with observed values.

1. 서 론

한반도는 지구의 판구조중에 유라시아판에 속해 있으며, 동해 쪽으로는 일본의 북서해안을 경계로 유라시아판과 북미판이, 남해 쪽으로는 오키나와의 남쪽지역을 경계로 유라시아판과 필리핀판이 각각 접하고 있기 때문에 해저지진으로 인한 지진해일의 영향을 받을 가능성이 상존하며, 우리나라에 영향을 미치는 지진해일은 동해의 일본측 북해도연안을 따라 남북방향으로 길게 놓여 있는 지진대로부터 발생된다. 이와 같은 지진해일은 일본의 연안에 치명적인 피해를 입혀왔으며, 동시에 동해상을 전파하여 우리나라의 동해연안에 인명 및 재산피해를 발생시켜왔다. 이 중에서 1983년 5월 26일 일본 아키타의 전면해역에서 발생한 리히터 규모 7.7의 동해중부지진에 의해 발생한 지진해일과 1993년 7월 12일의 일본 북해도남서외해에서 발생한 리히터 규모 7.8의 일본 북해도남서외해지진에 의해 발생한 지진해일은 일본뿐만 아니라 우리나라에도 많은 인명 및 재산피해를 가져다

준 근래의 대표적인 것이다(국립방재연구소, 1998).

이상에서와 같이 동해의 일본측 연안에 기인하는 지진으로 발생한 지진해일이 우리나라의 동해연안에 미치는 지진해일의 구조를 면밀히 분석하고, 동시에 금후 내습할 수 있는 지진해일의 영향을 정확히 예측하기 위해서는 해저지형변화에 따른 지진해일의 굴절, 회절, 반사 및 분산과정과 해안에 가까워지면서 나타나는 천수 및 초오름 등의 현상을 상세히 고려할 수 있는 수치 모형의 개발이 절실히 요구되고 있는 실정에 있지만 아직은 만족할 만한 단계에는 이르지 못하고 있는 것으로 판단된다.

본 연구에서는 천해역에서 수심이 얕아지면서 발생하게 되는 천수효과를 충분히 재현하기 위한 격자접속기법과 연안역에서의 초오름을 고려하기 위한 이동경계조건을 도입하여 우리나라의 동해연안에 막대한 영향을 미친 1983년의 동해중부지진과 1993년의 북해도남서외해지진에 의한 동해연안에서의 수위변동, 전파시간 등과 같은 지진해일의 특성을 수치모형실험으로부터 검토하고 관측치와 비교한다. 또한, 지진해일에 의한 동해연안의 각 지점에서 최대수위상승고과 시간에 따른 수위변화 등을 비교·검토한다.

교신저자 김도삼: 부산광역시 영도구 동삼2동

051-410-4463 kimds@hhu.ac.kr

에 나타낸다.

Fig. 3에 대상영역의 수심에 대한 공간분포를 제시하며, 이는 NOAA(National Oceanic and Atmospheric Administration)에서 제공하는 1' 데이터(약 1.8km 간격)를 사용하여 결정하였다. 수심은 지진해일의 전파에서 가장 큰 변수로 동해상에는 최고 3.5~4km의 수심분포가 나타나며, 해저에 퇴적물질이 퇴적되어 형성된 얇은 구릉인 대화퇴의 수심이 약 200~500m 정도의 상대적으로 아주 얇은 부분도 존재하고, 이로 인한 파의 천수, 회절 및 굴절변형으로 지진해일의 전파양상이 상당히 변하게 된다.

1983년의 동해중부지진에 대한 여러 가지 단층모델이 제안되어 있고, 각 단층모델에 따라 여러 가지 수치계산이 수행되어 왔다(양금석, 2007). 본 연구에서는 이러한 단층모델 중 동해안의 수위분포와 최대수위분포 등의 계산결과의 정도가 상대적으로 높은 Aida(1984)의 모델에 대해서 검토하며, Table 2에 단층파라미터를 제시한다.

3.2 수치해석결과

Fig. 4는 Table 2에서 제시된 단층파라미터를 사용하여 도출된 수치해석의 결과 중에 제1영역에서 지진해일의 전파속도와 최고수위분포에 대한 결과를 나타내고 있다. 지진해일의 전파과정에서 대화퇴의 부근에서 지진해일이 굴절 및 회절되는 현상을 확인할 수 있으며, 그 양상이 지진이 발생하고 약 100분 정도 후에 처음으로 강원도 부근의 동해안에 내습하는 것을 알 수 있다. 여기서, 포항은 약 130~140분, 울산은 약 150분 정도로 북에서 남의 순서로 도달하는 것을 알 수 있고, 이는 관측치와 상당히 일치함을 알 수 있다. 그리고, 지진해일의 계산결과에서 제1영역내의 최고수위분포는 지진해일이 갖는 에너지의 전파과정을 설명하는데 사용된다. 그림을 살펴보면 에너지의 대부분은 러시아 방향으로 전파하는 것을 확인할 수 있고, 대화퇴의 부근에서 일본의 남쪽으로 굴절되는 성분이 있음을 알 수 있다. 동해안은 수심이 상당히 깊기 때문에 영역내에서 수위는 공해상에서는 0.1~1.0m 정도의 분포를 확인할 수

있고, 진원지의 부근에서 초기수위는 최고 4m 이상의 값이 나타나는 것을 알 수 있다.

Fig. 5에 제6영역에서 최대수위분포를 제시한다. Fig. 5(a)는 속초지역에서 최고수위분포를 나타낸다. 결과에 의하면 지진해일의 내습에 따라서 최고 약 0.9m의 수위상승량을 보인다. 관

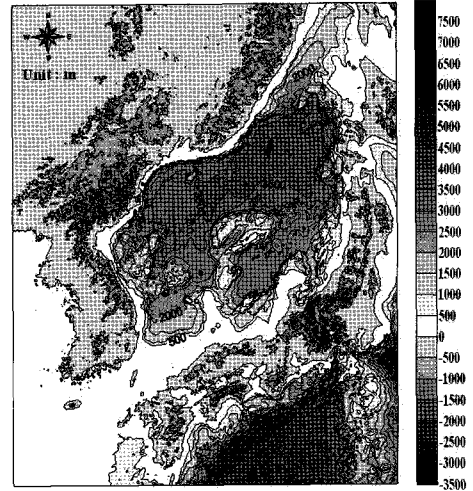


Fig. 3 Distribution of depth

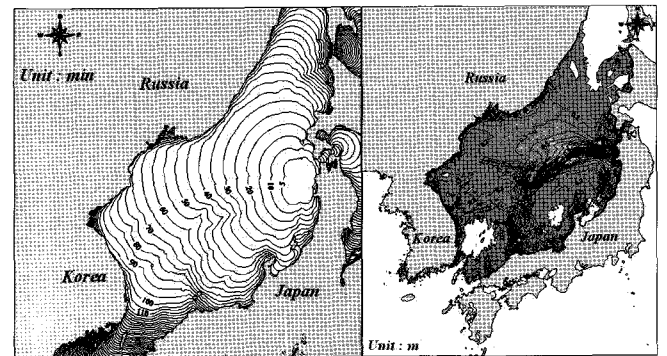


Fig. 4 Maximum water level height and propagation of tsunami

Table 1 Computation condition

Number of area	Mesh size (m)	Number of mesh								Boundary condition of land	Boundary condition of outside sea
		Sokcho	Mukho	Samcheok	Imwon	Pohang	Ulsan	Busan	Masan		
AREA NO.1	1,215	1333×1629									Free transmission
AREA NO.2	405	687×582									
AREA NO.3	135	405×480	363×444	369×450	435×753	174×210	306×198	300×291		Perfection reflection	Nesting of each area
AREA NO.4	45	387×711	930×744	936×750	450×450	819×819	546×393	294×387	444×444		
AREA NO.5	15	258×348	594×894	600×900	150×216	744×744	894×774	564×562	378×786		
AREA NO.6	5	494×534	192×399	198×405	144×213	1284×1401	879×909	645×552	684×894		
										Runup	

Table 2 Fault parameters for 1983 Central east sea earthquake

Aida	Latitude (°N)	Longitude (°E)	H' (km)	θ (deg)	δ (deg)	λ (deg)	L (km)	W (km)	u' (m)
fault 1	40.21	138.84	2	22	40	90	40	30	7.60
fault 2	40.54	139.02	3	355	25	80	60	30	3.05

측결과에서 얻어진 파고 1.5m(국립방재연구소, 1998)와 거의 비슷한 양상을 나타냄을 알 수 있다. Fig. 5(b)는 목호지역에서 최고수위의 공간분포를 나타내며, 항입구와 항내에서 급변하는 수위분포가 나타나고, 최고 약 2.2m의 수위가 상승함을 알 수 있다. 목호지역 역시 관측결과에서 얻어진 최고수위 2.4m(국립방재연구소, 1998)와 거의 비슷한 양상이 나타남을 알 수 있다. Fig. 5(c)는 삼척지역에서 최고수위분포를 나타내며, 항입구와 항내에서 다변한 수위분포가 나타나고 최고 약 1.3m의 수위가 상승함을 알 수 있다. 관측결과에서 얻어진 최고수위 3m(국립방재연구소, 1998)와 다소 상이한 양상이 나타남을 알 수 있다. Fig. 5(d)는 임원지역에서 최고수위분포를 보여준다. 임원항내에 지진해일이 내습함에 따라 수위가 상승하여 약 5m 정도의 호안을 월류하여 배후지의 일부분이 침수가 되는 것을 확인할 수 있으며, 이 때 항내의 최고수위는 약 5.3m 정도이다. 울산지역과 포항지역은 각각 Fig. 5(e)와 Fig. 5(f)에서 나타내고 있는 바와 같이 두 지역 모두 전술한 강원도의 속초, 목호, 삼척, 임원지역에 비해서는 상당히 낮은 수위분포를 나타내며, 지진해일의 내습에 따른 최고수위는 울산지역에서 약 0.3m, 포항지역에서 약 0.5m 정도를 나타낸다. 그리고, 남해연안의 부산지역과 마산지역에서 최고수위의 공간분포를 Fig. 5(g)와 (h)에 제시하며, 각각의 최고수위는 부산지역에서 약 0.2m, 마산지역에서 약 0.1m정도이다.

Fig. 6(a)는 속초지역에서 수치해석결과와 관측치와의 시간에 따른 수위변화를 비교한 것이다. 지진의 발생으로부터 약 100분 후에 제1파가 도달하는 양상은 관측치와 잘 일치하지만, 약 120분에서 관측치보다 과대평가되는 것을 확인할 수 있다. 관측치에서 최고수위가 나타나는 약 140분에 관측치를 잘 재현

하며, 두 번째 최고수위 또한 잘 재현함을 알 수 있다. 그러나, 약 200분 후부터 0.4~0.5m 정도 나타나는 관측치에 비해 상대적으로 수치해석결과가 과소평가되는 것을 알 수 있다. 여기서, 관측치의 원기록을 구할 수 없어 다른 논문에서 인용하고 있는 관측치를 디지털이징을 통해서 획득하였기 때문에 관측치에 약간의 오차가 있음을 밝혀둔다. Fig. 6(b)는 목호지역에서 관측치와 계산치를 비교한 그림이다. 속초와 마찬가지로 약 100분에 제1파가 도달하는 양상을 확인할 수 있으며, 관측치와도 상당히 일치한다. 관측치는 약 150분에 최고수위 약 1.2m 정도를 나타내지만 계산치는 약 170분에 약 1.6m 정도의 최고수위를 보인다. 부분적으로 관측치와 잘 일치하는 부분도 있지만 전체적으로는 관측치보다 수치해석결과가 과대평가되고 있음을 알 수 있다. 목호지역의 관측치 역시 원 조위기록을 구할 수 없어 다른 논문에서 인용하고 있는 관측치를 디지털이징을 통해서 획득하였다. Fig. 6(c)는 삼척지역에서 시간에 따른 수위변화를 나타낸 그림이며, 약 110분에 제1파가 도달하고, 최고수위는 약 160분에 1.2m, 최저수위는 약 150분에 -1.3m 정도로 나타난다. Fig. 6(d)는 1983년의 동해중부지진에 의한 지진해일로부터 가장 많은 피해를 입은 임원지역에 대한 계산치이다. 임원지역은 관측결과에 의해 침수의 흔적높이로 최고수위를 추정할 수 있지만, 수위변동의 관측치는 존재하지 않아 계산치만 나타내었다. 속초, 목호, 포항 및 울산에 비해서 상대적으로 높은 수위가 나타나고, 관측결과에서 얻어진 최고수위 5m(국립방재연구소, 1998)보다도 높은 수위를 확인할 수 있다. Fig. 6(e)에 육상부에서의 시간에 따른 수위분포를 제시하며, 약 160분에 내습하는 최고수위에 의한 처오름현상으로 월류가 발생하고 이후 시간이 지남에 따라 감소하는 것을 확인할 수

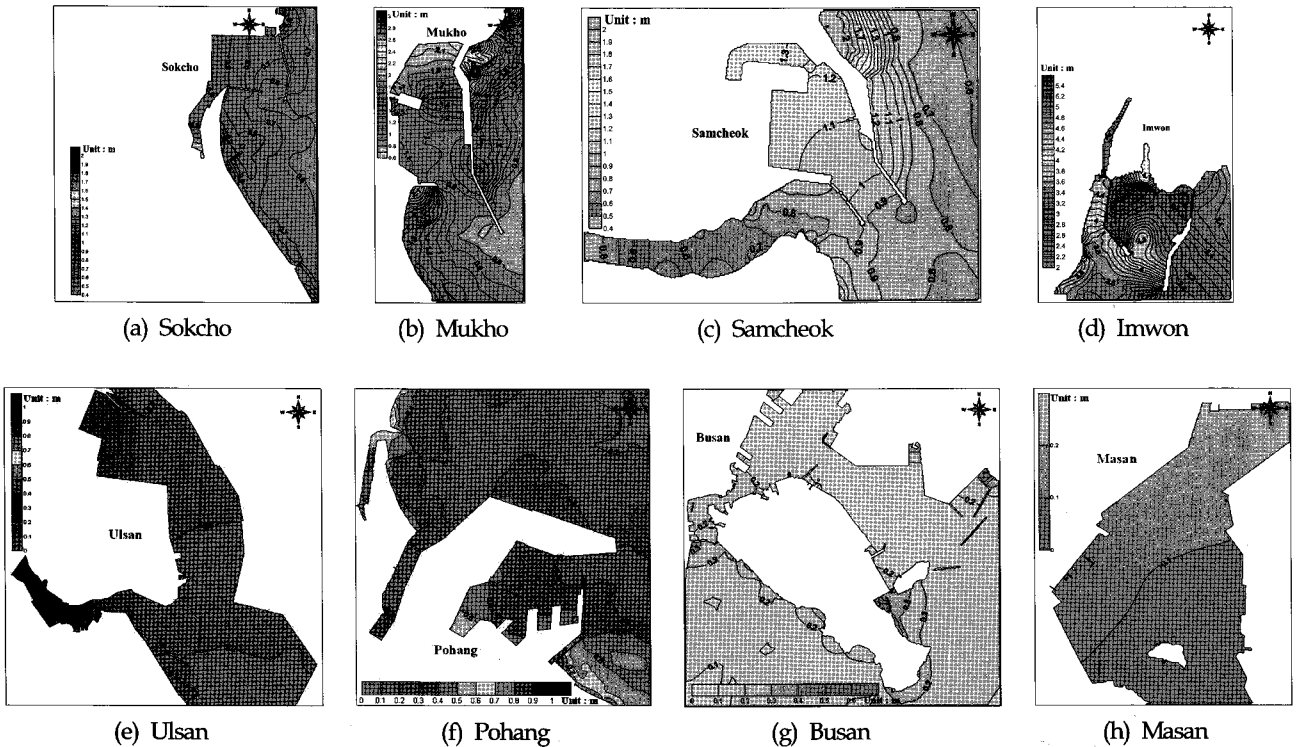


Fig. 5 Maximum water level height at each region

있다. Fig. 6(f)는 포항지역에서 수치해석결과와 관측치와의 시간에 따른 수위변화를 비교한 그림이다. 제1파의 도달시간이 약 140분으로 관측치와 거의 일치하는 경향을 확인할 수 있다. 약 0.3m의 최고수위와 -0.3m의 최저수위를 나타내는 관측치보다는 최고수위가 0.1m 정도, 최저수위가 0.2m 정도 더 크게 나타나지만, 그 값의 차이는 미소하다고 판단할 수 있다. 관측치의 수위변동이 상당히 복잡하게 나타나기 때문에 정성적인 관점에서 그림을 살펴보면 전반적으로 약간의 위상차이가 나타나고, 약 250분까지는 관측치와 잘 일치하는 것을 확인할 수 있지만, 그 이후에는 관측치와는 다소 상이한 양상이 나타남을 알 수 있다. 포항지역의 주변해역이 항만의 개발로 인해 지진해일 내습당시의 지형과 현재의 지형이 다소 상이하어 관측치와 계산치가 다른 양상을 나타내는 것으로 판단된다. Fig. 6(g)는 울산지역에서 관측치와 계산치를 비교한 것이다. 약 150분에 제1파가 도달하는 양상을 확인할 수 있으며, 그림상의 관측치와도 상당히 일치한다. 시간에 따른 전반적인 수위변동의 양상이 관측치보다 수 분 정도 늦게 나타나지만, 수위변동의 최고치와 최저치 역시 잘 재현하는 것으로 판단되며, 시간에 따른 수위분포의 변화과정이 잘 일치함을 알 수 있다. Fig. 6(h)는 부산지역에서 시간에 따른 수위변화를 나타낸 그림이며, 약

180분에 제1파가 도달하고, 최고수위는 약 0.27m, 최저수위는 약 -0.22m 정도로 나타난다. Fig. 6(i)는 마산지역에서 시간에 따른 수위변화를 나타낸 그림으로 약 250분에 제1파가 도달하며, 약 0.1m 정도의 수위변화가 나타남을 알 수 있다. 이로부터 일본에서 발생한 지진해일에 의해서 남해연안에서의 수위변화는 크지 않음을 알 수 있다.

4. 1993년의 북해도남서외해지진에 의한 지진해일

4.1 대상영역 및 계산조건

전술한 기초방정식과 후술하는 단층파라미터를 기초로 1993년 7월 12일에 발생하여 동해안에 상당한 피해를 야기한 1993년의 북해도남서외해 지진해일에 대한 수치해석을 수행한다. 1983년의 동해중부지진해일에서 수치모의의 대상영역인 속초, 묵호, 임원, 포항, 울산과 1993년의 북해도남서외해 지진해일에 의해 피해를 입은 삼척지역 그리고 남해연안의 부산과 마산지역을 추가하여 계산을 수행하였다. 계산조건은 Table 1, 계산영역과 수심은 Fig. 2와 Fig. 3에 각각 제시된 것을 사용하고, 초기조건의 산정에 사용되는 1993년의 북해도남서외해지진에 대한 단층파라미터를 Table 3에 나타낸다.

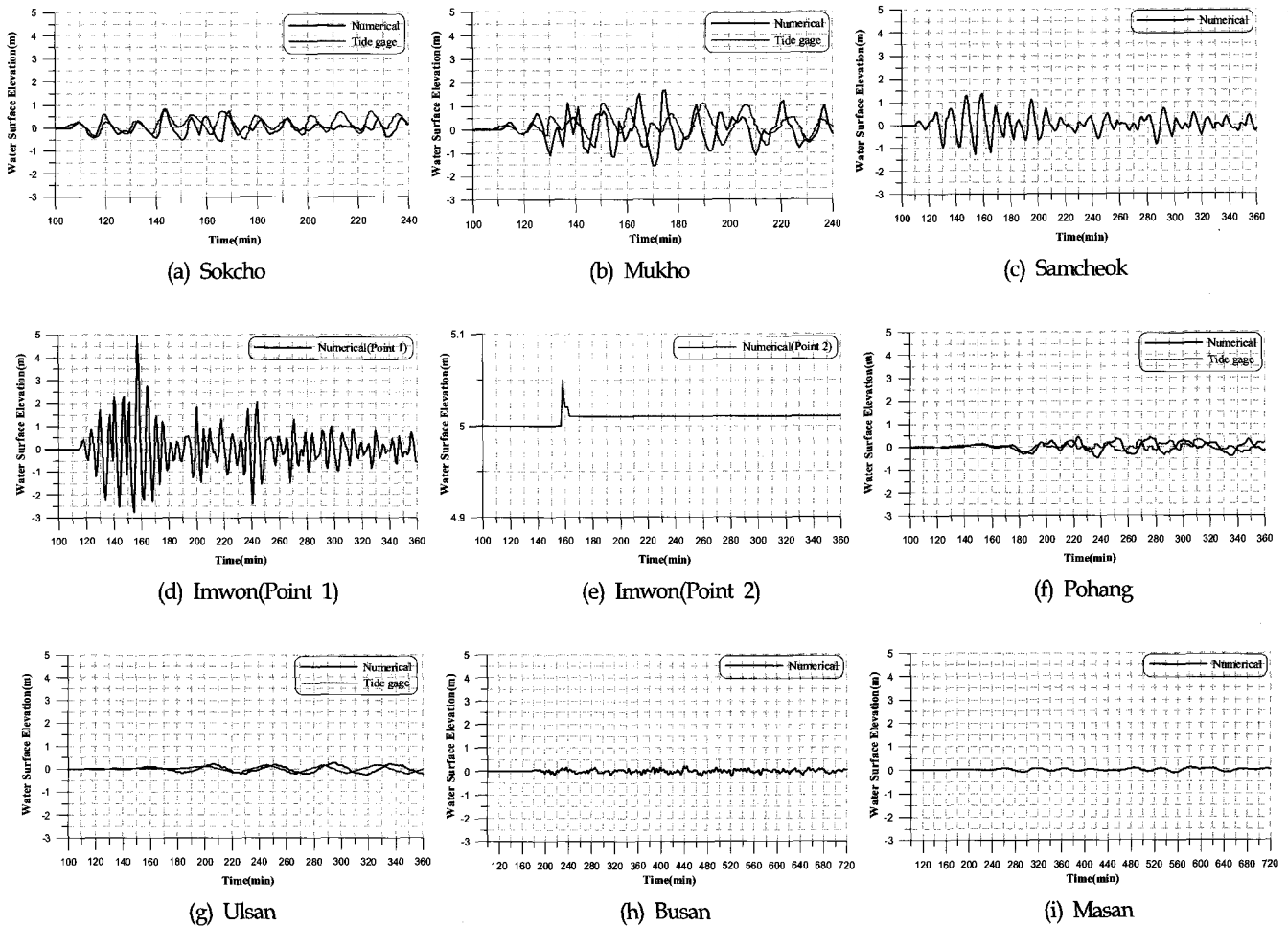


Fig. 6 Time history of water level at each region

4.2 수치해석결과

Fig. 7은 Table 3에 제시된 단층파라미터를 사용하여 도출된 수치해석의 결과 중에 지진해일의 전파속도에 대한 결과를 나타내고 있다. 수심이 깊은 심해에서는 전파속도가 빠르고 천해로 전파됨에 따라 전파속도가 상대적으로 줄어드는 양상을 알 수 있으며, 대화퇴의 부근에서 굴절 및 회절이 되는 현상을 확인할 수 있다. 지진이 발생하고 약 100분 정도 후에 처음으로 강원도 부근의 동해안에 내습하는 것을 알 수 있다. 포항은 약 130~140분, 울산은 약 150분 정도에 각각 도달하는 것을 확인할 수 있고, 이는 관측치와 상당히 일치함을 알 수 있다. 그리고, 지진해일의 계산결과에서 제1영역내의 최고수위분포는 지진해일이 갖는 에너지의 전파과정을 설명하는데 사용된다. 그림을 살펴보면 대부분의 에너지가 러시아 방향으로 전파하는 것을 확인할 수 있고, 대화퇴의 부근에서 일본측의 남쪽으로 굴절되는 성분이 있음을 알 수 있다. 동해안의 수심이 상당히 깊기 때문에 영역내에서 수위는 공해상에서 0.1~1.0m 정도의 분포를 확인할 수 있고, 진원지의 부근에서 초기수위는 최고 7m 정도의 값이 나타나는 것을 알 수 있다.

Fig. 8에 제6영역에서 최대수위분포를 제시한다. Fig. 8(a)는 속초지역의 최고수위분포를 나타내며, 지진해일의 내습에 따라 항외에서 약 0.8m, 항내에서 최고 약 1.1m의 수위상승량을 보인다. 국립방재연구소(1998)의 관측결과에서 최고 1.2m의 지진해일이 내습한 양상과 거의 비슷함을 알 수 있다. Fig. 8(b)는 묵호지역에서 최고수위의 공간분포를 나타내며, 항입구와 항내

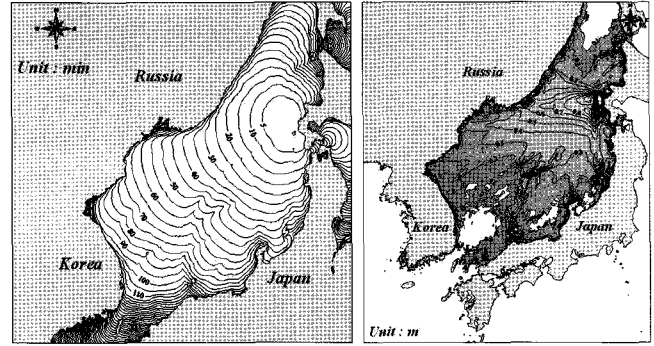


Fig. 7 Maximum water level height and propagation of tsunami

Table 3 Fault parameters of Hokkaido southwestoff earthquake (Takahashi, 1994)

Takahashi	Latitude (°N)	Longitude (°E)	H (km)	θ (deg)	δ (deg)	λ (deg)	L (km)	W (km)	u' (m)
fault 1	42.10	139.30	5	163	60	105	24.5	25	12
fault 2	42.34	139.25	5	175	60	105	30	25	2.5
fault 3	43.13	139.40	10	188	35	80	90	25	5.71

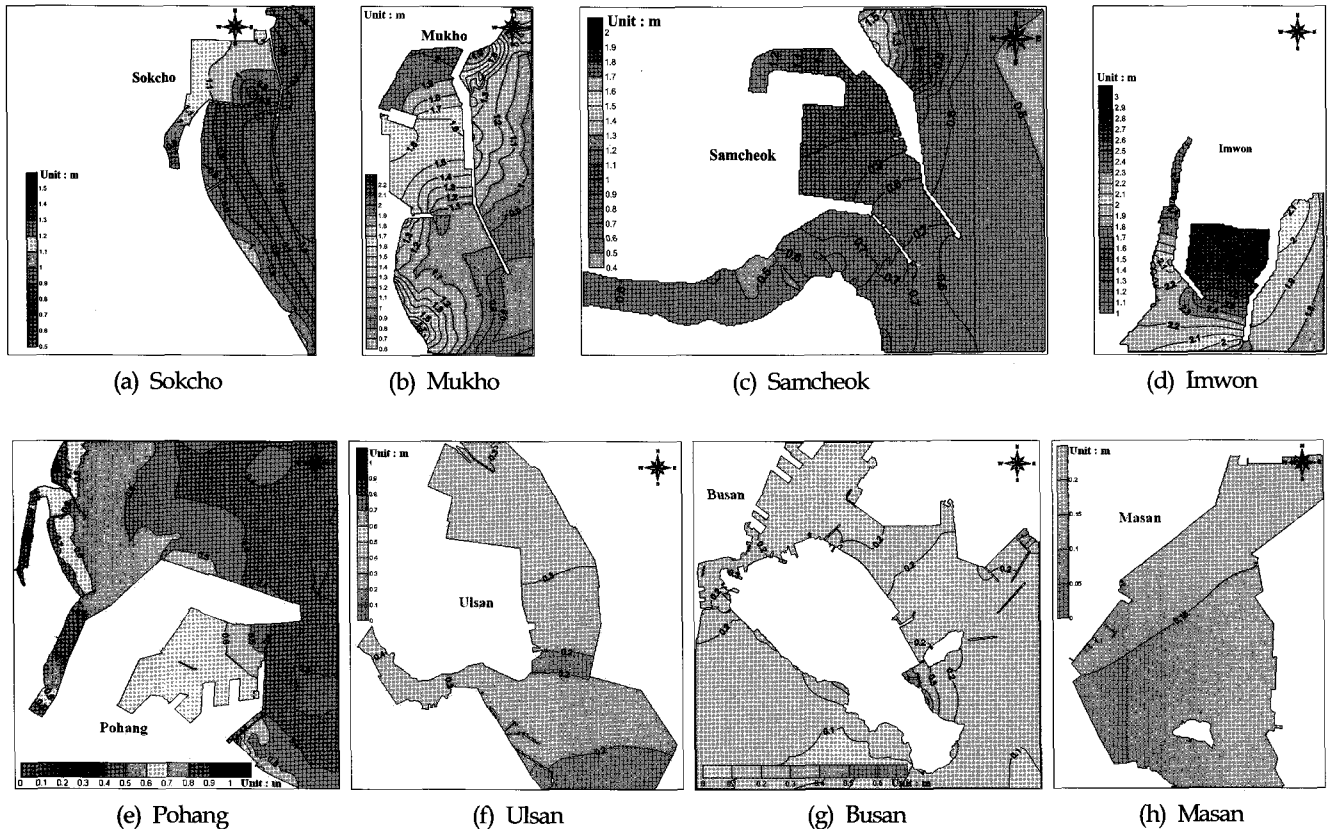


Fig. 8 Maximum water level height at each region

에서 급변하는 수위분포가 나타나는 것을 알 수 있고, 최고 약 2.0m의 수위가 상승함을 알 수 있다. 목호지역의 관측결과에서 얻어진 최고수위 1.98m(국립방재연구소, 1998)와 계산결과가 잘 일치함을 알 수 있다. Fig. 8(c)는 임원지역에서 최고수위분포를 나타낸다. 임원항내에 지진해일이 내습함에 따라 수위가 상승하여 항내의 최고수위가 약 2.8m 정도까지 나타나며, 1983년의 동해중부지진시의 지진해일과 달리 배후지로의 처오름은 발생하지 않는다. 관측결과에서 얻어진 최고수위 2.13m(국립방재연구소, 1998)보다도 높은 수위를 확인할 수 있다. Fig. 8(d)에 삼척지역에서 수위분포를 나타내며, 항내에서 최고 약 1.2m의 수위상승량이 발생함을 알 수 있다. 관측결과에서 얻어진 최고수위 1.69m(국립방재연구소, 1998)보다는 다소 과소평가되어 있으며, 이는 지진해일 내습 당시의 해저지형과 현재의 해저지형에서 많은 변화와 차이에 따른 결과로 판단된다. 울산지역과 포항지역은 각각 Fig. 8(e)와 Fig. 8(f)에 나타내는 바와 같이 두 지역 모두 강원도의 속초, 목호, 임원지역에 비해서는 상당히 낮은 수위분포가 나타나며, 지진해일 내습에 따른 최고수위는 울산지역은 약 0.3m, 포항지역은 약 0.6m 정도이다. Fig. 8(g)와 (h)는 부산지역과 마산지역에서 지진해일 내습에 따른 최고수위의 공간분포를 나타낸 결과로, 그 값은 약 0.2m와 약 0.15m정도로 나타남을 알 수 있다.

Fig. 9는 수치해석결과와 관측치와의 시간에 따른 수위변화를 나타낸 그림이다. Fig. 9(a)는 속초지역에서 관측치와 계산치의 결과를 비교한 그림이다. 지진발생 약 100분 후에 제1파가 도달하는 양상은 관측치와 잘 일치한다. 시간에 따른 수위변화를 살펴보면 제1파부터 최고치를 잘 재현하고 있지만 수분의 차이를 두고 발생하는 것을 알 수 있고, 약 1.0m의 최고수위가 나타난다. 여기서, 관측치의 수위분포는 원 조위기록을 구할 수 없어 다른 논문에서 인용하고 있는 관측치를 디지털링을 통해서 획득하였다. 따라서, 관측치가 약간의 오차를 가지고 있음을 밝혀둔다. Fig. 9(b)는 목호지역에서 관측치와 계산치를 비교한 것이다. 속초와 마찬가지로 약 100분에 제1파가 도달하며, 약 150분까지는 관측치를 잘 재현하지만 약 160분에 나타나는 약 1.9m의 최고수위보다는 다소 과소평가되며, 계산치에서는 약 190분에 약 1.9m의 최고수위가 나타남을 알 수 있다. Fig. 9(c)는 삼척지역에서의 시간에 따른 수위의 분포를 나타낸 것이다. 관측치가 없어 수치계산에 의한 결과만을 제시한다. 관측결과에서 얻어진 최고수위는 1.69m(국립방재연구소, 1998)이나 계산치는 약간 과소평가된 약 1.25m정도로 나타난다. 이는 전술한 바와 같이 지진해일 내습 당시의 해저지형과 현재의 해저지형에서 많은 변화가 발생한 결과로 판단된다. Fig. 9(d)는 임원지역에 대한 계산결과를 나타낸 그림으로,

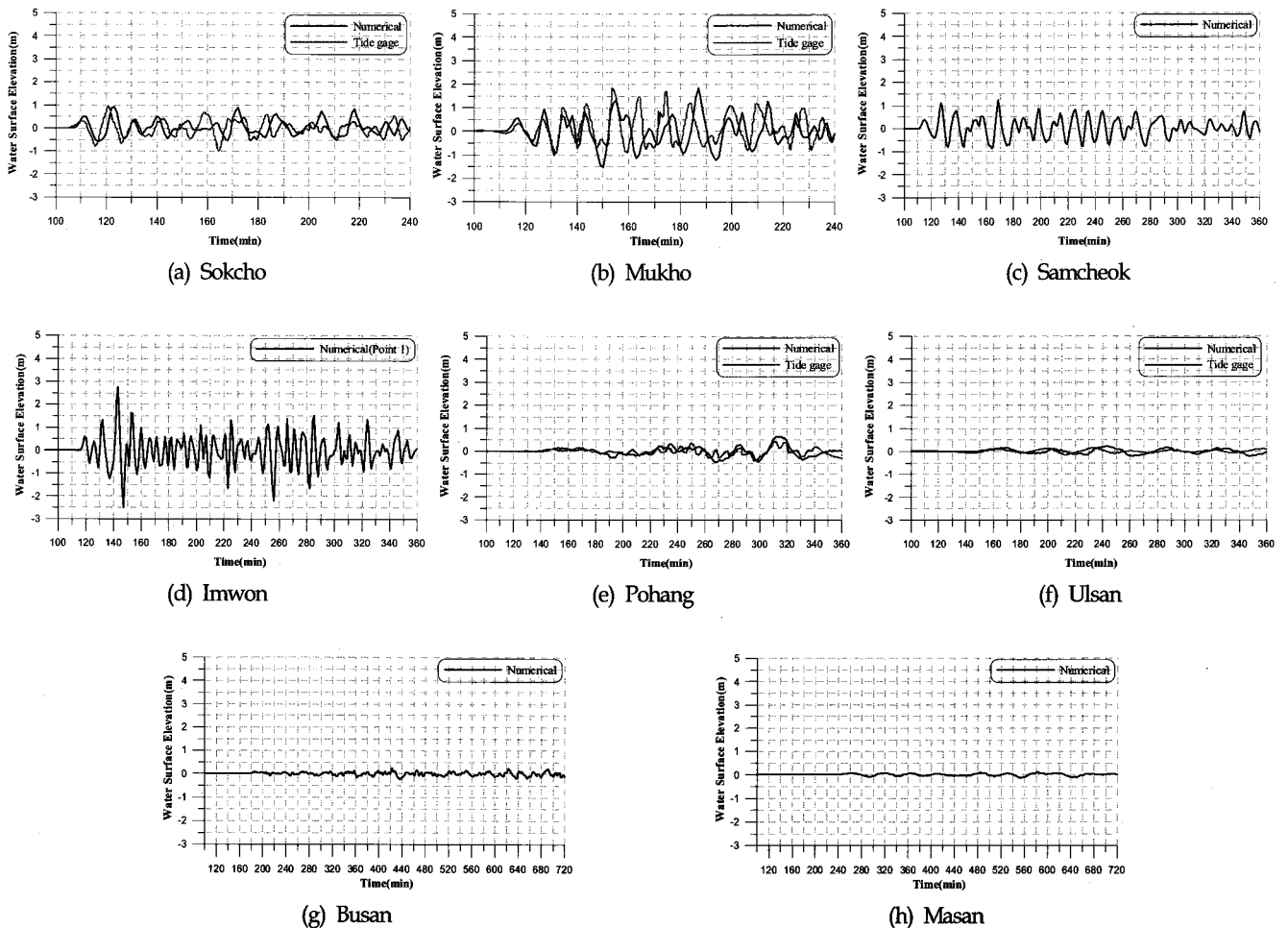


Fig. 9 Time history of water level at each region

Table 4 Comparison between observed and calculated maximum water level

Earthquake	1983 Central east sea earthquake		1993 Southwest off Hokkaido earthquake	
	Observed (m)	Calculated (m)	Observed (m)	Calculated (m)
Sokcho	1.5	0.9	1.2	1.1
Mukho	2.4	2.2	1.98	2.0
Samcheok	3.0	1.3	2.13	2.8
Imwon	5.0	5.3	1.69	1.2
Pohang	-	0.5	-	0.6
Ulsan	-	0.3	-	0.3
Busan	-	0.25	-	0.2
Masan	-	0.1	-	0.15

임원지역에 대한 수위변동의 관측치가 존재하지 않아 계산치만을 나타내었다. 임원의 경우는 관측결과에서 얻어진 최고수위 2.13m(국립방재연구소, 1998)와 비교할 때 최고수위 2.7m로 약 0.5m 정도 과대평가되었다. Fig. 9(e)는 포항에서의 비교결과로, 약 315분 정도에 나타나는 최고수위는 관측치가 0.4m 정도이며, 계산치는 이보다 0.2m 정도 높은 약 0.6m의 수위상승량이 나타난다. 수위분포의 정성적인 형상은 잘 일치하나 관측치의 수위변동에 soliton분열과 같은 현상이 나타나고 있음을 알 수 있다. Fig. 9(f)는 울산지역에 대한 결과를 비교한 것으로 전반적인 수위변동의 양상에서 계산치가 과대평가되나 그 차이는 약 0.1m로 미소하다. Fig. 9(g)는 부산지역에서 시간에 따른 수위변동을 나타낸 결과로, 약 180분에 제1파가 도달하며, 수위의 변동량은 약 0.22m로 미소함을 알 수 있다. Fig. 9(h)는 마산지역에서 시간변화에 따른 수위의 변동을 나타내며, 제1파가 약 250분에 도달하고 최고수위는 약 0.15m정도로 나타남을 알 수 있다.

이상에서 1983년의 동해중부지진과 1993년의 북해도남서외해지진에 의한 지진해일에 대한 여러 가지 특성들을 검토하였다. Table 4에 1983년의 동해중부지진과 1993년의 북해도남서외해지진에 의한 지진해일에 의한 수치시뮬레이션 결과 중 관측결과에서 얻어진 관측치와 계산에서 얻어진 최고수위에 대한 것을 나타내었다.

5. 결 론

본 연구에서는 천해역에서 수심이 얕아지면서 발생하게 되는 천수효과를 충분히 재현하기 위한 격자접속기법과 연안역에서의 처오름을 고려하기 위한 이동경계조건을 도입하여 우리나라의 동해연안에 막대한 영향을 미친 1983년의 동해중부지진과 1993년의 북해도남서외해지진에 의한 지진해일에 있어서 동해연안에서의 수위변동, 전파시간 등과 같은 지진해일의 특성을 수치모형실험으로부터 검토하고, 관측치와 비교하였으며, 또한 지진해일에 의한 동해연안의 각 지점에서 최대수위상승고과 시간에 따른 수위변화 등을 비교·검토하여 그 특성들을 평가하였다. 이와 같은 과정에서 얻어진 중요한 사항을 본

논문의 결론으로 하여 아래에 기술한다. 이러한 결과들은 동해연안에서 해안 및 항만구조물의 내파설계, 연안방재의 계획 및 정책과 항후의 연안개발계획 등에 기본자료로 활용될 수 있을 것이다.

(1) 본 연구에서 제안하는 수치해석기법을 통해 1983년의 동해중부지진과 1993년의 북해도남서외해지진에 의한 지진해일의 전파속도에 대한 계산치와 관측치를 비교·검토함으로써 본 연구의 타당성을 검증할 수 있었다.

(2) 1983년의 동해중부지진에 의한 지진해일에 대한 수치해석결과에서 관측치와 거의 동일한 전파속도와 양상을 나타내었다. 지진발생으로부터 약 100분 정도 후에 처음으로 강원도 부근의 동해안에 내습하며, 포항은 약 130~140분, 울산은 150분 정도로 북에서 남의 순서로 도달한다. 1993년의 북해도남서외해지진에 의한 지진해일의 수치해석결과에서는 지진이 발생하고 약 100분 정도 후에 동해안을 내습하며, 포항은 약 130~140분, 울산은 150분 정도에 각각 지진해일이 도달한다.

(3) 1983년의 동해중부지진과 1993년의 북해도남서외해지진에 의한 지진해일이 갖는 에너지의 대부분이 러시아 방향으로 전파되는 양상을 확인하였고, 대화퇴의 부근에서 일본의 남쪽으로 굴절되는 성분이 있음을 알 수 있었다. 공해상에서는 0.1~1.0m 정도의 분포가 나타나며, 진원지의 부근에서 1983년의 동해중부지진의 경우는 최고 4m 이상이 나타났고, 1993년의 북해도남서외해지진의 경우는 공해상에서 0.1~1.0m 정도의 최고수위분포가, 진원지의 부근에서 7m 정도의 수위변화가 발생하였다.

(4) 1983년의 동해중부지진에 의한 지진해일에 의해 발생한 최고수위는 속초지역에서 0.9m, 묵호지역에서 2.2m, 삼척지역에서 1.3m, 임원지역에서 5.3m, 포항지역에서 0.5m, 울산지역에서 0.3m, 부산지역에서 0.25m, 마산지역에서 0.1m 정도이며, 이는 관측결과에서 얻어진 최고수위와 거의 비슷한 양상이 나타남을 알 수 있다. 1993년의 북해도남서외해지진에 의한 지진해일에 의해 발생한 최고수위는 속초지역에서 1.1m, 묵호지역에서 2.0m, 삼척지역에서 1.2m, 임원지역에서 2.8m, 포항지역에서 0.6m, 울산지역에서 0.3m, 부산지역에서 0.2m, 마산지역에서 0.15m 정도이며, 또한, 이는 관측결과에서 얻어진 최고수위와 거의 비슷한 양상이 나타남을 알 수 있다.

(5) 1983년의 동해중부지진에 의한 지진해일과 1993년의 북해도남서외해지진에 의한 지진해일에 의한 속초, 묵호, 삼척, 임원, 포항, 울산, 부산 및 마산지역에서 수위변동의 관측치와 수치모형실험 결과를 비교한 결과, 제1파가 도달하는 시간은 관측치와 일치한다. 최저 및 최고수위의 값과 그의 변동양상은 정성적으로는 일치하지만 정량적인 관점에서는 다소 불일치를 나타낸다. 이는 각 지역에서 주변해역의 개발로 인해 지진해일 내습당시의 지형과 현재의 지형이 다소 상이하여 관측치와 계산치가 다른 양상을 나타내는 것으로 판단된다.

후 기

본 논문의 수치계산에 많은 조언과 귀중한 자료를 제공해 준 일본항공기술연구소의 토미타 타카시 박사와 혼다 카쓰히코 연구관에게 감사드립니다.

참 고 문 헌

국립방재연구소 (1998). 동해안에서의 지진해일 위험도 평가,

국립방재연구소 연구보고서, NIDP-98-06.

양금석 (2007). 일본근해에 기원한 지진해일이 동해연안의 수위변동에 미치는 영향의 평가, 한국해양대학교 석사학위논문.

Aida, I. (1969). "Numerical Experiments for Tsunami Caused by Moving Deformations of the Sea Bottom", Bull. Earthquake Res. Inst., Vol 47, pp 673-700.

Aida, I. (1984). "A Source Models of the 1983 Nihonkai-earthquakes Tsunami", Proc. Symp. Nihonkai Chubu Earthquake Tsunami, JSCE, pp 9-21.

Mansinha, L. and Smylie, D.E. (1971). "The Displacement Fields of Inclined Faults", Bull. Seismol. Soc. Amer., Vol 61, No 5, pp 1433-1440.

Takahashi, T., Shuto, N., Imamura, F. and Ortis, M. (1994). "Fault Model to Describe Hokkaido Nansei Offshore Earthquake for Tsunami", JSCE, Vol 41, pp 251-255.

2007년 12월 4일 원고 접수

2007년 12월 14일 최종 수정본 채택