한국해안 · 해양공학회논문집
제 20 권 제 1 호, pp. 101~109, 2008년 2월

해빈 종단면 변형의 수치모의
Numerical Simulation of Beach Profile Changes

천세현* · 안경모**
Sehyeon Cheon* and Kyungmo Ahn**

요 지 : 현재까지 제안된 해빈 종단면 변형 모델은 공통적으로 폭풍으로 인한 해빈침식과 연안 사주의 형성에 대해서는 비교적 잘 모의 할 수 있었으나 폭풍 후 퇴적작용에 의한 정상 해빈으로의 복구 과정은 잘 모의 하지 못하고 있다. 본 연구에서는 이와 같은 한계를 극복하고자 쇄파에 의해 부유된 모래를 천수 Dean 상수를 이용해 재분배하는 메카니즘을 적용한 새로운 수치모델을 제안하였다. 수치모의 결과를 미육군공병단과 일본 중앙전력연구소에서 실시한 LWT (Large Wave Tank) 실험과 비교하여 정확성을 검증하였다.

핵심용어 : 연안사주, 평형해빈단면, 종단면유사이동, Dean 상수, SBEACH, 해빈

Abstract : Several numerical models for predicting beach profile changes have been developed by many researchers. Many of the earlier models are known to simulate the erosional profiles with the formation of offshore bar. However, most of the models don't have proper mechanism to incorporate the recovery process of the eroded profiles after a storm and can not simulate the beach accretion with acceptable accuracy. In order to overcome these shortcomings, we propose a new numerical model which has new features to simulate the accretional phase of beach recovery process after storm including such as redistribution of suspended sand particles near the breaking point. The simulation results of the proposed model were compared with LWT (Large Wave Tank) experiments performed at CRIEPI (Central Research Institute of Electric Power Industry in Japan) and CE (the Us Army Corps of Engineers) and it was shown to have performed better compared to SBEACH (Storm-induced BEAch CHange).

Keywords : offshore bar, equilibrium beach profile, cross-shore sediment transport, Dean number, SBEACH, beach

1. 서 론

최근 지구 온난화에 따른 해수면의 상승과 기상 이변의 속출로 인해 연안침식이 전 지구적인 문제로 대두 되고 있는 가운데 해안선 변형을 예측하기 위한 수치모델에 대한 관심과 연구도 지속적으로 증가하고 있다. 해안선 변형 모델은 크게 평면모델(planform model)과 단면모델(profile model)로 나누어 진다. 평면모델은 파랑 특성과 연안 구조물에 따른 등고선의 위치 변화를 추적하여 해안선의 변화를 예측하는 선모델(one-line model, n-line model)과 해빈의 지형변화를 총체적으로 분석하는 3차원 모델(3D model)로 구분된다. 단면모델은 파랑과 주어진 단면에 따른 종방향 유사이동량을 예측하는데 사용되며 본 연구에서는 단면모델 가운데 수렴형 모델(Table 1)을 대상으로 연구를 진행하였다.

단면모델은 크게 묘사형(descriptive) 모델, 수렴형(closed loop) 모델, 과정형(process-based) 모델의 3가지 유형으로 분류될 수 있으며 Table 1에 나타내었다.

특히 다른 두 모델과 비교해 수렴형 모델의 수치모의 능력이 뛰어난 것으로 인식되고 있다. 이는 대부분의 수렴형 모델의 경우 적용된 최종 수렴 해빈단면이 미국 연안의 실측치를 바탕으로 제안된 Dean(1977)의 평형단면해빈(EBP:

*한동대학교 건설환경연구소(Sehyeon Cheon, Institue of Construction and Environmental Research, Handong Global University, Pohang, Kyeongbuk, 791-708, Korea, shcheon@handong.edu)
**한동대학교 공간환경시스템공학부(Kyungmo Ahn, School of Spatial Enviroment System Engineering, Handong Global University, Pohang, Kyeongbuk, 791-708, Korea)

Table 1. Beach profile change models

구 분	설 명	연구결과
묘사형 모델	Dean 상수, 조위, 파랑조건 등으로부터 해빈의 변화를 정성적으로 예측하는 모델	Wright and Short(1984)
수렴형 모델	해빈단면이 파랑과 모래입자의 성질에 따라 특정한 모양으로 수렴한다는 가정하에 정량적으로 단면의 변화를 예측하는 모델	Swart(1975), CCCL (Chiu and Dean, 1984), EDUNE (Kribel and Dean, 1985), SBEACH (Larson and Kraus, 1989), CROSS (Zheng and Dean, 1996)
과정형 모델	모든 유사 이동 메커니즘을 종합적으로 적용하여 유사이동량을 계산하고 이로부터 해빈단면의 변화를 정량적으로 예측하는 모델	Dally (1984), STP (Fredsøe et al, 1985), K-ω (Andersen and Fredsoe, 1999), TKE (Davies and Li, 1997),

Equilibrium Beach Profile) 이론을 기반으로 제안된 이론이기 때문이다.

그러나 수렴형 모델이 해빈단면 예측 모델 중 공학적으로 가장 널리 사용되고 있다고는 하지만 폭풍 등과 같은 거친 파랑조건에서 발생하는 해빈의 침식은 비교적 정확하게 모의 할 수 있는 반면 폭풍 이후에 파고는 작지만 주기가 긴 파랑 조건에 의해서 해빈이 복구되는 과정은 잘 재현하지 못하는 단점을 가지고 있어 실제 해빈을 장기간에 걸쳐 예측하기에는 많은 제약이 따른다. 이에 본 연구에서는 수렴형 모델에 새로운 유사이동 메커니즘을 적용하여 폭풍에 의한 해빈의 침식뿐 아니라 폭풍 후의 해빈 복구과정까지를 잘 모의할 수 있는 모델을 제안하였다.

2. 수치모델의 제안

위에서 언급한 수렴형 모델 중 가장 널리 공학적으로 사용되고 있는 것이 SBEACH(Storm-induced BEAch CHange) 모델이다. SBEACH는 거시적(macroscale) 관점에서의 해빈단면 변형을 예측하기 위해서 미육군공병단에서 개발한 모델로, EBP 이론을 이용하여 폭풍에 의한 해빈의 침식과 연안 사주의 형성과 이동, 그리고 폭풍 후의 해빈단면의 복구 등의 수치해석이 가능하다. 그러나 폭풍에 의한 해빈의 침식과 연안사주의 형성은 비교적 정확하게 모의할 수 있는데 반해, 폭풍 후의 정상 해빈단면으로 복구되는 과정의 경우 그 수치모의 결과가 실제 관측 값과 상이하게 나타나 정상 해빈단면의 수치모의에는 사용하는 것이 적절하지 못하다고 알려져 있다.

본 논문에서는 SBEACH에서 사용된 파랑모델과 유사이동모델의 기본적인 골격은 유지하면서 새로운 유사이동 메카니즘을 적용하여 폭풍에 의한 해빈 침식과 연안사주의 형성과 이동을 수치모의하고 나아가 폭풍 이후에 정상 해빈단면으로의 복구 과정이 모의 가능한 수치모델을 제안하였다.

2.1 천수 Dean 상수의 적용

파랑 특성에 따른 해빈단면 변화를 수치모의하기 위해서 무엇보다 중요한 것이 주어진 파랑과 모래의 특성에 의해서 해빈이 어떻게 반응할 것인가를 판단하는 것이다. 과정형 수치모델의 경우 주어진 여러 메카니즘의 조합에 의해서 해빈의 반응이 결정되므로 특별히 해빈에서의 유사이동 방향을 미리 결정할 필요가 없다. 그러나 수렴형 수치모델

Table 2. Criteria of normal/storm profile

구 분	폭풍/정상 해빈단면 결정식
Small Wave Tank (Dean, 1973)	$\frac{H_0}{wT}>0.85$: 폭풍단면, $\frac{H_0}{wT}\leqq 0.85$: 정상단면
Large Wave Tank (Kriebel et al, 1986)	$\frac{H_0}{wT}>2.0\sim2.5$: 폭풍단면, $\frac{H_0}{wT}\leqq 2.0\sim2.5$: 정상단면
Field Data (Kraus et al., 1991)	$\frac{H_0}{wT}>3.2$: 폭풍단면, $\frac{H_0}{wT}\leqq 3.2$: 정상단면
SBEACH (Larson and Kraus, 1989)	$\frac{H_0}{wT}\frac{gH_0}{w^2}>8976$: 폭풍단면, $\frac{H_0}{wT}\frac{gH_0}{w^2}\leqq 8976$: 정상단면
Large Wave Tank (Dalrymple, 1992)	$\frac{H_0}{wT}\frac{gH_0}{w^2}>10{,}400$: 폭풍단면 , $\frac{H_0}{wT}\frac{gH_0}{w^2}\leqq 10{,}400$: 정상단면

여기서, H_0: 심해파고[m], w: 모래침강속도[m/sec], g: 중력가속도[m/sec^2], T: 파랑주기[sec]를 나타낸다.

의 경우 주어진 파랑조건과 해빈모래의 입경 또는 침강속도에 따라 해빈이 침식되는지 퇴적되는지가 결정되므로, 연구자 마다 각기 다른 침식/퇴적 해빈단면을 구분하는 기준들을 제시하고 있다. Table 2는 현재까지 발표된 대표적인 침식/퇴적 해빈 단면을 결정하는 기준을 요약한 것이다.

Dean(1973)은 모래입자가 파랑에 의한 바닥전단력으로 부유한 후에 침강하는 시간과 파랑주기의 비율에 따라 침식 및 퇴적해안이 결정된다는 이론을 발표한 후, 실험실에서 이를 검증하였다. 이 때 생성된 무차원수인 H_0/wT를 Dean 상수라고 하며, 여기서 H_0와 T는 각각 심해파고와 주기이며 w는 모래의 정지된 물에서의 침강속도이다. Dean 상수가 커질수록 침식이 되며 Dean 상수가 작을수록 퇴적이 되는 경향을 보이는데 축척모형 실험에 의하면 침식과 퇴적의 경계가 0.85라고 발표하였다. 즉 파고가 크고, 모래의 입자가 작고, 파랑주기가 짧을수록 Dean 상수가 커져 침식되고, 파고가 작고, 파랑의 주기가 길고, 모래입경이 클수록 Dean 상수가 작아져 퇴적의 경향을 보이게 됨을 알 수 있다.

Kriebel et al.(1986)은 실험실에서 축척 1:1의 실물축척 실험에 의해 침식/퇴적의 경계값을 2.0~2.5로, Kraus et al.(1991)은 해안의 현장자료에 의해 침식/퇴적의 경계값 3.2를 제시하였다. 이와 같이 실험실과 현장에서의 축척에 따라 경계값이 달라지는 가장 중요한 이유는 입자의 침강속도가 쇄파대 내에서 난류의 영향에 따라 달라지며, 쇄파 파고의 영향을 고려하지 않음으로 인해 생기는 결과로 추정된다.

따라서, 본 연구에서는 쇄파 파고의 영향을 고려하기 위해 천수 Dean 상수를 사용할 것을 제안하였다. 천수 Dean 상수는 심해 파고 대신에 쇄파 파고를 사용함으로서 쇄파대 내에서의 영향을 고려하기 위한 것으로, 수치모델에서는 파랑모델링에 의해 쇄파 파고를 계산하기 때문에 천수 Dean 상수를 사용하는 것이 상당히 용이하다. 천수 Dean 상수와 폭풍/정상 해빈단면 결정식을 관련짓기 위해 Kraus and Larson(1988)의 LWT(Large Wave Tank)실험 결과를 천수 Dean 상수를 기준으로 나타내 보았다. 천수 Dean 상수는 그 결과 Fig. 1에서와 같이 천수 Dean 상수 4를 기준으로 침식과 퇴적이 나누어짐을 알 수 있었다.

따라서 본 연구에서는 SBEACH의 폭풍/정상 해빈단면 구분기준을 따르지 않고, 식 (1)의 천수 Dean 상수를 폭풍/정상 해빈의 구분 기준으로 사용하였다.

$$D_b = \frac{H_b}{wT} \tag{1}$$

$D_b > 4$: 폭풍 해빈단면, $D_b \le 4$: 정상 해빈단면 (2)

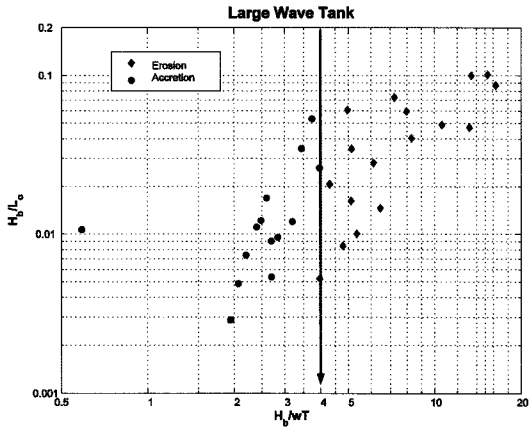

Fig. 1. Erosion/Accretion According to Dean Number.

위의 식 (1)에 의해서 결정되어진 천수 Dean 상수는 파랑과 모래의 특성에 따른 쇄파대 내부의 유사이동 방향을 결정할 뿐 아니라, 쇄파대 부근으로 이동한 유사들의 재분배율을 구할 때에도 사용되어 진다.

2.2 평형단면해빈에서의 유사 이동

SBEACH는 유사의 이동을 계산하기 위해서 Fig. 2와 같이 해빈단면을 비쇄파구역(prebreaking zone), 쇄파전이구역(breaking transition zone), 쇄파대(broken wave zone), 처오름구역(swash zone) 등의 4구역으로 나누었으며 각 구역별로 다른 유사이동식을 제안하였다.

각 구역별 유사이동율 계산식은 아래 식 (3), 식 (4), 식 (5), 및 식 (6)과 같다.

Zone 1: $q = q_b \exp[-\lambda_1 (x - x_b)], (x_b < x)$ (3)

Zone 2: $q = q_p \exp[-\lambda_2 (x - x_p)], (x_p < x \le x_b)$ (4)

Zone 3:

$$q = \begin{cases} K\left[D - D_{eq} + \dfrac{\varepsilon}{K}\dfrac{dh}{dx}\right], & D > \left(D_{eq} - \dfrac{\varepsilon}{K}\dfrac{dh}{dx}\right) \\ 0, & D \le \left(D_{eq} - \dfrac{\varepsilon}{K}\dfrac{dh}{dx}\right) \end{cases}$$

$$x_z < x \le x_p \tag{5}$$

Zone 4: $q = q_z\left(\dfrac{x - x_r}{x_z - x_r}\right), \quad (x_r < x \le x_z)$ (6)

여기에서, $\lambda_1 = 0.4(D_{50}/H_b)^{0.47}$, $\lambda_2 = 0.2\lambda_1$, H_b: 쇄파고[m], h: 수심[m] D_{50}: 모래평균지름[mm], q: 순유사이동량[m^3/m-sec], K: 유사이동계수[m^4/N], ε: 경사계수[m^2/sec], x: 종단좌표계[m] h: 수심[m], D_{eq}: 평형에너지감쇄

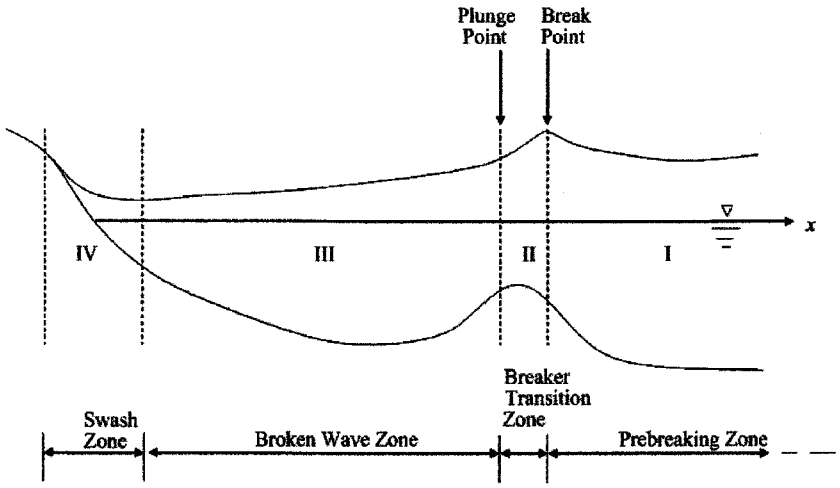

Fig. 2. SBEACH's Zone Division.

율[N-m/m^3-sec], D: 에너지감쇄율[N-m/m^3-sec]을 각각 나타낸다. 또한 아래첨자 b, p, z, r은 각각 쇄파시작점(breaking point), 권파쇄파점(plunging point), 쇄파대한계점(surfzone end point), 처오름한계점(run-up limit point) 등을 나타낸다.

SBEACH에서 유사 이동율은 Zone 3의 권파쇄파점으로부터 계산되어지며 나머지 구역에서는 Zone 3에서 계산된 결과 값을 연속적으로 계산하여 유사이동량을 계산하게 된다. 따라서 Zone 3의 유사이동량 산정이 모델의 전체 정확성에 크게 영향을 미치는 가장 중요한 요인임을 알 수 있다. SBEACH에서는 평형해빈단면 이론을 이용하여 Zone 3의 유사이동 공식을 제안하였다. 즉, 쇄파대 안에서 해빈단면이 평형 해빈단면에 이르게 될 때의 에너지 감쇄율을 평형에너지 감쇄율이라고 하고, 실제 에너지 감쇄율과 평형 에너지 감쇄율의 차이에 의해서 유사의 외해와 내해로의 이동이 발생하게 된다. 그러나 유사의 이동을 위의 식(5)와 같은 방법으로 계산할 때 아래와 같은 문제가 발생하게 된다.

첫째, 주어진 파랑 조건과 유사의 특성에 의해서 폭풍/정상 해빈단면이 결정이 되면, 침식이나 퇴적이 한 방향으로만 일어나게 된다. 실제의 관측에서는 폭풍 해빈단면의 특성과 정상 해빈단면의 특성이 쇄파대 내외해 부분에서 동시에 발생하기도 하는데 이러한 현상을 위의 식으로는 나타낼 수 없다. 둘째, 완전한 퇴적의 경우라고 할지라도 SBEACH에서 제시한 유사이동률 공식이 침식을 기준으로 제안된 것이기 때문에 퇴적의 경우 그 복구 형태가 실제와는 많이 다른 형태로 관찰 된다. 셋째, 위의 식에 의하면 해빈단면이 평형 해빈단면에 이르게 되면 유사의 이동이 없어져야 한다. 그러나 Larson(1999)에 의하면 평형상태에 도달한 해빈단면에서도 유사의 이동은 계속 진행되는 것으로

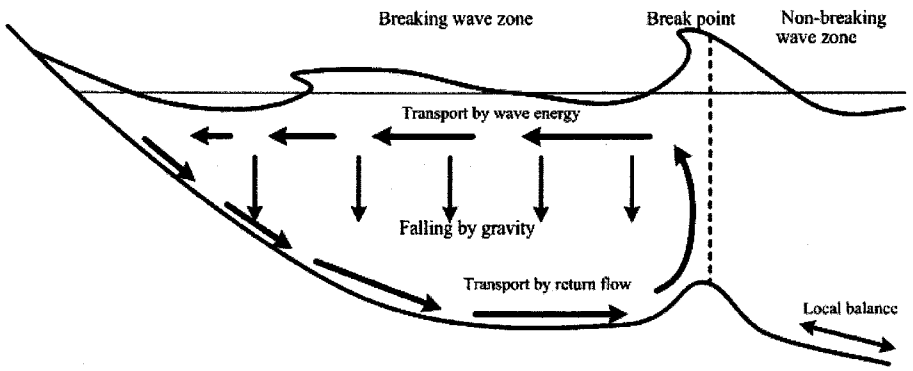

Fig. 3. Schematic picture of assumed sediment transport pattern in the surf zone for deriving an equilibrium profile shape.

관찰되고 있다.

Larson(1999)은 해빈단면이 EBP의 상태에 도달했을때 유사 이동을 Fig. 3와 같이 제안하였으며 쇄파대 안과 소파대 밖의 유사이동 메카니즘을 개별적으로 분석하여 각각의 EBP를 제안하였다.

그의 설명에 따르면 EBP의 쇄파대 내의 평형상태는 쇄파에 의해서 부유된 모래가 중력에 의해 침강되는 양과 되돌아오는 흐름(Return flow)에 의한 유사이동량이 같을 때 형성된다고 설명하고 있다. 그러나 현실적으로 평형 해빈단면에서 쇄파지점을 기점으로 내부와 외부의 유사 이동이 완전히 단절된다는 것은 이해하기 어려운 부분이다.

본 연구에서는 평형 해빈단면의 상태에서 되돌아오는 흐름에 의해 쇄파지점까지 이동된 유사가 모두 쇄파대로 다시 유입되는 것이 아니라 일부분은 비쇄파지역으로 이동하게 되며 쇄파지점 밖에서도 쇄파대 안으로 유사 이동이 끊임없이 일어난다고 가정하였으며 이를 도식화 하면 Fig. 4와 같다.

Fig. 4의 수정된 새로운 메카니즘을 적용하기 위하여 쇄파시 재분배 되는 유사의 양을 결정하기 위해 천수 Dean 상수를 이용하였다. 즉, 천수 Dean 상수의 값이 4에서 멀어질수록 폭풍 해빈단면 혹은 정상 해빈단면의 특성이 더욱 강하게 나타나게 됨으로 분배율도 이 차이에 비례해서 결정된다고 보고 천수 Dean 상수가 4보다 작으면 작을수록 쇄파대 안쪽으로 재분배율이 커지게 하고 4보다 크면 클수록 쇄파대 외부로의 재분배 율이 커질 수 있도록 하였으며 재분배율 q_{off}^{rd}, q_{on}^{rd}를 결정하는 식은 아래와 같다.

$$q_{off}^{rd} = (q_e - q_a)\left(\frac{D_b}{8}\right), \quad q_{on}^{rd} = (q_e - q_a)\left(\frac{D_b}{8} - 1\right)$$

when $D_b \le 4$

$$q_{off}^{rd} = (q_e - q_a)\left(\frac{D_b + 12}{32}\right),$$

$$q_{on}^{rd} = (q_e - q_a)\left(\frac{D_b - 20}{32} - 1\right)$$

when $D_b > 4$ (7)

여기에서 q_e: 쇄파대 끝에서의 유사이동량, q_a: 쇄파점에서부터 계산되어진 유사이동량, D_b: 천수 Dean 상수를 의미한다.

Fig. 4의 메카니즘에 따르면 Zone 1에서의 유사 이동율은 Zone 3에서의 유사 이동율과 함께 수치모델의 정확성에 지대한 영향을 미치게 되는 중요한 요소가 된다. 그러나 SBEACH에서 사용된 유사 이동식의 경우 폭풍 해빈단면의 경우에 한하여 얻어진 유사 이동량 그래프 중에 가장 높은 빈도를 나타내는 형태를 이용하여 유사 이동식을 제안하였기 때문에 퇴적이나 여타 특이한 경우에는 그 정확성이 현저히 떨어지게 된다. 또한 Zone 1의 유사 이동식 자체가 Zone 3의 유사이동식과 연결되어 있으므로 재분배 율을 구하는 것이 무의미 하다고 할 수 있겠다. 그러므로 Zone 1에 적용할 수 있는 새로운 유사 이동식이 필요하며 이를 위해 Sunamura(1984)가 Swash Zone의 유사 이동량 계산식을 위하여 제안한 식 (8)을 Zone 1의 유사이동율 계산식으로 사용하였다.

$$q = Aw_0 d U_r^{0.2} \psi'(\psi' - 0.13 U_r) \tag{8}$$

여기에서 A: 유사이동계수, w_0: 모래침강속도[m/sec], $\psi' = (d_0 w)^2/sgd$, U_r: Ursell상수$=HL^2/h^3$, d_0: 유체이동진폭[m], d: 입자의직경[m], s: 비중, g: 중력가속도[m/sec^2], ω: 각속도[radian/sec]를 나타낸다.

식 (7)과 식 (8)을 적용하여 식 (3), 식 (4), 식 (5)를 각각 아래의 식 (9), 식 (10), 및 식 (11)로 수정 제안하였다.

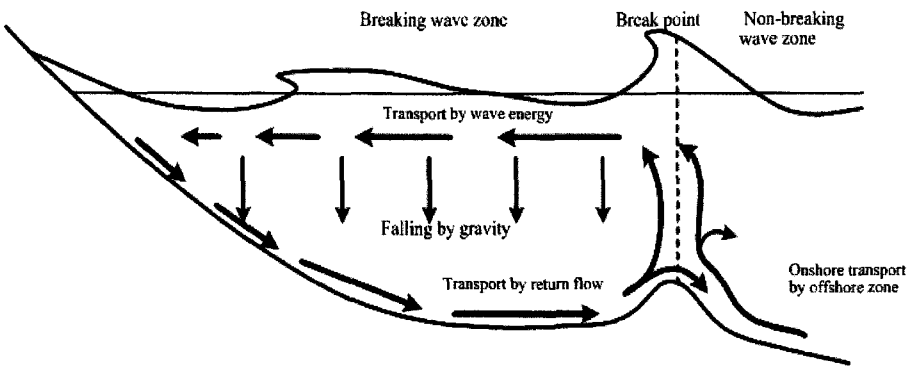

Fig. 4. Revised Schematic picture of assumed sediment transport pattern in the surf zone for deriving an equilibrium profile shape.

Zone 1:

$$q = Aw_0 dU_r^{0.2}\psi'(\psi' - 0.13U_r) + q_{off}^{rd}\exp[-\lambda_1(x - x_b)] \quad (x_b < x) \tag{9}$$

Zone 2: $q = q_p\exp[-\lambda_2(x - x_p)] + q_{off}^{rd}\exp[\lambda_2(x_b - x)]$ $(x_p < x \le x_b)$ (10)

Zone 3:

$$q = \begin{cases} K\left[D - D_{eq} + \dfrac{\varepsilon dh}{Kdx}\right] + mq_p^{rd}\left(\dfrac{H}{H_p}\right) \\ \qquad D > \left(D_{eq} - \dfrac{\varepsilon dh}{Kdx}\right), \ (x_z < x \le x_p) \\ mq_p^{rd}\left(\dfrac{H}{H_p}\right) \quad , \ D \le \left(D_{eq} - \dfrac{\varepsilon dh}{Kdx}\right) \quad (x_r < x \le x_z) \end{cases} \tag{11}$$

여기서, H_p는 최종쇄파점에서의 파고를 나타낸다.

3. 모델의 검증

제안된 유사이동율 계산식과 천수 Dean 상수를 적용한 수치모델을 제안하였으며 이 모델은 Kraus and Larson(1988)의 LWT(Large Wave Tank) 실험 조건과 동일한 조건하에서 수치모의를 수행하였다. LWT 실험 결과와 본 연구에서 제안된 모델의 수치모의 결과를 비교함으로써 제안된 모델의 정확성을 검증하고자 하며 검증에 사용된 LWT 실험의 실험조건은 Table 3과 같다.

침식 해빈단면의 경우 Fig. 5, Fig. 6, 및 Fig. 7에서와 같이 연안사주의 위치와 크기가 실제 실험결과와 매우 유사하게 나타나고 있으며 전체적인 해빈단면 변화 양상이 상당히 유사하다.

퇴적 해빈단면의 경우도 Fig. 8과 Fig. 9의 결과에서와 같이 전체적인 경향성과 생성된 퇴적지형의 크기와 위치가 거의 일치하고 있다.

또한, 미 공병단에서 실시한 LWT 실험(Fig. 5와 Fig. 8)의 경우 SBEACH의 수치모의 결과가 SBEACH 기술보고서(Larson and Kraus, 1989)에 기록되어져 있으며 이를 이용하여 제안된 모델과 SBEACH의 수치모의능력을 비교해 아래 Table 4에 나타내었다. 여기서 SSE(Sum of Squared Errors)의 정의는 아래 식 (12)와 같다.

$$SSE = \sum_{i=1}^{N_p}(h_i^m - h_i^c)^2 \tag{12}$$

Table 3. Experimental conditions of LWT test.

구 분	H (m)	T (sec)	h (m)	H_0/L_0	D_{50} (mm)	tanβ
CE 101	1.28	11.33	4.57	0.0054	0.40	1/15
CE 400	1.62	5.60	4.42	0.0351	0.22	1/15
CRIEPI 1-3	1.05	9.0	4.5	0.0075	0.47	1/20
CRIEPI 1-8	0.81	3.0	4.5	0.0607	0.47	1/20
CRIEPI 3-4	1.54	3.1	4.5	0.108	0.27	1/20

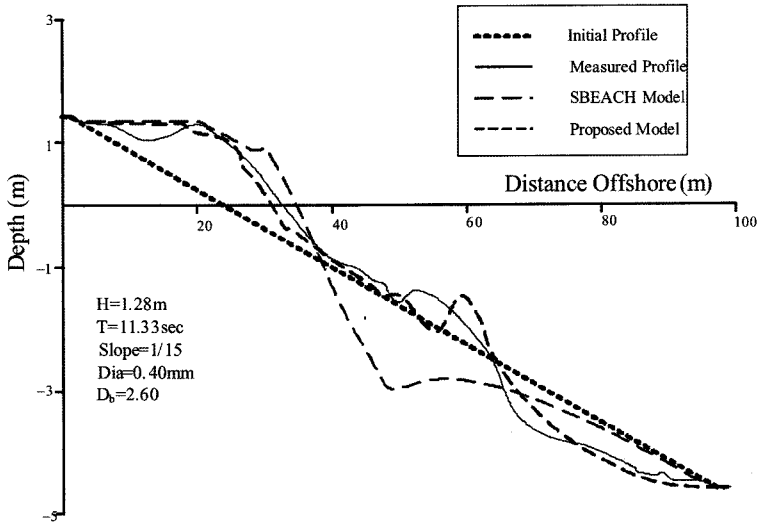

Fig. 5. Verification of Proposed Numerical Model (CE Case 400).

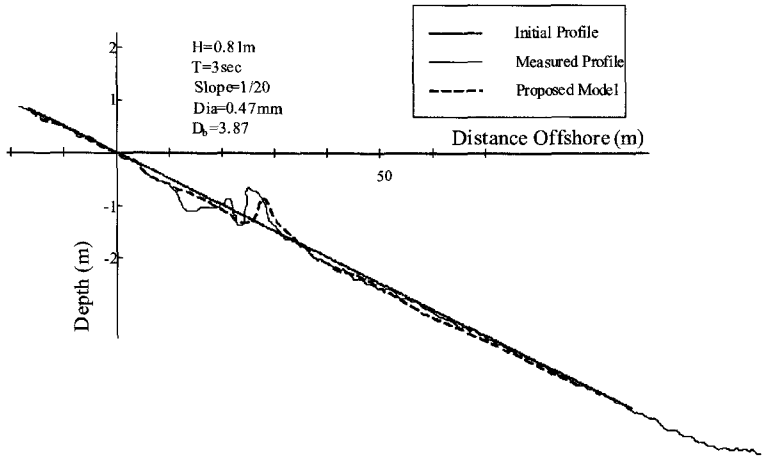

Fig. 6. Verification of Proposed Numerical Model (CRIEPI Case 1-8).

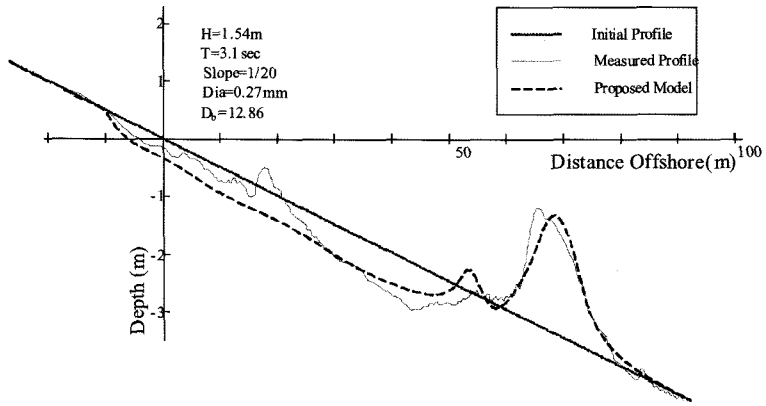

Fig. 7. Verification of Proposed Numerical Model (CRIEPI Case 3-4).

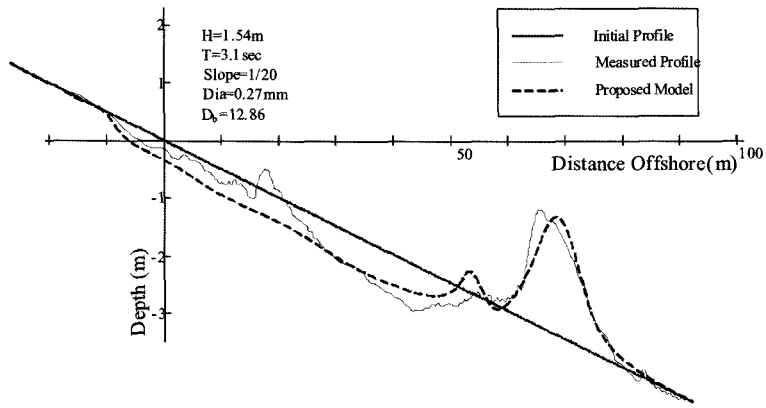

Fig. 8. Verification of Proposed Numerical Model (CE Case 101).

여기서, N_p= 수심비교지점의총개수, h^m= 실측된 수심, h^c=계산된 수심을 각각 나타낸다.

SBEACH와 제안된 수치모델을 비교한 결과 침식의 경우 SBEACH의 SSE 값이 더 작게 나타나고 있다. SSE 값의 결과만으로는 봤을 때 SBEACH의 수치모의 능력이 더 뛰어나다고 할 수 있겠으나 Fig. 5를 살펴보면 연안사주의 형성위치와 연안사주 인근의 지형변화에 대해서는 본 연구에서 제안된 수치모델의 더 우수한 결과를 나타내고 있다. 퇴

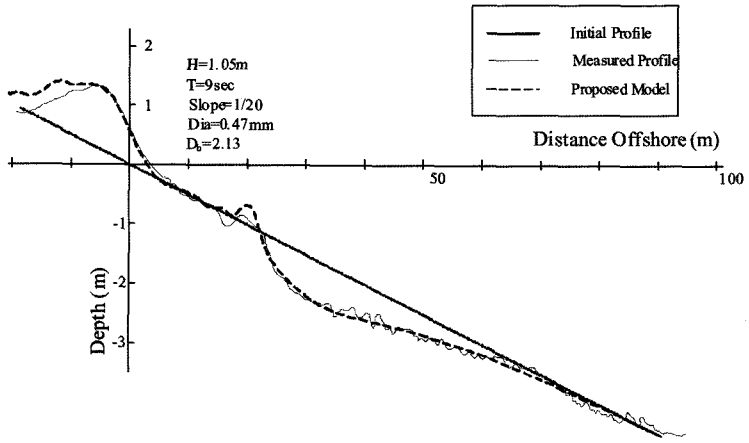

Fig. 9. Verification of Proposed Numerical Model (CRIEPI Case 1-3).

Table 4. Comparison of results (SSE)

구 분	관측 Vs. 제안모델	관측 Vs. SBEACH
퇴적 (Case 101)	3.58	39.32
침식 (Case 400)	14.35	9.13

적의 경우는 Fig. 8과 Table 3에와 같이 본 연구에서 제안된 모델의 수치모의 능력이 SBEACH 보다 월등히 우수하다는 것을 알 수 있었다.

4. 결론 및 요약

본 연구는 기존의 해빈단면의 변화를 구현하는 모델들이 폭풍 해빈단면은 잘 구현하는데 반해 정상 해빈단면으로의 복구에 대한 구현성이 떨어지는 문제점을 보완하는 새로운 메카니즘을 적용한 모델을 제시하였다. 이는 Larson(1999)의 EBP 분석과 천수 Dean 상수를 이용하여 쇄파대에서의 유사 재분배 메카니즘을 새롭게 도입한 것으로 이 메카니즘을 토대로 새로운 유사이동률 공식을 제안하였다. 미 육군공병단과 일본 중앙전력연구소에서 실시한 LWT 실험을 이용하여 제안된 모델을 검증하였으며 검증 결과를 그림과 SSE 값으로 제시하였다.

검증결과 본 연구에서 새롭게 제안된 유사 재분배 메카니즘을 통해 침식형 해빈단면을 잘 수치모의 할 수 있을 뿐 아니라 퇴적형 해빈단면 또한 잘 수치모의 할 수 있음을 알 수 있다.

감사의 글

본 연구는 건설교통부 지역특성화연구개발사업의 연구비 지원(05지역특성 B04-01)에 의해 수행되었습니다.

참고문헌

Andersen, K.H. and Fredsøe, J. (1999). How to calculate the geometry of vortex ripples. Proc. Coastal Sediments '99, ASCE, 78-93.

Chiu, T.Y. and Dean, R.G. (1984). Methodology on Coastal Construction Control Line Establishment. Beaches and Shores Resource Center, Institute on Science and Public Affairs, Florida State University, Tallahassee, FL.

Dally, W.R. (1980). A Numerical Model for Beach Profile Evolution. unpublished M.S. Thesis, University of Delaware, Newark, DE.

Dalrymple, R.A. (1992). Prediction of Storm/Normal Beach Profiles, J. Wtrwy., Port, Coast. and Oc. Engrg., 118(2), 193-200.

Davies, A.G., Li, Z. (1997) Modelling sediment transport beneath regular symmetrical and asymmetrical waves above a plane bed. Continental Shelf Research, 17(5), 555-582.

Dean, R.G. (1973). Heuristic Models of Sand Transport in the Surf Zone. Proc. of the Conf. on Eng. Dynamics in the Surf Zone, Sydney, Australia, 208-214.

Dean, R.G. (1977). Equilibrium Beach Profiles : U.S. Atlantic and Gulf Coast. Ocean Eng. Rep., No. 12, University of Delaware, Newark, DE, 1-45.

Fredsøe, J., Andersen, O.H. and Silberg, S. (1985). Distribution of suspended sediment in large waves. J. Wtrwy., Port, Coast. and Oc. Engrg., 111(6), 1041-1059.

Kraus, N.C. and Larson, M. (1988). Beach Profile Change Measured in the Tank for Large Waves, 1956-1956 and 1962. Technical Report CERC-88-6, Coastal Engineering Research Cener, US Army Engineer Waterways Experiment Station, Vicksburg, MS.

Kraus, N.C., Larson, M. and Kriebel, D.L. (1991). Evaluation

of Beach Erosion and Accretion Predictors. Proc. Coastal Sediments '91, ASCE, 572-587.

Kriebel, D.L. (1985). Numerical Simulation of Time-Dependent Beach and Dune Erosion, Coastal Eng., 9, 221-245.

Kriebel, D.L., Dally, W.R. and Dean, R.G. (1986). Beach Profile Response Following Severe Erosion Event. Report UFL/COEL-86/016, Coastal and Oceanographic Department, University of Florida, Gainsville, FL.

Larson, M. and Kraus, N.C. (1989). SBEACH: Numerical Model for Simulating Storm-Induced Beach Change (Report 1). Technical Report, Coastal Engineering Research Center, US Army Engineer Waterways Experiment Station, Vicksburg, MS.

Larson, M., Nicholas C. and Wise, R.A. (1999). Equilibrium beach profiles under breaking and non-breaking waves. Coastal Eng., 36, 59-85.

Sunamura, T., (1984). Prediction of on-offshore sediment transport rate in the surf zone including swash zone. Proc. 31st Japanese Conf. on Coastal Eng., JSCE, 316-320 (in Japanese).

Swart, D.H., (1975). Offshore sediment transport and equilibrium profiles. PhD thesis. Delft University of Technology, Delft.

Wright, L.D. and Short, A.D., (1984). Morphodynamicvariability of surfzones and beaches: a synthesis. Marine Geology 26, 93-118.

Zheng, J. and Dean, R.G. (1996). Numerical Models and intercomparisons of beach profile evolution. Coastal Eng., 30, 169-201.

Received January 10, 2008
Accepted February 14, 2008