

너울성고파랑에 기인한 후빈 배후 침식 Backshore Erosion due to High Swell Waves

김규한* · 심규태**
Kyu Han Kim* and Kyu Tae Shim**

요 지 : 너울성고파랑은 최근 동해안에서 발생하는 해안침식의 주 원인 중 하나로 알려져 있다. 본 연구에서는 이와 같은 너울성 고파랑의 내습에 의해 발생하는 백사장 주변의 해빈변형을 재현하고 후빈에 미치는 영향을 확인하기 위해 이동상 수리모형실험과 수치모형실험을 수행하였다. 수치모형실험에서는 CSHORE모형을 이용하여 다양한 내습파랑에 따른 해빈단면변화를 검토하였다. 아울러, 이동상 수리모형실험을 통해 평상파랑과 너울성고파랑의 내습에 의해 발생하는 전빈 및 후빈의 침식현상과 그 메커니즘을 비교·고찰 하였다.

핵심용어 : 해안침식, 너울성고파랑, CSHORE

Abstract : High swell has been known for the one of the main causes of beach erosion in the east coast of Korea. In this study, coastal topography changes due to high swells are simulated to find its effect on the backshore by using movable bed experiments and numerical experiments. Sea bottom topographical changes due to various incident waves were investigated using CSHORE model in the numerical experiments. Furthermore, the mechanism and the phenomena of beach erosion due to waves and high swells on the foreshore and backshore were analyzed and compared with movable bed hydraulic experiments.

Keywords : beach erosion, long period high waves, CSHORE

1. 서 론

해안에 위치한 백사장은 해수욕장으로 활용되는 중요한 관광·경제자원일 뿐만 아니라, 해안의 자연 환경 유지기능 및 높은 파도로부터 해안주변을 보호해주는 방재기능까지 보유하고 있는 귀중한 재산이다. 백사장을 포함한 해빈은 이처럼 중요한 자원임에도 불구하고 다양한 원인에 의해 침식 또는 퇴적이 발생하여 극심한 변화가 이루어지는 연안환경 자원중 하나이다(김·유, 2003).

최근 들어 우리나라는 경제 및 사회문화적 측면에서 비약적인 발전을 거듭하면서 그에 수반된 생활공간의 확대, 관광자원으로서의 개발 등이 연안까지 확산되고 있다. 아울러, 최근 지구온난화에 따른 해수면 상승과 이상기온에 의한 고파랑의 내습 빈도 증가에 따른 해안의 피해도 증가하고 있는 실정이다. 특히, 너울성 고파랑이 해안에 직접 내습하는 경우, 기존의 파랑보다 큰 에너지를 해안에 전파하게 되고 쳐오름 높이가 증가하여 극심한 해빈변형을 초래하고 있다(유 등, 2008). 특히, 우리나라 동해안의 경우에는 너울성 고파랑의 내습빈도가 매년 계속적으로 증가하고 있는 상황이므로 해안침

식으로 인해 발생하는 다양한 문제의 해결방안을 모색하기 위해서는 너울성 고파랑 내습에 의한 해빈변형에 대한 면밀한 검토가 필요하다.

본 연구에서는 이와 같은 너울성 고파랑의 내습에 의해 발생하는 해빈변형을 재현하고 후빈에 미치는 영향을 확인하기 위해 이동상 수리모형실험을 수행하였다. 아울러 CSHORE 모형을 이용한 수치모형실험을 통해 이동상 수리모형실험결과와의 비교 연구를 실시하고 평상파랑과 너울성고파랑의 내습에 의한 전빈 및 후빈의 침식 특성을 고찰하였다.

2. 수리모형실험

2.1 실험시설

수리모형실험은 불규칙파랑이 재현 가능한 2차원 단면 조파 수조를 사용하여 실시하였다. 수조는 길이 30 m, 폭 1.0 m, 높이 1.8 m이며(Fig.1참조), 수조의 양측면은 강화유리로 되어있어 실험관찰이 용이 하도록 되어있다. 실험에 사용한 조파기는 피스톤 식으로서 스펙트럼 함수에 의한 불규칙파와 각각의 성분파에 대해 임의의 스펙트럼 값을 입력하여

* 관동대학교 토목공학부(Corresponding author: Kyu Han Kim, Dept. of Civil Eng., Kwandong University, Gangneung 210-701, Korea. Tel: 033-643-3436, Fax: 033-647-3436, kkhkim@kd.ac.kr)

** 관동대학교 토목공학부(Dept. of Civil Eng., Kwandong University, Gangneung 210-701, Korea. aiqsim@nate.com)

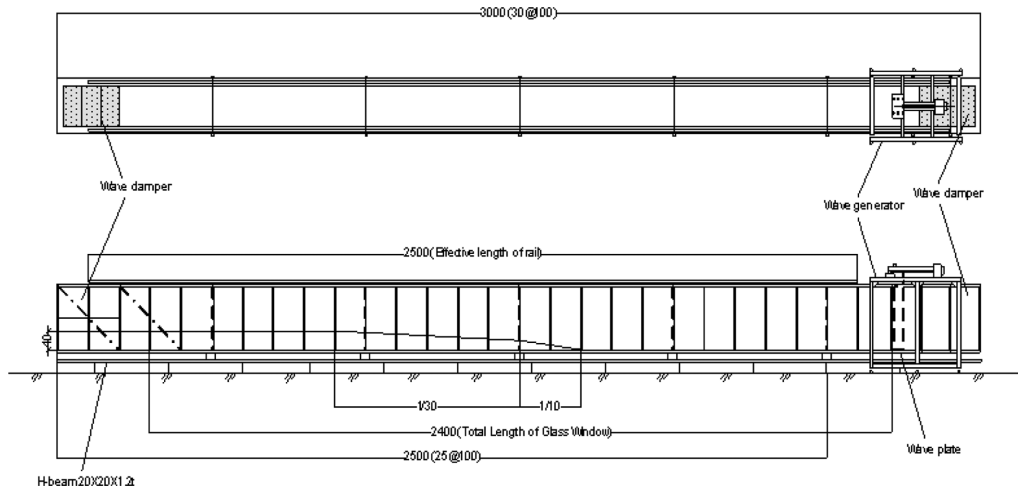


Fig. 1. 2-Dimensional wave flume.

Table 1. Laboratory experimental conditions

Cases	$H_{1/3}$ (m)	$T_{1/3}$ (sec)	L(m)	$H_{1/3}/L$	Slope	C	F_o
Case01	0.02	0.84	1.101	0.018	0.05	17.098	1.190
Case02	0.02	1.13	1.992	0.010	0.05	14.058	0.884
Case03	0.04	0.84	1.101	0.036	0.05	34.196	2.380
Case04	0.04	1.13	1.992	0.020	0.05	28.117	1.769
Case05	0.06	0.84	1.101	0.055	0.05	51.294	3.571
Case06	0.06	1.13	1.992	0.030	0.05	42.175	2.654
Case07	0.06	1.41	3.101	0.019	0.05	36.442	2.127
Case08	0.08	1.13	1.992	0.040	0.05	56.234	3.539
Case09	0.08	1.41	3.101	0.026	0.05	48.590	2.836
Case10	0.10	1.41	3.101	0.032	0.05	60.737	3.546
Case11	0.10	1.69	4.456	0.022	0.05	53.893	2.958

조파할 수 있다. 반사파 흡수식 조파장치와 더불어 조파 장치 후면과 구조물 후면 수로 끝단에는 다양한 소파재 및 흡수필터로 구성된 소파시설을 설치하여 반사파 발생을 최소화 하였다.

2.2 실험조건 및 구성

2차원 수리모형실험은 실제 침식현상이 나타나고 있는 동해안의 G해안 중 가장 침식발생이 큰 지역의 해빈단면을 기준으로 1/50의 축척을 적용하여 대상지역을 재현하였다. 실험 파랑산정은 2006년부터 수행된 파랑조사결과를 분석하여 평상파랑, 침식성 파랑, 최근 발생빈도가 높아지고 있는 장주기의 고파랑인 너울성 고파랑으로 분류하여 각각의 파랑에 대한 파고, 주기를 선정하여 실험을 진행하였다. 지형은 1/20의 경사로 표현하였으며, 평균입자 0.012 mm의 표준사를 사용하였다. 0.5 hr, 1 hr, 2 hr, 5 hr, 10 hr 동안 조파를 실시한 후 초음파식 사면 측정장치를 이용, 초기지형 및 시간간격에 따른 단면변화를 측정하였다.

실험과는 총 11개의 실험안 대해 Dean의 식(1)과 Horikawa & Sunamura의 실험식(2)를 이용하여 대상해역에 내습하는 파랑에 대한 침식과 퇴적의 경향성을 사전에 검토하여 작성하

였다.

$$F_o = H_o / (V_f \cdot T) \tag{1}$$

$$C = H_o / L_o (\tan \beta)^{0.27} \cdot (d_{50} / L_o)^{-0.67} \tag{2}$$

식 (1)에서 F_o 는 Dean number, H_o 는 심해파고, V_f 는 침강 속도, T 는 주기이다. 이 식에서는 $F_o < 1$ 일 경우 퇴적이 발생하며, $F_o > 1$ 일 때 침식이 발생한다(Shore protection manual, 1984).

식 (2)에서 C 값은 침식 또는 퇴적을 결정하는 무차원 계수이며, H_o 는 심해파고, L_o 는 심해파장, $\tan \beta$ 는 해안경사, d 는 모래의 중앙입경이다. 이 식에서 $C < 9$ 일때 퇴적이 발생하며, $9 \leq C \leq 18$ 구간에서 침식 · 퇴적이 반복적으로 일어나며, $C > 18$ 일 경우 침식이 발생한다(Sunamura and Horikawa, 1975).

2.3 실험결과

실험을 실시한 결과 Fig. 2에서부터 Fig. 4에 나타나는 바와 같이 각각의 파고 주기에 따른 입사파의 조건에 따라 해빈의 침 · 퇴적 정도가 다양하게 나타났다.

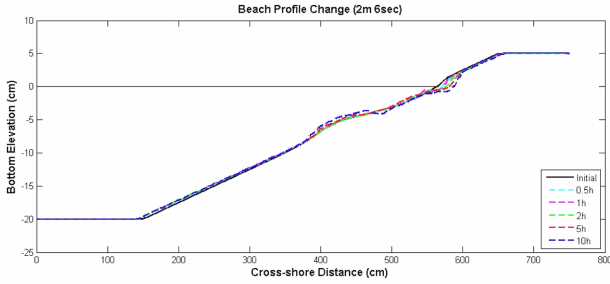


Fig. 2. Measured topography change of natural beach ($H_{1/3} = 2$ m, $T_{1/3} = 6$ sec, slope 1/20).

$H_{1/3} = 2$ m, $T_{1/3} = 6$ sec(Case03)에 해당하는 파랑은 우리가 흔히 볼 수 있는 파랑이지만 이런 종류의 파랑이 내습하면 주로 해안선 부근에 영향을 미치는 것으로 알려져 있다. Fig. 2에서도 볼 수 있듯이 해안선 근방에서 침식이 발생되며 침식된 토사는 연안사주를 형성시키는 것을 확인할 수 있었다.

$H_{1/3} = 3$ m, $T_{1/3} = 10$ sec(Case 07)의 파랑은 침식성 파랑으로서 해안에 내습하여 전빈을 위주로 대규모 침식이 발생하고 상대적으로 대규모 연안 사주가 형성되는 것을 알 수 있었다. 이 파랑의 특징은 파고가 높고 주기가 길어 비교적 큰 에너지가 해안에 전파되고 이러한 파랑이 해변과 부딪혔을 경우 사빈을 탈락시킬 뿐만 아니라 시간의 경과와 함께 그 침식범위가 계속적으로 확산되어 전빈(Foreshore) 뿐만 아니라 외빈(Nearshore)에까지 영향을 미치는 것이 확인되었다. 이로 인해 전빈과 외빈 전면에는 많은 양의 침식이 유발 되고, 외빈 바깥쪽에 대규모의 연안사주(Longshore bar)가 형성되는 것이 확인되었다.

$H_{1/3} = 5$ m, $T_{1/3} = 12$ sec(Case 11)의 고파랑이 내습할 경우

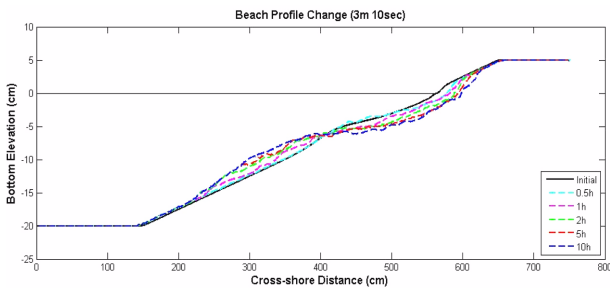


Fig. 3. Measured topography change of natural beach ($H_{1/3} = 3$ m, $T_{1/3} = 10$ sec, slope 1/20).

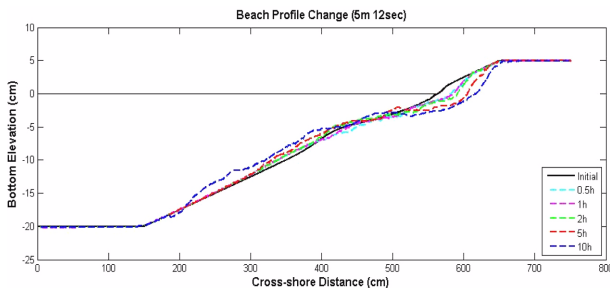


Fig. 4. Measured topography change of natural beach ($H_{1/3} = 5$ m, $T_{1/3} = 12$ sec, slope 1/20).

이 파랑은 비교적 규모가 큰 파랑으로서 육지에 내습할 경우 쳐오름 현상이 발생하여 전빈 뿐만 아니라 후빈까지 침식이 유발됨을 확인 할 수 있었다.

이와 같은 너울성 고파랑에 의한 쳐오름 현상은 후빈 배후면의 둔덕(Berm)까지 영향을 미치는 것이 확인되었다. 실제로 대상해역인 G해안의 둔덕(Berm) 주변에는 송림이 존재하고, 너울성 고파랑은 송림까지 훼손시키는 것으로 조사되었다. 수리모형실험결과로부터 후빈의 둔덕까지 침식이 발생하고 실제 지형과 매우 유사한 현상이 재현됨을 확인할 수 있었다.

이와 같은 너울성 고파랑에 의한 후빈 배후면의 침식현상은 시간경과에 따라 더욱 악화되었으며 고파랑의 쳐오름에 의한 도달거리도 계속적으로 증가하는 것이 예측되었다.

3. 수치모형실험

3.1 수치모형

2차원 단면 해변변형을 재현하는 수치모형으로는 SBEACH와 CSHORE 모형이 대표적이지만 본 연구에서는 각각의 지형이 갖고 있는 다양한 특성에 대해 적용이 뛰어난 CSHORE 모형을 이용하였다(천·안, 2008; Linh et al., 2009). CSHORE는 time-averaged continuity, cross-shore와 longshore momentum, wave action 방정식을 기초로한 파랑흐름모델, 부유사와 소류사의 이동에 대한 유사이동 모델, 다공성 흐름과 에너지 손실을 나타내는 투수층 모델 그리고 투수 불투수 하상에서의 wet and dry zone에 대한 확률 모델로 구성되어 있다(Kobayashi et al., 2007). 본 연구에서 사용한 CSHORE의 모델 중 파랑흐름모델은 다음과 같다.

$$\frac{\partial}{\partial x}(Q_x) + \frac{\partial}{\partial y}(Q_y) = 0 \tag{3}$$

$$\frac{\partial}{\partial x}\left(\frac{Q_x^2}{h}\right) + \frac{\partial}{\partial y}\left(\frac{Q_x Q_y}{h}\right) + g\bar{h}\frac{\partial \bar{\eta}}{\partial x} + \frac{\tau_{bx}}{\rho} = \tau_{wx} + \frac{\tau_{sx}}{\rho} \tag{4}$$

$$\frac{\partial}{\partial x}\left(\frac{Q_x Q_y}{h}\right) + \frac{\partial}{\partial y}\left(\frac{Q_y^2}{h}\right) + g\bar{h}\frac{\partial \bar{\eta}}{\partial y} + \frac{\tau_{by}}{\rho} = \tau_{wy} + \frac{\tau_{sy}}{\rho} \tag{5}$$

$$\tau_{wx} = -\frac{\partial}{\partial x}\left(\frac{S_{xx}}{\rho} - \frac{Q_{wx}^2}{h}\right) - \frac{\partial}{\partial y}\left(\frac{S_{yx}}{\rho} - \frac{Q_{wx} Q_{wy}}{h}\right) \tag{6}$$

$$\tau_{wy} = -\frac{\partial}{\partial x}\left(\frac{S_{xy}}{\rho} - \frac{Q_{wx} Q_{wy}}{h}\right) - \frac{\partial}{\partial y}\left(\frac{S_{yy}}{\rho} - \frac{Q_{wy}^2}{h}\right) \tag{7}$$

$$S_{xx} = (nE + M_r)\cos^2\theta + E\left(n - \frac{1}{2}\right); M_r = \rho Cq_r \tag{8}$$

$$\begin{aligned} S_{xy} &= (nE + M_r)\cos\theta\sin\theta; \\ S_{yy} &= (nE + M_r)\sin^2\theta + E\left(n - \frac{1}{2}\right) \end{aligned} \tag{9}$$

여기서, Q_x 와 Q_y 는 x, y 방향에서의 단위폭당 시간평균 체적 유량, τ_{bx} 와 τ_{by} 는 하상 전단응력, τ_{sy} 와 τ_{sx} 는 해수면에서의 바

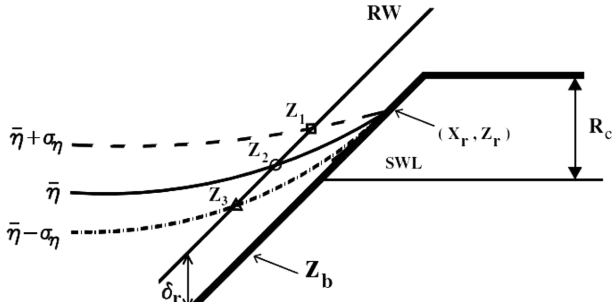


Fig. 5. Definition Sketch for Probabilistic model for Irregular Wave Runup (DOCUMENTATION OF CROSS-SHORE NUMERICAL MODEL CSHORE 2009).

람응력, $S_{xx}S_{yy}$ 그리고 S_{yy} = 파속 C로 전파되는 너울의 운동량 M_r 을 포함하는 방사응력, 식 (6), (7)에서 Q_{wx}^2 , Q_{wy}^2 , Q_{xy}^2 와는 Phillips(1997)에 의해 포함된 파고의 4차항 값이다.

Fig. 5에서 나타나듯이 파랑의 쳐오름에 대한 확률모델로서 해안선 변화에 대한 예측이 가능하다. 해안선 변화는 하상고도 Z_b 에 평행하게 놓인 쳐오름 선(RW)에 의해 정해진다. 쳐오름 구간은 쳐오름 선(runup wire)과 자유표면고도(free surface elevation)에 교차되는 해수면(S.W.L)위의 순간높이 (η_r)을 측정한다. η_r 의 평균편차 $\bar{\eta}_r$ 과 표준편차 σ_{η_r} 은 해수면(S.W.L)위의 자유표면고도(η)의 $\bar{\eta}(x)$ 와 $\sigma_{\eta}(x)$ 의 중방향 변수를 이용함으로써 구해진다.

$(\bar{\eta}_r + \sigma_{\eta_r})$, $(\bar{\eta}_r)$ 와 $(\bar{\eta}_r - \sigma_{\eta_r})$ 을 초과하는 η_r 의 확률은 각각 $(\bar{\eta} + \sigma_{\eta})$, $(\bar{\eta})$ 와 $(\bar{\eta} - \sigma_{\eta})$ 를 초과하는 η 의 확률과 같다고 볼 수 있다. 쳐오름선상에서 $(\bar{\eta} + \sigma_{\eta})$, $(\bar{\eta})$ 그리고 $(\bar{\eta} - \sigma_{\eta})$ 와 교차되는 Z_1, Z_2, Z_3 의 높이는 쳐오름선($z_b + \delta_r$)으로부터 구해진다. 이 구해진 고도는 다음과 같이 일치한다 $Z_1 = (\bar{\eta}_r + \sigma_{\eta_r})$, $Z_2 = (\bar{\eta}_r)$ 그리고 $Z_3 = \bar{\eta}_r - \sigma_{\eta_r}$. η_r 의 평균편차, 표준편차는 다음 식(10)과 같이 나타내어진다.

$$\bar{\eta}_r = (Z_1 + Z_2 + Z_3)/3 ; \sigma_{\eta_r} = (Z_1 - Z_3)/2 \quad (10)$$

CSHORE모형에서, wet zone($P_w = 1$)에서 wet and dry zone($P_w < 1$)으로 전달되는 것을 설명하기위해 $Z_1 + Z_2 + Z_3$ 의 계산결과에 의한 $(P_w \bar{\eta} + Z_b)$ 와 $P_w \sigma_{\eta}$ 에 의해 $(\bar{\eta})$ 와 σ_{η} 이 대체될 수 있다. 쳐오름높이(R)은 η_r 의 변화로 인해 SWL 위로 치솟는 파고(Crest Height)로서 정의된다. 평균수면의 선형파봉(linear wave crest)의 확률분포는 일반적으로 Rayleigh 분포에 의해 구해진다.

해빈내의 흐름현상을 보다 구체적으로 표현하기 위해서는 파의 쳐오름 높이와 해빈내의 침투류의 상호관계에 대한 계산도 필요하지만 본 모형에서는 이 부분의 계산은 포함시키지 않았다(김 등,1997).

3.2 실험결과

수치모형실험은 수리모형실험과 동일한 파랑조건을 적용,

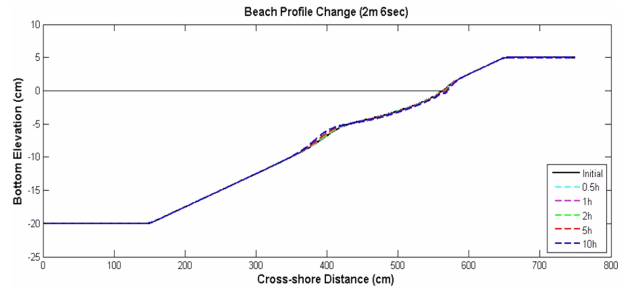


Fig. 6. Computed beach profile ($H_{1/3} = 2$ m, $T_{1/3} = 6$ sec).

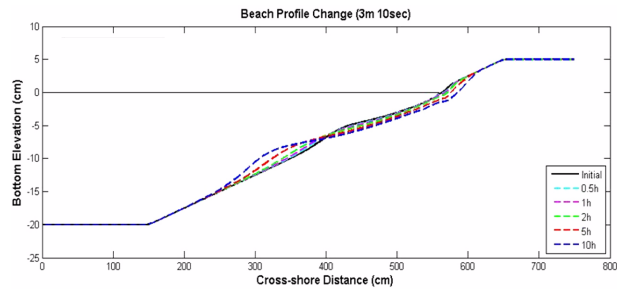


Fig. 7. Computed beach profile ($H_{1/3} = 3$ m, $T_{1/3} = 10$ sec).

각각의 시간동안 발생하는 단면의 변화를 계속하였다. 결과는 Figs. 6~8에서 보여주듯이 $H_{1/3} = 2$ m, $T_{1/3} = 6$ sec, $H_{1/3} = 3$ m, $T_{1/3} = 10$ sec와 $H_{1/3} = 5$ m, $T_{1/3} = 12$ sec에 대해서 도시하였다. 수치모형실험은 하나의 고정된 초기단면을 기준으로 0.5 hr, 1 hr, 2 hr, 5 hr와 10 hr의 시간간격으로 계속되었다.

Fig. 6에서 나타나듯이 $H_{1/3} = 2$ m, $T_{1/3} = 6$ sec의 파랑이 내습하였을 때 해수면 부근에 미소한 침식이 발생되었다. 장시간 조파를 했음에도 불구하고 시간에 따른 해안선의 침·퇴적의 뚜렷한 경향이 보이지 않았다. 따라서 $H_{1/3} = 2$ m, $T_{1/3} = 6$ sec의 파도가 내습해도 해안에 심각한 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다.

$H_{1/3} = 3$ m, $T_{1/3} = 10$ sec의 파랑의 경우 고파랑에 의한 높은 쳐오름으로 인해 많은 부분의 지형이 침식되었다. 특히, 해수면 위의 육지 지역은 파랑의 내습시간이 증가할수록 침식이 더욱 커졌으며 10시간 조파후의 해변은 많은 모래가 유실된 가파른 단면의 형상을 나타내었다. 이러한 종류의 파랑은 해수면으로부터 많은 범위에 영향을 주어 상당한 침식을 유발시키는 것으로 나타났다.

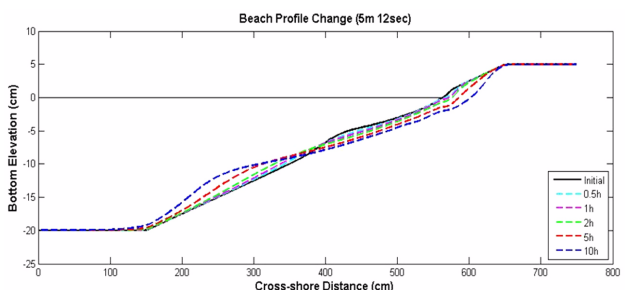


Fig. 8. Computed beach profile ($H_{1/3} = 5$ m, $T_{1/3} = 12$ sec).

$H_{1/3} = 5 \text{ m}$, $T_{1/3} = 12 \text{ sec}$ 의 파랑은 3 m 이상의 높은 쳐오름으로 인하여 전빈 및 후빈의 전 지역에 영향을 미쳤다. 더욱이 내습시간이 증가할수록 침식의 정도는 더욱 커졌으며 후빈 및 그 배후에 있는 둔덕(Berm)에 까지 피해를 주었다. 내습의 빈도가 늘어날수록 상당한 거리의 해안선이 후퇴되었으며, 이러한 너울성 고파랑의 내습으로 인해 쳐오름 높이가 증가되어 후빈침식이 가속화되는 침식 메커니즘을 확인 할 수 있었다.

4. 수치 및 수리모형실험 결과 분석

앞서 살펴본 바와 같이 수리모형실험결과와 수치모형실험의 결과는 침 퇴적 측면에서 비교적 잘 일치하는 경향을 나타내주었다. Figs. 9-11은 각각의 파랑에 대해서 파랑내습 10시간 이후 지형변동 상황을 상호 비교한 결과이다. Figs. 9-11에서 알 수 있듯이 모든 파랑조건에서 수치모형실험결과가 수리모형실험결과보다 완만한 지형변화를 나타내고 수리실험결과에서 볼 수 있었던 예민한 침 퇴적 경향은 보기 어려웠다.

$H_{1/3} = 2 \text{ m}$, $T_{1/3} = 6 \text{ sec}$ 일 때 수치모형실험결과에서는 해안선 일부구간에서만 소규모 지형변동이 발생되었고 수리모형실험의 결과에서는 해안선을 중심으로 전빈구간의 침식이 발생됨을 알 수 있었다.

$H_{1/3} = 3 \text{ m}$, $T_{1/3} = 10 \text{ sec}$ 의 경우 수리모형실험으로부터 얻어진 값이 수치모형실험의 값 보다 다소 크게 나타났지만, 거의 유사한 경향을 나타내었다.

두 방법 모두 전빈 부근에 침식이 유발되고 급경사의 해변경사가 형성되는 경향이 재현되었다.

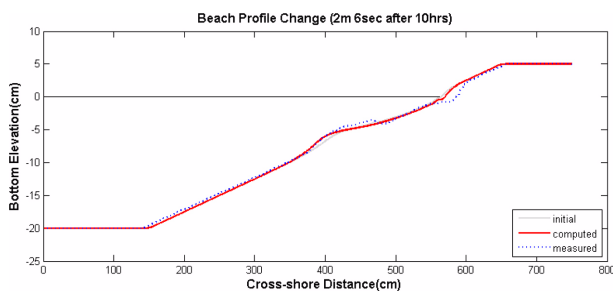


Fig. 9. Comparison between computed and measured data ($H_{1/3} = 2 \text{ m}$, $T_{1/3} = 6 \text{ sec}$).

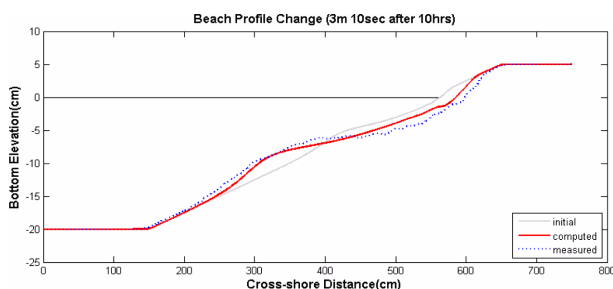


Fig. 10. Comparison between computed and measured data ($H_{1/3} = 3 \text{ m}$, $T_{1/3} = 10 \text{ sec}$).

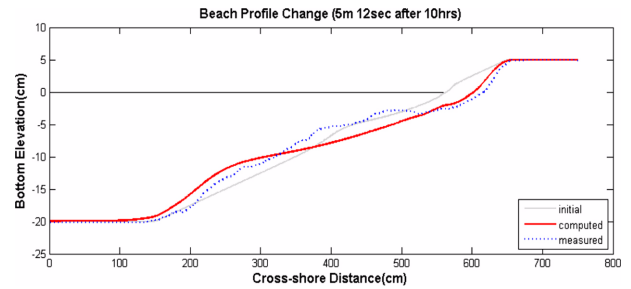


Fig. 11. Comparison between computed and measured data ($H_{1/3} = 5 \text{ m}$, $T_{1/3} = 12 \text{ sec}$).

Fig. 11에서 보여주듯이, $H_{1/3} = 5 \text{ m}$, $T_{1/3} = 12 \text{ sec}$ 파랑은 수리 및 수치모형실험 모두 높은 쳐오름으로 인해 해안 및 그 배후지역에 까지 파랑이 도달하였고, 이로 인한 많은 양의 사빈을 유실, 심각한 침식을 발생시켰다.

파랑내습 10시간 후의 수리 및 수치모형실험 결과 전빈과 후빈의 침식경향 정도는 높았으나, 외빈 바깥쪽 연안사주의 양상은 다소 차이가 있었다.

5. 결 론

해빈에 고파랑이 내습할 경우 해안선 주변의 전빈침식은 자주 나타나며 그 현상에 대한 보고 및 연구도 많이 진행되어 왔다. 그러나 후빈배후까지 미치는 침식현상은 쉽게 볼 수 없었으며 그에 대한 연구사례도 많지 않은 것이 사실이다. 본 연구에서는 최근 한국의 동해안에 자주 내습하는 너울성 고파랑에 의한 후빈배후침식에 대해 수리모형실험과 수치모형실험을 각각 수행하여 그 발생기구에 대해 검토해 보았다. 너울성 고파랑을 포함한 다양한 파랑을 조파 한 이후 이에 따라 발생하는 해변지형변동 즉, 해변경사, 전빈유실 및 쳐오름에 의한 파랑의 도달거리 등의 수리적 특성치는 수리모형실험과 CSHORE모델을 사용한 수치모형실험 모두 유사한 경향을 나타내 주었다. 특히 전빈과 후빈에서 침식에 의한 변화 양상은 정성적인 일치도가 높게 나타났으며 두 방법은 표시이동에 의한 지형변동을 예측하는데 있어 유용한 도구임을 재 확인 할 수 있게 해 주었다. 수리 및 수치모형실험을 통해 너울성 고파랑에 의한 해변의 침식 메커니즘을 분석한 결과 파랑의 내습시간과 쳐오름 높이의 변화가 후빈침식과 깊은 상호관계를 지니고 있다는 것을 확인 할 수 있었다. 이러한 너울성 고파랑의 내습빈도는 지구온난화와 더불어 계속적으로 증가할 것이 예상되므로 너울성고파랑의 파랑에너지를 저감시킬 수 있는 대책에 대한 연구가 계속적으로 진행되어야 할 것이다.

감사의 글

본 연구는 해양에너지 전문 인력 양성사업 및 지역혁신센터사업의 연구결과이며 지원에 감사드립니다.

참고문헌

- 김규한, 박창근, 한상대, 편종근(1997). 해빈내의 흐름장 해석을 위한 침투류 모형. 한국해양·해양공학회논문집, 9(3), 125~131.
- 김규한, 유형석 (2003). 현장관측에 의한 침식해안의 표사이동 분석, 대한토목학회논문집, 23(2B), 115~212.
- 유형석, 김규한, 정의진 (2008). 전촌-나정해안의 해안침식 원인 분석, 한국해양·해양공학회논문집, 20(6), 611~620.
- 천세현, 안경모 (2008). 해빈 중단면 변형의 수치모의. 한국해양·해양공학회논문집, 20(1), 101~110.
- Ali Farhadzadeh, Kobayashi and Mark B. Gravens (2010). Long-shore Current and Sediment Transport due to Breaking Waves and Alongshore Pressure Gradient, Research Report No. CACR-CACR-10-04
- Ho Thi True Linh (2009). Applicability of two cross-shore numerical models CSHORE and SBEACH for sediment transport in the surf zone, APAC, V.4, pp.358-364.
- Kobayashi (2009). Documentation of Cross-shore Numerical Model CSHORE 2009, Research Report No. CACR-09-06
- Kobayashi and Ali Farhadzadeh (2008). Cross-Shore Numerical Model CSHORE for Waves, Currents, Sediment Transport and Beach Profile Evolution, Research Report No. CACR-CACR-08-01
- Kobayashi, N., Agarwal, A., and Johnson, B.D (2007). Longshore current and sediment transport on beaches. J. Waterway, Port, Coastal, Ocean Eng., 133(4), 296-304.
- Shore Protection Manual.1984.4th ed.,2 vols, U.S Army Engineer Waterways Experiment Station, Coastal Engineering Research Center, U.S. Government Printing Office, Washington, DC.
- Phillips, O.M (1977). The dynamics of the upper ocean. Cambridge Univ. Press, Cambridge, U.K
- Sunamura, T. and Horikawa, K. 1975. "Two-Dimensional Beach Transformation due to Waves", Proc. 14th Coastal Engineering Conference, American Society of Civil Engineers, pp84-900.

원고접수일: 2012년 10월 4일

수정본채택: 2012년 10월 24일

게재확정일: 2012년 10월 24일