

碎波帶에서 波高減衰 및 return flow에 관한 水理實驗

Hydraulic Experiment of Wave Height Dissipation and Return Flow in the Surf Zone

李宗燮* · 朴一欽*

1. 緒論

쇄파대에서 파고의 감쇠 및 내부유속장에 대한 이해는 표사문제 및 해안구조물의 설계 등에 있어서 중요하다(Nadaoka and Kondoh, 1982). 특히 해빈변형의 예측문제에 있어서 가장 중요한 문제의 하나는 쇄파대 내·외에서 저면마찰력과 표사량을 정도 높게 계산하는 것이다. 따라서 본 연구에서는 이러한 저면마찰력 및 표사량의 기동력이 되는 파고 및 유속을 2차원 조파수조에서 일정사면, 침식형 단면 및 퇴적형 단면의 고정상에서 각 단면별 및 층별로 측정한다. 그리고 측정된 파고와 유속값을 무차원 parameter로 정리하여 쇄파대에서 유체운동을 기술하고자 한다.

2. 實驗裝置 및 方法

2.1 實驗裝置

실험에서 사용한 2차원 조파수조는 길이 18.5m, 폭 0.6m, 깊이 1.0m이며, 수조를 가시화하기 위하여 측정단면 부근은 투명유리로 제작하였으며 사면의 경사는 1/20로 일정하게 두었다.

파고의 관측은 용량식 파고계를 사용하였다. 그리고 쇄파대에서는 용량식 파고계의 오차가 크게 나타나므로 video camera를 사용하여 측정하였다. 유속의 관측은 propeller형 정밀유속계(C-510AP)를 사용하였으며, 한방향의 유속을 얻기 위하여 propeller가 한방향으로만 회전할 수 있도록 한방향 회전장치를 부착하였다.

2.2 實驗方法

본 연구에서는 저면경사가 1/20인 일정사면, 침식형 및 퇴적형의 고정상에서 각각 3 case의 파랑을 발생시켜 총 9 case의 실험을 행하였다. 이러한 각 실험조건은 Table 1과 같다. 파고는 사면상의 각 단면에서 surf zone 부근에서는 10cm 간격으로, 심해영역에서는 30cm 간격으로 측정하였으며, 사면상에서 파의 반사, 수조의 고유진동, 조파기의 불안정성 등으로 인하여 발생하는 군파의 영향을 줄이기 위하여 50파를 평균하여 파고값을 정하였다. 유속은 연직방향으로 정수면, 정수면에서 파정부까지 2

* :釜山水産大學校 海洋工學科 (Department of Ocean Eng., National Fisheries University of Pusan, Pusan 608-737, Korea)

점, 정수면에서 파곡부까지 2점, 파곡부에서 저면까지 등간격으로 5점 측정하였으며, 측정단면은 파고의 경우와 동일하다.

Table 1. Experimental Conditions

profile type	case	H ₀ (cm)	T(sec)	H ₀ /L ₀	breaker type	beach slope
uniform slope	1-1	8.99	1.2	0.042	plunging	1/20
	1-2	7.23	1.5	0.024	plunging	1/20
	1-3	6.28	1.8	0.016	plunging	1/20
erosion type	2-1	8.99	1.2	0.042	plunging	1/20
	2-2	7.23	1.5	0.024	plunging	1/20
	2-3	6.28	1.8	0.016	plunging	1/20
accretion type	3-1	8.99	1.2	0.042	plunging	1/20
	3-2	7.23	1.5	0.024	plunging	1/20
	3-3	6.28	1.8	0.016	plunging	1/20

3. 碎波帶에서 流體運動의 記述

정상상태에서 한방향으로만 진행되는 파의 에너지밀도 변화는 식(1)과 같다 (Nishimura and Sunamura, 1986).

$$\frac{\partial EC_g}{\partial X} + \Gamma = 0 \quad (1)$$

여기서 x : shoreward coordinate, Γ : 쇄파와 관련된 파고감쇠항

규칙파에 수반하는 radiation stress는 에너지밀도로 부터 쉽게 계산이되고, 이에 따른 wave set-up에 의한 해수면의 상승량은 식(2)를 적분함으로써 구할 수 있다 (Nishimura and Sunamura, 1986).

$$\frac{\partial \zeta}{\partial X} + \frac{1}{\rho g d} \frac{\partial}{\partial X} \left[\left[2n - \frac{1}{2} \right] E \right] = 0 \quad (2)$$

쇄파대에서 질량수송은 외해측으로의 return flow를 발생시킨다. 일반적으로 return flow는 저면부근에서 최대속도를 가지며, 이것은 undertow라 불리워 진다. Navier-Stokes 방정식으로 부터 유도된 파에 의한 return flow에 관한 기초식은 다음과 같다(Lee, 1991).

$$\bar{U} \frac{\partial \bar{U}}{\partial X} = \frac{\partial}{\partial Z} \left(A_z \frac{\partial \bar{U}}{\partial Z} \right) - \alpha(X, Z) - \frac{\partial \overline{U_w W_w}}{\partial Z} \quad (3)$$

$$\text{단, } \alpha(X, Z) = g \frac{\partial \zeta}{\partial X} + \frac{\partial \overline{U_w^2}}{\partial Z} - \frac{\partial \overline{W_w^2}}{\partial Z}$$

$$\frac{\partial \bar{U}}{\partial X} + \frac{\partial \bar{W}}{\partial Z} = 0 \quad (4)$$

여기서, \bar{U} , \bar{W} : X, Z방향의 시간평균유속, U_w , W_w : 파동에 의한 물입자속도의 X, Z 방향성분, ζ : 정수면으로 부터의 평균해면 변화량, A_z : 와동확산계수

4. 實驗結果 및 討議

4.1 波高減衰

1/20 일정사면, 침식형단면 및 퇴적형단면상에서 각 파형경사별 쇄파대 및 부근의 파고분포는 Fig.1과 같다. 그림에서 세로축은 상대파고 H/H_0 , 가로축은 상대거리 x/x_b 를 사용하였다.

일정경사 및 퇴적형단면에서의 쇄파 후 파고감쇠는 비교적 완만하게 변화하는 양상을 나타내고 있다. 그러나 침식형단면의 경우에는 쇄파점 부근에 bar의 crest가 존재하므로 쇄파 직후 파고가 급격히 감소하였다가 증가하여 완만하게 파고가 감소하는 경향을 보여준다. 또한 모든 경우에 있어서 파형경사가 작을수록 쇄파점에서 상대파고 크게 나타났으며 파형경사가 클수록 쇄파전 파고가 완만하게 증가하는 경향을 보여준다. 그리고 퇴적형단면의 경우 사면의 반사로 인하여 정선부근의 파고가 다른 경우보다 크게 나타났으며, 침식형의 경우 bar에 의한 급격한 에너지 감쇠로 인하여 다른 경우보다 파고가 작게 나타나는 경향을 보인다.

4.2 return flow

Table 1의 조건에 관한 쇄파대 부근의 return flow의 측정결과는 각 단면별로 Fig.2 ~ Fig.4와 같다. 그림에서 파의 한주기동안 평균된 유속값은 쇄파점에서 파의 위상속도로 무차원화한 Froude 수의 형태로 도시하였다. 측정된 유속의 최상층값은 파꼭부의 유속이며 최저층의 유속은 저면에서 1.5cm 높이에서 값이다.

쇄파대 내에서 return flow는 저층부근에서 외해쪽으로 크게 나타나며 상층으로 갈수록 급격한 질량수송의 영향으로 거의 파꼭부에서는 해안방향을 나타낸다. 그리고 쇄파점 바깥쪽에서는 질량수송량이 쇄파대보다 작으므로 return flow의 크기가 작게 나타난다. 침식형단면의 경우 대체적으로 쇄파대 내에서는 심해방향, 쇄파대 밖에서는 해안방향을의 유속값을 나타내었으며, 퇴적형의 경우 침식형에 비하여 해안쪽 흐름의 특성을 나타내며, 일정사면에서는 침식형과 퇴적형의 중간정도 값을 나타내었다.

5. 結論

2차원 조파수조의 1/20 일정사면, 침식형 단면 및 퇴적형 단면에서 각각 3 case의 파랑작용하에서 파고분포와 파의 한주기 동안 평균한 return flow를 측정하였다. 이상의 결과를 요약하면 다음과 같다.

1) 파고변화는 파형경사가 작을수록 쇄파점에서 상대파고가 크게 나타났으며, 파형경사가 클수록 파고변화가 완만하였다. 그리고 침식형의 경우 bar의 영향으로 쇄파 후 파고가 급격히 감소하였으며, 이러한 영향으로 정선에서 파고가 가장 작게 나타났다. 퇴적형은 이와 반대로 사면의 반사로 인하여 정선에서 파고가 크게 나타났다.

2) 파의 한주기를 평균한 return flow는 쇄파대에서, 침식형의 경우 심해방향으로 크게 나타났으며 퇴적형의 경우에는 대체적으로 해안방향의 특성을 보이며 일정사면은 중간정도의 유속을 나타내었다. 쇄파대 밖에서는 return flow의 크기가 미약하며 저층에서는 모든 경우에서 해안방향을 나타 내었다.

앞으로 식(1)의 파고감쇠항 및 식(3)의 return flow를 기술하기 위한 수학적 모형을 개발하는데 많은 연구가 있어야 하겠다.

辭謝

이 논문은 1990년도 문교부지원 한국학술진흥재단의 지방대육성 학술연구조성비에 의한 연구결과의 일부이다.

參考文獻

- Nadaoka, K. and T. Kondoh, 1982. Laboratory measurements of velocity field structure in the surf zone by LDV, Coastal Eng. in Japan, Vol.25, pp 125~145.
- Nishimura, H. and T. Sunamura, 1986. Numerical simulation of beach profile changes, Pro. 20th Inter. Conf. Coastal Eng., Vol. 4, ASCE, pp 1444~1455.
- Lee, J. S., 1991. The calculation of bed friction in the surf zone, unpublished papaer.

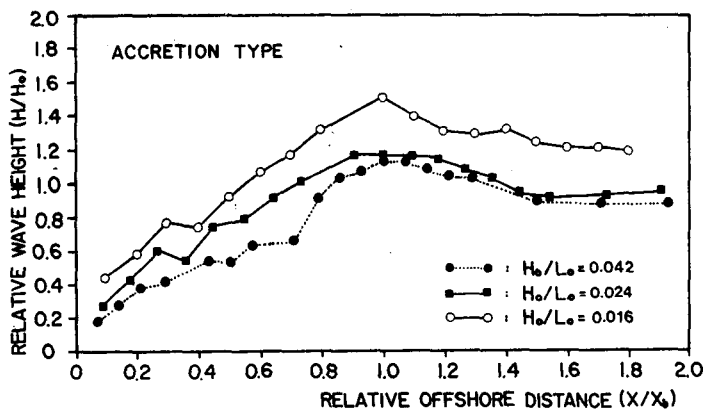
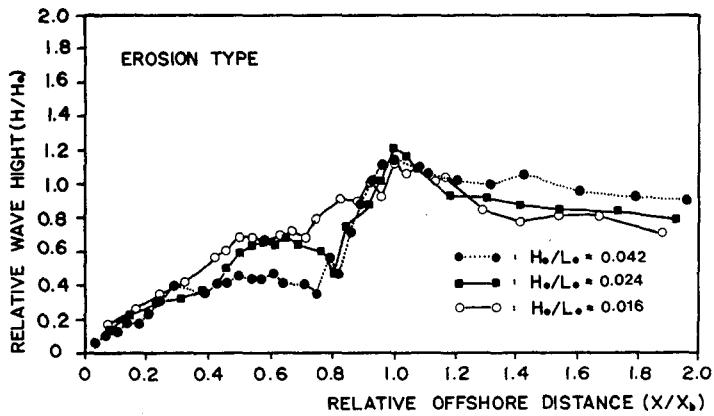
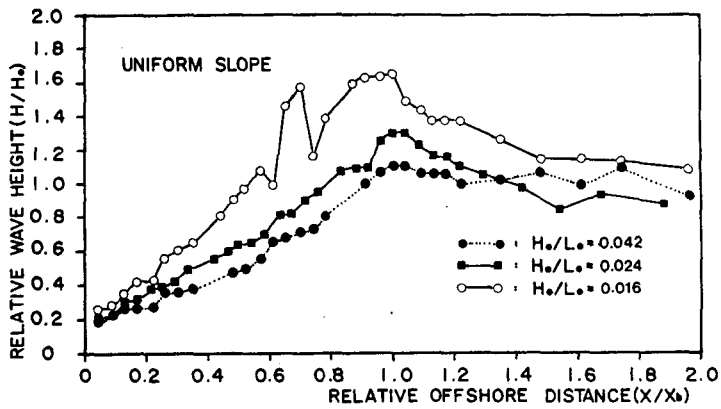


Fig.1. Wave height dissipation in the surf zone.

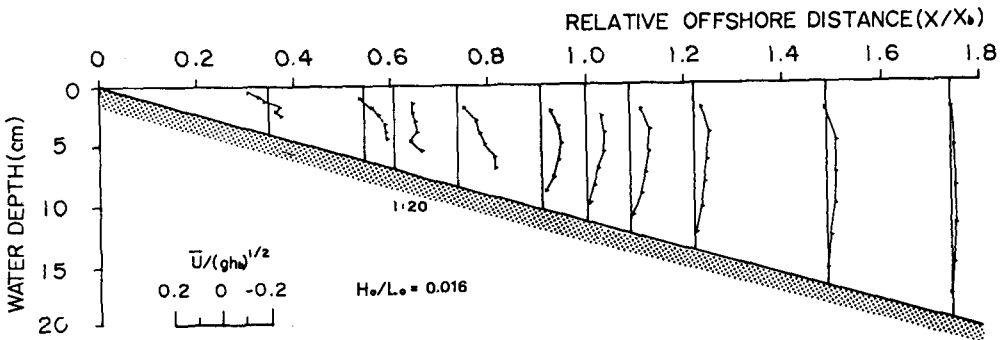
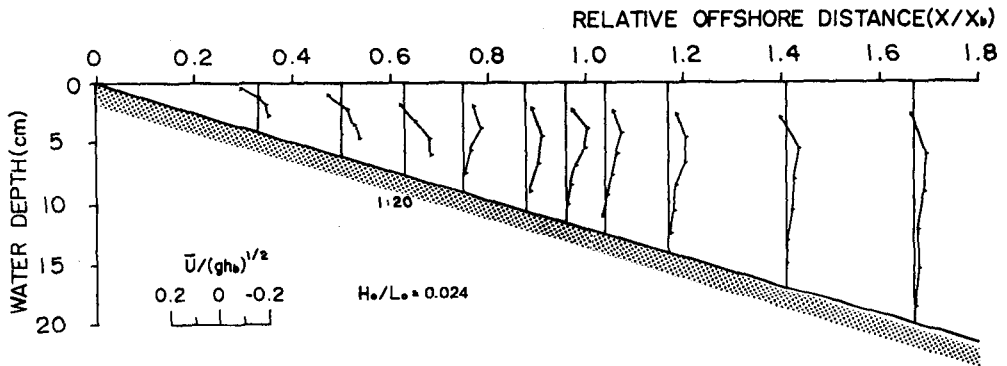
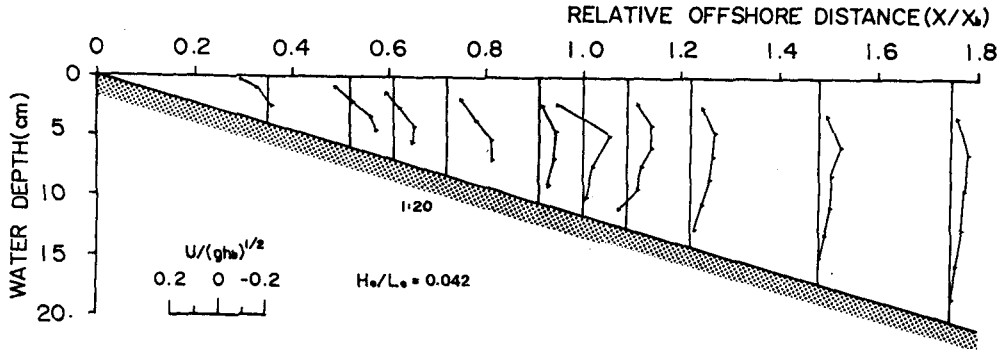


Fig.2. Dimensionless return flow profile for uniform slope (case 1-1 ~ 1-3).

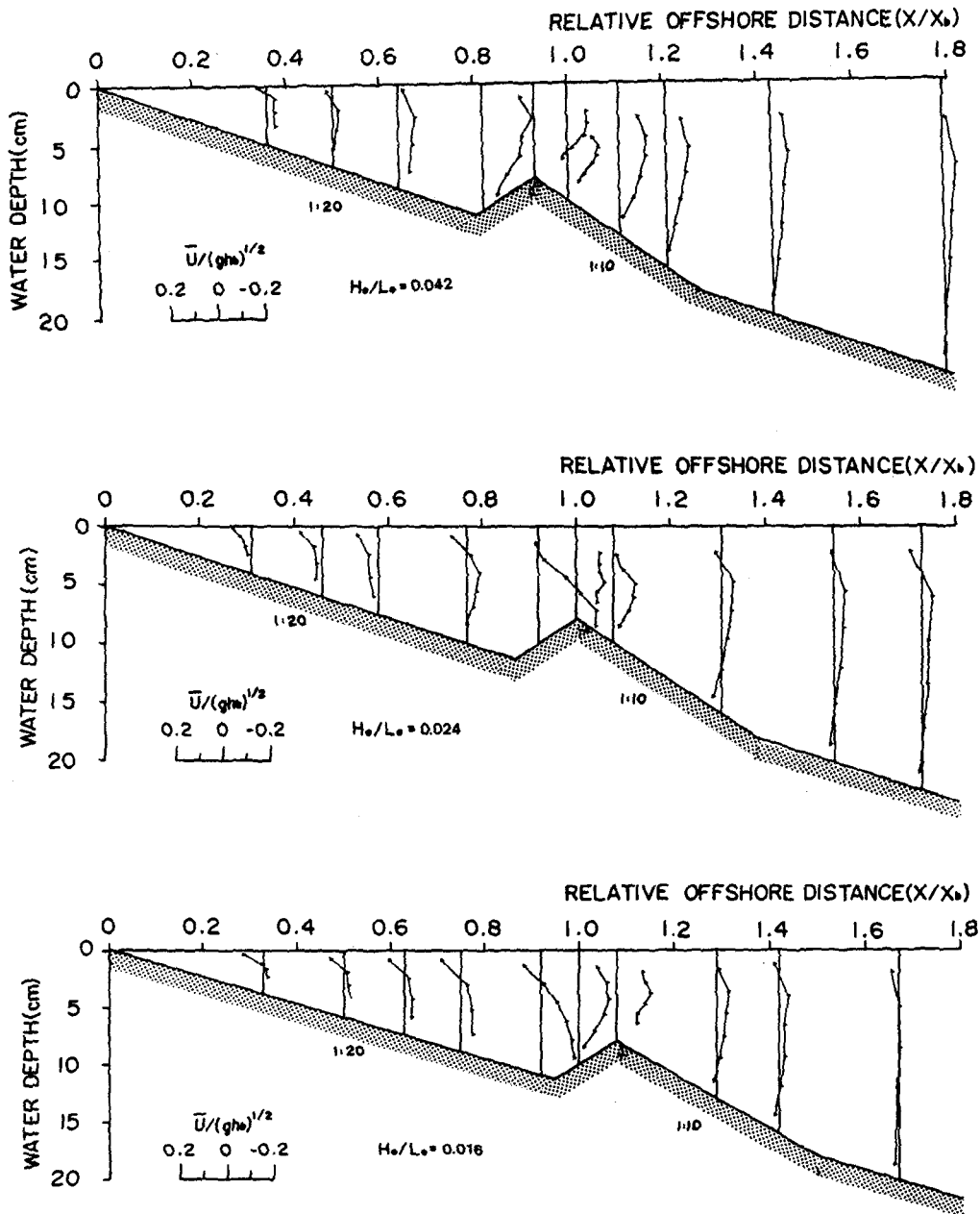


Fig.3. Dimensionless return flow profile for erosion type (case 2-1 ~ 2-3).

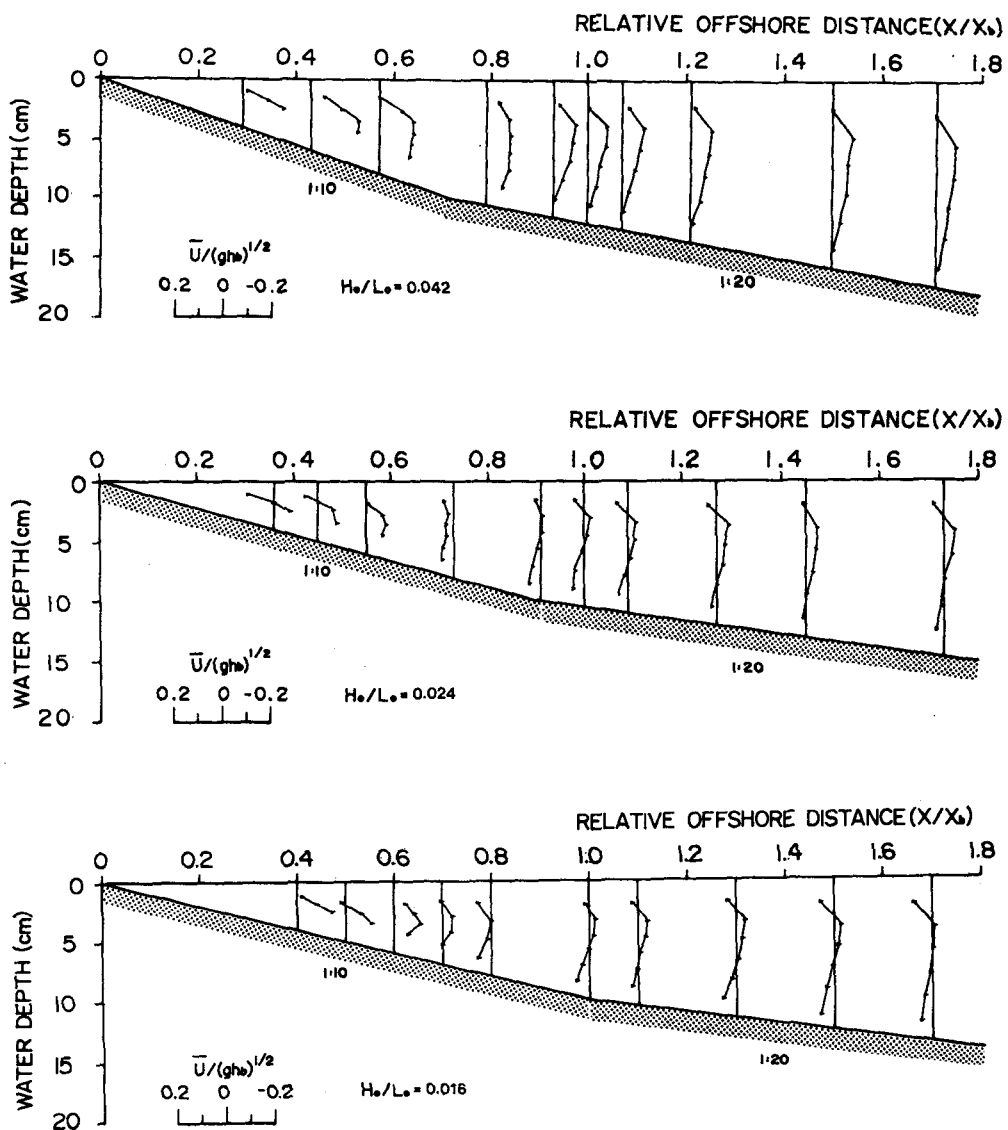


Fig.4. Dimensionless return flow profile for accretion type (case 3-1 ~ 3-3).