

식생 및 해안표착물에 의한 비사 퇴적 풍동실험 연구

제영준¹ · 전용호² · 윤한삼^{2,†}

¹대우조선해양(주) 생산기획팀
²부경대학교 해양산업개발연구소

A Study on Wind-drift Sand Deposition by Vegetation and Coastal Debris using a Wind Tunnel Test

Young Jun Je¹, Yong Ho Jeon² and Han Sam Yoon^{2,†}

¹Production Planning Team, Daewoo Shipbuilding Marine Engineering Co., Ltd., Geo-je 656-714, Korea

²Research Center for Ocean Industrial Development, Pukyong National Univ., Busan 608-737, Korea

요 약

본 논문에서는 낙동강 하구역 진우도 자연해빈을 대상으로 해안표착물과 식생대 전선의 상관성 및 상호거동에 대하여 연구하였다. 해안표착물과 식생대 주변의 비사에 의한 퇴적 특성을 고찰하기 위해 현장 바람과 바닥조건을 고려하여 실내 풍동실험을 수행하였다. 본 연구에서 고려하는 주요 영향은 해안표착물과 식생대 주변의 바람에 의한 모래의 퇴적 현상이다. 해안표착물에 대한 실험결과로서, 모형 전면부터 퇴적되고 퇴적된 높이가 모형의 70% 정도 퇴적되었을 때 모형 후면이 퇴적되는 양상이 나타났다. 이에 반해, 식생을 대상으로 한 실험에서는 모형 전면보다 후면이 먼저 퇴적되고, 후면이 전면보다 60%정도 더 높게 쌓이는 양상이 나타났다.

Abstract - The correlation and interaction mechanisms between marine debris and the vegetation zone were studied on the Jinu-do natural beach of the Nakdong river estuary. Laboratory wind tunnel experiments were carried out under the wind-field and bottom-sand conditions using wind tunnel test equipment to investigate the sedimentation characteristics of wind-drift sand deposition around marine debris and the vegetation zone. The major environmental factors/loads considered in this study were the motion of sand by wind on the beach, deposition of marine debris, and change in the vegetation zone/line. When the marine debris was installed in the wind tunnel, deposition at the front of the structure appeared first by wind action, and then deposition developed from behind at 70% of the front ground level. In contrast, in the case of vegetation, the deposition phenomenon appeared first from behind the vegetation zone/line, and was 60% higher than the front. When the height of the debris and vegetation was the same, the required experimental time to bury the vegetation completely was about twice that of the marine debris.

Keywords: Wind-drift Sand(비사), Vegation(식생), Coastal Debris(해안표착물), Wind Tunnel Test(풍동실험장치)

1. 서 론

비분해성이며 고착성인 육상 또는 해양기인 쓰레기가 해안에 침적하여 생긴 해안표착물(Coastal debris)로 인해 해안 주변의 오염이 최근 더욱 큰 문제시되고 있다(Koo *et al.*, 2000). 이러한 해안표착물이 연안·해양환경에 미치는 영향과 피해는 매우 광범위하고 직접적인데, 투기된 어망과 플라스틱 제품 등의 화학적 유해 폐

기물은 수산해양생물의 산란장과 서식처를 위협하고 있으며, 특히 생물이 그 속에 갇혀서 죽어가는 현상(Ghost fishing)을 초래한다(Kim, 1998). 또한 해안표착물은 해양생태계를 파괴하여 어족자원 감소와 해양환경파괴 및 미관훼손으로 인한 관광객 감소 그리고 반복적인 정화비용 발생과 같은 피해를 야기하게 된다(Park and Kang, 2005).

하지만 최근 해양외력에 의해 해변상에 이송/침적된 해안표착물은 배후 식생대 전선의 외해로의 발달을 유도하는 안전공간을 제공하고 비사포집을 통한 독립사구로서 발달시키는 메카니즘으로 작용

[†]Corresponding author: yoonhans@pknu.ac.kr

할 것으로 제안된 바 있다(Je *et al.*, 2011; Yoon *et al.*, 2010). 이러한 경우 해안표착물은 해안공학적 측면에서 해빈 안정화 및 배후 식생대 전선 발달에는 매우 중요한 요소라고 할 수 있다.

이와 같이 해안표착물은 해안 표층에 침적된 시점부터 소상대 상의 파랑작용, 비사에 의한 모래 퇴적 현상, 염생 식물과 같은 식생 발달에 의한 영향, 인위적인 해빈 정화 사업에 따른 수거 등 다양한 형태의 변화과정을 가지게 될 가능성이 있다. 그러나 해빈상에서의 해안표착물 거동 및 배후 식생대 전선의 변화과정에 대하여 기존에 연구된 결과는 매우 미미한 실정이며, 이들의 상관성을 밝힌 연구 결과도 찾아보기 힘든 실정이다.

따라서 본 연구에서는 식생과 해안표착물이 없는 자연해빈 상태(Sand beach), 식생만(only Vegetation)이 있는 경우, 마지막으로 해안표착물만(only Marine debris)이 있는 경우에 대해 풍동실험장치를 구성하고 비사를 발생시켜 그 퇴적 특성을 고찰하고자 한다. 즉, 식생의 경우에는 모래 해빈에 식생이 초기 성장한 조건을 가정하여 비사에 의한 모래 퇴적 현상이 염생식물과 같은 식생 발달에 어떻게 영향을 미치는지 또는 그와 반대의 작용은 어떠한지를 살펴보고자 한다. 또한 해안표착물의 경우는 모래 해빈에 해안표착물이 지반에 표착 또는 일부 매몰되어 있는 경우를 가정하여 비사에 의한 모래 퇴적 현상이 해안표착물의 퇴적 또는 매몰에 어떻게 영향을 미치는지를 살펴보는 것이다.

2. 재료 및 방법

2.1 비사 퇴적 풍동실험 장치 및 구성

본 연구에서는 비사 퇴적 풍동실험 장치를 자체 제작하여 현장 모래지반조건에서의 식생과 해안표착물에 의한 비사 퇴적현상을 살펴보고자 하였다. 실험에 사용된 풍동장치(Wind tunnel)는 Fig.

Table 1. Experimental conditions for the wind tunnel test

Division	Experimental conditions
Size(m) of wind tunnel	Width 0.3×Height 0.3×Length 2.0
Wind speed(m/s)	0~6
Wind speed deviation(%)	±1

1 및 Table 1과 같이 길이 2 m, 높이 0.3 m, 폭 0.3 m의 크기를 가지며 한쪽 면에 Fan(대형 선풍기)을 설치하고 반대쪽에는 개폐형(Open type)으로 제작하였다. 풍동장치의 중앙부에는 모래를 깊이 0.1 m만큼 넣을 수 있도록 구조 설계하였으며, 본 실험에서 사용된 모래는 낙동강 하구역 진우도 해빈에서 채취한 것으로 체가름 실험을 통하여 입도분석을 실시하였다(Table 2). 실험 모래의 중앙입경은 0.225 mm이었으며 입경누적곡선은 Fig. 2와 같다. 풍속은 중앙지점으로부터 전후면 방향으로 ±0.4 m되는 지점에 구멍을 뚫어 Fan 작동시 열선풍속계 AVM-430(미국 ALNOR)을 사용하여 계측하였다. 풍속은 현장의 조건을 고려하여 0~6 m/s의 범위를 가지게 설정하였으며 산업용 대형선풍기(4엽날개, 날개크기 0.6 m)를 사용하여 발생시켰다.

2.2 풍동장치의 풍속 연직분포

실내에서 수행하는 풍동실험은 실제 자연 환경에서의 복잡하고 제한된 현상을 정성적 또는 정량적으로 추정할 수 있으며, 모형 실험을 통해 현장 측정의 제약을 다소 극복할 수 있다는 장점을 가지고 있다. 하지만 이와 같은 실내 풍동실험을 수행하기 위해서는 우선 평가대상 지역에 대한 여러 가지 실험조건을 풍동내에 일정한 기준을 가지고 재현시켜야 하는데 이를 상사(similarity)라고 한다.

일반적으로 풍동실험의 상사법칙은 (1) 자연 바람(풍속)과 풍동 기류, (2) 실제 현장 모형과 실내 모형, (3) 바람과 모형의 상호작용

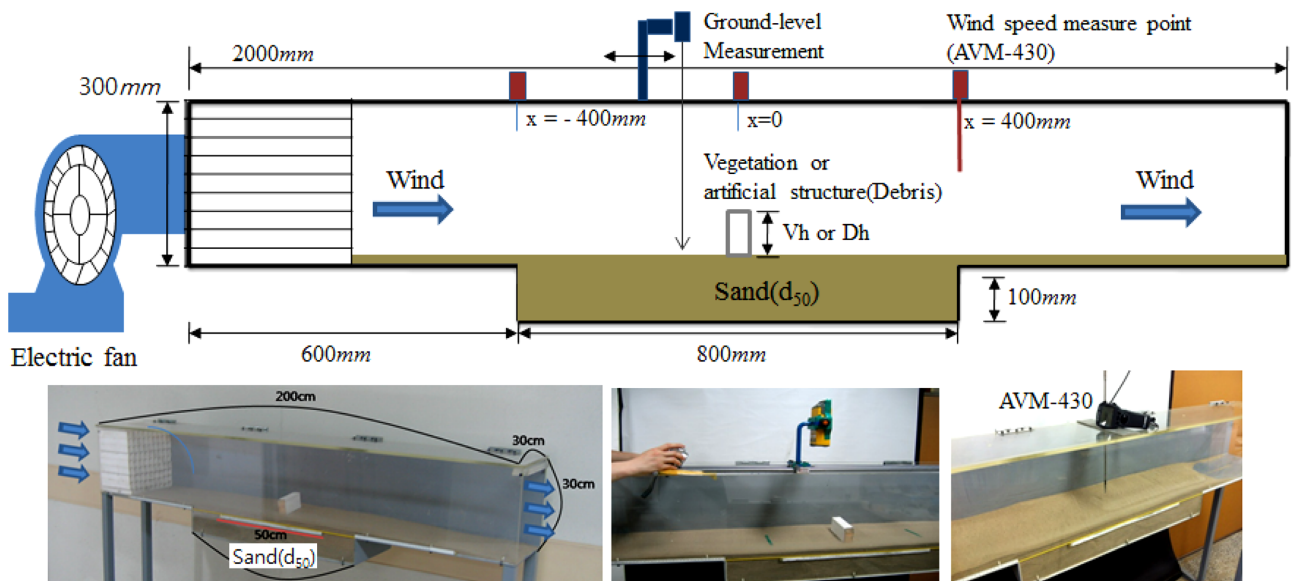


Fig. 1. Schematic and general outline of the wind tunnel testing model (upper). Photograph of the experimental structure and AVM-430 wind velocity measuring equipment (lower).

Table 2. Sand particle size of the Jinu-do sand used for this experiment

Sieve number	Sieve diameter (mm)	Total weight (g)	Container weight (g)	Surplus sand weight (g)	Residual rate (%)	Accumulated residual rate (%)	Accumulated pass rate (%)
4	4.750	530	530	0	0.0	0	100.0
10	2.000	478	478	0	0.0	0	100.0
20	0.841	420	421	0	0.0	0	100.0
40	0.425	368	367	1	0.2	0.2	99.8
60	0.250	540	370	170	34.0	34.2	65.8
100	0.150	658	366	292	58.4	92.6	7.4
140	0.106	372	342	29	5.8	98.4	1.6
200	0.075	353	346	7	1.4	99.8	0.2
Pan		224	223	1	0.2	100.0	0.0
Total		3943	3443	500	100.0		

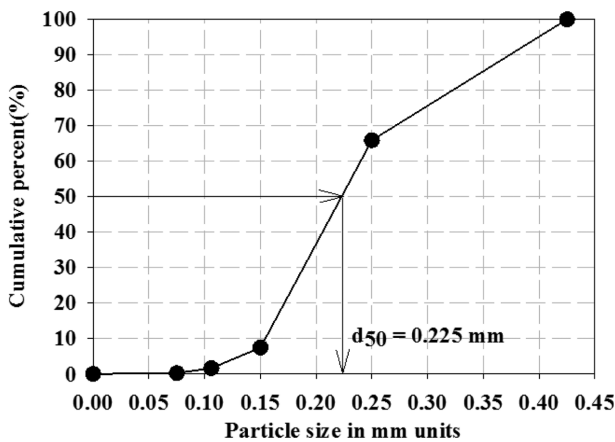


Fig. 2. Grain size accumulation curve for the sand used for this experiment.

용에 의한 것으로 정리될 수 있으며 이 3가지의 관점에서 각종 무차원 변수의 일치가 필요하다(Gil, 2011). 따라서 본 연구에서는 첫 번째로 자연풍속과 풍동기류의 상사에서는 현장에서 직접 관측한 자연풍속을 사용하여 무차원화하였고, 두번째 실제 현장 모형과 실내 모형에 대하여 Froude 상사법칙을 적용하여 무차원화하였다. 마지막으로 세 번째는 바람을 현장에서 비사를 일으킬 수 있는 최소 풍속으로 고정시키고 모형의 크기를 변수화시켜 그 변화를 관찰하였다.

일반적으로 모래가 사구에서 이동되기 위해서는 풍속이 퇴적물 입자의 운동을 일으켜야 한다. 풍속이 4~5 m/s 정도가 되어야 모래 입자를 이동시킬 수 있으며 모래가 빠르게 이동하기 위해서는 풍속이 20 m/s를 넘어야 한다(Bagnold, 1954; Pethick, 1984). 풍동장치내에서 Fan의 최대 성능의 조건하에서 재현 가능한 풍속에 대하여 살펴보았다. Fig. 1에서처럼 열선풍속계(AVM-430)를 사용하여 중앙지점으로부터 전후면 방향으로 ±0.4 m되는 지점에서 바닥으로부터 30 mm 간격으로 연직 풍속을 계속하였다. Fig. 3은 그 결과로서 풍동장치의 x=0, ±40 cm지점에서의 풍속 연직분포를 나타내었다. x=-0.4 m지점에서의 풍속은 바닥에서 약 0.15 m 높이인 중앙 부분에서 4.2 m/s로 제일 크게 나타났고 바닥에서 3.6 m/s로 계속되었다. 중앙 부분인 x=0 m에서도 0.15 m 높이에서 풍속 3.6

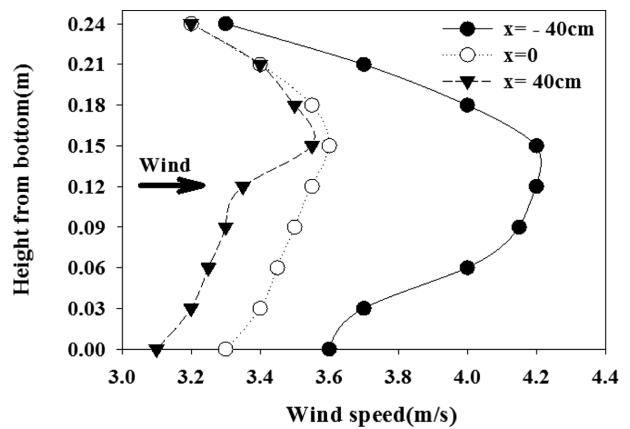


Fig. 3. Vertical distribution of the measured wind speed at three points.

m/s로 제일 크게 나타났고 바닥에서 3.3 m/s로 계속되었다. 또한 x=0.4 m지점의 경우 동일한 높이인 0.15 m 높이에서 풍속 약 3.5 m/s로 제일 크게 나타났다. Fan으로부터 멀어질수록 풍속이 줄어든 경향을 나타내고 있으며 모래가 놓여진 0.8 m 구간에서 모래 바닥으로부터 약 0.15 m 높이에서 최대 풍속을 나타내고 최대 4.2 m/s, 최소 3.6 m/s로서 약 0.3 m/s의 풍속차이를 나타내었다. 이러한 풍속의 연직 분포는 전술한 바와 같이 풍속이 4~5 m/s 정도가 되어야 모래 입자를 이동시킬 수 있다는 기존의 연구에 비해 다소 작은 풍속의 크기를 가지는 조건임을 알 수 있다.

2.3 식생과 해안표착물 모형

본 실험에 사용된 식생과 해안표착물은 실제 현장 모형과 실내 모형에 대하여 Froude 상사법칙을 적용하여 무차원화하였다. 실험 대상을 구조물(식생 및 해안표착물)의 높이로 설정하고 실험조건에서 변하지 않는 변수인 모래의 조건을 사용하여 무차원화하였다. 즉, 모래 중앙입경에 따른 모형의 비(Object height/d₅₀)로 변수를 무차원화시켰으며 최종적으로 Table 3의 실험안을 설정하였다. 이는 모형 높이에 따른 비사 모래의 퇴적 변화 양상을 관찰하기 위한 조건에 해당한다.

본 풍동실험안은 크게 3가지 경우로 구분하였다. 먼저 식생과 해안표착물이 없는 자연해빈 상태(Sand beach)를 고려한 Case B, 다

음으로 식생만(only Vegetation)이 있는 경우로서 Case Vh, 마지막으로 해안표착물만(only Marine debris)이 있는 경우로서 Case Dh로 표기하였다.

그리고 식생과 해안표착물의 모형 높이(각각 V_h 와 D_h)는 식생의 경우 낙동강 진우도 해변상에 서식하는 초기 성장시기의 염생식물의 높이를 고려하여 1~3 cm로, 해안표착물의 높이는 캔 형태의 고철 또는 유리병, 작은 양식시설물 자재 등의 일부 매몰된 해안쓰레기 높이를 고려하여 1~5 cm로 설정하였다. 그리고 모형 길이의 경우 식생의 경우에는 풍동장치 폭에 해당하는 30 cm 길이 모두를 식재하였고, 해안표착물의 경우 모두 실험안에서 길이를 15 cm로 일정하게 제작하였다. 식생의 재질은 일반적으로 어항에 사용되는 수초를, 해안표착물의 경우 각목을 잘라서 사용하였다.

식생과 해안표착물의 대표적 차이는 높이가 모두가 동일하다고 가정할 때($V_h=D_h$) 바람이 불어오는 방향에서(투영면적을 고려할 때) 식생 앞에 의해 일부 막혀있는 경우(식생)와 완전히 막혀있는 경우

(해안표착물)로 구분 지을 수 있다.

2.4 실험방법

풍동실험 과정에서 퇴적된 비사의 정확한 높이 변화를 측정하기 위하여 초기에는 지반을 평탄화시켜 모래지반의 초기 데이터값을 측정하였으며, 각 실험안을 수행완료후에 지반을 레이저거리측정기를 사용하여 초기값과의 변동값을 기록하였다. 모래지반의 관측 정점은 실험모형이 위치하는 풍동장치의 $x=0$ 지점을 중앙으로 해서 전후방향으로 2 cm 간격으로 총 26 정점에 대해 총 50 cm를 관측하였다. 그리고 실험 시간은 식생 또는 해안표착물이 비사에 의해 완전히 퇴적되거나 또는 모형 주위에서 침식으로 인해 모형이 안정상태를 유지하지 못하고 넘어질 때까지 수행하였으며, 지반의 계측시간은 10분 간격으로 모래지반을 측정하였다. 각 실험안별로 실험 시간은 Table 3에 제시된 바와 같다. 또한 실험 바람의 조건은 상술한 바와 같이 $x=-0.4$ m 지점에서 바다에서 약 0.15 m 높이

Table 3. Experimental cases and conditions for the wind tunnel test

Test object	Case Symbol	Object height (cm)		$(V_h \text{ or } D_h) / d_{50}$	Measure time (min)
		V_h	D_h		
Sand beach	B	0		0	210
	I	1		44.44	80
	II	2		88.89	200
Vegetation	III	3		133.33	280
	I		1	44.44	50
	II		2	88.89	150
Debris	III		3	133.33	210
	IV		4	177.78	270
	V		5	222.22	320

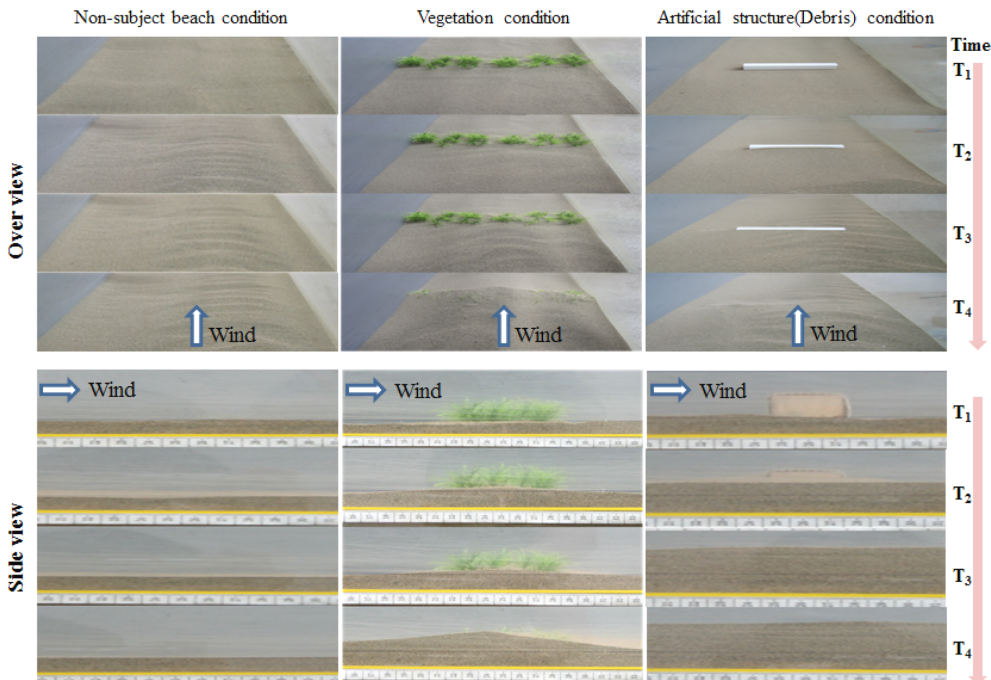


Fig. 4. Time variation photographs of the overview (upper) and side view (lower) during 30 minutes for each of the case conditions.

인 중앙 부분에서 풍속이 4.2 m/s로 제일 크게 발생하는 풍동실험 조건을 대상으로 하였다.

이상의 조건을 고려하여 식생과 해안표착물이 없는 자연해빈 상태(Sand beach), 식생만(only Vegetation)이 있는 경우, 마지막으로 해안표착물만(only Marine debris)이 있는 경우에 대한 시간경과 (T_1 - T_4)에 따른 비사 퇴적 실험 장면을 Fig. 4에 나타내었다. 자연해빈 상태의 경우 모래의 퇴적 현상이 보이지 않으나 식생과 해안표착물이 있는 경우에는 퇴적현상이 현저히 발생하는 것을 알 수 있다.

3. 결과 및 고찰

3.1 모래 해변상의 비사 퇴적

평탄한 해변상에 모래만이 있는 경우(Case B)를 가정하여 비사의 퇴적 현상을 시간 경과에 따라서 풍동실험 결과를 나타낸 것이 Fig. 5이다. 실험결과는 총 210분($T=12,600$ sec)간 실험을 수행하고 20분 간격으로 지반을 관측한 결과이다. 결과적으로 $x=0$ m 지점 주변에서 최대 5 mm 정도 퇴적되었고 전체적으로 거의 변화가 없는 것으로 나타났다. 지반형상은 시간이 경과될 수록 바람의 작용에 의해 바람 반대방향으로 모래가 운반되어 $+x$ 영역에서 연흔(ripple mark)의 진폭이 증가하는 상태를 나타내었다. 하지만 전체적으로

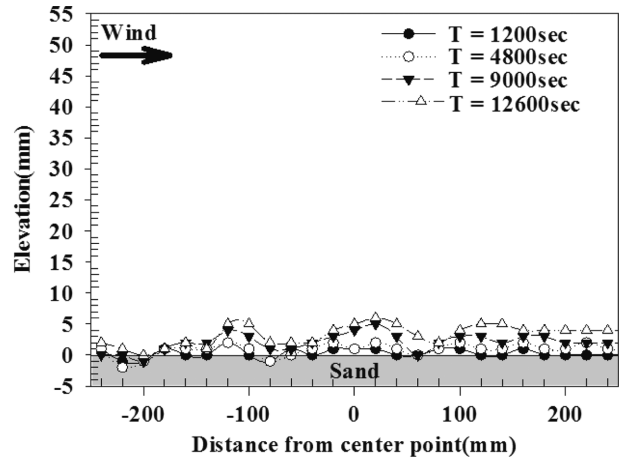


Fig. 5. Experimental results with time of the bottom profile with a 20-minute interval for Case B.

풍동실험장 단면 형상 변화는 육안으로 거의 관찰되지 않는 상태라고 판단된다.

3.2 식생 기반의 비사 퇴적

모래 해변에 식생이 지반으로부터 초기 성장하는 경우에 대한 비

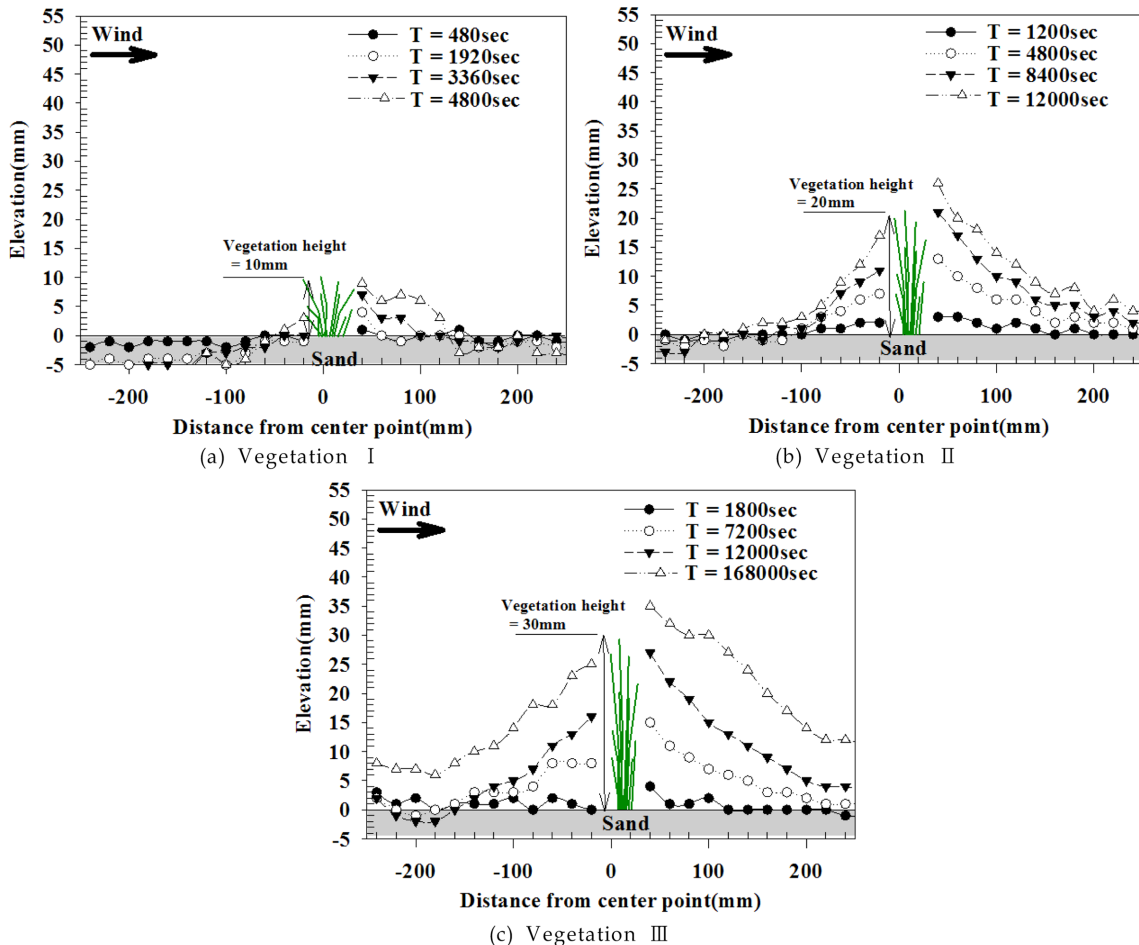


Fig. 6. Experimental results with time of the bottom profile for the three cases with vegetation.

사 퇴적 특성을 살펴보고자 하였다. 이는 비사에 의한 모래 퇴적 현상이 염생식물과 같은 식생 발달에 어떻게 영향을 미치는지 또는 그와 반대의 작용은 어떠한지를 살펴보고자 한 것이다.

풍동실험결과로서 Fig. 6(a)는 염생식물의 높이가 1 cm로 가정한 실험안 Vegetation I이다. 지반 모래 입경과 식생 높이 비가 $V_h/d_{50}=44.44$ 인 경우이며 8분 간격으로 지반을 측정한 결과, 80분이 경과된 후에 식생 후면이 거의 퇴적되었다. 이에 반해 식생 전면의

경우 시간경과에 따라 지반고가 낮아지는 결과를 보였다. 이는 식생대 배후로 이동하는 모래의 공급원이 주로 식생대 전면에 해당한다는 것을 알 수 있다.

또한 Fig. 6(b)는 염생식물의 높이가 2 cm로 가정한 실험안 Vegetation II이다. 지반 모래 입경과 식생 높이 비가 $V_h/d_{50}=88.89$ 인 경우이며 10분 간격으로 지반을 측정한 결과, 200분이 지난 후 식생 전후면이 거의 퇴적되었다. 이는 실험안 Vegetation I과는 달

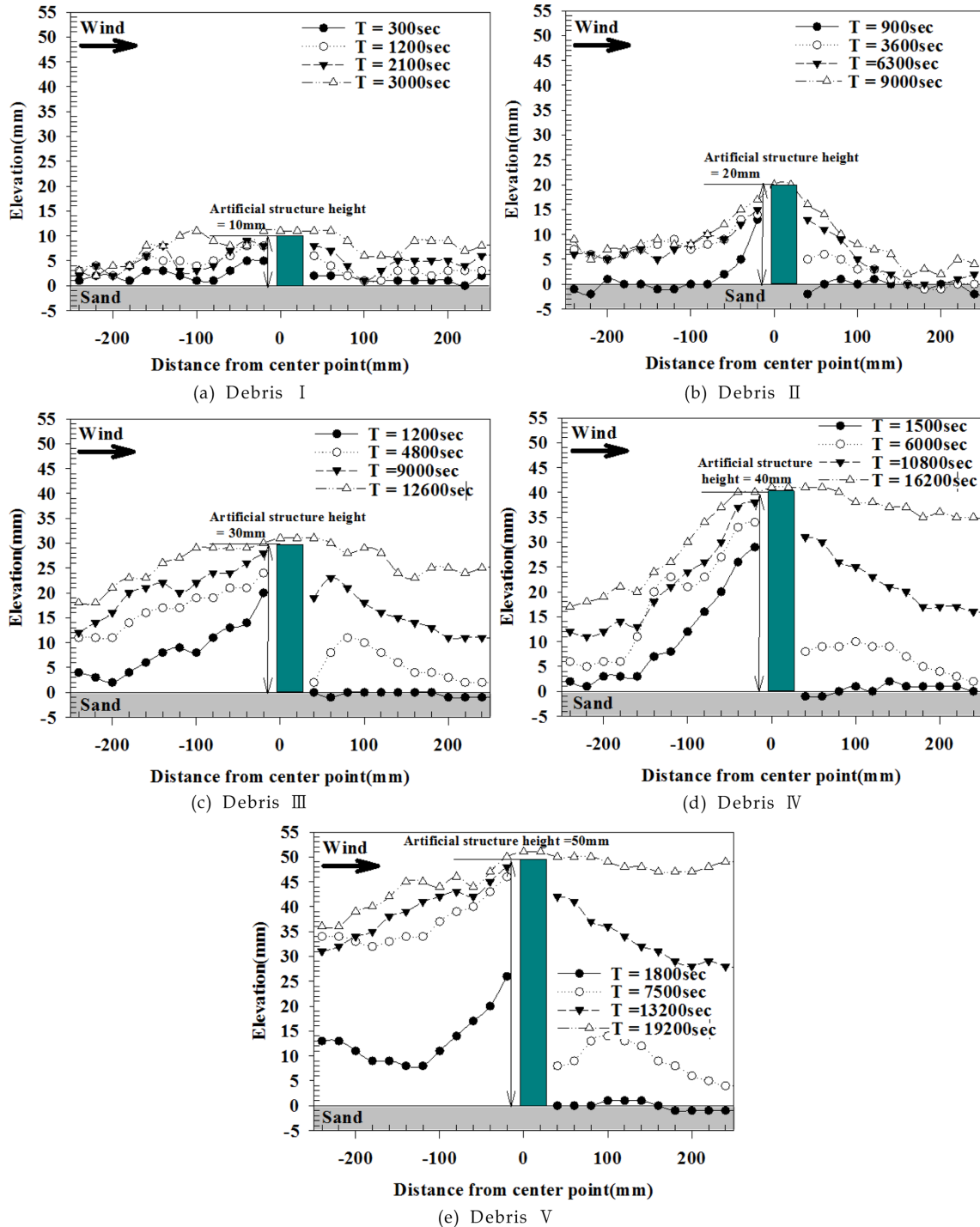


Fig. 7. Experimental results with time of the bottom profile for the three cases with debris.

리 전면과 후면이 일정한 높이를 가지면서 △형태로 모래가 퇴적되는 양상을 나타내었다. 200분이 지난 후 식생 후면에는 식생 높이보다 약 5 cm 정도 더 높게 퇴적되어 있음을 알 수 있다.

마지막으로 Fig. 6(c)는 염생식물의 높이가 3 cm로 가정한 실험안 Vegetation III이다. 지반 모래 입경과 식생 높이 비가 $V_h/d_{50}=133.33$ 인 경우이며 10분 간격으로 지반을 측정한 결과, 280분이 지난 후 식생대가 거의 매몰되었다. 실험안 Vegetation II과 동일하게 전면과 후면이 일정한 높이를 가지면서 △형태로 모래가 퇴적되는 양상을 나타내었다.

이상의 결과를 요약하면 식생 높이가 클수록 식생 배후면에 비사가 퇴적되는 경향이 강하게 나타나고 일정한 높이가 되면 식생과 더불어 전면 비사를 퇴적시키는 벽면으로 작용하게 되는 것으로 생각된다. 즉, 식생의 앞과 옆 사이로 비사가 통과하는 과정에서 식생이 장애물이 되어 배후 영역에 바람 작용을 감소시키고 후류역을 발생시킴으로써 비사의 퇴적을 강화시키는 것으로 판단할 수 있다. 결과적으로 식생을 대상으로 하는 실험인 경우는 모형 전면보다 후면이 먼저 퇴적되는 양상을 보이고 후면이 전면보다 60% 정도 더 높게 쌓이는 양상이 나타났다.

3.3 해안표착물 기반의 비사 퇴적

모래 해변에 해안표착물이 지반에 표착 또는 일부 매몰되어 있는 경우에 대한 비사 퇴적 특성을 살펴보고자 하였다. 이는 비사에 의한 모래 퇴적 현상이 해안표착물의 퇴적 또는 매몰에 어떻게 영향을 미치는지를 살펴보고자 한 것이다.

풍동실험결과로서 Fig. 7(a)는 해안표착물(해안쓰레기)의 높이가 1 cm로 가정한 실험안 Debris I이다. 지반 모래 입경과 해안표착물 높이 비가 $V_h/d_{50}=44.44$ 인 경우이며 5분 간격으로 지반을 측정한 결과, 50분이 경과된 후에 해안표착물 전후면이 거의 퇴적되었다. 전체적인 지반의 퇴적 패턴을 살펴보면 해안표착물의 투영면이 막혀있기 때문에 초기에는 구조물(해안표착물)의 전면에서 퇴적이 발생하고 퇴적이 D_h 를 초과하는 경우에 배후면에 퇴적현상이 일어나는 것을 확인할 수 있다. 이는 식생의 경우에 해당하는 Fig. 6(a)와는 달리 전면(-x 영역)의 지반고가 낮아지는 결과는 발견되지 않았으며 바람 방향으로부터 유입되는 비사가 지속적으로 퇴적되는 경향을 나타내고 있다.

Fig. 7(b)는 해안표착물의 높이가 2 cm로 가정한 실험안 Debris II의 실험결과를 나타낸다. 지반 모래 입경과 해안표착물 높이 비가 $V_h/d_{50}=88.89$ 인 경우이며 15분 간격으로 지반을 측정한 결과, 150분이 경과된 후에 해안표착물 전후면이 거의 퇴적되었다. 전체적인 비사의 퇴적 패턴은 Fig. 7(a)와 거의 유사하나 특징적으로 초기 $T=900\text{sec}$ 에서 배후면 후류역에서 바람의 와동(eddy)에 의해 침식이 발생하는 것을 알 수 있다. 하지만 시간이 경과하면서 전면에서의 비사 공급에 의해 침식현상은 발생되지 않고 지속적으로 퇴적현상이 발생하는 것을 확인할 수 있다.

Fig. 7(c)는 해안표착물의 높이가 3 cm로 가정한 실험안 Debris III의 실험결과로서 $V_h/d_{50}=133.33$ 인 경우이며 10분 간격으로 지반

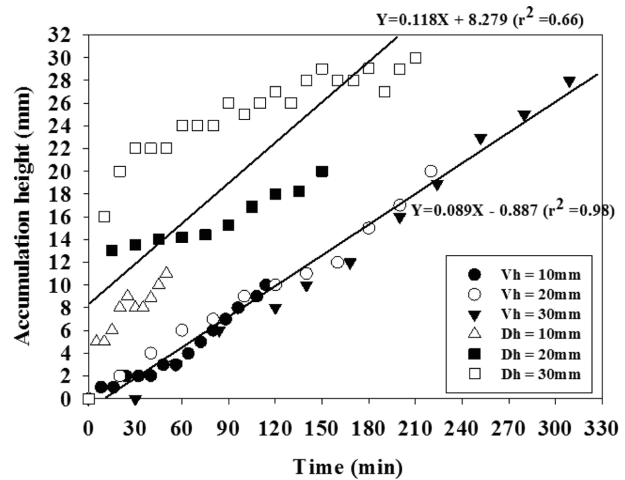


Fig. 8. Comparison of the deposition time and accumulation height when the top of the model (either vegetation and marine debris) was fully deposited in the sand.

을 측정할 결과, 210분이 경과된 후에 해안표착물 전후면이 거의 퇴적되었다. 또한 Fig. 7(d)는 해안표착물의 높이가 4 cm로 가정한 실험안 Debris IV의 실험결과로서 $V_h/d_{50}=177.78$ 인 경우이며 25분 간격으로 지반을 측정할 결과, 270분이 경과된 후에 해안표착물 전후면이 거의 퇴적되었다. 마지막으로 Fig. 7(e)는 해안표착물의 높이가 5 cm로 가정한 실험안 Debris V의 실험결과로서 $V_h/d_{50}=222.22$ 인 경우이며 30분 간격으로 지반을 측정할 결과, 320분이 경과된 후에 해안표착물 전후면이 거의 퇴적되었다.

상술한 결과를 바탕으로 모래 해변에 해안표착물이 지반에 표착 또는 일부 매몰되어 있는 경우에 대한 비사 퇴적 특성을 살펴보면 해안표착물의 높이 D_h 가 증가할수록 초기에는 구조물(해안표착물)의 전면에서 퇴적이 발생하고 퇴적이 D_h 를 초과하는 경우에 배후면에 퇴적현상이 일어나는 것을 확인할 수 있다. 본 연구의 모든 실험안에서 거의 유사한 지반 퇴적 패턴을 나타내고 있다. 이는 전술한 식생의 경우와 달리 해안표착물의 투영면이 막혀있기 때문에 시간이 경과할수록 해안표착물 전면에서 비사에 의한 퇴적이 진행되고 해안표착물의 전면 높이 약 70%만큼 모래가 퇴적된 이후에 배후면으로 모래가 넘어가서 퇴적되는 양상을 나타내었다.

3.4 시간경과에 따른 비사 퇴적

풍동실험을 통해 비사의 시간적인 퇴적특성을 살펴보기 위해 식생과 해안표착물이 완전히 모래에 덮혀서 시각적으로 보이지 않는 시간을 측정하고 이때의 퇴적 높이를 기록하여 Fig. 8과 같이 나타내었다. 결과는 각각의 Case별 $x=0$ 점에서의 비사 퇴적현상이 발생하여 식생 또는 해안표착물이 완전히 덮히는 시간을 분석하였다. 결과적으로 해안표착물보다 식생이 완전히 모래에 퇴적되는데까지 소요되는 시간이 약 2배 정도 더 걸리는 것을 알 수 있다. 즉, 이와 같은 결과는 자연해빈상에 표착한 해안표착물은 식생이 분포하는 경우보다 비사의 포집효과가 더 크다는 것을 나타내고 있다. 이는

해안에 퇴적된 쓰레기의 경우 비사 포집효과가 크므로 비사에 의해 매몰되기 이전의 가급적 이른 시기에 수거하는 작업이 필요하다는 것을 의미한다.

4. 결 론

본 연구에서는 식생과 해안표착물이 없는 자연해빈 상태(Sand beach), 식생만(only Vegetation)이 있는 경우, 마지막으로 해안표착물만(only Marine debris)이 있는 경우에 대해 풍동실험장치를 구성하고 현장 풍동조건에서의 비사를 발생시켜 해안표착물과 식생의 비사에 의한 퇴적 특성을 고찰하였다.

풍동실험의 결과로부터, 해안표착물을 대상으로 하는 모의실험인 경우는 모형 전면부터 퇴적되고 퇴적된 높이가 모형의 70% 정도 퇴적되었을 때 모형 후면이 퇴적되는 양상이 나타났다. 이에 반해 식생을 대상으로 하는 실험인 경우는 모형 전면보다 후면이 먼저 퇴적되는 양상을 보이고 후면이 전면보다 60%정도 더 높게 쌓이는 양상이 나타났다. 또한 해안표착물과 식생의 높이가 같을 때, 식생이 완전히 모래에 퇴적되는 데까지 걸리는 시간은 해안표착물의 경우보다 약 2배 정도 더 소요되었다.

결과적으로 해빈상에 침적된 해안표착물은 비사포집을 통한 독립사구로서 발달시키는 특징을 보인다. 따라서 해안표착물은 해안공학측면에서 해빈 안정화 및 배후 식생대 전선 발달에는 매우 중요한 요소라고 할 수 있다.

하지만 환경적 측면에서는 스티로폼, 플라스틱 병과 같은 난분해성 해안표착물(쓰레기)이 썩지 않고 반영구적으로 모래속에 잔류하기 때문에 인위적으로 제거하기 이전에는 지속적인 악영향을 끼친다. 또한 분해성이라 하더라도 해수를 머금어 무게가 늘어나고 염분이 스며들어 수거작업이나 전처리기가 어렵고 소각시 2차 오염 발생우려가 있을 뿐만 아니라 재활용에도 상당한 어려움이 있다.

후 기

이 논문은 2012학년도 부경대학교의 지원을 받아 수행된 연구임 (PK(PKS)-2012-CD20120539).

참고문헌

- [1] Bagnold, R.A., 1954, The physics of Wind-blown Sand and Desert Dunes, Methuen, London.
- [2] Gil, S.W., 2010, A Study on Dispersion Characteristics and Atmospheric Diffusion of Particulate Matter using CFD and Wind Tunnel, Dong-A University, Master's thesis.
- [3] Je, Y.J., Yoo, C.I. and Yoon, H.S., 2011, Studies on its Mechanism of Marine Debris and Vegetation Zone in the Coastal Area. Journal of the Korean Society for Marine Environmental Engineering, Fall Symposium, p. 102.
- [4] Kim, J.H., 1998, A Study on the Distribution and Composition of Floating Debris in the Coast of Korea, Bull. Korean Soc. Fish. Tech. 34(3), pp 287-293.
- [5] Koo, B.S., Kang, H. and Hur, S.H., 2000, Study on the Marine Debris on the Seabed in Chinhae Bay, Korea, Journal of the Korean Society for Marine Environmental Engineering, Vol. 3, No.4, pp. 91-98.
- [6] Park, S.S. and Kang, H.Y., 2005, The Quantity and Characteristic of Marine Debris Collected from the Coastal in Jeonnam, J. Korean Society of Waste Management, Vol. 22, No. 2, pp 203-201.
- [7] Pethick, J., 1984, An Introduction to Coastal Geomorphology, Edward Arnold, London.
- [8] Yoon, H.S., Je, Y.J. and Yoo, C.I., 2010, Wind Sand Mobility Observation on Jinu Island Beach during Spring Season by using In-suit Sand Collector, Journal of the Korean Society of Marine Environment & Safety, Fall Symposium, pp. 275-278.

2013년 3월 18일 원고접수

2013년 7월 22일 심사수정일자

2013년 7월 25일 게재확정일자