

연성 식생모형에 의한 해빈침식방지 특성에 관한 실험적 연구

이성대* · 박정철** · 홍창배***

*한라대학교 토목공학과

** (주)제이스기술단

*** (주)이레이엔씨

Hydraulic Experiment on the Effects of Beach Erosion Prevention with Flexible Coastal Vegetation

Seong-Dae Lee* , Jung-Chul Park** and Chang-Bae Hong***

*Department of Civil Engineering, Halla University, Wonju 220-712, Korea

**JACE Engineering Co., Seoul, Korea

***Ere E&C Co., Seoul, Korea

KEY WORDS: Coastal vegetation 연안식생, Beach erosion prevention 해빈침식방지, Sea bed stabilization 해저안정, Flexible type 연성 식생, Hydraulic experiment 수리실험, Regular and irregular waves 규칙파 및 불규칙파

ABSTRACT: Coastal vegetation consists of rooted flowering marine plants that provide a variety of ecosystem services to the coastal areas they colonize. The attenuation of currents and waves and sediment stabilization are often listed among these services. From this point of view, artificial seaweed is an effective method of controlling sea bed sediment and stabilization without damaging the landscape or the stability of the coastline. A series of hydraulic experiments were performed in a wave channel with regular and irregular waves to examine the effect of artificial seaweed in relation to scouring and beach erosion prevention. Based on the results of these experiments, the coastal vegetation model is efficient against scouring and beach erosion.

1. 서 론

연안해역에서 해저지형변동이나 해빈침식대책으로 널리 사용되고 있는 돌제나 이안제 등과 같은 강성구조물에 의한 침식방지는 인근 해역에 기존의 파랑 및 흐름의 양상을 변화시키는 역할을 하며 이로 인해 토사분포 유형 및 표사이동 특성이 변화하게 된다. 즉 침식대책공법에 의한 해안구조물에 의해 연안표사가 재이동하게 되고 이러한 결과로 새로운 해역에 침식 및 퇴적현상이 유발된다. 특히 파랑 및 해수유동의 변화와 연안표사 수송은 상호 연관이 있으며 특히 돌제와 같이 해안에 수직으로 설치되는 해안구조물은 입사파의 반사를 유발하여 파랑에너지 감쇄를 저해하며 난류에너지를 증대시킨다. 이로 인해 외해쪽으로 표사이동을 증대시키게 되며 연안에서의 표사총량을 감소시키게 되는 요인이 되기도 한다. 따라서 본 연구에서는 기존의 강성구조물 대신 연성구조물을 통해 해빈침식문제를 해결하기 위한 접근법을 제시하고자 하는 것이다. 우리나라 동해안의 경우 해빈침식과 표사의 이동은 주로 외해에서 입사하는 파와 흐름에 의해 발생한다. 이러한 파랑에너지와 이에 의한 흐름을 적절히 제어함으로써 직접 또는 간접적으로 해변의 침식과

외해로 이동하는 표사를 방지할 수 있을 것이다.

해양에는 해조류(Seaweed, Kelp, Seagrasses)와 같은 연성의 식생(Flexible vegetation) 및 강성(Stiff type)의 삼림성 식물(Mangrove)과 같은 다양한 해양식생이 존재하는데 이들은 육지로부터 유입되는 오염원으로부터 수질을 정화하거나 각종 어패류의 생존공간을 제공한다. 또한 외해로부터 전파해오는 파랑이 이같은 연성이나 강성의 식생대를 통과하게 되면 식생에 의해 발생하는 항력과 해저마찰 등에 의해 파랑에너지가 소산되어 파고는 감쇄하게 된다. 이러한 파랑에너지의 감쇄는 이에 따른 해빈류 등의 연안류를 감쇄하게 되어 표사이동을 억제하는 기능이 있는 것으로 알려져 있다. 특히 2004년 동남아시아에서 발생한 쓰나미의 재해가 맹그로브 군락지(Mangrove forest)에서 최소화 되었다는 조사·보고에 따라 연안방재의 측면에서도 해안림의 가치가 재조명 되고 있다.

따라서 본 연구는 이같은 해조류 등의 연성식생을 모형화한 인공식생을 적용하여 수리실험을 통해 해빈에서의 침식 및 표사이동 특성을 분석하여 해빈침식방지공법으로의 적용가능성을 검토하는 것이다.

연안해역에서의 인공식생에 관한 연구로는 Kobayashi et

교신저자 이성대: 강원도 원주시 흥업면 한라대1길 32, 033-760-1264, sdlee@halla.ac.kr

본 논문은 2008년 10월 울산에서 개최된 한국해양공학회 추계학술대회에 발표된 논문의 주된 내용을 발췌하였음을 밝힙니다.

al.(1993) 등이 식생을 미소지름을 갖는 고정원주로 가정하여 파랑운동을 선형과 이론에 의한 시간-평균 에너지보존방정식에 기초하여 식생항력에 의한 파랑에너지 감소에 관한 해석적 연구가 있으며, Asano et al.(1988)은 수심의 1/2의 길이에 해당하는 인공해조를 저면으로부터 2개의 층으로 인공해조를 설치하고, 인공해조가 닿지 않는 상층에서 파고변화를 측정하여 파고감쇠식을 제안하였다. 그리고 연안식생이 수면위로 돌출되는 갈대 등의 식생군락에 의한 파랑의 전파특성에 관한 연구로는 Asano et al.(2005) 등의 수치적 연구가 있다. 그러나 연안식생에 의한 파랑 전파특성에 관해서는 이의 해안 수리학적 복잡성 때문에 이론적 및 수치적 접근은 그다지 활발하지 않다.

연안식생은 파랑의 감쇠 뿐만 아니라 유체의 운동과 유사나 연안표사에도 영향을 미치는 것으로 알려져 있으며 이에 관한 연구는 플라스틱 등과 같은 재질의 인공 해조류나 인공식생을 사용하여 식생군락장 주위의 흐름이나 저질수송 기구를 실험적 방법을 통해 주로 연구되고 있다. 그리고 해안 및 항만 구조물 전면에서의 국부세굴대책의 한 방법으로 인공식생을 통한 실험적 연구가 있어 왔다(Broome et al., 1992; Sugahara and Irie, 1992; Sugahara and Nagai, 1994).

그러나, 국내에서는 우리나라 연안 해역에 생식하고 있는 식생의 물리과정에 관한 조사나 연구가 미흡한 상태에 있으며 특히 연안식생에 의한 파랑변형이나 흐름 및 표사제어의 해석에 관한 해안수리학적 연구는 윤석민 등(2008)에 의한 수리실험에 의한 접근법이나 이성대(2007)에 의한 수치적 접근법 등이 있는 실정이다. 특히 윤석민 등(2008)은 인공식생의 설치길이 및 설치밀도에 따른 파랑의 감쇠특성을 검토하였으며 이를 통해 배후 해빈단면에서의 변동특성을 식생이 설치되지 않은 해빈과의 비교를 통해 식생에 의해 파고감쇠가 이루어짐에 따라 해빈단면이 침식형 단면에서 퇴적형 단면으로 천이함을 확인하였다.

본 연구에서는 연성의 인공식생모형에 의한 해빈침식 방지효과를 검토하기 위하여 연성식생 모형을 제작하여 식생의 설치위치, 식생의 밀도, 그리고 식생의 길이 변화에 따른 해빈단면의 변동 특성을 비교·검토하여 이의 효과를 분석하였다.

2. 수리실험의 장치 및 방법

2.1 실험장치

2.1.1 조파수조

수리실험에 사용된 수로는 한라대학교 토목공학과에 설치된 것으로 규칙파 및 불규칙파에 대한 실험이 가능한 2차원 단면 조파수조(길이 20.0m, 폭 0.7m, 깊이 1.25m)이다. 피스톤형 조파장치를 통해 파랑을 발생하며 수로의 양쪽 끝은 재반사파를 최소화하기 위하여 1:1.5의 부직포 경사투과제를 이용한 소파장치를 설치하였다. 수로부는 측면이 강화유리로 제작되어 실험단면 뿐 아니라 입사파랑의 전반적인 특성을 잘 관찰할 수 있도록 설계되어 있다. 그리고 조파관에서 발생한 실험파랑의 안정적인 유도를 위해 모형하상은 시작부 경사 1/10으로 2m를 설치하였으며 그 이후는 1/20경사로 설치하였다. 저면은 합판을

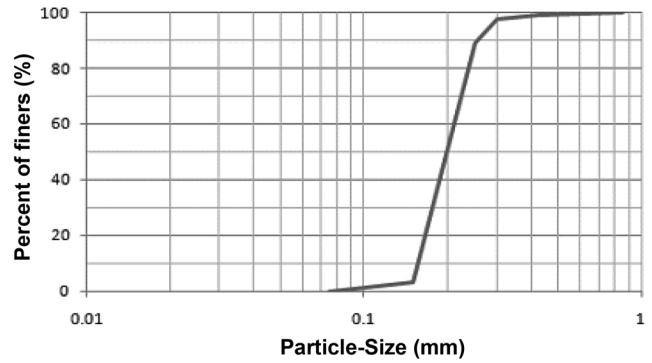


Fig. 1 Gradation curve

Table 1 Characteristics of Jumunjin standard sand

Grain size (mm)				Uniformity coefficient (Cu)	Curvature coefficient (Cc)	SG
d_{10}	d_{30}	d_{50}	d_{60}			
0.157	0.181	0.204	0.216	1.3699	0.9613	2.65

이중으로 설치하여 실리콘으로 방수처리하고 저면상부에 15cm 두께의 이동상(모래)를 포설하였다. 사용된 모래는 주문진 표준사를 사용하였으며, 흙의 분류결과 SP지반으로 분류되며 Fig. 1의 입도누적곡선과 Table 1에서 알 수 있듯이 평균입경 $d_{50} = 0.20\text{mm}$, 균등계수 $C_u = 1.36$, 비중 $G_s = 2.65$ 이다.

그리고 불규칙파 실험에서는 주파수 스펙트럼을 고려한 일방향 파랑을 적용하였으며, 실제 천해역에서의 불규칙파는 비교적 넓은 주파수대에 분포하기 때문에 불규칙파의 생성을 위한 목표스펙트럼은 우리나라 해역의 특성을 잘 재현하고 있는 것으로 알려진 Goda(1985)에 의해 제안된 식 (1)과 같은 수정된 Bretschneider-Mitsuyasu형 스펙트럼을 사용하였다.

$$S(f) = 0.205 H_{1/3}^2 T_{1/3}^{-4} f^{-5} \exp[-0.75 (T_{1/3} f)^{-4}] \quad (1)$$

여기서, $S(f)$ 는 주파수스펙트럼, $H_{1/3}$ 는 불규칙파의 유의파고, $T_{1/3}$ 는 유의파 주기이며, f 는 주파수를 나타낸다.

2.1.2 사면측정

본 연구에서는 조파수조의 대차에 사면측정기를 설치하여 파를 작용시킨 후 정상상태에 도달한 후의 최종 해빈경사를 측정하여 초기 해빈단면과 비교·검토하였다. 측정방법은 파랑이 입사하기 전의 초기단면을 기준으로 파랑작용 후 수조벽면의 영향을 받지 않는 점들 중 가운데 3점을 선택하여 단면이 변화되는 변곡점마다 변화된 단면을 측정하였다. 그리고 수조벽면에서도 측벽을 통해 30분 간격마다 동시에 관측하여 이들을 서로 비교하여 사용하였다.

2.1.3 인공식생모형

해조류 등의 연성식생을 모형화한 인공식생 모형(Flexible model)은 비중이 1.0보다 작은 폴리프로필렌(Polypropylene) 섬유를 사용하여, 길이 90cm의 철망에 식생밀도 $d = 0.06\text{ea}/\text{cm}^2$ 로

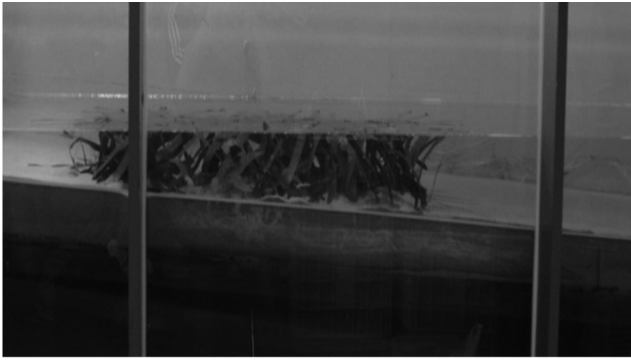


Fig. 2 Installation of artificial vegetation model

부착하여 실험수조 바닥면에 고정하였으며 Fig. 2에는 설치된 상황을 나타내었다. 인공식생 모형의 위치 및 식생밀도에 따른 해빈단면의 변동 및 침식방지 특성을 검토하기 위하여 2차원 조파수조 내에 정선부근 및 쇄파대를 중심으로 한 부근 위치에 이들 인공 식생모형을 각각 설치하여 실험과를 조파하였다.

2.2 실험방법

본 연구에서는 연성 인공식생 모형의 위치, 식생의 밀도 그리고 식생의 길이변화에 따른 해빈단면 변형 특성을 고찰하기 위해 조파수조 내에 인공식생을 설치하고 수리실험을 수행하였다. 실험안은 Table 2와 같으며 실험방법 및 실험조건은 다음과 같다.

- (1) 모든 실험은 초기수심(*h*)을 0.65m로 고정하였다.
- (2) 초기 해빈경사는 1/20로 하였다.
- (3) 입사파랑의 조건은 Sunamura and Horikawa(1974)가 제안한 식(2)를 통하여 실험을 위한 침식형 파랑을 선정하여 예비 수리실험을 통하여 실험에 사용한 입사파 조건인 파고 12.0 및 13.0cm, 주기 1.65sec을 추출하였으며 규칙파와 불규칙파에 대해 각각 적용하였다.

$$\frac{H_o}{L_o} = C_s (\tan\beta)^{-0.27} \left(\frac{d_{50}}{L_o}\right)^{0.57} \quad (2)$$

여기서, $\tan\beta$ 는 해저경사, C_s 는 침식형과 퇴적형을 구분하는 정수이다.

- (4) 인공식생모형의 설치위치는 쇄파대를 기준으로 쇄파대 내측(On-surfzone)과 외측(Off-surfzone)에 각각 설치하였다.
- (5) 실험시간은 예비실험을 통하여 해빈에서의 저질이동이 안정상태에 도달된다고 판단된 시간인 150분간 조파한 후 실험안별, 해빈단면 변화를 검토하였으며, 시간 경과에 따른 변동을 파악하기 위하여 매 30분마다 해빈단면의 변화를 측정하였다.

실험안은 Table 2에 나타난 바와 같이 식생의 위치와 식생밀도에 대한 경우와 식생길이의 변화에 따른 해빈변동특성을 파악하기 위하여 크게 2부분으로 대별하여 총 13가지 안에 대해 실험을 수행하였다. 실험안에서 C-1~C-6안은 입사파고 12.0cm, 주기 1.65sec에 대해 식생의 설치지점을 쇄파대, 쇄파대 내측 및 외측에 각각 위치하였을 경우 그리고 식생밀도 $d = 0.06ea/cm^2$ 을 기본으로 0.03 및 0.12ea/cm²인 경우에 대해 각각 검토하였다. 그리고 식생의 길이변화에 따른 해빈단면 변동을 파악하기

Table 2 Case of hydraulic experiment

Case	T (sec)	H (cm)	Weed density	Weed location	Weed length
C-1 C-1-R C-1-I			-	No weed	-
C-2 C-2-R C-2-I				On-surfzone	
C-3 C-3-R C-3-I	1.65	12.0	0.06 ea/cm ²	Surfzone	
C-4 C-4-R C-4-I				Off-surfzone	
C-5 C-5-I			0.03 ea/cm ²	On-surfzone	
C-6 C-6-I			0.12 ea/cm ²		
C-7 C-7-I			-	No weed	-
C-8 C-8-I					SWL + 20 cm
C-9 C-9-I					SWL + 10 cm
C-10 C-10-I	1.65	13.0	0.06 ea/cm ²	On-surfzone	SWL + 5 cm
C-11 C-11-I					SWL
C-12 C-12-I					0.5 <i>h</i>

*R : Regular wave, I: Irregular wave

위해 입사파고 13.0cm, 주기 1.65sec에 대해 쇄파대부근에 식생을 설치하고 식생의 길이를 정수면상 20.0cm, 10.0cm, 5.0cm 및 정수면까지의 식생길이에 대해 각각 실험을 행하였으며 그리고 식생길이를 수심의 1/2인 경우(0.5*h*)와 수로바닥에서 1.0cm 돌출한 경우를 각각 C-7~C-12 실험안으로 설정하여 총16개 세부 실험안에 대해 수리실험을 수행하였다.

3. 실험의 결과 및 고찰

3.1 식생의 위치에 따른 해빈단면 변형

3.1.1 식생이 없는 경우

입사파고 12.0cm, 주기 1.65sec의 입사파 조건에 대해 식생이 존재하지 않는 경우의 해빈변형특성을 검토하기 위해 규칙파 및 불규칙파를 150분 조파한 후 실험결과를 Fig. 3 및 Fig. 4에 각각 도시하였다. 그림에서 알 수 있듯이 정선에서 3.00m에 위치한 쇄파점 외측에서 연안사주가 발생하는 침식형 단면이 재현되었으며, 불규칙파를 조파한 경우(Fig. 4)에는 연안사주가 정

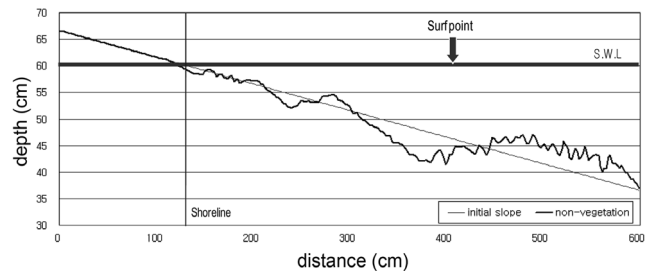


Fig. 3 Beach deformation (CASE C-1-R, no-weed)

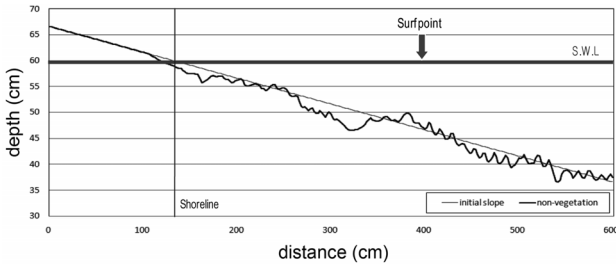


Fig. 4 Beach deformation (CASE C-1-I, no-weed)

선에서 2.0m위치에 나타나고 있으며 최대 11.0cm 정도로 정선이 후퇴하는 것으로 나타났다. 이것은 불규칙파 조파에 따라 쇄파점이 정선측으로 이동한 때문으로 판단된다.

3.1.2 정선부에 위치한 경우

인공식생이 0.06ea/cm²의 밀도로 정선부근(Shoreline)에 위치한 C-2 실험안에 대한 규칙파 및 불규칙파의 실험결과는 Fig. 5 및 Fig. 6에 각각 나타내었다. 규칙파에 대한 결과인 Fig. 5에서 알 수 있듯이 정선부근에 위치한 식생의 영향에 의해 초기 해빈상태와 거의 유사한 경향을 보이고 있으며 쇄파대 외측에 나타난 연안사주가 정선부측으로 전진하고 있는 특성을 보이고 있다. 그리고 불규칙파에 대한 Fig. 6에서는 전체해빈에서 사런(Ripples)이 연이어 나타나고 있으며 전체적으로 초기해빈 상태와 거의 동일한 해빈을 나타내고 있음을 보이고 있다. 이는 정선 부근에 위치한 인공식생의 영향에 의한 해향반류(Undertow) 및 되돌림류의 감소에 의한 것으로 판단되며 인공식생이 없는 경우와 비교하면 정선 부근에서 발생하던 부분적인 후퇴(침식)현상을 완화시키는 것으로 판단되었다.

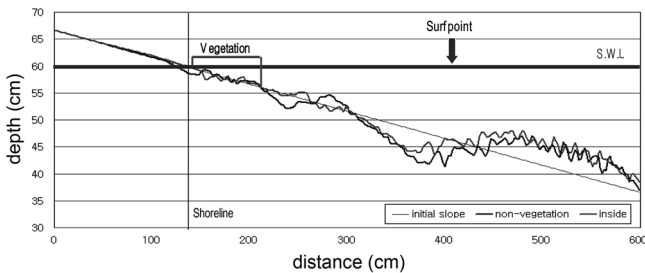


Fig. 5 Beach deformation (CASE C-2-R, coastline)

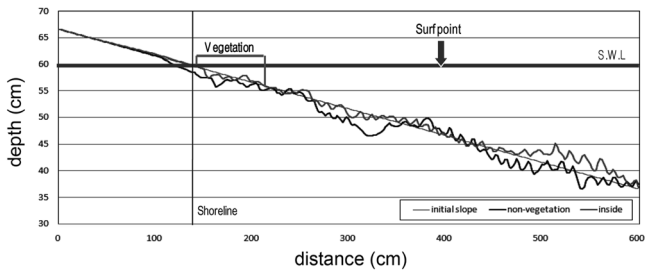


Fig. 6 Beach deformation (CASE C-2-I, coastline)

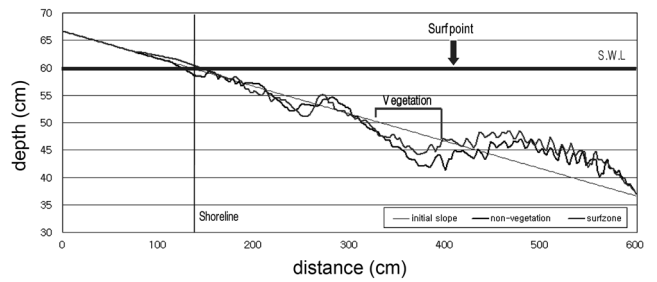


Fig. 7 Beach deformation (CASE C-3-R, on-surfzone)

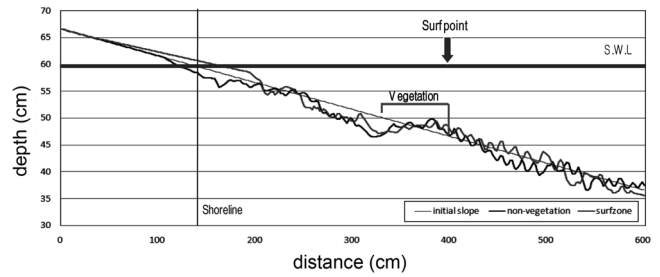


Fig. 8 Beach deformation (CASE C-3-I, on-surfzone)

3.1.3 쇄파대 내측에 위치한 경우

인공식생이 쇄파대 내측에 있는 경우의 결과는 Fig. 7 및 Fig. 8에 각각 나타내었으며, 규칙파에 대한 실험결과인 Fig. 7에서 보듯이 식생모형이 쇄파대 내측에 위치한 실험결과인 Fig. 5와 유사한 경향을 보이고 있으나 식생위치의 변경에 따라 정선부근에서 전진(퇴적)현상이 나타나고 있음을 알 수 있다. 그리고 식생이 위치하고 있는 근빈 부근에서는 부분적으로 침·퇴적 현상이 반복되는 특성을 보이고 있다. 불규칙파에 대한 실험결과인 Fig. 8에서 보듯이 정선부근과 전빈역에서 퇴적현상이 보이고 있으며 특히 정선의 전진(퇴적)효과는 50cm이상으로 나타나고 있어 식생의 효과가 있음을 알 수 있다. 이 같은 특성은 인공식생에 의해 입사파고 및 해향반류의 크기를 감소하여 정선이 전진되는 것으로 판단되었다.

3.1.4 쇄파대 외측에 위치한 경우

쇄파대를 중심으로 인공식생이 쇄파대 외측에 위치한 경우에 대한 실험 결과는 Fig. 9 및 Fig. 10에 도시하였다. 그림에서 알 수 있듯이 이 경우도 규칙파 및 불규칙파 결과가 유사하게 초기 해빈단면의 형상을 유지하고 있는 경향을 보이고 있다. 그러나 인공식생의 위치가 외측으로 이동함에 따라 기존에 발생했

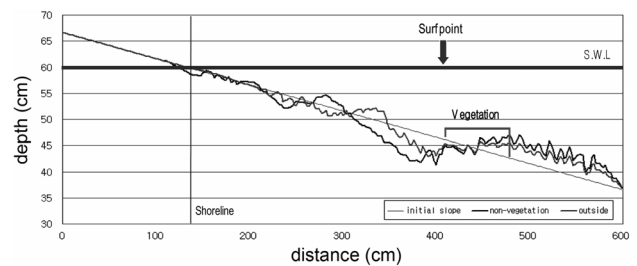


Fig. 9 Beach deformation (CASE C-4-R, off-surfzone)

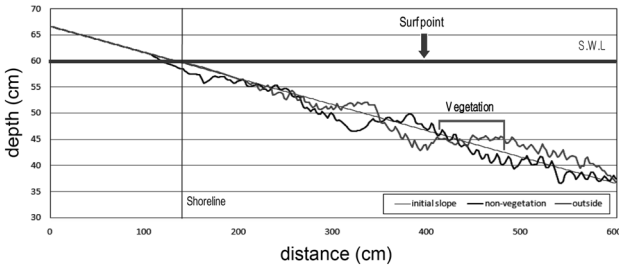


Fig. 10 Beach deformation (CASE C-4-I, off-surfzone)

던 사주의 형태가 변동되는 특성을 보이고 있으며 이같은 경향은 특히 불규칙파에 대한 Fig. 10의 결과에서 연안사주의 형태가 인공식생이 없는 경우의 결과와 비교하여 반대의 결과를 나타나고 있음을 알 수 있다. 이같은 원인은 인공식생의 위치에 따른 파랑변형과 해향반류(Undertow)의 변동 때문으로 판단되며 따라서 인공식생이 배치하고 있는 위치에 따라 해변단면의 형상이 매우 복잡하게 변화하고 있음을 알 수 있다.

3.2 식생의 밀도에 따른 해변단면 변형

쇄파대 내측에 식생이 위치한 경우 정선의 전진이 상대적으로 크게 나타나는 것으로 관측되었으므로 동일한 위치에 식생의 밀도 변화에 따른 해변변동특성을 고찰하였다.

식생밀도는 기본안이 $d = 0.06ea/cm^2$ 이므로 기본안과 비교하여 식생밀도가 1/2배 및 2배에 각각 해당하는 $0.03ea/cm^2$ 및 $0.12ea/cm^2$ 에 대한 실험결과를 Fig. 11, Fig. 12에 각각 나타내었다. 식생밀도의 변화에 따라서 전체적으로 정선의 전진효과 및 전빈역의 퇴적현상이 나타나고 있는 것으로 파악되었으나 그림에서 보듯이 식생밀도의 변동에 따른 해변단면 형상의 변화는 미미한 것으로 확인되었다.

이것으로부터 식생밀도의 변화에 따른 정선의 전진 및 퇴적

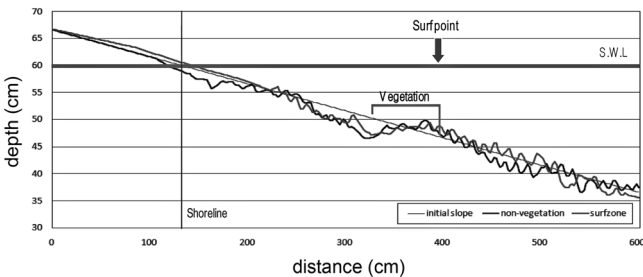


Fig. 11 Beach deformation (CASE C-5-I, $d = 0.03ea/cm^2$)

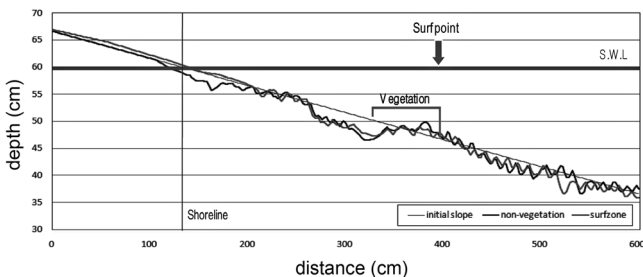


Fig. 12 Beach deformation (CASE C-6-I, $d = 0.12ea/cm^2$)

변화는 상대적으로 미소한 영향을 주고 있음을 확인하였으며 따라서 해변침식방지 목적으로 인공식생을 설치하는 경우 식생의 밀도 보다는 식생대의 최적위치를 결정하는 것이 중요한 것으로 파악되었다.

3.3 식생의 길이에 따른 해변단면 변형

쇄파대 내측에 식생이 위치한 경우 정선 전진 및 퇴적현상이 상대적으로 크게 나타나는 것으로 관측되었으므로 동일한 위치에 인공식생이 위치하는 경우 식생길이의 변화에 따른 해변 변동특성을 실험을 통해 고찰하였다.

이때 인공식생의 길이는 정수면을 기준으로하여 정수면상 20.0cm, 10.0cm, 5.0cm인 경우 그리고 정수면과 동일한 경우 및 수심의 50%에 대해 현상태를 포함하여 6가지 실험안에 대해 수행하였다. 그리고 입사파는 다양한 침식형 해변변동을 파악하기 위해 파고 $H = 13.0cm$, 주기 $T = 1.65se$ 의 불규칙파로 하였으며 이때 식생밀도는 $d = 0.06ea/cm^2$ 로 하였다.

입사파 조건을 식생위치 및 밀도에 대한 경우인 $H = 12.0cm$ 와 다르게 $H = 13.0cm$ 를 적용한 것은 정선부의 전진 및 근빈역에서의 후퇴 및 침식을 보다 확대하기 위한 것이었으며 식생이 없는 불규칙파 조건에 대한 Fig. 4와 Fig. 13에서 알 수 있듯이 입사파의 증가에 따라 침식 및 정선후퇴가 상대적으로 광범위하게 나타나고 있다.

식생의 길이가 정수면 상 20.0cm인 경우에 대한 실험결과는 Fig. 13에 나타내었다. 그림에서 보듯이 식생이 없는 경우에는 정선이 25cm정도 후퇴하고 있으며 전빈역의 소상대 부근에는 빈의 형태로 나타나는 침식형 해변형상을 보이고 있고 전체적으로는 Fig. 4에 나타낸 입사파고 $H = 12.0cm$ 의 실험결과와 유사한 해변단면 변동특성을 보이고 있다. 그리고 인공식생이 정수면상 20.0cm의 식생길이인 경우 그림에서 보듯이 식생에 의한 파랑감쇠 및 흐름감쇠 영향에 의해 정선부근에서 5cm정도 완만하게 후퇴하고 있으나 전체적으로는 초기 해변상태와 거의 유사한 평형상태를 보이고 있으며 단면 전체에 걸쳐 규칙적인 사면의 형태가 나타나고 있다. 이같은 원인은 식생의 비중이 1.0보다 작기 때문에 식생이 수면위로 돌출하지 않고 수면내로 다시 잠겨져 식생의 길이만큼 식생밀도가 증가하는 형태가 되기 때문인 것으로 판단되었다.

식생 길이가 정수면 상 10.0cm인 경우는 Fig. 14에 나타내었으며 실험 결과 식생이 없는 경우와 비교하면 정선부근에서 약 10cm정도 전진하고 있으며 전체적인 해변단면 특성은 정수면

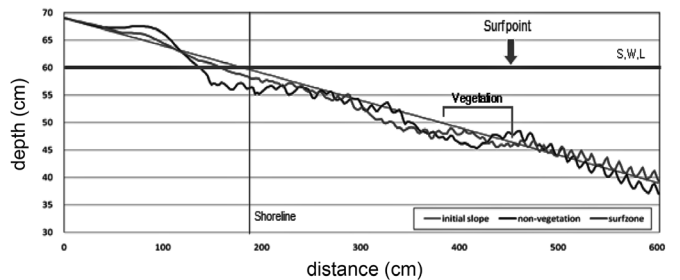


Fig. 13 Beach deformation (CASE C-8-I, SWL+20.0cm)

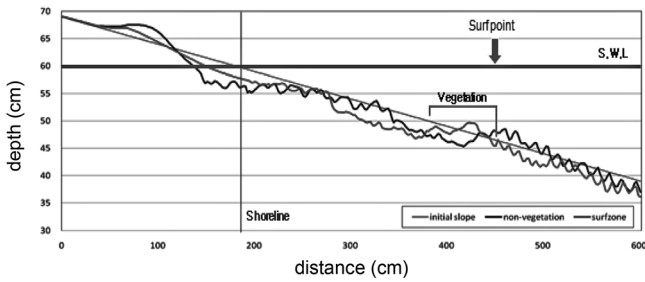


Fig. 14 Beach deformation (CASE C-9-I, SWL+10.0cm)

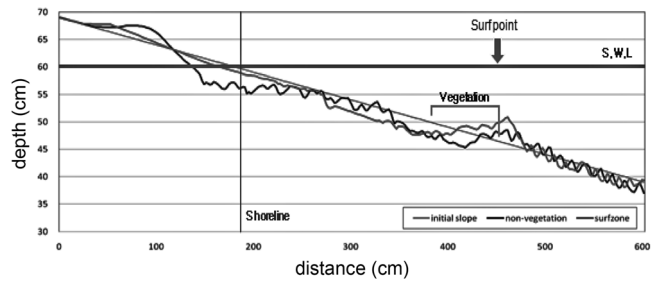


Fig. 17 Beach deformation (CASE C-12-I, 1/2 x h)

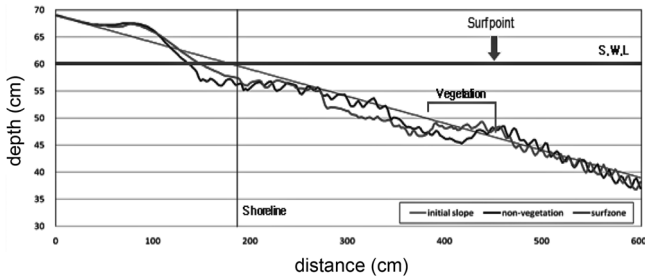


Fig. 15 Beach deformation (CASE C-10-I, SWL+5cm)

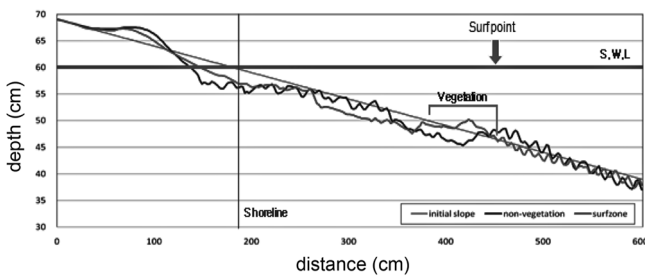


Fig. 16 Beach deformation (CASE C-11-I, SWL)

상 20.0cm의 식생길이에 대한 Fig. 13의 결과와 매우 유사하며 이같은 원인은 식생이 쇄파대 상에 위치하여 쇄파에 의한 난류와 해향반류(Undertow)를 부분적으로 감소하여 침식형 단면특성을 초기단면상태로 유지하고 있는 것으로 판단되었다.

그리고 식생의 길이가 정수면 상 5.0cm인 경우에 대해서는 Fig. 15에 도시하였으며 전체적으로는 Fig. 12과 Fig. 13의 결과와 비교하여 매우 유사한 단면특성을 보이고 있으나 정선 부근의 근빈층에서 초기단면상태와 비교하여 부분적으로 침식되는 양상을 보이고 있다. 이같은 경향은 식생의 길이가 정수면과 동일한 경우에 대한 Fig. 16에서도 동일한 결과를 보이고 있다.

식생 길이가 해변단면 변화에 미치는 영향을 파악하기 위하여 식생이 수심보다 작은 경우에 대해 검토하였으며 이를 위해 전술한 바와 같이 식생길이가 수심의 1/2인 경우에 대해 수리실험을 행하였으며 이의 결과는 Fig. 17에 도시하였다. Fig. 17에서 보듯이 식생길이가 수심의 1/2인 경우 해변단면 형태는 실험 초기 형태와 유사하며 부분적으로는 전진하는 특성을 보이고 있으며 식생길이의 측면에서 볼 때 침식방지에 상대적으로 큰 효과가 있는 것으로 나타났다.

이것으로부터 연성의 식생모형에 의해 침식형해빈이 초기단

면이나 퇴적형 해빈으로 변동하는 특성을 확인하였으며 이의 원인은 쇄파에 의한 난류와 해향반류(Undertow) 및 되돌림류를 소상대 및 근빈부에서 부분적으로 감소하기 때문으로 판단되며 이에 관해서는 유속의 관측이나 흐름변동에 관한 이해가 필요한 것으로 판단되었다.

4. 결 론

본 연구에서는 연안해역에서 해변침식 대책을 위해 연성의 인공식생을 설치함에 따른 해변단면의 변동특성을 수리실험을 통해 검토하였으며 이를 위해 인공식생의 위치, 밀도 및 식생길이를 각각 변화해 가면서 해변단면변화를 비교·분석을 하였다. 그 결과 식생모형의 설치 위치에 따라 해변단면의 변동이 크게 나타남을 확인하였으며 특히 식생이 쇄파대 내측에 위치하는 경우 정선부근과 전빈역에서 퇴적현상이 보이고 있으며 특히 정선의 전진효과는 50cm이상으로 나타나고 있어 식생에 의한 효과가 있음을 알 수 있었다. 이 같은 특성은 인공식생에 의해 입사파 및 해향반류의 크기를 감소하여 침식형 단면을 퇴적형 단면으로 변화하는 것으로 판단되었다. 그리고, 식생 밀도를 증가한 경우는 식생밀도가 감소한 경우에 비하여 퇴적의 측면에서 다소 유리하지만 그 차이는 그다지 크지 않은 것으로 확인되었다. 또한 본 연구의 결과 식생의 길이는 수심의 1/2로 설치한 경우 해변단면 형상이 초기단면과 유사한 특성을 보이고 있어 상대적으로 유리한 것으로 판단되었으며 이를 통해 해변침식방지를 위한 최적의 위치, 식생밀도 및 길이가 존재하는 것으로 예측되었다. 따라서 식생모형에 의해 해변 단면특성 및 침식방지 대책을 검토하기 위해서는 해향반류 및 되돌림류의 관측이나 흐름특성에 관한 조사 연구가 병행되어야 할 것으로 판단되었다.

그리고 표사의 평균입경과 단면경사의 변화에 따라 침·퇴적양상이 복잡하게 나타날 것으로 사료되기 때문에 이들에 관해서는 지속적인 연구가 필요한 것으로 판단된다.

참 고 문 헌

윤석민, 함계운, 박준일, 장대정 (2008). “식생에 의한 파랑변형의 실험적 연구”, 제34회 대한토목학회 정기학술대회, pp 4207-4210.
 이성대 (2007). “연안식생에 의한 표사이동 특성에 관한 수치해

- 석”, 한국해양공학회지, 제21권, 제5호, pp 18-24.
- Asano, T., Tsutsui, S. and Sakai, T. (1988). “Wave Damping Characteristics due to Seaweed”, Proc. the 35th Coastal Engineering Conference in Japan, JSCE, pp 138-142.
- Asano, T., Matsumoto, R. and Kikuchi, S. (2005). “Wave Deformation in Vegetation Fringed Channels”, Proc. the 29th International Conference Coastal Engineering, pp 218-229.
- Broome, S., Rogers, S.M. and Senaca, E.D. (1992). Shoreline Erosion Control using Marsh Vegetation and Low-cost Structures, Sea Grant Pub. of US Envir. Protection Agency and Univ. North Caroline, p20.
- Goda, Y. (1985). Random Seas and Design of Maritime Structures, University of Tokyo Press.
- Kobayashi, N., Raichle, A.W. and Asano, T. (1993). “Wave Attenuation by Vegetation”, J. of Waterway, Port, Coastal, and Ocean Engineering, ASCE, Vol 119-1, pp 30-48.
- Sugahara, K. and Irie, I. (1992). “Experiments on the Effects of Artificial Seaweed on the Sand Movement”. Tech. Note of PHRI.
- Sugahara, K. and Nagai, T. (1994). Hydraulic Model Experiment on the Artificial Seaweed against Scouring and Beach Erosion, Tech. Note of PHRI.
- Sunamura, T. and Horikawa, K. (1974). “Two Dimensional Beach Transformation due to Waves”, Proc. the 14th International Conference Coastal Engineering, pp 920-938.

2009년 1월 16일 원고 접수

2009년 2월 2일 최종 수정본 채택