

岸冲方向 漂砂移動에 대한 移動床 模型法則에 관한 研究

(The Study of Movable-bed Modeling Law
for on-shore off-shore Sediment Transport)

梁 輪 模 釜山大學校 土木工學科 教授
金 貞 扶 東義工業專門大學 土木工學科 副教授
鄭 相 鎮 釜山大學校 大學院 土木工學科

1. 序 論

岸冲方向의 漂砂移動에 관한 水理學的 模型相似는 沿岸海域의 物理的 變遷過程 파악에 중요한 수단으로 지적되고 있으며, 개개의 실험실에서 각자의 기본개념으로 模型研究를 행하여 사용하고 있는 실정이다.¹⁾

移動床模型은 水力學과 漂砂의 복잡성으로 어려운 문제로 인식되어 있고^{1),2)}, 해석적으로 해를 구하기 어려워서 공학적 근사로 파라미터 관계를 이용하여 동력학적인 과정을 파악하려고 시도되고 있다.¹⁾

移動床 模型法則은 波浪현상에 대하여 Froude 相似가 통례로 되어있고^{1),3),4)}, 다른 파라미터로는 Dean의 無次元 沈降速度⁵⁾, 碎波帶 相似指數⁶⁾, 漂砂의 初期移動速度¹⁾ 등을 들 수 있다.

본 연구에서는 Froude 相似와 碎波帶 내에서 漂砂移動을 결정하는 服部⁷⁾의 식을 이용하여 岸冲漂砂移動에 대한 새로운 모형법칙을 유도하여 다른 모형법칙과 그 재현성을 비교검토하고 본 모형의 타당성을 검토하는 것을 목적으로 하였다.

2. 岸冲漂砂 移動에 관한 근사관계식

近海의 重力波에 대해서 유체이동에 관한 기본적인 관계식은 관성력에 대한 중력의 비로 나타나는 Froude 數로 결정된다.

$$F_r = \frac{V}{\sqrt{gh}} \quad (1)$$

여기서 V 는 특정한 주방향의 흐름속도이고 h 는 특정 흐름의 길이이다. 근해에서 자유수면의 흐름에 대한 특정 흐름 길이는 수심으로 수직거리로 나타낼수 있고, 주방향 흐름속도는 수직방향의 유속으로 정의된다.¹⁾

模型에서 Froude 數가 보존된다면 (1)식은 다음의 시간과 수직거리의 관계식으로 줄여진다.

$$N_t = N_v^{0.5} \quad (2)$$

여기서 N_t (여기서 N_t 는 원형에 대한 모형의 비이다)는 시간 축척이고 N_v 는 수직방향거리 축척을 나타낸다. 결국 (2)식은 波形傾斜 (H_o/L_o)가 보존되고 있음을 나타낸다.

服部⁷⁾는 碎波帶내의 海濱變遷過程을 결정짓는 파라미터로 波形傾斜 (H_o/L_o), 정선에서 쇄파점까지 海濱傾斜 ($\tan\beta$) 그리고 Dean의 無次元 沈降速度 (W_s/gT)를 이용하여 다음식을 제안하였다.

$$(H_o/L_o) \tan\beta / (W_s/gT) \lesseqgtr 0.5 \quad (3)$$

(3)식에서 파라미터 값이 0.5 이상이면 침식성 해안이고, 0.5 이하이면 퇴적성해안이다. 이 파라미터를 이용한 해빈변천 예측은 실험과 현지 관측에서 모두 동일한 계수 (0.5)로 잘 구분되는 것으로 나타내어졌다.⁷⁾ 이 식을 이용하면 파형경사, 입자의 침강속도, 해빈 경사를 포함하는 다음과 같은 모형식을 유도할 수 있다.

(3)식에서 H_0 는 수직축적 N_v 로 쓰고 $L_0 (= \frac{gT^2}{2\pi})$ 는 시간축적 N_t^2 으로 쓸 수 있고, $\tan\beta \approx \frac{h}{L}$ (여기서, h 는 수심, L 은 수평길이)는 N_v/N_h 로 쓸 수 있고 무차원 침강속도 W_s/gT 는 침강속도를 N_w , 시간축적 N_t 로 쓰고, 중력가속도 g 는 $N_g = 1$ 로 쓰면 결국,

$$\frac{N_v^2}{N_t \cdot N_h \cdot N_w} = 1 \quad (4)$$

이 된다. (4)식의 N_t 를 (2)식을 이용하여 다시 쓰면

$$\frac{N_v^{1.5}}{N_h \cdot N_w} = 1 \quad (5)$$

(5)식은 수평길이축척, 수직길이축척 그리고 침강속도의 항으로 표시되어 Hughes의 결과와는 달리 쇄파대 상사지수가 보존되지 않는 것으로 나타났는데, 이는 尾崎⁸⁾의 연구에서 정선변화에 쇄파대 상사지수보다 입경과고비가 더 크게 관여된다는 보고와 유사한 결과이다.

(5)식에서 동일입경을 사용할 때 (6)식과 같이 쓸 수 있다.

$$N_h = N_v^{1.5} \quad (6)$$

제안된 모형법칙은 결국 (2)식과 (5)식으로 나타내어진다.

(2)식에서 파형경사가 보존되는 점은 Vellinga³⁾, Hallermeier¹⁾ 모형과 유사하지만 입경에 관한 식은 그들과 다르고 또, 쇄파대 상사지수가 보존되지 않는 점은 Hughes의 결과와 다르다. 또, 왜곡되지 않은 모형을 사용할 때 $N_v = N_w = N_t$ 로 파형경사와 침강속도가 보존되는 점은 Hughes의 결과와 동일하다.

3. 모형 실험

3-1 원형조건의 선정

원형은 태풍베라호에 의한 해운대 砂濱地形의 변화를 택하였다.

베라호는 1986년 7월 27일에서 29일사이 우리나라 남서부 해안에서 중부지방으로 지나갔다.

태풍전의 지형은 1986년 7월 15일의 측량결과를 기준으로 하고, 태풍후의 지형은 태풍이 지나간 다음날인 1986년 7월 30일의 측량결과를 기준으로 하였다.

원형의 파랑조건은 그날 해운대의 파랑 관측자료가 없어서 해운대에서 8 km 떨어진 朝島의 파고 기록을 이용하였다. 이들 자료는 한국해양 과학기술에서 측정한 1983년 8월의 해운대 이상파랑 기록과 조도의 파고기록을 검증한 결과 편차가 0.5 m 정도로 어느정도 선형성이 있었으므로 이들 자료를 기초로 베라호 파랑을 추정한 결과 파고 $H_{1/3} = 1.5m$ 주기 $T_{1/3} = 7sec$ 이었다.

이들 결과를 기초로 $H_{1/3} = 1.5 m$, $T_{1/3} = 7 sec$ 를 원형조건으로 정하였다.

폭랑시 수위상승이 지형변화에 중요한 인자로 지적되어있고^{9),10)} 실제해안과 유사한 조건을 실험실에서 재현하기 위하여 이들값의 고려가 필요하다.²⁾ 그래서, 수위상승은 베라호때 부산항의 조위기록과 조위표상의 예측조위를 비교하여 최대 상승을 60 cm로 정하였다.

3-2 모형실험

모형으로 사용한 수조는 부산대학교 토목공학과에 있는 길이 22m 높이 1m 폭 0.6m의 조파수조의 반을 이용하였다. 조파기는 플랩형으로 수위와 암 (arm) 으로 파고를 조절할 수 있다.

사용한 모래는 입경 (d_{50})이 0.44 mm 인 비교적 원형에 가까운 모래를 사용하였다. 원형 재현을 위해 사용한 모형축척식과 실험 파랑조건은 규칙파로 표 3-1에 나타내었다.

표 3-1 실험조건과 모형축척비

단 면	제안자	Vellinga (1982)	Hughes (1983)	Hallermeier (1985)	This study (1987)
	모형조건	Dm = 0.44 mm		Ws = 5.51 cm / sec	
	원형조건				
1	$D_p = 0.656\text{ mm}$	$N_v = 20$	$N_v = 10$	$N_v = 20$	$N_v = 20$
	$W_s = 83.9\text{ cm/s}$	$N_b = 36.56$	$N_b = 20.76$	$N_b = 28.66$	$N_b = 58.73$
	$H_p = 1.5\text{ m}$	$N_t = 4.472$	$N_t = 6.56$	$N_t = 4.472$	$N_t = 4.472$
	$T_p = 7\text{ sec}$	$\Delta = 1.828$	$\Delta = 2.076$	$\Delta = 1.433$	$\Delta = 2.93$
2	$D_p = 0.44\text{ mm}$	$N_v = 20$	$N_v = 9$	$N_v = 20$	$N_v = 20$
	$W_s = 6.42\text{ cm/s}$	$N_b = 46.27$	$N_b = 27$	$N_b = 23.5$	$N_b = 90.89$
	$H_p = 1.5\text{ m}$	$N_t = 4.472$	$N_t = 9$	$N_t = 4.472$	$N_t = 4.472$
	$T_p = 7\text{ sec}$	$\Delta = 23.14$	$\Delta = 3$	$\Delta = 1.175$	$\Delta = 4.54$
3	$D_p = 0.516\text{ mm}$	$N_v = 20$	$N_v = 9$	$N_v = 20$	$N_v = 20$
	$W_s = 53.8\text{ cm/s}$	$N_b = 42.62$	$N_b = 23.31$	$N_b = 25.4$	$N_b = 77.23$
	$H_p = 1.5\text{ m}$	$N_t = 4.472$	$N_t = 7.77$	$N_t = 4.472$	$N_t = 4.472$
	$T_p = 7\text{ sec}$	$\Delta = 2.131$	$\Delta_v = 2.59$	$\Delta = 1.27$	$\Delta = 3.862$

수위상승은 최대상승 60 cm 를 고려하여 축척 시간대에서 선형적으로 변화하는 것으로 Hughes²⁾의 방법과 동일하게 행하였다.

3-3 모형실험의 결과

3가지 단면에 대한 모형실험 결과를 그림 3-1에서 3-3에 나타내었다. 이들 단면은 畠田¹⁾의 쇄파지표를 이용하여 쇄파점을 결정하여 (3)식에 따라 분류하면 1 단면은 퇴적형 그리고 2, 3 단면은 침식형으로 이는 관측 결과와도 잘 일치한다.

원형표사보다 細砂를 사용한 단면 1의 경우 Vellinga 식과 본 연구에 의한 결과가 원형재현이 양호하였다. 그러나 원형표사와 크기가 거의 같은 입경이 되는 단면 2와 3의 경우는 Hughes와 본 연구에서 침식현상 재현은 양호하지만 후빈에서의 퇴적현상은 오히려 Vellinga의 모형이 더 잘 모의되는 것으로 나타났다. 그러나 정선 부근이 Vellinga 모형에서 퇴적이 일어나서 반대의 결과가 나타난 것은 원형과 같은 크기의 입경을 사용할 때 재현이 잘 되지 않는다는 Vellinga³⁾의 지적과 일치하는 것 같다.

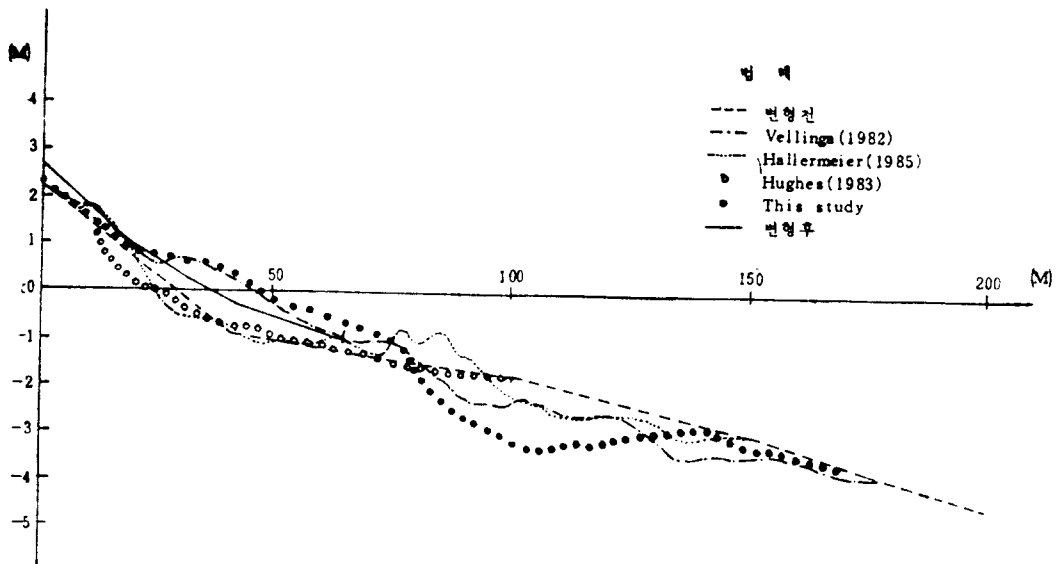


Fig. 3-1 단면 1 (퇴적형)

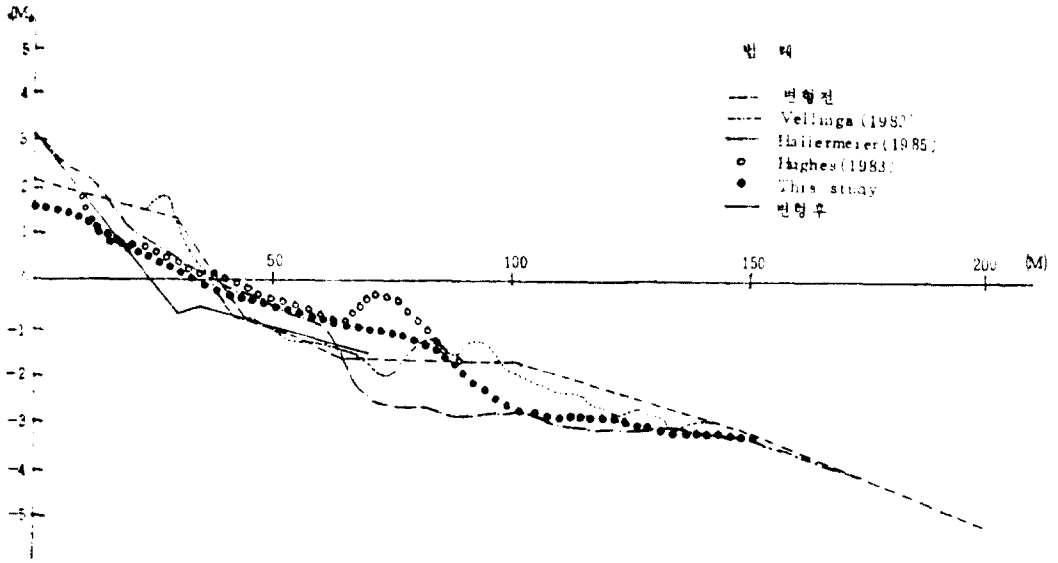


Fig. 3-2 단면 2 (침식형)

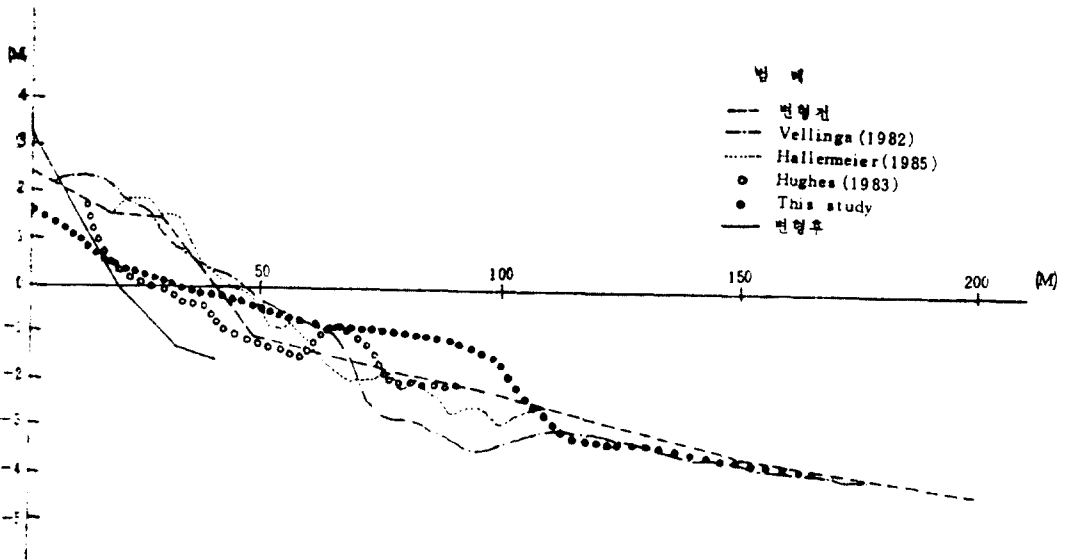


Fig. 3-3 단면 3 (침식형)

4. 고찰

Froude상사와 服部⁷⁾의 해빈변천과정을 결정하는 파라미터에서 구한 모형상사는 시간에 대해서 Froude상사로 공간에 대해서는 Hughes²⁾의 식과 동일하게 나왔다. 그러나 쇄파대 상사지수가 보존되지 않고 시간 축적이 Hughes의 결과와 달리 나타났다.

실험에 의한 3가지 단면에서 퇴적형인 단면 1의 경우 그림 3-1에서 알 수 있듯이 정선이 전진하여 퇴적된 결과로 나타나고 침식형인 단면 2와 3은 정선이 후퇴하여 정성적으로는 일치하고 있음을 알 수 있다.

실험에 선정된 원형상황이 관측자료의 불충분과 실험 case가 적어서 완벽한 검증은 되지 못했지만, 지금까지 본 모형의 결과에서 다음 사항을 논할 수 있었다.

- 1) 전체적으로 정선의 전진, 후퇴는 잘 모의 될 것으로 보인다.
- 2) 1 단면이 細砂 (원형 $d_{50} = 0.656 \text{ mm}$, 모형 $d_{50} = 0.44 \text{ mm}$)를 사용한 것이 2, 3 단면의 粗砂 사용보다 잘 모의된 것으로 생각된다.
- 3) 전체적인 단면형상중 1 단면은 전체가 퇴적된 점은 관측결과와 일치하지만 2, 3 단면에서 후빈의 퇴적이 재현되지 않은 점은 왜곡이 크서 반사파 영향이 크진 것으로 생각되며 이들의 영향은 현재 연구를 진행중에 있으므로 다음 기회에 발표하기로 한다.

참 고 문 헌

- 1) R.J. Hallermeier, "Unified Modeling Guidance based on a sedimentation Parameter for beach changes", Coastal Eng., 1985, Vol.9, pp.37-70.
- 2) S.A. Hughes, "Movable-Bed Modeling Law for Coastal Dune Erosion", A.S.C.E. J. of Waterway, Port, Coastal and Ocean Eng., Vol.109, No. 2, May, 1983. pp.164-179.
- 3) P. Vellinga, "Beach and Dune Erosion During Storm Surges", Coastal Eng., 1982, Vol. 6, pp. 361-387.
- 4) E.K. Noda, "Equilibrium Beach Profile Scale Model Relationship," A.S.C.E. J. of Waterway, Port Coastal and Ocean Eng., -98(WW4), pp.511-528 (quoted from Vellinga 1982)
- 5) R.G. Dean, "Heuristic Models of Sand Transport in the Surf Zone", Proc. of the Conference on Engineering Dynamics in the Surf Zone, Institute of Eng., Australia, May, 1973, pp.208-214 (quoted from Hughes 1983).
- 6) J.A. Battjes, "Surf Similarity", Proc. 14th. Coastal Eng. Conf., 1974, pp.466-480.
- 7) 服部昌太郎, 川又良一, "碎波帯内の海濱變形過程", 第25回 海岸工學講演會 論文集, 1978, pp.218-222.
- 8) 尾崎晃, 曳田信一, "波による二次元汀線變化の相似に関する實驗的研究(續)", 第24回 海岸工學講演會 論文集, 1977, pp.167-169.
- 9) JAN VAN DE GRAFF, "Probabilistic design of duns; An Example from the Netherlands", Coastal Eng., 1986, Vol. 9, pp.479-500.
- 10) P. Bruun, "Design and Constrction of Mounds for Breakwaters and Coastal Protection", Elsevier Science Pnblishers B.V., 1985. pp.56-59.
- 11) 合田良實, "碎波指標の整理について", 土木學會論文 報告集, 第180號, 1970, pp.39-49.