

연안역에서 고파랑과 폭풍해일을 고려한 침수해석

김도삼* · 김지민** · 이광호*** · 이성대****

*한국해양대학교 건설환경공학부

**한국해양대학교 대학원 토목환경공학과

***나고야대학교 토목공학과

****한라대학교 토목공학과

Inundation Analysis Considering Water Waves and Storm Surge in the Coastal Zone

DO-SAM KIM*, JI-MIN KIM**, GWANG-HO LEE*** AND SEONG-DAE 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

****Department of Civil Engineering, Halla University, Wonju, Korea

KEY WORDS: Inundation analysis 침수해석, Coastal area 연안역, Shallow water wave 천해파랑, Storm surge 폭풍해일, Wave overtopping rate 월파량

ABSTRACT: In general, coastal damage is mostly occurred by the action of complex factors, like severe water waves. If the maximum storm surge height combines with high tide, severe water waves will overflow coastal structures. Consequently, it can be the cause of lost lives and severe property damage. In this study, using the numerical model, the storm surge was simulated to examine its fluctuation characteristics at the coast in front of Noksan industrial complex, Korea. Moreover, the shallow water wave is estimated by applying wind field, design water level considering storm surge height for typhoon Maemi to SWAN model. Under the condition of shallow water wave, obtained by the SWAN model, the wave overtopping rate for the dike in front of Noksan industrial complex is calculated a hydraulic model test. Finally, based on the calculated wave-overtopping rate, the inundation regime for Noksan industrial complex was predicted. And, numerically predicted inundation regimes and depths are compared with results in a field survey, and the results agree fairly well. Therefore, the inundation model this study is a useful tool for predicting inundation regime, due to the coastal flood of severe water wave.

1. 서 론

우리나라 남해안의 연안역은 태풍의 진로상에 위치하여 거의 매년 태풍으로 인한 막대한 연안재해를 입어왔으며, 1959년도의 14호 태풍 Sarah, 1987년도의 5호 태풍 Thelma 및 2003년도의 14호 태풍 Maemi는 연안역에 엄청난 물적 및 인적피해를 초래한 남해안의 대표적인 태풍이다. 최근에, 지구온난화 및 변화된 해양환경의 영향으로 고파랑을 동반한 태풍 및 그로 인한 폭풍해일로 연안재해가 빈번히 발생되고 있으며, 특히 지구온난화 등에 의한 해수온도의 상승으로 향후 그의 발생빈도가 더욱 증가할 것으로 예측되며, 더불어 재해규모도 증대될 것으로 예상되고 있다.

태풍에 의한 피해로 일반적으로 고파랑, 폭풍해일과 강풍에 의한 연안구조물과 가옥 등의 피해 및 폭우와 더불어 발생하는 폭풍해일에 의한 해수면상승으로 인한 배후역의 침수피해를 주로 들 수 있다. 여기서, 해안범람은 조석, 폭풍해일, 지진

해일 등의 장주기 해수위 변동과 그로 인한 고파랑 등의 여러 요인들이 복합적으로 작용하여 발생한다. 이 중에서 조석은 충분한 정도로 예측될 수 있기 때문에 설계에 반영될 수 있어 큰 문제를 발생시키지 않지만, 폭풍해일의 경우에는 이상파랑시에 발생하고 특히, 최대폭풍해일고가 만조와 중첩되는 경우는 호안을 비롯한 해안구조물을 월류하여 해안가 저지대 등의 제내지에서 범람으로 인한 많은 인명손실과 막대한 재산피해를 초래할 수 있다.

이와 같이 연안역에서 연안재해의 주요한 인자인 폭풍해일의 위험성에 대한 인식이 최근에 비교적 높아지고 있고, 폭풍해일에 관한 연구도 2003년도의 14호 태풍 Maemi에 의한 엄청난 재해를 입은 후로 활발히 수행되고 있다(김경욱과 야마시타, 2004; 최병호 등, 2004; 강윤구 등, 2004; Kawai et al., 2005a; 2005b; 허동수 등, 2006). 이와 같은 과거의 대형태풍을 포함한 폭풍해일고는 지역적으로 그의 분포특성이 매우 상이하기 때문에 지역내에서 연안방재계획의 수립 및 연안재해예보에 주요한 요소이므로 조속히 검토되어야 할 과제일 뿐만 아니라, 동시에 이로 인한 제내지내에서 도시계획적인 문제 및 지반고의 결정 등에 범람구역의 정확한 추정이 절실히 요구되

교신저자 김도삼 : 부산 영도구 동삼동 1번지

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

는 시점에 있다.

따라서, 본 연구에서는 폭풍해일의 피해에 가장 많이 노출되어 있는 부산 연안역 중에 매년 태풍에 의해 극심한 피해를 입었던 녹산국가산업단지에 대해서 높은 폭풍해일고가 산정된 2003년 14호 태풍 Maemi에 대한 폭풍해일고와 약최고고조위(해양수산부, 2005)가 동시에 발생할 경우를 상정하였다. 그리고, 고파랑과 폭풍해일의 결합에 의한 녹산국가산업단지 전면 호안에 대한 월파랑의 수리모형실험결과를 제내지의 침수현상을 검토할 수 있는 수치해석기법에 적용한다. 이로부터 도로와 건물의 배치에 따른 대상지역 배후에서의 침수경향 및 범람특성을 규명한다. 또한, 본 연구에서 산정된 침수범위 및 침수고를 현지조사결과와 비교·검토함으로써 본 연구의 타당성을 검토한다.

2. 이론적 배경

2.1 폭풍해일고 산정

본 연구에서는 폭풍해일고 산정을 위하여 저기압에 의한 수면상승과 바람에 의한 수면상승을 고려한 비선형장파이론에 근거한 단층모델을 이용하였으며, 기초방정식은 연직방향으로 적분된 다음의 연속방정식 (1)과 비선형장파방정식 (2), (3)으로 구성된다(허동수 등, 2006).

$$\frac{\partial n}{\partial t} + \frac{\partial\{(h+n)U\}}{\partial x} + \frac{\partial\{(h+n)V\}}{\partial y} = 0 \quad (1)$$

$$\begin{aligned} & \frac{\partial M}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{M^2}{D} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{MN}{D} \right) \\ & = fN - gD \frac{\partial n}{\partial x} - \frac{D}{\rho_w} \frac{\partial p_0}{\partial x} + \frac{\tau_{sx} - \tau_{bx}}{\rho_w} \\ & + A_h \left(\frac{\partial^2 M}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 M}{\partial y^2} \right) \end{aligned} \quad (2)$$

$$\begin{aligned} & \frac{\partial N}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{MN}{D} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{N^2}{D} \right) \\ & = -fM - gD \frac{\partial n}{\partial y} - \frac{D}{\rho_w} \frac{\partial p_0}{\partial y} + \frac{\tau_{sy} - \tau_{by}}{\rho_w} \\ & + A_h \left(\frac{\partial^2 N}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 N}{\partial y^2} \right) \end{aligned} \quad (3)$$

여기서, t 는 시간, x, y 는 수평방향으로 각각 취한 좌표계이고, f 는 Coriolis계수, h 는 수심, D 는 기본수심 h 와 폭풍해일에 의한 수면변위 n 를 합한 전수심, $M = uD$, $N = vD$, U, V 는 x, y 방향의 해저에서 해면까지의 평균유속, ρ_w 는 해수의 밀도, p_0 는 수면에서의 기압, A_h 는 연직와동점성계수, g 는 중력가속도이다.

그리고, τ_{sx} 와 τ_{sy} 및 τ_{bx} 와 τ_{by} 는 해면 및 해저에서

x, y 방향으로 각각의 전단력이다.

$$\tau_{sx} = \rho_a C_D U_x \sqrt{U_x^2 + U_y^2} \quad (4)$$

$$\tau_{sy} = \rho_a C_D U_y \sqrt{U_x^2 + U_y^2} \quad (5)$$

$$\tau_{bx} = \frac{\rho_w g n^2}{D^{7/3}} MN \sqrt{M^2 + N^2} \quad (6)$$

$$\tau_{by} = \frac{\rho_w g n^2}{D^{7/3}} MN \sqrt{M^2 + N^2} \quad (7)$$

여기서, ρ_a 는 대기의 밀도, U_x 와 U_y 는 해면상 10m에서 각각 x, y 방향으로 풍속, n_n 은 Manning의 조도계수, C_D 는 해면저항계수(항력계수)이다.

항력계수에 대해서는 모형실험이나 현지관측에 기초한 많은 경험값이 제안되어 있지만, 본 연구에서는 다음의 Mitsuyasu and Kusaba(1984)에 의한 제안식을 사용하였다.

$$C_D = \begin{cases} (1.290 - 0.024 U_{10}) / 10^3 & (U_{10} < 8m/s) \\ (0.581 + 0.063 U_{10}) / 10^3 & (U_{10} \geq 8m/s) \end{cases} \quad (8)$$

여기서, U_{10} 은 해면상 10m에서 풍속이다.

본 연구에서는 엇갈린 격자(Staggered mesh)를 채용하여 기초방정식을 유한차분법으로 차분근사하여 수치계산을 수행하였다. 또한, 수치계산의 이산화는 시간항에 대해서는 전진차분근사를 이류항에 대해서는 Doner Cell법을 적용하며, 저면마찰항에 대해서는 중앙차분근사를 적용한다. 본 연구의 수치계산에 대한 세부사항은 Kawai(2003)을 참조하기 바란다.

2.2 범람해석

평면 2차원 범람모델의 기초방정식은 연속방정식 (9)와 운동방정식 (10), (11)로 구성된다.

$$\frac{\partial h_z}{\partial t} + \frac{\partial M}{\partial x} + \frac{\partial N}{\partial y} = 0 \quad (9)$$

$$\frac{\partial M}{\partial t} + \frac{\partial(uM)}{\partial x} + \frac{\partial(vM)}{\partial y} = -gh_z \frac{\partial H}{\partial x} - \frac{\tau_{bx}}{\rho_w} \quad (10)$$

$$\frac{\partial N}{\partial t} + \frac{\partial(uN)}{\partial x} + \frac{\partial(vN)}{\partial y} = -gh_z \frac{\partial H}{\partial y} - \frac{\tau_{by}}{\rho_w} \quad (11)$$

여기서, u, v 는 x, y 방향의 유속성분, h_z 는 침수된 수심, H 는 수위($H = h_z + z$, z 는 지반고)이다. 그리고, τ_{bx} , τ_{by} 는 x, y

방향의 저면전단응력으로 식 (6), (7)과 같이 주어진다.

수치계산의 이산화는 폭풍해일고 산정에 이용한 차분근사와 동일한 방법을 적용하며, 격자는 전체 계산영역에 대해 선유량과 유속이 격자의 경계에, 수심은 격자의 중심에 위치시키는 것으로 하였다(Iwasa et al., 1986).

본 연구에서는 범람수의 선단부를 포함한 범람수의 불연속을 방지하기 위하여 인접한 지역에 비해 지반고가 높은 경우에 식 (12)의 단락식을, 인접한 지역에 비해 지반고가 낮은 경우에 대해서는 식 (13)의 월류식을 각각 적용하여 선유량을 산정한다.

$$M_o = \mu h_h \sqrt{gh_h} \tag{12}$$

$$M_o = \mu' h_l \sqrt{2gh_l} \tag{13}$$

여기서, M_o 는 선유량, h_h 는 지반고가 높은 지역에서의 수심, h_l 은 월류시의 수심을 나타내며, $\mu = (2/3)^{3/2}$, $\mu' = 0.35$ 로 하였다(Iwasa et al., 1986). 그리고, 침수역과 지반역의 경계는 수심의 최소치 $\varepsilon = 0.001\text{m}$ 에 의해 결정되는 것으로 하였으며, 이 때 ε 이하의 지역에 대해서는 지반역, ε 이상의 지역에 대해서는 침수역으로 표현된다. 또한, 침수역이 지반역으로 변하는 경우에 발생할 수 있는 (-)수심에 대해서는 수심을 영으로 하였다.

3. 수치계산

3.1 대상영역 및 계산조건

본 연구에서는 태풍에 의해 많은 피해를 입었던 부산광역시 강서구 녹산국가산업단지를 대상으로, 계산영역은 광역 200m, 중역 50m, 협역 20m의 격자크기로 Fig. 1과 같이 설정하여 순차적으로 계산을 수행하는 것으로 하였다. 고려된 계산영역의 수심데이터와 해안선은 기본적으로 수치해도를 이용하였으며, 협역에서 충분하지 않은 수심데이터에 대해서는 실제 측량데이터를 추가하여 사용하였다. 또한, 범람해석수행에 필요한 지반고 데이터는 mapping, 토목 엔지니어링, 측량 및 기반 구조 관리 전문가용 제품 및 서비스군인 Autodesk 소프트웨어 (<http://www.autodesk.co.kr>)의 기반 구조 솔루션의 일부인 Land Desktop을 이용하여 수치지형도에서 획득하였다. 그리고, 각 영역의 계산에 사용한 바람장 데이터는 태풍 Maemi 내습시 최대폭풍해일고의 발생시간인 2003년 09월 12일 22시의 경우이다(허동수 등, 2006).

3.2 폭풍해일고 산정

본 연구에서는 태풍에 의해 많은 피해를 입었던 부산광역시 강서구 녹산국가산업단지를 대상으로 Table 1에 제시된 태풍 Maemi 내습시 시각에 따른 태풍의 위치(경도, 위도), 기압심도, 태풍반경 및 이동속도(부산광역시, 2005)를 입력조건으로 최대

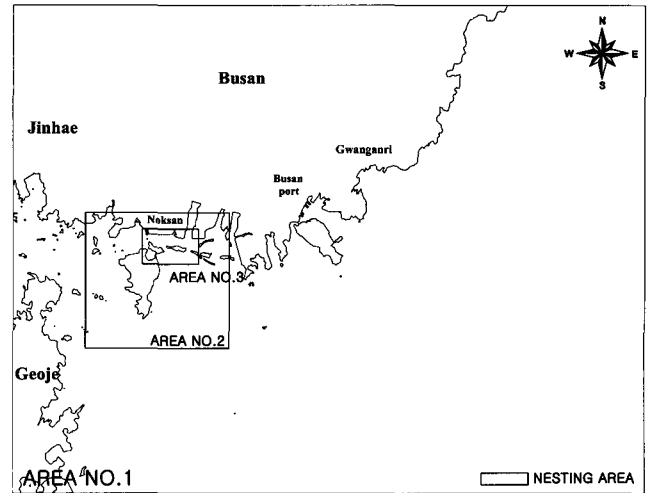


Fig. 1 Computation area

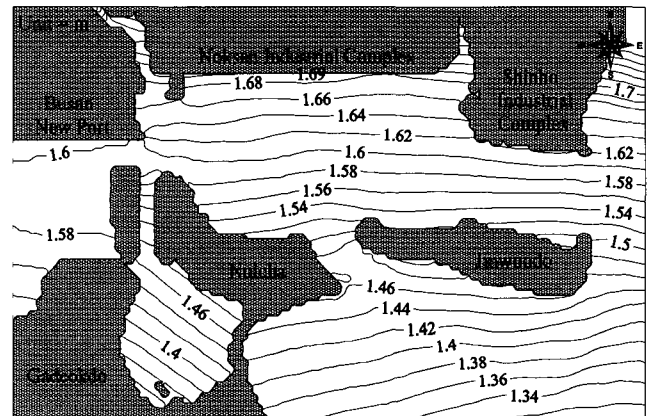


Fig. 2 Spatial distribution of maximum storm surge height for typhoon Maemi around Noksan industrial complex

폭풍해일고를 추정하였다.

Fig. 2는 Table 1의 입력력계원으로부터 얻어진 녹산국가산업단지 연안해역에서의 최대폭풍해일고를 나타낸 것으로, 녹산국가산업단지, 신항만 및 진우도 전면해역에서의 최대폭풍해일고는 각각 1.69m, 1.60m, 1.47m 정도의 크기분포를 나타내는 것을 알 수 있다.

3.3 천해파랑 산정

본 연구에서 대상으로 하는 녹산국가산업단지 연안해역에서의 천해파랑산정은 SWAN모델(Hasselmann et al., 1973)로부터 추산하였다. 이 때, SWAN모델에 적용한 설계조위는 Fig. 2에서 얻어진 최대폭풍해일고 1.69m와 조위 1.776m(해양수산부, 2005)로부터 산정하였으며, 적용한 심해파제원은 태풍 Maemi 내습시 부산신항만 동방파제 전면해역에서 실측되어진 파고값을 검증 데이터로 사용하여 역추산된 심해파를 사용하였다(POSCO건설, 2004).

Table 1 Characteristics of typhoon Maemi

Time	Longitude (°E)	Latitude (°N)	Pressure differential (hPa)	Radial distance from the typhoon center (km)	Progression speed (km/h)
0309111500	125.300	25.900	0.0	38.0	10.0
0309111800	125.400	26.300	46.5	38.0	15.0
0309112100	125.600	27.000	83.0	38.0	20.0
0309120300	125.800	28.400	73.0	40.0	25.0
0309120600	126.100	29.500	68.0	40.0	30.0
0309120900	126.500	30.500	68.0	38.0	35.0
0309121200	126.900	31.700	68.0	38.0	35.0
0309121500	127.000	32.700	68.0	50.0	40.0
0309121700	127.300	33.500	68.0	55.0	40.0
0309122100	128.300	34.800	63.0	50.0	45.0
0309130300	129.700	36.900	43.0	90.0	45.0
0309131500	134.800	40.500	33.0	110.0	45.0

Table 2 Design wave conditions in deep water and water levels at Noksan industrial complex

Area	Coastal grid point	Significant wave height (m)	Significant wave period (s)	Wave direction	Approx. HHW(m)	Storm surge height (m)	Design water level (m)
Noksan	6360(N34.50°,E128.55°)	12.4	15.0	S25°E	1.776	1.690	3.466

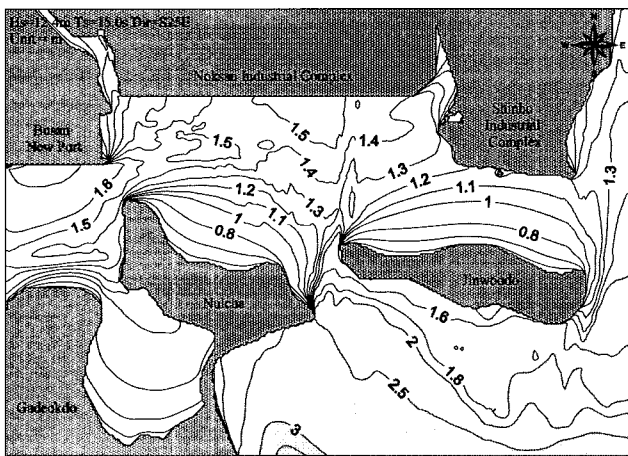


Fig. 3 Spatial distribution of wave height for typhoon Maemi around Noksan industrial complex

Table 2에 대상지역에 대한 연안격자점의 신심해파제원, 조위 및 최대폭풍해일고의 제원을 각각 제시한다.

Fig. 3은 녹산국가산업단지 연안해역에서 산정된 천해파랑의 공간분포를 나타낸 것으로, 본 계산에서는 녹산국가산업단지 전면해역에 발생될 수 있는 중복파의 영향을 방지하기 위하여 전면호안에 설치된 TTP의 영향을 고려하지 않는 것으로 하였다.

Fig. 4는 녹산국가산업단지 전면해역에 설치된 호안의 대표단면의 형상을 나타낸 것으로(부산광역시, 2004), 각 단면별 위치에서 산정된 최대유의파고 $H_{1/3}$ 는 Type-A, Type-B, Type-C에

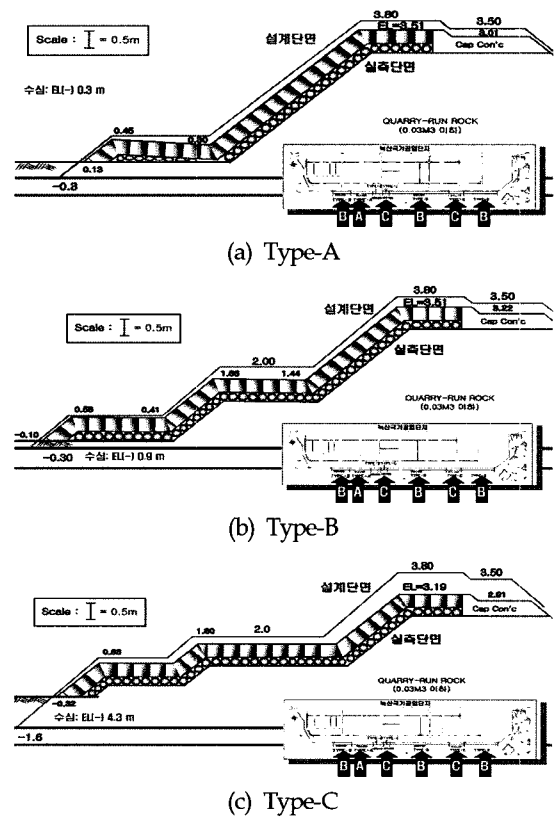


Fig. 4 Representation section of dike in front of Noksan industrial complex

Table 3 Comparison of overtopping rates

Cross section	Wave overtopping rates by experimental analysis ($m^3/m \cdot s$)
Type-A	0.059
Type-B	0.063
Type-C	0.113

Table 4 Comparison of inundation depths

Cross section	Distance from dike (m)	Inundation depth by the experimental result (m)	Inundation depth by the numerical result (m)
Type-A	30	0.91	0.90
	80	0.89	0.70
	130	0.23	0.20
Type-B	30	0.77	0.80
	80	0.74	0.70
	130	0.21	0.20
Type-C	30	0.79	0.90
	80	0.79	0.80
	130	0.20	0.20

대하여 각각 1.41m, 1.47m 및 1.55m 정도의 값을 나타내었다. 그리고, 여기서는 나타내지 않았지만 최대유의주기 $T_{1/3}$ 는 3개의 단면에 대하여 동일하게 15.0s인 것을 알 수 있었다.

3.4 범람예측

태풍 Maemi 내습시 도로와 건물의 배치에 따른 녹산국가산업단지 배후에서의 침수범위 및 침수고를 예측하기 위하여 범람

모델의 입력치로 주어지는 각 호안단면에서의 월파량을 산정한 다. 이 때, 각 호안의 단면형상에 따른 월파량에 대한 수리모형 실험(한국토지공사, 2005)은 3.1절에서 언급한 각 호안별 전면해역에서의 최대유의파고 및 최대유의주기를 조건으로 하여 산정되며, 그 결과를 Table 3에 제시한다. Table 3으로부터 각 단면에 대한 월파량은 허용치 $0.01m^3/m \cdot s$ (해양수산부, 2005)를 훨씬 초과하는 것을 알 수 있다. 본 연구에서는 Table 3의 각 단면별 월파량을 입력치로 하여 침수범위 및 침수고를 예측하며, 범람예측의 계산시간은 실제 태풍내습시간에 따른 영향과 경향을 일치시키기 위하여 3시간으로 하였다. 그리고, 저면의 조도가 다르고 조도계수에 따라 범람류의 거동은 영향을 받으므로, 본 계산에서는 조도계수로 도로는 0.04(Fukuoka et al., 1996), 건물은 밀도비에 따라 0.03~0.8(Miura and Shimizu, 1993)의 범위의 값을 적용하였다.

Fig. 5는 본 연구의 범람모델로부터 산정된 녹산국가산업단지 배후역에서의 침수고 및 침수역에 대한 수치해석결과를 나타낸 것이다. 해석결과에 따르면 녹산국가산업단지내의 두 블록 대부분이 침수되는 것을 알 수 있고, 전면 첫 번째 블록은 0.7m~1.2m 정도 침수가, 두 번째 블록에서 부분적으로 0.7m 이상의 침수가 발생하지만, 호안전면에서 멀어질수록 0.3m 이하로 감소함을 알 수 있다. Table 4에 나타낸 바와 같이 침수고에 대한 수리모형실험(한국토지공사, 2005)은 단면2차원으로 수행되었기 때문에 Fig. 5의 본 결과와 직접적인 비교는 어렵지만 단면에 대해서만 비교하면 단면형상 Type-A, Type-B, Type-C에 대해서 호안으로부터 내측거리 30m 지점의 침수고는 0.77m~0.91m, 80m 지점의 침수고는 0.74m~0.89m, 130m 지점은 0.20m~0.23m로 본 연구의 계산결과와 경향이 잘 일치함을 알 수 있다.

Fig. 5에서 추정된 범람예측의 타당성을 검토하기 위하여 태풍 Maemi 내습후 녹산국가산업단지 인근에서의 침수고에 대한 설문조사의 결과를 Fig. 6에 제시한다(부산광역시, 2004).

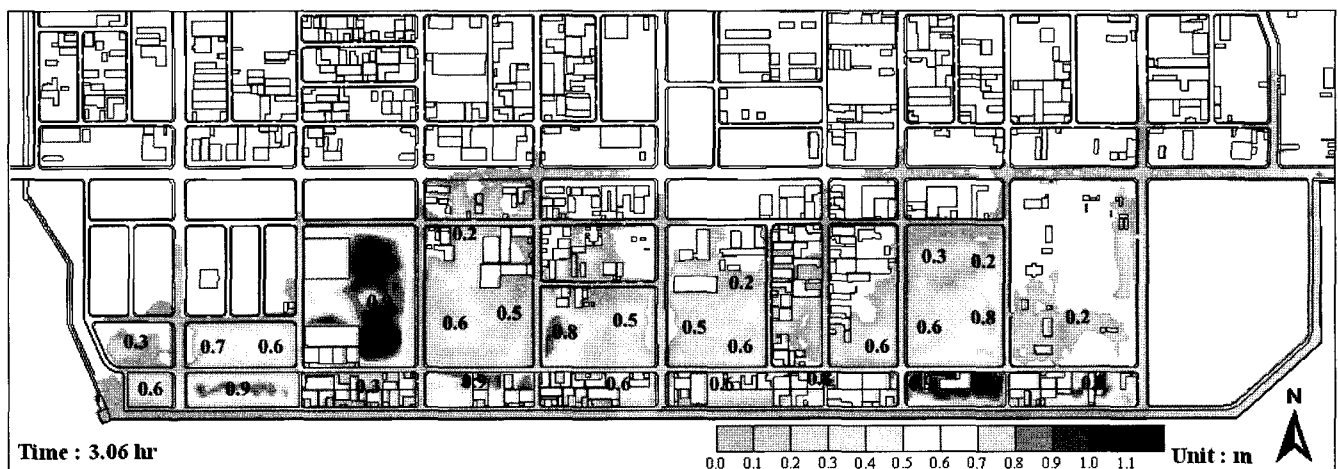


Fig. 5 Spatial distributions of inundation depth in Noksan industrial complex

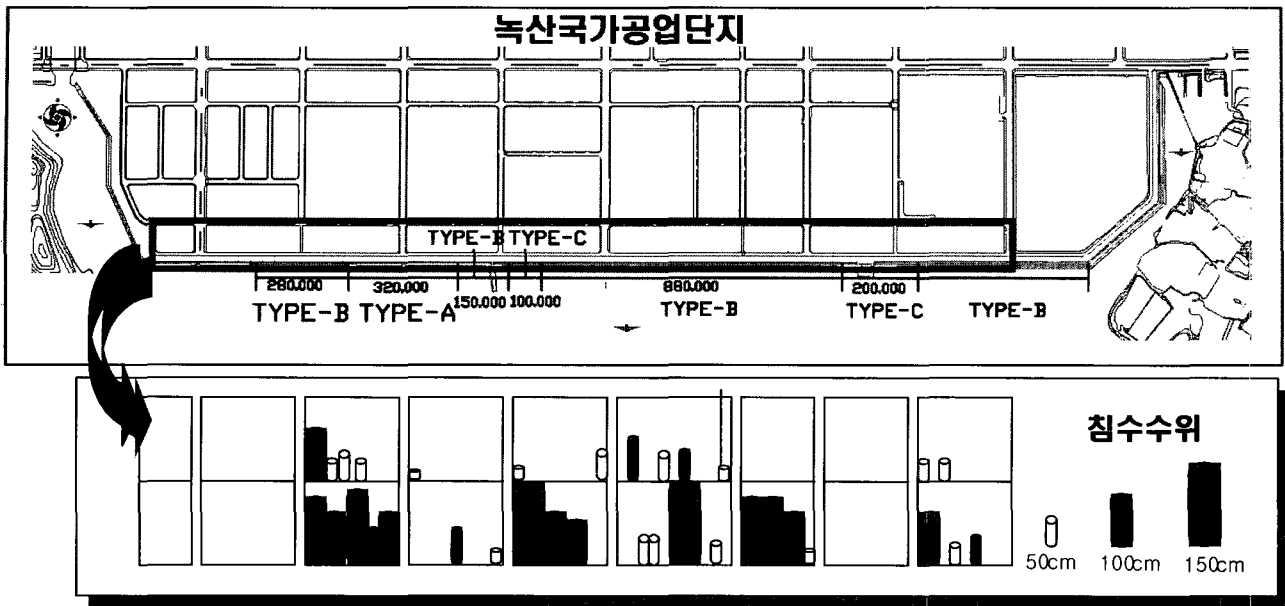


Fig. 6 Results of a field survey for inundation areas and depths in Noksan complex industrial

Fig. 6의 결과를 살펴보면 녹산국가산업단지 내 공터인 지역에서는 부분적으로 조사가 이루어지지 않은 것을 알 수 있으며 전체적으로 호안에 인접한 전면 첫 번째 블록에서는 침수고가 150cm에 이르고, 다음 블록에서는 대체로 50cm에 해당한다. 그리고, Fig. 5의 결과를 Fig. 6의 조사가 이루어진 단면과 비교·검토하면 Fig. 5는 전면 첫 번째 블록에서 0.7m~1.2m 정도, 두 번째 블록에서 부분적으로 0.7m 이상의 침수가 발생하지만, 호안전면에서 멀어질수록 0.3m 이하로 감소하는 등 침수고의 양상이 설문조사결과와 잘 일치한다. 또한, 최대 침수고의 발생 위치에 대하여 Fig. 5는 Fig. 6의 조사결과를 잘 재현하고 있는 것으로 판단된다. 전체적으로 침수고가 높은 곳은 단면형식 Type-B의 배후역으로 주변 지반고보다 상대적으로 낮은 지반고에서 높은 침수고가 발생하는 것을 알 수 있었다. 한편, Fig. 5가 Fig. 6의 설문조사결과와 약간의 차이를 나타내는 것은 본 연구의 수치해석결과는 강우에 의한 침수, 배수,역류 및 건물 등의 지하로 유입되는 침수량의 영향까지 충분히 고려하고 있지 않기 때문으로 판단되며, 뿐만 아니라 Fig. 6은 지역주민들을 대상으로 설문조사한 자료에 기초하여 작성된 개략적인 결과로 실제 침수고와는 다소 차이가 있는 것으로 판단된다.

4. 결 론

본 연구에서는 부산광역시 강서구 녹산국가산업단지를 대상으로 태풍 Maemi 내습시에 범람을 해석하였으며, 그 결과는 아래와 같다.

(1) 본 연구에서는 태풍 Maemi 내습으로 인한 녹산국가산업단지 인근에서의 침수역 및 침수고를 예측하였고, 그 결과를 수리모형실험의 결과 및 설문조사와 비교·검토하여 본 연구의 타당성을 확인할 수 있었다.

(2) 고파랑에 대한 호안 월파랑의 정도 높은 산정은 제내지내의 침수고 및 침수역을 예측하는데 중요한 파라미터로 작용할 수 있다.

(3) 본 연구의 범람모델은 연안재해의 예측, 방재계획의 수립, 위험도 작성, 배후역에서의 지반고 결정, 도시계획적인 문제 등에 충분히 활용될 수 있을 것으로 판단된다.

(4) 향후 강우에 의한 침수, 배수,역류 및 건물 등의 지하로 유입되는 침수량을 고려하여 보다 정도 높은 해석을 수행하고자 한다.

참 고 문 헌

강윤구, 토미타 타카시, 김도삼, 안성모 (2004). “태풍 매미내습 시 남동연안에서의 해일·파랑에 의한 침수재해 특성”, 한반도 해역의 고파·폭풍해일 워크숍 논문집, 한국해안·해양공학회, pp 35-43.

김경욱, 야마시타 타카오 (2004). “해파-해일 복합현상에 의한 해일고 산정”, 한반도 해역의 고파·폭풍해일 워크숍 논문집, 한국해안·해양공학회, pp 81-86.

부산광역시 (2004). 녹산공단 해일피해 방재대책 수립용역 종합 보고서.

부산광역시 (2005). 해일피해영향분석 및 피해방지계획수립용역 보고서.

최병호, 엄현민, 김현승, 정원무, 심재설 (2004). “Wave-Tide-Surge Coupled Simulation for Typhoon Maemi”, 한반도 해역의 고파·폭풍해일 워크숍 논문집, 한국해안·해양공학회, pp 121-144.

POSCO건설 (2004). 03-00부두 태풍피해복구 시설공사 구조 및 수리계산서(제2권 폭풍해일 및 태풍·매미·시 심해파 추정).

- 한국토지공사 (2005). 녹산산단 태풍 「매미」 피해원인 분석용역 최종보고서.
- 해양수산부 (2005). 항만 및 어항설계기준.
- 허동수, 염경선, 김지민, 김도삼, 배기성 (2006). "부산연안에서 폭풍해일고의 추정", 한국해양공학회지 제20권, 제3호, pp 37-45.
- Fukuoka, S., Kawashima, M., Matsunaga, N. and Maeuchi, H. (1994). "Flooding Water Over a Crowded Urban District", *Journal of Hydraulic, Coastal and Environmental Engineering*, No 491, II-27, pp 51-60.
- Hasselmann, K., Barnett, T.P., Bouws, E., Carlson, H., Cartwright, D.E., Enke, K., Ewing, J.A., Gienapp, H., Hasselmann, D.E., Kruseman, P., Meerburg, A., Müller, P., Olbers, D.J., Richter, K., Sell W. and Walden H. (1973). "Measurements of Wind-wave Growth and Swell Decay during the Joint North Sea Wave Project(JONSWAP)", *Dtsch. Hydrogr. Z. Suppl.*, 12, A8.
- Iwasa, Y., Inoue, K. and Mizutori, M. (1986). "Hydraulic Analysis of Overland Flood Flows by Means of Numerical Method", *Disaster Prevention Research Institute Kyoto University*, Vol 23, B-2, pp 305-317.
- Kawai, H. (2003). "Storm Surge", *Textbook for port and coastal enfineers*, PARI, pp 1-48.
- Kawai, H., Kim, D.S., Kang, Y.K., Tomita, T. and Hiraishi, T. (2005a). "Hindcasting of Storm Surge at Southeast Coast by Typhoon Maemi", *한국해양공학회지*, 제19권, 제 2호, pp 12-18.
- Kawai, H., Kim, D.S., Kang, Y.K., Tomita, T. and Hiraishi, T. (2005b) "Hindcasting of Storm Surges in Korea by Typhoon 0314(Maemi)", *Proceeding of the 15th International Offshore and Polar Engineering Conference*, ISOPE, pp 446-453.
- Mitsuyasu, H. and Kusaba, T. (1984). "Drag Coefficient over Water Surface under the Action of Strong Wind", *Journal of Natural Disaster Science*, Vol 6, No 2, pp 43-50.
- Miura, A. and Shimizu, Y. (1993). "Flood Flow Analysis in Urban Areas", *International Conference on Environmentally Sound Water Resources Utilization Bangkok, Thailand*.

2006년 1월 8일 원고 접수

2007년 3월 13일 최종 수정본 채택