

한강 하천제방 호안공법에 따른 식생분포 특성 연구^{1a}

김원식^{2*} · 곽정인³ · 이경재⁴ · 한봉호⁴

A Study on Characteristics of Vegetation Distribution according to Revetment Techniques of Riverbank in Han River, Korea^{1a}

Won-Sik Kim^{2*}, Jeong-In Kwak³, Kyong-Jae Lee⁴, Bong-Ho Han⁴

요약

본 연구는 강동구 가래여울마을 한강제방을 대상으로 호안공법에 따른 자연적인 식생유입 현황을 분석하여 생태적인 측면을 고려한 제방 호안 식생유도를 목적으로 수행하였다. 제방 호안공법별 식생 분포 특성을 분석한 결과 장대블록에는 귀화초본이 70.7%로 우점하였고 잔디블록에는 자생초본군락이 48.5%, 방틀블록은 자생초본군락 55.7%로 자생초본군락 면적은 방틀블록에서 가장 넓었다. 제방 호안공법별 식생피도는 장대블록이 평균 27.9%로 가장 낮았고 잔디블록(평균 95.3%), 방틀블록(평균 97.5%)순으로 높았다. 식생기반면적에서는 장대블록이 가장 협소하였으며 방틀블록이 가장 넓었다. 식물군집구조에서 장대블록은 건조초본 및 덩굴성초본이 주로 우점하였고 식생피도도 낮았으며 잔디블록은 다양한 종이 소규모군락을 형성하였다. 방틀블록은 식생기반 면적이 가장 넓어 다년생 초본인 물억새, 큰김의털, 미국쭉부쟁이 등이 넓은 면적의 군락을 형성하였다. 호안공법별 평균 건물중은 장대블록은 6.75g/m², 잔디블록은 137.65g/m², 방틀블록은 187.63g/m²으로 방틀블록 식물 건물중이 가장 많았다. 토양특성에서 토양 수분함량은 방틀블록 16.3%, 잔디블록 15.2%인 반면 장대블록은 4.7%로 토양이 매우 건조하였다. 토양 이화학적 특성 분석결과 토성, 토양산도(pH), 치환성 양이온 함량은 호안공법별로 큰 차이가 없었으며 토양유기물 함량(OM)과 유효인산(Available P₂O₅)은 장대블록에서 가장 높은 수치를 보였다. 따라서 향후 하천제방 호안녹화의 경우 제방의 안전을 고려하여 가능한 식생기반 면적을 넓혀주어 자연적인 식생 유입이 가능하도록 제방 호안공법 적용이 필요하였다.

주요어: 장대블록, 잔디블록, 방틀블록, 호안녹화, 자생초본군락

ABSTRACT

This study has analyzed the vegetation composition in the areas using different slope revetment techniques of riverbanks, in a way to improve the vegetation induction in the future considering the ecological aspects of the induction in Garaeyoul Village, Gangdong-gu, Seoul. The result of the vegetation distribution in each different slope revetment technique was analyzed, that the naturalized herb was dominant in the pole block accounting for 70.7%, while native herb was dominant in the lawn block occupying 48.5% and in the crib block occupying 55.7%. The vegetation coverage measured by different slope revetment techniques was highest in

1 접수 2010년 9월 28일, 수정(1차: 2010년 12월 10일, 2차: 12월 22일, 3차: 12월 24일), 게재확정 2010년 12월 25일

Received 28 September 2010; Revised(1st: 12 Dec. 2010, 2nd: 22 Dec. 2010, 3rd: 24 Dec. 2010); Accepted 25 Dec. 2010

2 서울특별시 한강관리사업소 685-124 Seongsu-dong 1ga, Seongdong-gu, Seoul(133-110), Korea

3 서울시립대학교 대학원 조경학과 Graduate School, Univ. of Seoul, Seoul(130-743), Korea

4 서울시립대학교 조경학과 Dept. of Landscape Architecture, Univ. of Seoul, Seoul(130-743), Korea

a 이 논문은 저자의 석사학위논문(Kim, 2009) 일부 결과를 발전시킨 것임.

* 교신저자 Corresponding author(wskim0113@seoul.go.kr)

the crib block(average 97.5%), followed by the lawn block(average 95.3%) and pole block(average 27.9%). The vegetation base area was the most wide in the crib block and the most narrowest in the pole block. The result of community analysis in areas using different slope revetment techniques, dry herbs and vine herbs were dominated and the coverage was very poor in the pole block. In the lawn block, the barb was fragmented into narrow areas due to the blocks, which prevented the creation of large-scale plant communities. In the crib block, *Miscanthus sacchariflorus*, *Fescue arundinacea* and *Aster pilosus*, which also consisted of large-scale communities. Average dry weight was also measured by each slope revetment technique. The weight was heaviest in the crib block with 187.63g/m², followed by the lawn block(137.65g/m²) and pole block(6.75g/m²). The soil moisture contents in the crib block and lawn block was 16.3% and 15.2%, respectively, while that of the pole block was 4.7%, which revealed the highly dry condition of the pole block soil. The analysis result of soil chemical property showed that there was little difference in soil texture, soile acidity(pH), and exchangeable ion content, however, the soil organic matter(OM) content and available P₂O₅ were highest in the pole block. In the future, in order to induce more vegetation into river banks and walls, a proper construction method should be applied so that the vegetation area can be expanded as much as possible, considering the safety of the banks.

KEY WORDS: POLE BLOCK, LAWN BLOCK, AFFORESTATION of RIVERBANK, NATIVE HERBAL PLANT

서론

하천은 인간 이외의 많은 생물들이 삶을 이어가는 생물종의 보고이며(Schwarz, 1993) 생물이동통로(CRAE, 1992), 생물서식처로 매우 중요한 자연환경 중 하나이다. 하지만 현재 우리나라 도시하천은 하천의 생태적 기능을 도외시키고 공학적 기능만을 강조한 토지이용으로 대부분 인공화되고 있다(Woo and Kim, 2000). 특히 1982년 9월 28일에 착공하여 1986년 9월 10에 준공하기까지 만 4년이 소요된 한강종합개발사업은 저수로 정비, 시민공원조성, 올림픽대로, 양안 분류 하수관로 및 하수처리장 건설(Seoul Metropolitan City, 1987) 등을 통해 한강 본래의 모습과 생태적 기능을 파괴하였다.

그러나 최근 하천생태계의 환경적 가치에 대한 인식이 높아지게 되면서 과거에 치수위주로 정비되어왔던 하천을 개선하기 위한 다양한 시도가 이루어지고 있으며(Choi, 2002) 하천의 물리적 구조와 주변 환경에 따른 식생 분포 특성 등의 연구(e.g. Chun *et al.*, 1999; Jeong, 1999, Jeong *et al.*, 2003; Bae, 2004) 등을 통해 하천의 생태적 복원을 위한 기초자료를 구축하고 있다. 또한 하천의 자연성 복원을 위한 하천의 복원방안과 공법, 공법 적용 후 복원효과 등을 생태적 하천복원 방안과 하천 복원을 통한 생태적 변화에 관한 연구를 통해 분석하였다(e.g. Shin, 1999; Sim *et al.*, 2000; Moon *et al.*, 2001; Lee *et al.*, 2010). 그러나

대부분의 하천 식생과 복원에 관한 연구들은 수면과 가까운 하안과 둔치를 중점 대상으로 하고 있으며 제방에 대한 연구는 미진한 상태이다. 특히 제방의 경우 하천에 흐르는 물이 하도 밖으로 넘치는 것을 방지하고 흐르는 물의 소통을 원활하게 하기 위해 하천에 설치하는 시설물로(Ministry of Public Administration and Security, 1999) 하안이나 둔치와 같이 대규모 복원공사를 시행하기 어렵기 때문에 현재 시공된 공법의 특성과 문제점을 밝히고 이에 적합한 대안 제시가 필요하였다.

따라서 본 연구는 하천제방에 적용된 공법별 자연적인 식생유입 현황을 분석하여 제방에 자연적인 식생유입을 도모하기 위한 방안을 마련하는데 궁극적인 목적이 있다. 연구대상지는 한강에서 제방축조 후 식생이 자연적으로 유입된 지역으로 축조 후 현재까지 식생 관리가 되지 않은 강동구 가래여울마을의 제방을 대상으로 하였으며 대상지의 식물, 환경 생태적 특성을 파악하여 제방 축조 후 각 호안공법에 도입된 식물군락을 중점적으로 분석하여 제방 축조시 식생유도의 문제점 및 개선방안을 제안하고자 하였다.

재료 및 방법

1. 연구대상지

연구대상지는 강동구 가래여울마을의 한강변 제방 중 하

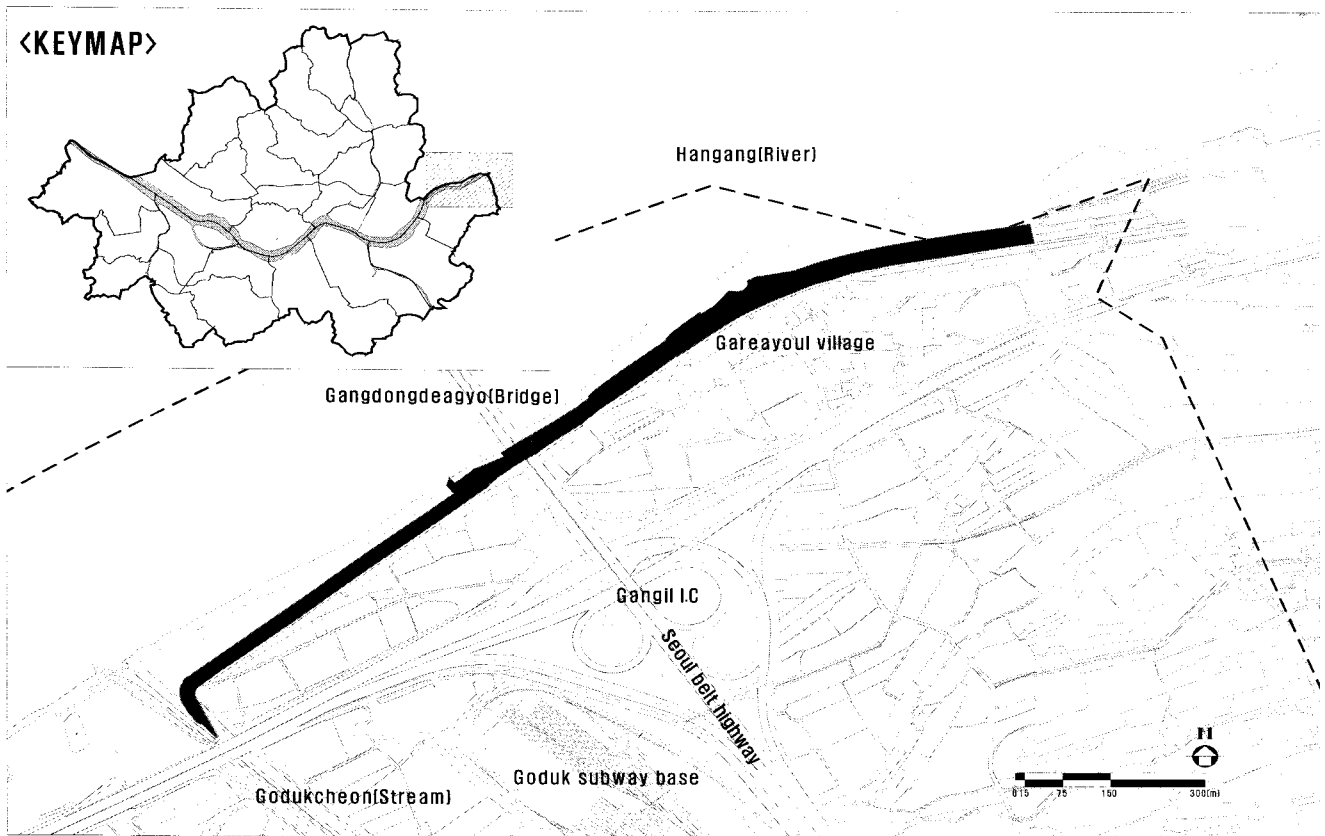


Figure 1. The location map of the research site in Gangdong-gu, Seoul

천의 영향을 직접적으로 받는 제외지 사면 일부구간으로 설정하였다. 가래여울마을 제방은 하도의 양안에 축조한 본체(main levee)로서 사면에 소단이 있는 복단면의 고수호안이다. 대상지가 위치한 가래여울 마을은 지표가 EL.18.95~EL.20.10m로서 한강 하류부의 계획홍수량 37,000CMS에서의 홍수위 EL.20.30m보다 가장 낮은 곳이 약 1.06m정도 낮으나 1925년, 1984년 홍수시에는 침수되지 않았으며 1990년 홍수시에는 저지대의 마을 일부가 약 30~40cm정도 침수되었다. 가래여울마을 제방축조 사업은 1978년 제방겸 도로를 만들면서 가래여울마을이 하천이 아님에도 불구하고 하천법상 하천으로 분류되어 하천부지에 살고 있는 마을 주민들의 민원을 해소하고 한강의 범람으로부터 마을을 보호하기 위해 1998년부터 2000년까지 3년간 공공근로 사업으로 진행되었다. 제방 축조에 적용된 공법은 장대블록, 잔디블록, 방틀블록 등 3가지이며 현재 이 지역은 제방축조 이후 초본의 식재 또는 인위적인 관리가 이루어 지지 않아 호안공법에 따른 자연적인 식생유입의 비교 분석이 가능하였다.

2. 조사분석방법

1) 대상지 호안공법 및 공법별 식생분포

한강관리사업소에서 발주한 「가래여울마을 제방축조 실시계획 보고서」 및 준공도면 등 자료를 분석하여 대상지의 제방호안의 공법 유형을 파악하였으며 대표적인 장대블록, 잔디블록, 방틀블록으로 시공된 호안공법 적용 현황을 현지 조사를 통하여 도면화하였다.

호안공법별 자연 식생유입의 기본 조건인 나지면적 산출을 위해 장대블록, 잔디블록, 방틀블록의 제방축조 준공도면을 참고하여 줄눈길이, 나지면적 등 지표면적을 산출하였다. 현존식생은 제방 호안공법별 식생분포 현황을 1/1,000 지형도에 도면화하고 피도와 종구성을 야장에 기록하였으며 호안공법 유형별 면적을 산출하였다.

2) 식물군집구조 분석

식생조사는 방형구법(Quadrat method)을 이용하여 2008년 11월 호안공법 유형에 따라 실시하였다. 하천제방 호안 초본식생의 표본조사에 적합한 방형구의 크기는 장초지일 경우 25~100㎡, 단초지일 경우 10~25㎡이나(Ministry of Environment, 2002) 본 연구에서는 제방 호안공법별로 변화가 이루어지는 구간별로 식생군락이 형성된 지점에서

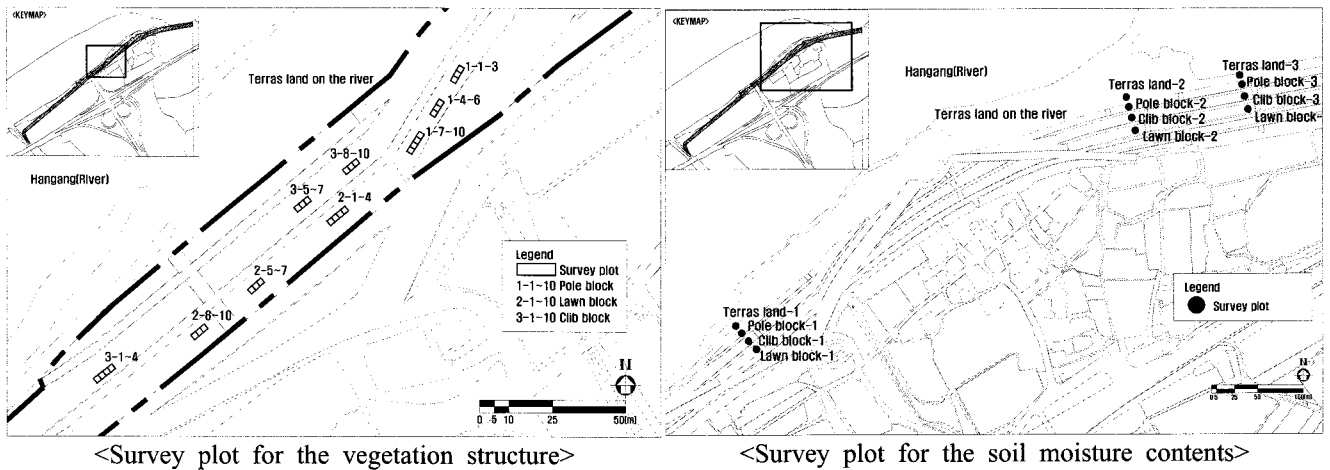


Figure 2. The location map of plot for the vegetation structure and the soil moisture contents, which measured by different revetment technique of riverbank in Gareayoul village, Gangdong-gu

Belt-transect의 한 변이 접하도록 2m×2m(4m²)의 방형구 3~4개를 연속으로 설치하여 유형별 총 40m²를 조사하였다. 식물군집구조 조사는 각 조사지점별로 식물사회학적 측면의 조사방법인 Braun-Branquet(Mueller-Dom bois & Ellenberg, 1974)의 방법을 이용하여 출현종 피도(被度) 백분율과 수도(數度)에 의한 우점도(優占度) 및 군도를 조사하였다.

3) 식물 건물중

식물 건물중은 제방 호안의 공법별로 1m×1m(1m²)의 방형구를 설치하고 낮으로 식물을 지표면 부분에서 절단하여 지상부 건물중을 측정하였다. 건물중은 단위면적 내에 있는 식물의 전체 건조무게를 일컫는다. 건물중은 대개 지상부 건물중과 지하부(뿌리) 건물중으로 나누어 조사하고 식물체를 수확하여 90도에서 2시간이상, 60도에서 24시간 이상 충분히 건조하여 무게를 측정하였다(Rural Development Administration, 2003). 본 연구에서는 지상부 건물중을 분석하였으며, 상기 방법으로 중량의 변화가 더 이상 없을 때까지 건조시킨 후 중량을 유효숫자 2자리까지 측정하였다.

4) 토양특성

토양수분함량 및 이화학적 특성 분석을 위한 시료채취는

각 단의 호안공법별 토양을 무작위로 3곳을 선정한 후 제방과 수직되는 동일선상에서 토심 30cm 정도의 깊이로 0.5~1.0kg의 시료를 채취·혼합하여 1점으로 하였다. 시료건조 및 조제는 채취한 시료를 실내로 운반하여 그늘에 말려 2mm 체로 친후 토양수분함량, 토성, 토양 pH, 유기물함량, 유효인산, 전기전도도, 치환성양이온함량을 분석하였다.

결과 및 고찰

1. 호안공법 및 현존식생

Table 1은 연구대상지 제방 호안공법 현황으로 총 33,971 m² 중 잔디블록 공법이 적용된 면적이 14,799m²(43.6%)로 가장 넓었으며 다음으로 방틀블록 13,156m²(38.7%), 장대블록 6,016m²(17.7%)이 시공되었다. 주로 둔치와 사면이 만나는 제방 하부에 장대블록이 시공되었으며 제방 상부는 잔디블록이, 잔디블록과 장대블록 사이에 방틀블록 공법이 적용되었다.

연구대상지 현존식생 분석결과 전체 현존 식생면적 49,968m² 중 습지자생초지는 18.1%로 주로 방틀블록에 분포하였고, 건조자생초지(5.7%)와 덩굴성자생초지(11.4%)는 잔디블록이 설치된 지역에 군락을 형성하였다. 귀화초지

Table 1. The status of inside slope revetment technique of riverbank in Gareayoul village, Gangdong-gu

Revetment technique type	Area(m ²)	Ratio(%)
Pole block	6,016	17.7
Lawn block	14,799	43.6
Crib block	13,156	38.7
Total	33,971	100.0

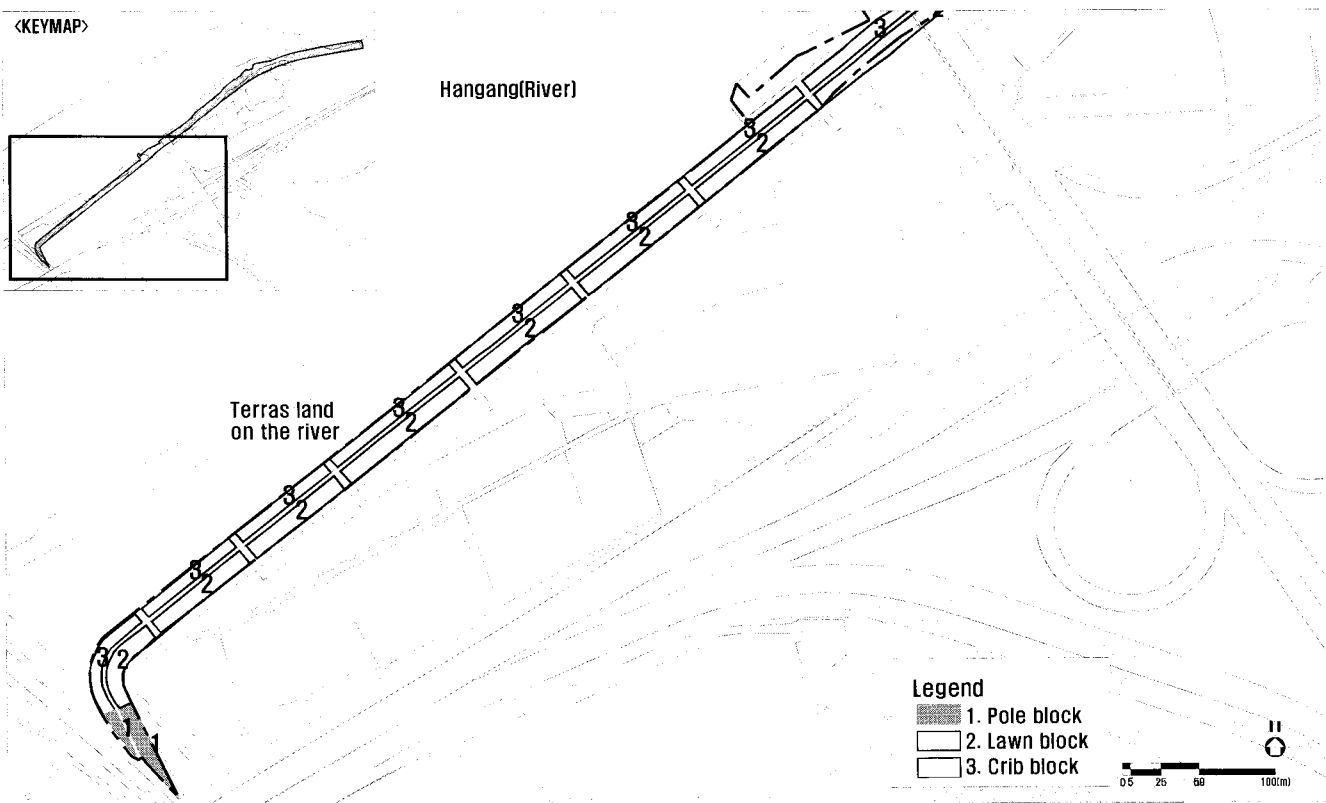


Figure 3. The status map of inside slope revetment technique of riverbank in Gareayoul village, Gangdong-gu-1

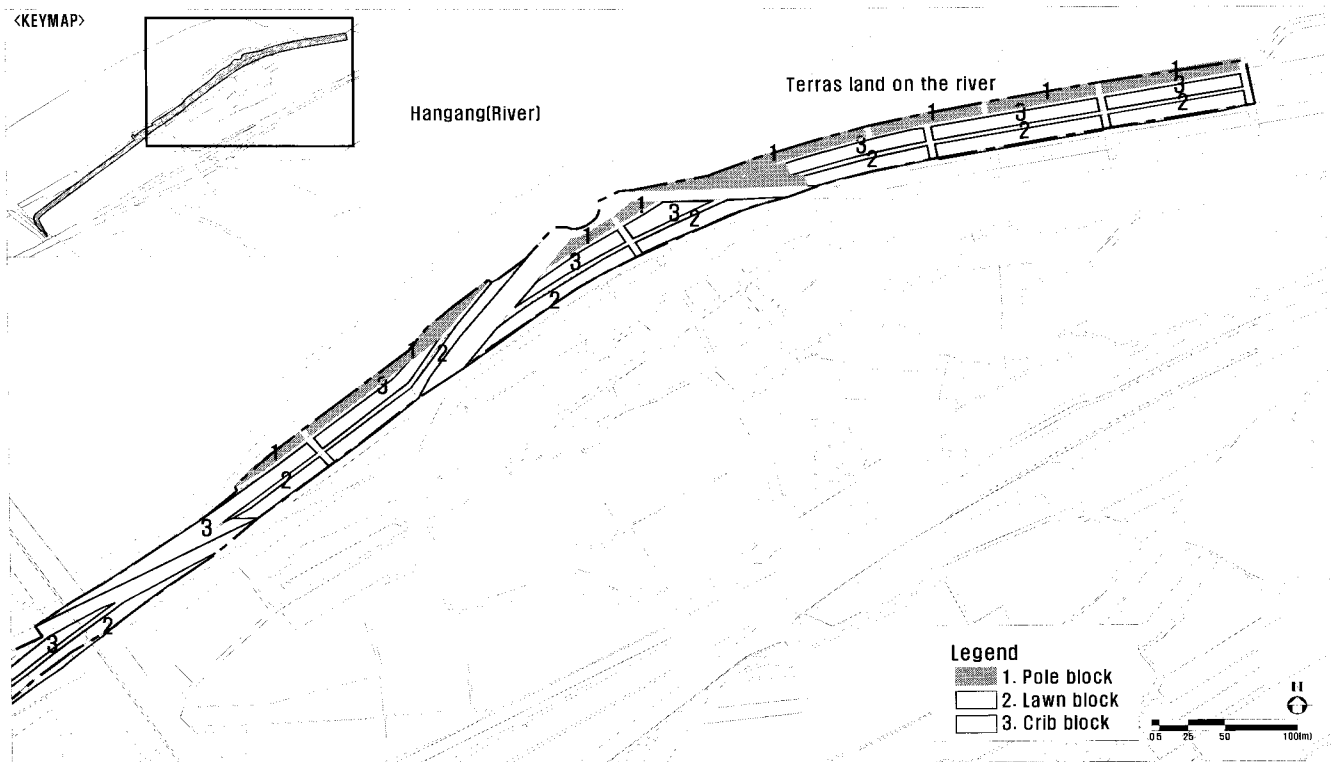


Figure 4. The status map of inside slope revetment technique of riverbank in Gareayoul village, Gangdong-gu-2

Table 2. The status of inside slope actual vegetation in bank of Gareayulmaeulm, Gangdong-gu

	Vegetation types	Area(m ²)	Sub ratio(%)	Ratio(%)
Wetland herb	<i>Miscanthus sacchariflorus</i>	9,028	100.0	18.1
	Sub total	9,028	100.0	18.1
Dryland herb	<i>Setaria viridis</i>	223	7.8	0.4
	<i>Setaria faberi</i>	1,456	51.0	2.9
	<i>Microstegium japonicum</i>	183	6.4	0.4
	<i>Artemisiaprinceps</i> var. <i>orientalis</i>	991	34.7	2.0
	Sub total	2,854	100.0	5.7
Vine herb	<i>Humulus japonicus</i>	5,544	96.9	11.1
	<i>Glycine soja</i>	73	1.3	0.1
	<i>Persicaria perfoliata</i>	102	1.8	0.2
	Sub total	5,719	100.0	11.4
Naturalized herb	<i>Festuca arundinacea</i>	5,605	33.7	11.2
	<i>Bidens frondosa</i>	971	5.8	1.9
	<i>Aster pilosus</i>	10,039	60.4	20.1
	Sub total	16,615	100.0	33.3
The others	Lawn	42	0.3	0.1
	Shrub	2,394	15.2	4.8
	The others	13,316	84.5	26.6
	Sub total	15,752	100.0	31.5
Total		49,968	-	100.0

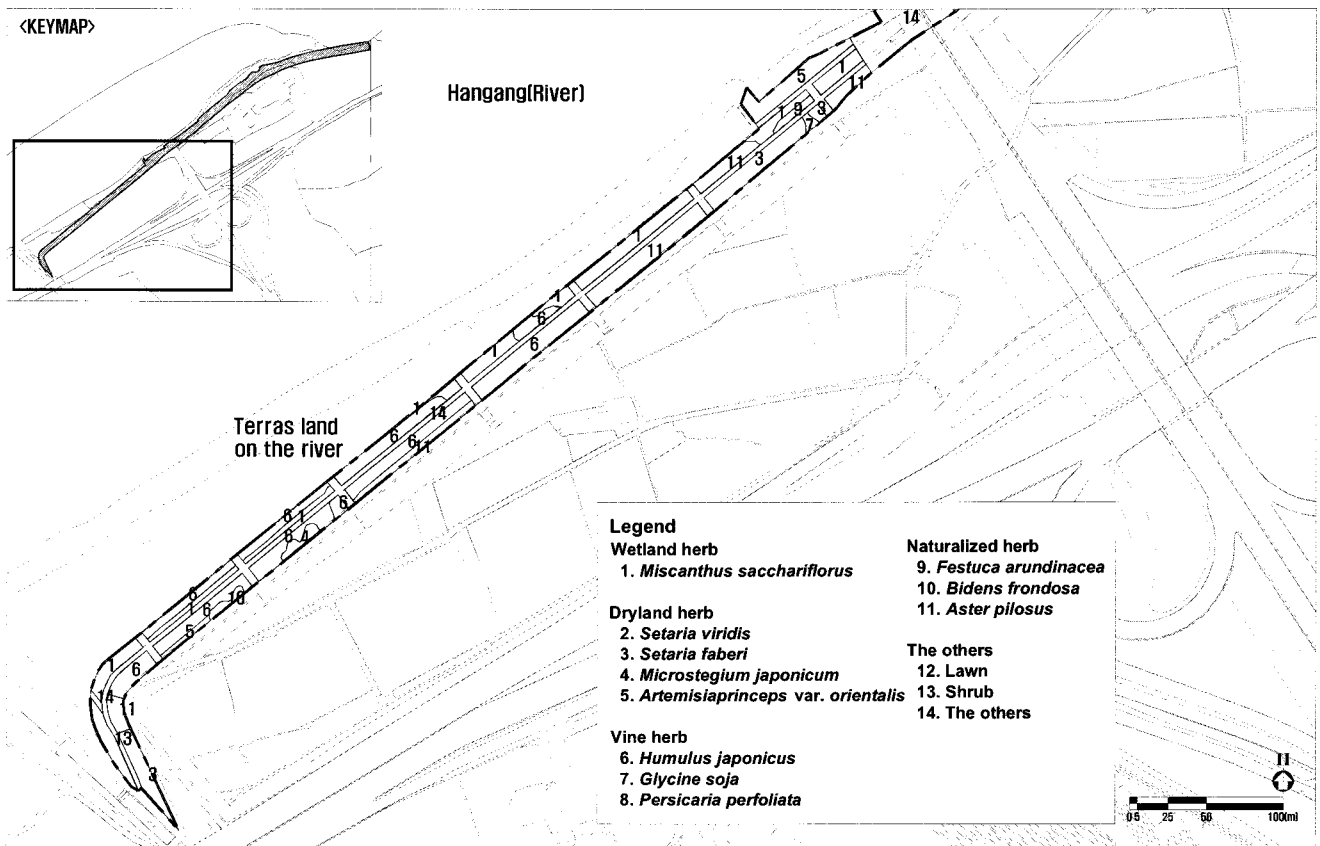


Figure 5. The actual vegetation map of inside slope of riverbank in Gareayoul village, Gangdong-gu-1

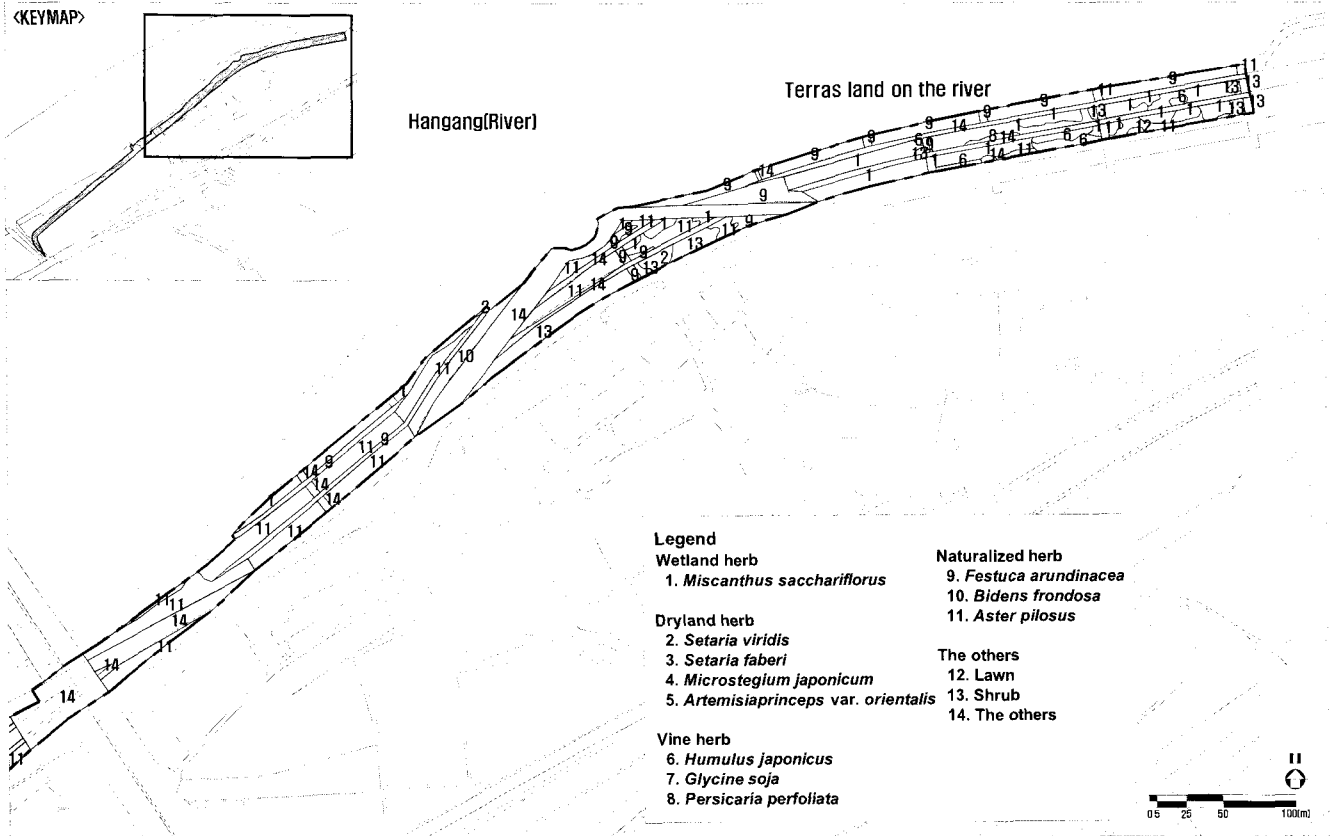


Figure 6. The actual vegetation map of inside slope in riverbank of Gareayoul village, Gangdong-gu-2

는 33.3%로 방틀블록에서 주로 생육하였다. 기타지역은 31.5%이었다. 습지자생초지 중에서는 물억새군락이 100.0% 이었고 건조자생초지 군락에서는 가을강아지풀 51.0%, 쭉 34.7%로 가장 넓었고, 덩굴성자생초지 군락에서는 환삼덩굴(96.9%), 귀화식물초지 군락에서는 큰김의털이 60.4%로 가장 넓었다. 기타지역은 식재된 잔디, 기타 관목식생지 등이었다. 습지자생초지는 방틀블록이 설치된 지역에 가장 많은 분포를 보였으며, 건조자생초지 점유 군락은 대부분 잔디블록 시공 지역에 많았고 덩굴성자생초지는 잔디블록 설치된 지역에서, 귀화식물초지는 장대블록이 설치된 지역에서 가장 넓게 분포하였다.

2. 호안공법별 식생분포 및 식생구조

1) 호안공법별 식생기반

호안공법별 식생 이입의 기본 조건인 나지면적 산출 결과 나지면적은 방틀블록, 잔디블록, 장대블록 순으로 넓게 확보되었으며 설치면적 1㎡당 방틀블록은 0.69㎡, 잔디블록은 0.35㎡, 장대블록은 0.02㎡순이었다. 따라서 장대블록은 식생유입 가능 면적이 매우 협소하여 식생이입이 어려운 반면 잔디블록은 35%, 방틀블록은 69%로 식생 이입이 유리하였다.

2) 호안공법별 식생분포

호안공법별 주요 식생분석결과 장대블록은 자생초본군락이 25.8%, 귀화초본군락이 70.7%로 귀화초본군락의 면적이 넓었으며 기타 관목 식생지 등은 3.6%이었다. 잔디블

Table 3. The vegetation base of slope revetment technique of riverbank in Gareayoul village, Gangdong-gu

Revetment technique type	Size	Quantity	Jointer length(m)	Vegetation base(㎡)
Pole block	700×200×205	7.20	6.48	0.02
Lawn block	400×600×100	4.20	4.2	0.35
Crib block	1000×800×300	1.25	-	0.69

* Source : The completion map of riverbank construction in Gareayoul village, Gangdong-gu

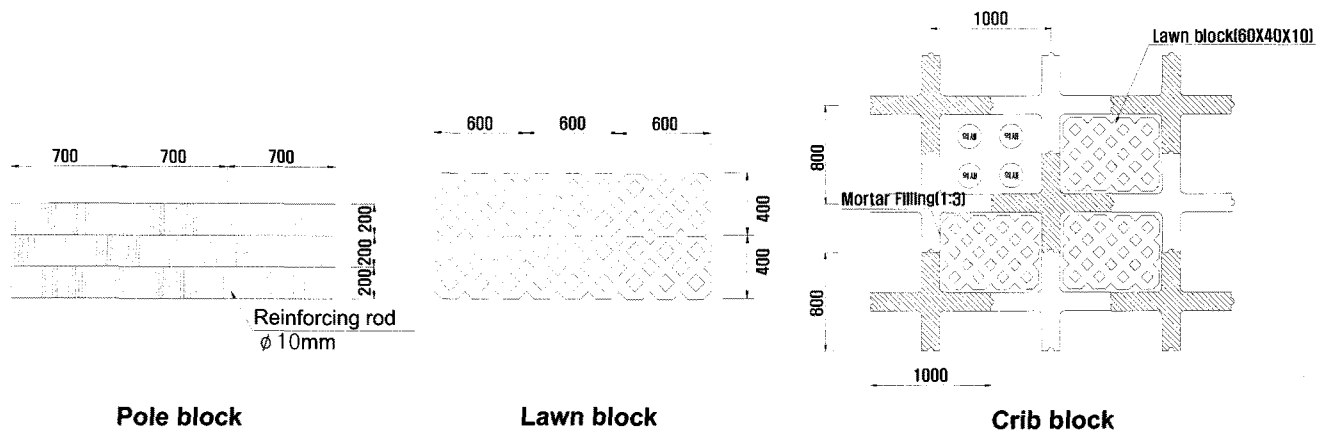


Figure 7. The working drawing of slope revetment technique

* Source : The completion map of riverbank construction in Gareayoul village, Gangdong-gu

Table 4. The status of the actual vegetation of the inside slope, which measured by different revetment technique type of riverbank in Gareayoul village, Gangdong-gu

Revetment technique type	Vegetation type	Area(m ²)	Sub total(m ²)	Ratio(%)	
Pole block	Native herb	<i>M. sacchariflorus</i>	1,035	1,550	25.8
		<i>S. viridis</i>	8		
		<i>S. faberi</i>	507		
	Naturalized herb	<i>F. arundinacea</i>	3,659	4,252	70.7
		<i>A. pilosus</i>	593		
	The others	Shrub	147	214	3.6
		The other	67		
Total		6,016			
Lawn block	Native herb	<i>M. sacchariflorus</i>	1,886	7,132	48.5
		<i>S. viridis</i>	199		
		<i>S. faberi</i>	935		
		<i>M. japonicum</i>	182		
		<i>A. priceps</i> var. <i>orientalis</i>	119		
		<i>H. japonicus</i>	3,739		
	Naturalized herb	<i>G. soja</i>	72	5,384	36.4
		<i>F. arundinacea</i>	197		
		<i>B. frondosa</i>	897		
	The others	<i>A. pilosus</i>	4,290	2,283	15.1
		Lawn	42		
Shrub		1,646			
The other		595			
Total		14,799			
Crib block	Native herb	<i>M. sacchariflorus</i>	5,598	7,322	55.7
		<i>H. japonicus</i>	1,628		
		<i>P. perfoliata</i>	96		
	Naturalized herb	<i>F. arundinacea</i>	213	4,846	36.8
		<i>A. pilosus</i>	4,633		
	The others	Shrub	314	988	7.5
		The other	673		
Total		13,156	-	100.0	

Table 5. The vegetation coverage of the inside slope, which measured by different revetment technique type of riverbank in Gareayoul village, Gangdong-gu

Revetment technique type	Coverage(%)	Area(m ²)	Ratio(%)
Pole block	0~20%	1,094	18.2
	20~40%	1,262	21.0
	40~60%	3,121	51.9
	60~80%	94	1.6
	80~100%	445	7.4
	Total	6,016	100.0
Lawn block	0~20%	1,737	11.7
	20~40%	2,623	17.7
	40~60%	257	1.7
	60~80%	1,046	7.1
	80~100%	9,136	61.7
	Total	14,799	100.0
Crib block	0~20%	775	5.9
	20~40%	3,756	28.5
	40~60%	380	2.9
	60~80%	338	2.6
	80~100%	7,907	60.1
	Total	13,156	100.0

록은 자생초본군락이 48.5%, 귀화초본군락이 36.4%으로 자생초본군락이 귀화초본군락에 비해 다소 많은 면적으로 분포하였다. 기타 관목 식생지 등은 15.1%로 면적이 적었다. 방틀블록은 자생초본군락이 55.7%, 귀화초본군락이 36.8%로 귀화초본군락에 비해 자생초본군락의 면적이 넓었으며 기타 관목 식생지 등은 7.5%로 소규모 면적으로 분포하였다.

호안공법별 식생분포 특성을 종합해 보면 장대블록, 잔디블록, 방틀블록 순으로 귀화초본군락의 면적이 넓었으며 자생초본군락은 귀화초본군락 면적에 반비례하였다. 특히 자생초본군락이 넓게 분포하는 잔디블록과 방틀블록 중 잔디블록에서는 건조지성 초본 또는 덩굴성 초본의 면적이 넓었으며 방틀블록에서는 습지성 자생초본인 물억새군락이 넓게 분포하였다. 자연호안 지역은 습윤지성 자생초본이 우점

하는 군락의 분포비율이 높고 인공호안 지역에는 건조지성 자생초본 우점 군락의 분포비율 및 귀화식물 분포면적 비율이 높은 결과(Kim, 2003)와 비교할 때 대상지는 습윤지성 자생초본 우점군락의 경우 방틀블록에서 가장 많은 면적을 차지하고 있고 귀화초본은 식생기반이 가장 적고 대부분 콘크리트로 만들어진 장대블록에서 가장 높게 나타나 인공호안에서도 공법별 차이가 있었다.

호안공법별 식생 피도에서는 장대블록이 식피율 40~60%인 지역이 51.9%로 가장 넓은 면적이었으며 잔디블록은 식피율 80%이상인 지역이 61.7%, 방틀블록은 식피율 80%이상인 지역이 60.1%로 식생기반이 넓은 잔디블록과 방틀블록의 식생피도가 장대블록보다 높았다.

3) 호안공법별 식생구조

Table 6. The vegetation structure of each pole block plot in Gareayoul village, Gangdong-gu

Main species	1		2		3		4		5		6	
	D-S	C(%)	D-S	C(%)	D-S	C(%)	D-S	C(%)	D-S	C(%)	D-S	C(%)
<i>Bromus japonicus</i>	2:2	15	2:2	25	2:2	10	1:1	5	2:2	8	3:3	18
<i>Persicaria nodosa</i>	-	-	1:1	1	-	-	-	-	-	-	2:2	7
<i>H. japonicus</i>	-	-	-	-	1:1	4	-	-	-	-	1:1	3
<i>A. pilosus</i>	2:2	9	+	0.5	-	-	-	-	-	-	-	-
Other species	<i>Lactuca indica</i> var. <i>lacinata</i>		<i>S. viridis</i>		<i>S. viridis</i>		<i>S. viridis</i> , <i>B. frondosa</i>		<i>S. viridis</i> , <i>Equisetum arvense</i>		<i>B. frondosa</i>	

* D: dominance, S: Sociability, C: Coverage(%)

Table 6. (Continued)

Main species	7		8		9		10	
	D-S	C(%)	D-S	C(%)	D-S	C(%)	D-S	C(%)
<i>Bromus japonicus</i>	2·2	8	1·1	5	+	0.2	2·2	7
<i>Persicaria nodosa</i>	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>H. japonicus</i>	4·4	55	3·3	45	2·2	10	2·2	15
<i>A. pilosus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-
Other species	-		<i>S. viridis</i> , <i>Lactuca var. laciniata</i>		<i>S. viridis</i> , <i>B. frondosa</i> , <i>Poa pratensis</i> , <i>P. annua</i>		<i>P. annua</i> , <i>Ambrosia artemisaefolia</i>	

* D: dominance, S: Sociability, C: Coverage(%)

장대블록에 설정한 10개의 조사구별 식생구조 분석결과 대부분 참새귀리와 환삼덩굴 등 건조자생초본 및 덩굴성 초본의 우점도가 높았으며 일부 조사구에서는 귀화종인 미국쑥부쟁이의 우점도가 높았다. 그리고 전체적으로 덩굴성

초본인 환삼덩굴이 우점한 조사구 7, 8을 제외한 대부분 조사구의 식생피도는 낮았다. 이는 앞서 분석한 결과와 같이 장대블록의 경우 식생기반면적이 협소하고 콘크리트 표면에 홍수에 의한 토양 퇴적이 일부 일어난 부분을 중심으로

Table 7. The vegetation structure of each lawn block plot in Gareayoul village, Gangdong-gu

Main species	1		2		3		4	
	D-S	C(%)	D-S	C(%)	D-S	C(%)	D-S	C(%)
<i>M. sacchariflorus</i>	-	-	-	-	2·2	5	-	-
<i>S. viridis</i>	4·4	60	3·3	30	2·2	10	3·3	40
<i>A. princeps var. orientalis</i>	3·3	40	2·2	25	3·3	30	2·2	25
<i>Vicia venosa var. cuspidata</i>	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Cassia mimosoides var. nomame</i>	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>A. pilosus</i>	1·1	5	3·3	30	2·2	15	2·2	10
<i>Erigeron annuus</i>	1·1	4	2·2	10	2·2	7	2·2	10
<i>F. arundinacea</i>	1·1	2	1·1	3	1·1	5	2·2	10
Other species	-		<i>E. arvense</i>		<i>E. arvense</i> , <i>Acalypha australis</i>		<i>Aeschynomene indica</i>	

* D: dominance, S: Sociability, C: Coverage(%)

Table 7. (Continued)

Main species	5		6		7		8		9		10	
	D-S	C(%)	D-S	C(%)	D-S	C(%)	D-S	C(%)	D-S	C(%)	D-S	C(%)
<i>M. sacchariflorus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>S. viridis</i>	4·4	55	4·4	55	2·2	25	3·3	30	3·3	40	2·2	25
<i>A. princeps var. orientalis</i>	3·3	20	2·2	15	2·2	25	1·1	2	-	-	2·2	25
<i>Vicia venosa var. cuspidata</i>	-	-	2·2	8	2·2	20	-	-	-	-	-	-
<i>Cassia mimosoides var. nomame</i>	-	-	-	-	-	-	1·1	1	2·2	8	2·2	10
<i>A. pilosus</i>	1·1	5	2·2	8	2·2	25	3·3	35	3·3	20	2·2	25
<i>Erigeron annuus</i>	2·2	7	1·1	5	-	-	2·2	10	3·3	20	2·2	7
<i>F. arundinacea</i>	1·1	4	-	-	-	-	2·2	15	1·1	3	1·1	20
Other species	<i>Galium spurium</i>		-		<i>Oenothera odorata</i> , <i>Stellaria aquatica</i>		<i>G. spurium</i> , <i>O. odorata</i> , <i>Rubus crataegifolius</i> , <i>Mosla punctulata</i> , <i>Erigeron canadensis</i>		<i>M. punctulata</i> , <i>E. arvense</i>		<i>L. indica var. laciniata</i>	

* D: dominance, S: Sociability, C: Coverage(%)

Table 8. The vegetation structure of each crib block plots in Gareayoul village, Gangdong-gu

Main species	1		2		3		4	
	D:S	C(%)	D:S	C(%)	D:S	C(%)	D:S	C(%)
<i>M. sacchariflorus</i>	5:5	95	3:3	20	4:4	70	2:2	20
<i>Phragmites communis</i>	-	-	4:4	70	-	-	-	-
<i>A. princeps</i> var. <i>orientalis</i>	-	-	+	0.3	2:2	7	2:2	10
<i>A. pilosus</i>	1:1	3	2:2	10	-	-	1:1	5
<i>F. arundinacea</i>	1:1	2	-	-	2:2	20	4:4	55
<i>E. annuus</i>	+	0.5	+	0.7	-	-	-	-
Other species	-	-	-	-	-	-	-	<i>Metaplexis japonica</i> , <i>A. artemisaefolia</i>

* D: dominance, S: Sociability, C: Coverage(%)

Table 8. (Continued)

Main species	5		6		7		8		9		10	
	D:S	C(%)	D:S	C(%)	D:S	C(%)	D:S	C(%)	D:S	C(%)	D:S	C(%)
<i>M. sacchariflorus</i>	3:3	45	2:2	8	3:3	40	3:3	35	1:1	3	2:2	20
<i>Phragmites communis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>A. princeps</i> var. <i>orientalis</i>	-	-	-	-	1:1	2	+	0.2	-	-	1:1	1
<i>A. pilosus</i>	3:3	20	2:2	25	1:1	5	4:4	50	2:2	15	2:2	15
<i>F. arundinacea</i>	2:2	15	4:4	55	3:3	30	3:3	20	4:4	70	4:4	60
<i>E. annuus</i>	2:2	10	2:2	8	1:1	3	1:1	4	1:1	5	-	-
Other species	-	<i>A. indica</i>	<i>L. indica</i> var. <i>laciniata</i>	<i>L. indica</i> var. <i>laciniata</i>	<i>P. nodosa</i>	<i>P. nodosa</i>	-	-	-	-	<i>L. indica</i> var. <i>laciniata</i> , <i>E. canadensis</i>	

* D: dominance, S: Sociability, C: Coverage(%)

로 식생이 분포하였기 때문이었다.

잔디블록에 설정한 10개의 조사구별 식물군집구조 분석 결과 주로 강아지풀과 쑥 등 건조자생초본이 우점하였으며 미국쑥부쟁이, 개망초 등 귀화종의 우점도도 높았다. 일부 조사구에서는 습지자생초본인 물억새가 출현하였으나 건조자생초본의 세력이 우세하였다. 잔디블록은 식생기반이 매쉬화된 콘크리트블록에 의해 파편화되었으나 장대블록 보다 넓어 전체적인 식생피도는 장대블록에 비해 매우 높았다.

방틀블록에 설정한 10개의 조사구별 식생구조를 분석한 결과 대부분의 조사구에서 물억새의 우점도가 크게 높았으며 일부 조사구에서는 미국쑥부쟁이, 큰김의털과 같은 귀화종의 세력이 큰 것으로 분석되었다. 방틀블록의 경우 식생기반 면적이 가장 넓고 잔디블록과 같이 파편화되지 않았으며 토양수분함량도 비교적 높아 물억새가 군락을 형성하고 있었고 식생피복율도 장대블록이나 잔디블록에 비해 높았다. 특히 건조자생초본의 종수 및 우점도가 다른 호안구조에 비해 현저히 낮았다.

Table 9. The summary of vegetation structure, which measured by different revetment technique of riverbank in Gareayoul village, Gangdong-gu

Revetment technique type	Plot area(m ²)	Dominant species	Individual	Coverage(%)	Average coverage(%)
Pole block	40	<i>B. japonicus</i> , <i>A. pilosus</i> , <i>H. japonicus</i> , <i>S. viridis</i>	12	10~63	27.9
Lawn block	40	<i>S. viridis</i> , <i>A. princeps</i> var. <i>orientalis</i> , <i>A. pilosus</i> , <i>E. annuus</i>	17	74~111	95.3
Crib block	40	<i>M. sacchariflorus</i> , <i>F. arundinacea</i> , <i>A. pilosus</i>	13	85.1~109.6	97.5

사면 호안공법별 식생구조를 종합해보면 장대블록은 건조자생초본 및 덩굴성 식물이 우점하였고 총 12종이 출현하였으며 식생피도는 63%미만이었고 평균식생피도도 27.9%로 낮았다. 잔디블록은 강이지풀, 쑥 등 건조자생초본과 미국쑥부쟁이, 개망초 등 귀화종이 우점하였고 총 출현종수는 17종으로 가장 많았으며 식생피도는 평균 95.3%로 장대블록에 비해 가장 높았다. 방틀블록은 물억새와 함께 큰김의털, 미국쑥부쟁이가 주요 우점종이었고 총 출현종수는 13종으로 장대블록에 비해 1종 많았으나 잔디블록보다는 종수가 적었다. 이는 방틀블록의 경우 물억새 및 큰김의털이 높은 피도로 밀생하여 군락을 형성하였기 때문이었다. 식생피도는 최대 109.6%로 잔디블록보다 다소 낮았으나 평균 식생피도는 97.5%로 공법 중 가장 높았다.

3. 호안공법별 식물 건물중

호안공법별 평균 식물 건물중을 분석한 결과 장대블록은 1m²당 평균 6.75g, 잔디블록은 137.65g, 방틀블록은 187.63g 으로 방틀블록에 생육하는 식물 건물중이 가장 높았다. 장대블록의 주요 식생인 참새귀리, 미국쑥부쟁이, 강아지풀과 잔디블록의 강아지풀, 쑥, 미국쑥부쟁이 등은 생

체량이 적고 전체적인 식생피도가 낮은 반면 방틀블록의 경우 물억새, 큰김의털 등 생체량이 큰 다년생 초본류가 우점하고 식생피도가 높아 건물중이 높았다.

4. 호안공법별 토양특성

호안공법별 토양습도 현황을 분석한 결과 대조구로 조사한 둔치지역은 토양수분함량이 12.7%~30.9%(평균 23.6%)이었고, 방틀블록 12.2%~21.9%(평균 16.3%), 잔디블록 11.3%~19.1%(평균 15.2%), 장대블록 2.2%~8.8%(평균 4.7%)이었다. 호안공법별 토양수분 함량은 방틀블록, 잔디블록, 장대블록 순으로 높았으며 둔치의 토양 수분함량에 비해 절반수준이었으나 방틀블록과 잔디블록이 장대블록에 비해 수분함량이 크게 높았다.

호안공법별 토양 이화학적 특성 분석결과 토성은 대부분 사양토 및 양질사토이었으며 토양산도(pH)는 둔치 pH 6.22~6.77, 방틀블록 pH 6.18~6.65, 잔디블록 pH 6.59~6.79, 장대블록 pH 6.41~6.77, 평균 pH 6.54로 알칼리성이었으며 호안공법별로 큰 차이가 없었다. 이는 홍수시 퇴적토양의 영향으로 인한 토양의 산성화가 방지된 것으로 판단되었다. 토양유기물 함량(OM)은 둔치 1.36~2.52%, 방틀블록

Table 10. The average dry weight, which measured by different revetment technique of riverbank in Gareayoul village, Gangdong-gu

Revetment technique type	Main vegetation	Average dry weight(g/m ²)
Pole block	<i>B. japonicus</i> , <i>A. pilosus</i> , <i>H. japonicus</i> , <i>S. viridis</i>	6.75
Lawn block	<i>S. viridis</i> , <i>A. princeps</i> var. <i>orientalis</i> , <i>A. pilosus</i> , <i>E. annuus</i>	137.65
Crib block	<i>M. sacchariflorus</i> , <i>F. arundinacea</i> , <i>A. pilosus</i>	187.63

Table 11. The soil moisture contents, which measured by different revetment technique of riverbank in Gareayoul village, Gangdong-gu

Plot	Soil moisture contents(%)	Average soil moisture contents(%)	Soil texture
Terrace land on the river	1	30.9	Sand loam
	2	12.7	Sand loam
	3	27.1	Sand loam
Clib block	1	12.2	Sand loam
	2	21.9	Loam sand
	3	14.8	Loam sand
Lawn block	1	11.3	Sand loam
	2	19.1	Sand loam
	3	15.1	Loam sand
Pole block	1	8.8	Sand loam
	2	3.1	Loam sand
	3	2.2	Loam sand
Average soil moisture contents	-	14.9	-

Table 12. The soil chemical property, which measured by different revetment technique of riverbank in Gareayoul village, Gangdong-gu

Plot	pH (W1:5)	EC (dS/m)	O.M. (%)	Avail.-P. (mg/kg)	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K ⁺	Na ⁺	Soil texture	
					cmol/kg					
Terrace land on the river	1	6.77	0.05	2.52	6.04	11.37	1.25	1.25	0.22	sandy loam
	2	6.27	0.03	1.36	6.34	5.41	1.06	0.72	0.13	sandy loam
	3	6.22	0.04	1.84	4.41	6.00	0.88	1.51	0.10	sandy loam
Pole block	1	6.65	0.02	0.82	18.76	6.29	0.56	0.91	0.10	sandy loam
	2	6.43	0.02	1.22	7.79	6.82	0.90	1.09	0.08	loamy sand
	3	6.18	0.02	1.22	5.04	6.88	0.69	0.90	0.12	loamy sand
Lawn block	1	6.79	0.04	3.74	12.75	9.38	0.71	1.49	0.11	sandy loam
	2	6.85	0.04	3.40	6.69	9.13	0.54	1.54	0.09	sandy loam
	3	6.59	0.03	1.97	0.65	7.44	0.35	0.97	0.08	loamy sand
Crib block	1	6.77	0.06	3.88	12.55	10.51	1.22	7.14	0.06	sandy loam
	2	6.60	0.05	4.56	27.05	9.91	1.21	2.63	0.07	loamy sand
	3	6.41	0.03	3.20	20.12	7.43	0.62	1.26	0.04	loamy sand
Average	6.54	0.03	2.47	10.68	8.04	0.83	1.78	0.10	-	
Agricultural soil(topsoil)*	5.80	-	1.90	216.00	4.60	1.40	0.59	-	-	
None agricultural forest soil*	4.80	-	6.40	5.60	2.27	0.70	0.25	-	-	

* Kim et al.(1995) Distribution of Cs-137 and K-40 in Korean Soils

0.82~1.22%, 잔디블록 1.97~3.74%, 장대블록 3.20~4.56%로 밭토양 1.9%보다는 높은 상태이었으며 장대블록, 잔디블록, 둔치, 방틀블록 순으로 나타나 식물생육이 빈약한 장대블록에서 높았다. 유효인산(Available P₂O₅)은 식물체에 흡수이용될 수 있는 형태의 토양으로 둔치 4.41~6.34mg/kg, 방틀블록 5.04~18.76mg/kg, 잔디블록 0.65~12.75mg/kg, 장대블록 12.55~27.05mg/kg으로 나타나 장대블록이 가장 높은 수치를 보여 홍수시 일부 퇴적으로 인한 유효 인산 함량이 가장 높은 것으로 나타났으며 전체 평균 10.68mg/kg로 밭 토양 보다는 크게 낮으나 미경작 산지토양 보다는 높았다. 치환성 양이온 함량은 평균 Ca⁺⁺는 8.04, Mg⁺⁺는 0.83, K⁺는 1.78로 경작지 밭 토양보다는 비교적 높았다.

5. 종합 고찰 및 제언

강동구 고덕동 가래여울마을 한강 하천제방 호안공법별 식생구조 특성 분석결과 하천제방 호안에 자연적으로 유입되는 식생은 호안공법의 구조에 따른 식생기반면적의 크기와 밀접한 관련이 있었으며 하천제방 호안축조 시 자연 식생유도 또는 식생기반 확보에 있어 생태적인 측면을 고려한 제방 호안 도입이 필요할 것이다. 가래여울마을 한강 하천제방의 식생분포 결정요소를 세부적으로 살펴보면 첫째, 콘크리트블록으로 인한 식생기반 면적이 작아 생육공간이 부족한 것에 근본적인 문제점이 있었다. 제방의 안전성에 지

장이 없는 한 식생기반 면적을 넓혀주어 식생 생육이 가능하도록 고수 호안공법의 선택이 우선되어야 할 것이다. 둘째로 제방 호안공법에 따른 현저한 식생 차이는 호안의 구조와 관련이 있었다. 공법별 식생분포, 초본식물군집구조, 토양특성 등을 분석한 결과 석재, 콘크리트제의 피복율이 높아 식생기반이 적은 공법이 하천과의 거리가 가깝고 자생 초본이 우점하는 둔치와 인접하였음에도 불구하고 토양습도가 낮고 귀화식물의 분포율이 높아 호안공법에 따른 식생기반 면적 차이로 인한 식물분포에 차이가 있는 것으로 판단되었다. 따라서, 한강 호안에 설치된 콘크리트 호안블록을 식생기반을 넓게 확보할 수 있는 자연 친화형으로 교체하거나 잔디블록 공법 등 기 설치된 제방 호안에 토양을 복토하여 식생기반 면적을 넓혀 가능한 많은 식생이 도입되도록 유도해야 할 것이다. 한강의 고수호안 및 제방호안에서 급류부, 호안급경사, 수층부를 제외한 완류부, 중류부, 비수층부 지역은 기존의 일반 콘크리트 호안블록을 식물의 생육기반이 확보된 호안공법으로 교체하여 식생공간을 확보하는 것이 바람직할 것이다.

인용문헌

Bae, J.H.(2004) A study on distribution and planting method of vegetation by structure of cross-sectional topography and revetment -focused on the Dorim, Banghak, Seongnae and Yangjae stream in Seoul-. Thesis for the Degree of Master, Graduate School, University of Seoul, 126pp.

- Choi, J.K.(2002) An appraisal for rehabilitation procees of riparian vegetation according to the implementation of close-to-nature river techniques. Dissertation for the Degree of Doctor of Philosophy, Graduate School, Seoul National University, 121pp.
- Chun, S.H., J.Y. Hyun and J.K. Choi(1999) A study on the distribution patterns of *Salix gracilistyla* and *Phragmites japonica* communities according to micro - landforms and substrates of the stream corridor. Journal of the Korean Institute of Landscape Architecture 27(2): 59-66.
- Committee on Rostoration of Apuatic Ecosystems(1992) Science, technolgy, and public plicy, Washington, D.C.: Botional Academy Press.
- Jeong, G.J.(1999) Relationships among the distribution of riparian vegetation, topography, soil and hydrologic characteristics at six tributaries of the Han river. Thesis for the Degree of Master, Graduate School, Sungkyunkwan University, 118pp.
- Jeong, G.J., M.G. Kim and W.Y. An(2003) A fundamental study on the effect to build up a vegetation strip at stream confluence by using reed mat. J. Korean Env. Res & Reveg. Tech. 6(4): 62-73.
- Kim, K.H., Y.Y. Ju and S.H. Yoo(1995) Distribution of Cs-137 and K-40 in Korean soils. J. Korean Soc. Soil Sci. Fert. 28: 33-40.
- Kim, S.K.(2003) A study on the difference of ecological characteristics between the natural waterside and the artificial waterside in the Hangang, Korea. Thesis for the Degree of Master, Urban Science Graduate School, University of Seoul, pp. 99-105.
- Kim, W.S.(2009) A study on characteristics of vegetation distribution according to revetment techniques of river bank in Han River, Korea. Thesis for the Degree of Master, Urban Science Graduate School, University of Seoul, 96pp.
- Lee, S.D., H.K. Kang and H.S. Jang(2010) Monitoring vegetation changes after constructing the vegetation-mat measures for greening in embankment -A Case Study of Tancheon, Seongnam-. Kor. J. Env. Eco. 24(3): 302-317.
- Ministry of Environment(2002) The restoration guideline of the stream. Ministry of Environment, pp. 3-75.
- Ministry of Public Administration and Security(1999) The facility standard of stream. Ministry of Public Administration and Security, 175pp.
- Moon, S.K., E.Y. Lee, S.S. Han and K.J. Lee(2000) Development of revegetation technique for water attacking point using water-logged prevention frame revetment. J. Korean Env. Res. & Reveg. Tech. 4(1): 98-109.
- Muller-Dombois, D. and Ellenberg, J.E.(1974) Aims and method of vegetation ecology. John Wiley and Sons, New York, N.Y., 545pp.
- Rural Development Administration(2003) The analysis standard of rural science technique. Rural Development Administration, 273pp.
- Schwarz, L.L.(1993) Greenways: A guide to planning, design, and development, Washington, D.C.: Conservation Fund.
- Seoul Metropolitan City(1987) The construction report of the Hangang(River) overall development. Seoul Metropolitan City, pp. 11-13.
- Shin, J.I.(1999) Analysis of vegetation variation after the rehabilitation treatment of stream. J. Korean Env. Res. & Reveg. Tech. 2(3): 10-17.
- Sim, W.K. and K.J. Baek(2000) Development of the close-to-nature construction technology for the low-flow revetment of the stream - A case of Jungpyung stream in Yongin city -. Journal of the Korean Institute of Landscape Architecture 28(1): 83-91.
- Woo, H.S. and S.T. Kim(2000) A review and understanding of stream corridor restoration. J. Korean Env. Res & Reveg. Tech. 3(3): 126-144.