

녹화용 다공질 식재 블록의 개발

안영희¹⁾ · 최경영²⁾

¹⁾ 중앙대학교 생물자원과학계열 · ²⁾ (주)자연과 환경

Development in Planting Porous Block for Revegetation

Ahn, Young-Hee¹⁾ and Choi, Kyoung-Young²⁾

¹⁾ Division of Biological Science and Resources, Chungang Univ., Ansong 456-756, Korea,

²⁾ Nature and Environment Co.

ABSTRACT

This study is carried out to make the environmentally affinitive porous planting block for revegetation and to make a effective program for greening plans. The summary is shown below.

1. In order to get stronger intensity and distribute proper porosity in the block for planting, the cements mixed with fine soil were used and the finer in soil grains gives the stronger in intensity of the cements. Use of the furnace slag cements instead of the portland cements showed relatively stronger in intensity of the block. The intensity of the block became stronger when the mixed ratio of the cements to soil is 5 : 1, but the pore space ratio was lower. The percolate pH of the portland cements after one month of treatment was 13.1 but the percolate pH of the furnace slag cements was shown lower. To mold proper porous planting blocks, the proper combination of additives such as the dehydrating agent, elastic agent and adhesives into the mixture of cements and soil gives better effectives.

2. After molding the porous planting blocks, it gave a better result when the grains of the filler made of peat moss, upland soil and compound fertilizer were smaller than 2 mm in size. Shaking of the filling materials also gave the better result, but it took more time and cost much more. Therefore, it was better when the filling materials were mixed with water first then flew down for stuffing.

3. It was necessary to cover with soil after seeding or planting on the porous planting blocks. The proper thickness of the soil to help root development and keep moisture is about 3~5 cm.

4. The plants for planting on the porous planting block were required stronger in the growth condition of their roots and their environmental adaptability. The average germination percentage and rate of *Platycodon grandiflorum* on the porous planting block were 88.8% and 85% accordingly and their rate is very uniform. The germination rates of *Dianthus superbus* var. *longicalycinus* and *Taraxacum officinale* were more than 50%. These grass species, *Chelidonium majus* var. *asiaticum*,

Lysimachia mauritiana and *Scabiosa mansenensis* were the suggested biennial grasses in the planting area where exchanging of the seedling or nursery plants was not necessary because their germination rates were 59.3, 45.6 and 40.3% accordingly. *Viola kapsanensis*, *Chrysanthemum* sp., *Taraxacum* sp. and *Iris ensata* var. *spontanea* are the grass species that could be used by seeding for greening. However, the germination rate of *Solidago virga-aurea* var. *asiatica*, *Aster scaber* and *Lythrum anceps* were lower than 10%. The coverage ratio of *Ixeris stolonifera* is more than 80% after 60 days seeding and the root length of most of species are more than 10 cm except *Iris ensata* var. *spontanea* and *Platycodon grandiflorum* because their root developed thicker than other species.

Key words : *blast furnace slag, filling material, seedling, germination*

I. 서 론

생활 수준 향상을 위한 국민들의 지속적인 육구와 급격한 인구 증가에 따라 국토의 무분별한 개발 및 환경파괴가 널리 발생하고 있다. 최근에 이와 같이 황폐된 지역을 녹화에 의해 복원할 수 있는 다양한 방법들이 활발하게 모색되고 있다. 한 예로 이제까지 대부분의 우리나라 하천은 주변의 토지를 경제적으로 활용한다는 단순한 취지에서 하천의 폭을 최대한으로 줄이고 직선화하여 홍수시의 유수를 신속하게 배출할 수 있도록 시공되어 왔다(砂防學會, 2000). 그러므로 대량의 유수량을 견딜 수 있는 견고한 하천제방의 시공이 필요로 되었다. 결국 콘크리트 혹은 시멘트 재질의 호안 블록 등으로 제방을 시공하는 것이 최근까지의 관행이었다. 그러나 이와 같은 콘크리트 제방은 관리의 용이함과 견고함은 매우 뛰어나지만 하천 주변의 자연생태계를 철저히 파괴하는 대표적인 사례로 지적되고 있다. 실제로 하천 주변의 수변부 생태계는 대표적인 선형 생태계로서 특이한 식물상은 물론 곤충, 조류, 소동물 등에 이르기까지 매우 다양한 종 구성 및 특이 종의 출현이 잦은 곳으로 알려져 있다(안영희 등, 2001). 그러나 콘크리트 제방은 생태계의 가장 기본적인 수변부 식생에 교란을 가져와 동물들의 서식처가 파괴되고 결국 먹이사슬, 먹이그물 관계에 의해 연쇄적인 자연 생태계 파괴를 가져오게 된다. 또한 콘크리트 재질의 불투수성은 강우

시 대량의 우수가 하천으로 유입되게 하여 하천의 범람을 일으키고 우수의 지중 유입을 방해한다. 우수의 지중 유입 방해는 각종 지하 생물의 사멸 및 지하수의 고갈을 초래하여 지하 생태계의 교란은 물론 장래에 국토의 사막화를 야기시킬 수 있다(先端建設技術 Center, 2001).

근자에 이르러 선진국을 중심으로 인공적으로 직선화한 하천을 하천 고유의 형태인 자연형 하천으로 복귀시키고 다양한 인공식생을 도입하여 효과적인 자연환경 복원을 꾀하고 있다(鳥谷幸宏 등, 1994). 그러나 우리나라는 외국과는 달리 대부분의 강수량이 여름철의 장마철에 집중되어 있는 것이 특징이다. 이와 같은 강수량의 집중 현상은 때때로 홍수를 발생시키고, 결국 홍수에 의한 하천 주변 토지의 경제적인 피해를 최소한으로 줄이기 위해 견고한 콘크리트 제방의 지속적인 확대가 이루어지고 있다. 최근에 우리나라에서도 파괴된 자연의 환경 복원 및 생활 속에 자연 생태계의 도입이라는 욕구가 날로 높아지고 있다. 따라서 하천 제방을 비롯한 붕괴된 절개사면의 안정화 등 특수 지역의 지면을 고정시키고 성공적인 녹화에 의해 자연환경을 복원할 수 있는 자재 및 공법의 개발이 시급한 실정이다(櫻井善雄 등, 1991).

본 연구는 다양하게 발생하는 각종 경사지 및 하천 제방의 호안을 안정시키며 연속된 콘크리트내의 공극에 의해 우수의 통과 및 녹화가 가능한 환경 복원용 식재 블록을 개발하기 위해 수행하였다.

II. 재료 및 방법

본 연구는 1996년 9월~1999년 3월에 걸쳐 전북 군산시의 (주)대주개발 자재시험실 및 중앙대학교의 실험실에서 수행되었다.

1. 다공질 식재 블록의 제작

조골재는 충남 공주시 소재의 석산에서 채취한 입경 8~21mm 정도의 콘크리트 혼합용을 구분하여 사용하였다. 시멘트는 한국산업규격(KS L 5210) 특급의 고로 슬래그 시멘트를 사용하여 조골재와 다양한 조합으로 배합하여 식물 뿌리가 자라 관통이 가능한 다공질 식재 블록을 제작하였다(國土交通省 土木研究所, 2001). 다공질 블록으로부터의 용출수 pH 측정은 700ℓ 용량의 원형 플라스틱제 용기에 평판형 다공질 블록을 넣고 pH 7.0으로 조정된 증류수 300ℓ를 채워 일정한 간격으로 추출물을 채취하여 pH 메타로 5반복 조사하였다. 제작된 다공질 블록의 압축강도는 블록이 균지 않은 상태에서 시료를 채취하여 한국산업규격(KS F2405)의 콘크리트 압축강도 시험방법에 의해 수행되었다(KSA 한국표준협회, 2001).

2. 공극 충전물 시험

충진 재료로 이용한 발효는 원예용으로 관행적으로 사용하는 토양을 사용하였으며 피이트모스 및 버미큘라이트는 시판용을 이용하였다. 진동 충전 방법은 혼합된 충전재료를 블록 위에 놓고 흔들거나 두들기는 등 진동에 의해 공극 안으로 충전될 수 있도록 하였으며 물 혼합 충전법은 충전재료에 충분한 양의 물을 부어 죽과 같은 상태로 조제하여 블록위에 부어 충전되도록 하였다(先端建設技術 Center, 2001).

3. 식재방안 모색 시험

식재기반의 조성을 위해 온실 바닥을 고르고 버미큘라이트를 뿌린 다음, 평판형 다공질 블록(40cm×20cm×10cm)을 배치하였다. 피이트모스+발효+복합비료(1:1:1)를 물에 혼합하여 블록의 공극을 충전하고 발효+피이트모스+원예용

유기질부식토+훈탄(5:1:3:1)의 혼합용토를 위에 복토하였다. 100℃ 이상으로 2시간 동안 가열한 발효 200cc에 한라구질초를 비롯한 자생식물 25종의 종자를 100립~1,000립을 3반복으로 골고루 혼합하여 파종하였다. 재배관행에 따라 적절한 관수와 환기, 제초를 실시하였다. 발아율, 발아세, 평균발아기간 등을 조사하였다(안영희와 유원형, 1998).

III. 결과 및 고찰

1. 최적 조건의 다공질 식재 블록 제작에 관한 연구

다공질 식재 블록을 연구함에 있어 제방용 호안 블록으로 시공할 수 있을 정도의 충분한 강도가 유지되고 식물의 뿌리가 활착하여 생육이 가능할 정도의 공극을 확보할 수 있어야 한다는 연구 목표를 설정하였다(唐澤明彦 등, 2001). 따라서 다음에 나타낸 바와 같이 이상적인 녹화가 가능한 다공질 식재 블록의 제작을 위한 블록의 강도를 비롯하여 블록에 형성된 공극률, 공극경 및 블록의 화학적 특성 시험 등 일련의 시험을 실시하였다.

1) 골재의 크기 및 시멘트 종류에 따른 초기 물성

다공질 식재 블록을 제작하기 위해 사용하는 골재의 크기는 블록의 성형과 강도는 물론 나타나는 공극에 큰 영향을 미친다. 본 시험에서는 표 1에 나타난 바와 같이 골재의 입자 크기를 8~13mm 및 15~21mm로 크게 2 부류로 구분하여 성형한 다공질 식재 블록의 특성을 조사하였다. 또한 고로 슬래그 시멘트와 일반적인 콘크리트용 포트랜드 시멘트로 구분하여 입경이 다른 골재들과 혼합비를 달리하였을 때, 나타나는 효과를 시험하였다.

사용한 골재의 크기는 다공질 블록의 압축강도와 공극경에 크게 영향을 끼친 것으로 나타났다. 바, 입경이 작은 골재를 이용한 블록은 입경이 큰 골재를 사용한 경우보다 강도가 상대적으로 높게 나타났다. 이와 같은 결과는 골재

의 크기가 작은 것이 골재들 간의 접합면적을 크게 차지하여 강도가 높아지는 것으로 사료된다. 그러나 식물의 생육에 크게 작용하는 블록의 공극경은 골재입자의 크기가 큰 경우가 약 2배 가까이 크게 나타났다. 일정한 모양을 갖춘 다공질 블록에서도 일반적인 토양에서와 마찬가지로 입자가 큰 경우에 토양 3상 중 기상인 공극이 크게 나타난다고 사료되었다.

표 1. 골재 입경 및 시멘트 종류가 다공질 블록의 특성에 미치는 영향

구 분	고로시멘트 (골재 : 시멘트)			포틀랜드시멘트 (골재 : 시멘트)				
	5 : 1	6 : 1	7 : 1	5 : 1	6 : 1	7 : 1		
	골재	8~13mm	강도	135	120	112	132	123
공극률			26	30	32	26	29	31
공극경			1.57	1.82	1.91	1.58	1.79	1.90
15~21mm		강도	127	110	87	121	105	84
		공극률	27	30	34	27.5	30	34
		공극경	3.56	3.84	3.92	3.57	3.85	3.93

주 : 1) 물/시멘트 비는 25%로 고정 압축강도는 재령 28일의 다공질 블록 시료를 채취
 2) 혼화제는 고성능 감수제와 유동화제, 급결제 등을 혼합하여 사용

시멘트의 종류에 따른 다공질 식재 블록의 강도는 고로 시멘트를 사용한 경우에 약간 높게 나타났다. 또한 골재와 시멘트의 혼합비는 5 : 1로 혼합한 경우의 강도가 가장 높았다. 그러나 식재에 유리한 조건인 연속 공극률과 공극경의 경우에는 혼합비를 6 : 1, 7 : 1과 같이



그림 1. 하천 제방 사면에 시공된 다공질 식재 블록

골재의 비율이 증가됨에 따라 높게 나타났다. 이와 같은 결과는 콘크리트의 강도에 직접적인 영향을 주는 인자는 물과 시멘트의 비율을 비롯하여 공극과 시멘트의 비, 골재의 입경 등 제반조건에 기인한다는 것을 알 수 있었다(日本造園學會, 1993).

표 2에 고로 슬래그 시멘트와 포틀랜드 시멘트를 각각 사용한 블록으로부터의 용출수 pH를 조사한 결과를 나타내었다. 시멘트에서 추출된 유리석회 성분은 용출수 pH가 지속적으로 알칼리성을 띠는 것을 알 수 있었다. 포틀랜드 시멘트의 경우 1개월이 경과하면 pH 13.2로서 보통의 식물들의 생육이 거의 불가능할 정도에까지 이른다는 것을 알 수 있었다. 알칼리성이 높은 토양은 일반적인 고등식물의 생육에 악영향을 미치게 되므로 금후 다공질 식재 블록을 사용함에 있어 적절한 대응책이 필요하다는 것을 밝혔다. 특히 포틀랜드 시멘트에 비해 고로 슬래그 시멘트의 pH 변화가 완만하게 진행됨을 알 수 있었다. 그러나 실제로 다공질 식재 블록의 시공에 있어서는 지속적인 우수의 유입 또는 관수에 의해 어느 정도의 pH 완화는 기대될 수 있다고 사료되었다.

표 2. 다공질 블록에 사용된 시멘트 용출수의 pH

시멘트 종류	경과 시간	초기	1시간 경과 후	1일 경과 후	3일 경과 후	1개월 경과 후
	고로 슬래그 시멘트	7.0	7.2	8.1	8.5	11.3
포틀랜드 시멘트	7.0	9.3	10.4	10.7	13.2	

2) 다공질 식재 블록의 초기 점성 유지 시험 모래나 석분과 같이 입자가 작은 세골재를 혼합하지 않고 굵은 조골재와 시멘트만으로 제작한 다공질 식재 블록은 기존의 자동화된 콘크리트 블록 생산 라인에서 금형으로부터 블록을 분리하였을 때, 골재간의 결합력 부족으로 주로 모서리 부분이 부서져 성형의 어려움이 지적되었다. 그러므로 정상적인 형태의 콘크리트 제품 생산을 위해 콘크리트의 성질을 개량해주는 다량의 혼화제를 시험하였다. 이와 같은

혼화제는 화산재와 같은 암석분말을 비롯하여 AE제, 감수제, 응결촉진제, 방수제, 발포제 등으로 다양한 종류들이 이용되고 있다. 그러므로 본 연구에서도 다공질 블록의 골재간 초기 접도를 증가시켜주기 위해 다양한 조합의 혼화제를 시험하였다(國土交通省 土木研究所, 2001). 표 3에 나타난 바와 같이 골재와 시멘트 혼합물에 감수제와 유동화제, 접착제를 첨가하여 성형한 경우의 블록에서 초기 점성유지가 가장 양호하다는 것을 알 수 있었다. 본 조합에 의해 제작된 다공질 블록은 제작 과정상에서 발생하는 진동 초기 관리시의 진동은 물론 28일 후의 블록 강도도 상대적으로 높다는 것이 밝혀졌다. 블록의 초기 점성 유지도는 직경 10cm, 높이 20cm의 원통형 플라스틱 틀을 제작하여 혼합재료를 이용하여 블록을 성형하고 틀을 제거함으로써 무너져 내리는 붕괴 높이를 측정하였다.

표 3. 혼화제 종류에 따른 다공질 블록의 초기 무너짐 정도와 압축강도 차이

구 분	붕괴 높이	28일의 강도	비 고
A*	10	82	
B	20	89	
C	25	108	
D	50	105	다공질 블록 제작용 혼화제

* 주) A : 혼화제를 사용하지 않은 경우
 B : 나프탈렌계 감수제 단용의 경우
 C : 감수제 + 유동화제 혼합 첨가의 경우
 D : 감수제 + 유동화제 + 접착제를 혼합 첨가한 경우

2. 다공질 식재 블록 시공을 위한 충전제 개발에 관한 연구

다공질 식재 블록을 활용하여 성공적인 녹화를 진행시키기 위해서는 형성된 공극을 통해 식물의 뿌리가 제방의 지면에 정착하여 생육할 수 있도록 유도하는 것이다. 공극률 약 30% 정도로 제작된 다공질 블록의 공극을 통과하여 뿌리가 지면에 도달하기까지 적절한 수분과 양분 및 지지 기반의 조성은 물론 약화된 토양 pH를 완하시켜 줄 수 있는 배려가 필요하다.

그러므로 다음에서 다공질 블록의 공극을 충전할 수 있는 적절한 충전물에 관해 시험하였다.

1) 다공질 블록 충전물 조성 시험

앞에서 제시한 조건에 의해 제작한 다공질 식재 블록의 공극률은 약 30%로 조사되었고 공극경은 3.5mm 내외로 나타났다. 그러므로 사전에 충전물의 입도는 2mm 이하로 조정하였다. 표 4에서 본 시험에 사용한 충전물들의 제반 특성을 나타내었다. 충전물로 사용하는 재료들은 보수력이 높아야 하고 다공질 블록의 알칼리성을 중화하기 위해 산성을 띄는 것이 이상적이라 할 수 있다. 그러므로 피이트모스를 다양한 측면에서 검토하였다. 충전물들은 2mm 체로 쳐서 사용하였으며 복합비료를 소량 혼합하였다.

표 4. 다공질 블록 충전물의 종류별 특성 (단위 : g/cm³, %)

구 분	비 중	공극률	흡수율	pH	EC
피이트모스	0.12	87.7	616.9	4.8	0.18
훈탄	0.12	83.7	182.3	7.2	0.25
버미큘라이트	0.33	76.7	217.8	7.7	0.10
퍼얼라이트	0.26	78.2	109.9	7.9	0.03
황토	0.81	68.1	73.3	7.0	0.07
발효	0.75	75.2	79.5	6.7	0.21

표 5는 몇가지 충전물들에서 나타난 결과를 보여주고 있다. 결과에 나타난 톨웬스큐의 뿌리생장 길이는 1개월 및 2개월 후에 블록을 절단하여 나타난 뿌리 길이를 조사한 것이다(김형기, 1994). 피이트모스와 발효, 복합비료를 혼합한 충전물에서 뿌리 길이 생장이 가장 양호하였고 이에 따라 지상부 생육상태도 좋게 나타났다. 본 시험에서 식물의 뿌리 생육은 토양 pH, 공극의 상태, 양분 등 무기, 화학적인 조건에 크게 영향을 받으므로 일반적으로 강산성을 띄고 보습성이 높으며 부식에 의해 유기물로도 활용될 수 있는 피이트모스 및 발효, 복합비료를 혼합한 충전물이 이상적인 것으로 사료되었다.

표 5. 충전물의 조합과 식재 식물의 생육
(단위 : cm)

구 분	지상부		지하부	
	1개월	2개월	1개월	2개월
발효	6	14	5	7
피이트모스+발효	8	18	5	11
피이트모스+발효+복합비료	10	21	9	16

- 주 1) 식재된 식물은 톨웨스큐 종자를 파종(파종일 : 9월 10일~11월 10일)
2) 지하부의 뿌리길이는 1개월과 2개월 이후에 다공질 블록을 깨어 뿌리가 자란 길이를 측정

2) 충전 방법에 따른 충전물의 충전 효과

다공질 식재 블록에 위에서 밝힌 충전물을 적절한 상태로 충전하기 위해서는 여러 가지 방안이 모색되었다. 블록 위에 충전물을 덮고 진동시키는 방법을 비롯하여 충분한 물을 섞은 충전물을 블록에 부어주는 방법 등을 시도하였다. 표 6에서 블록의 공극내로 충전된 충전물의 효율을 나타내었다. 충전율은 충전물의 부피를 공극 부피로 나누어 표시하였다. 모든 충전물에서 진동에 의해 충전하는 방법이 물과 혼합하여 충전 하는 것보다 상대적으로 충전 효율이 높게 나타났다. 또한 비중이 높은 모래나 발효 등의 충전율이 높고 피이트모스 및 버미큘라이트와 같이 비중이 낮은 충전물들은 충전율이 낮게 나타났다. 일반적으로 식물의 정상적인 생육을 도모하기 위해서는 공극을 50% 이상 충전해야 하는 것으로 나타났다. 충전물로 선별한 피이트모스, 발효, 복합비료 혼합물은 진동에 의한 충전방법의 경우에는 74%의 충전율을 나타내었으나 물과 혼합한 경우에는 40%로 상대적으로 열등하게 나타났다. 그러므로 다공질 식재 블록의 시공시 충전물은 진동방법에 의해 충전하는 것이 이상적으로 사료되었다. 그러나 현장에서의 작업 현실상 진동방법은 번거로운 물론 시간과 경제적인 부담에 의해 원가 상승의 단점이 있다. 그러므로 작업현장의 특성에 따라 두 가지 방법을 적절히 병행하거나 한 가지 방법을 선택하여 시공할 필요가 있다.

표 6. 충전물의 종류와 충전방법에 따른 효율 비교
(단위 : %)

구 분	진동 충전	물 혼합 충전
발효	78	42
피이트모스	37	23
버미큘라이트	45	21
모래	63	25
발효+피이트모스	73	38
발효+피이트모스+복합비료	74	40

3. 복토재료의 종류와 복토량 시험

다공질 식재 블록의 시공후 종자를 파종하거나 식재 작업을 하고 식물이 정착하기까지 식물의 초기 생육에 필요한 수분유지와 양분공급, 식물의 고착 등 생육기반의 확보를 위해 어느 정도의 복토가 필요하다. 복토를 너무 깊게 하면 종자의 발아율이 저조하고 평균 발아기간이 길어질 수도 있고 다공질 블록의 공극 내로 식물의 뿌리가 제대로 발달하지 못하는 단점이 있으며 경제적인 부담도 크게 된다. 또한 복토가 너무 얇으면 토양이 쉽게 건조되고 파종된 종자나 식물의 외부로부터의 물리적인 피해를 입기 쉽다. 그러므로 적절한 깊이에서 복토량을 조절할 필요가 있다. 표 7에서 복토재의 깊이 따른 관수 요구량과 식물의 생육과의 관계를 나타내었다. 사용 가능한 복토재료는 폐쇄물론 하수 슬러지, 피이트모스, 버미큘라이트 등이 이용될 수 있다. 본 시험에서는 리사이클링 녹화라는 측면에서 현장에서 채취된 표토와 피이트모스를 혼합하여 사용하였다. 시험

표 7. 복토재의 복토 두께 및 관수 횟수에 따른 식물의 생육
(단위 : cm)

복토 두께	주 1회 관수	주 2회 관수	주 3회 관수
1cm	초기 고사	고사	고사
3cm	13	14	고사
5cm	10.5	11.2	12
10cm	6	7.4	8.1

- 주 1) 톨웨스큐 식재
2) 종자 파종 2개월 경과 후에 뿌리의 길이를 측정

결과 식물 지상부의 생육은 복토 깊이가 깊을수록 양호한 결과를 나타냈고 토양은 쉽게 건조되지 않아 관수 횟수도 줄일 수 있었다. 그러므로 복토의 두께는 약 3~5cm 범위에서 실시되는 것이 이상적으로 사료되었다.

4. 다공질 식재 블록에서의 녹화 파종 시험

다공질 식재 블록에 식재 가능한 식물은 대부분의 온대성 식물들이라 할 수 있으나 무엇보다 지하부 생육이 왕성한 식물이 활착에 유리하다고 사료되었다. 또한 초기 생육을 비롯한 성질이 강건하고 환경적응성이 뛰어난 식물들이 이상적이라 할 수 있다. 토양 pH가 강알칼리성이라는 다공질 블록의 특성상 알칼리 토양에 내성이 있는 식물도 유리하다고 사료되었다. 금후 다공질 블록은 주로 호안블럭으로 시공될 가능성이 높으므로 건조와 침수조건에도 잘 견딜 수 있는 호습성 식물도 식재에 유리할 것이다(안영희, 2001). 본 파종시험은 일반적인 조경공사에서 관행적으로 흔히 식재되고 있는 지피식물종자를 중심으로 실시하였다.

표 8에서 도라지는 평균발아율이 88.3%로서 가장 성적이 양호하였다. 그러나 뿌리가 짧게 발달하므로 식재에 유의해야 한다. 솔페랭이, 서양민들레 등도 50%이상 발아하였다. 2년초인 애기똥풀, 갯까치수영, 솔채꽃은 각각 59.3, 45.6, 40.3%가 발아하였는데 신묘의 갱신이 불필요한 식재지에서는 적절하게 이용될 수 있는 초종으로 사료되었다. 그 외에도 감산제비꽃, 구절초류, 민들레류, 꽃창포 등도 파종에 의해 녹화할 수 있는 초종으로 나타났다. 그러나 미역취, 참취, 부처꽃 등은 10% 이하의 낮은 발아율을 나타내었다. 이와 같은 식물 종은 저온처리, 염처리, 온탕처리 등의 종자 전처리 및 파종 시, 광조건 등에 의해 발아율 향상이 기대되지만, 녹화용 종자라는 이용목적 때문에 본 시험에서는 무처리 종자만을 시험하였다. 양잔디류인 툴헤스큐의 경우에는 발아율도 높고 발아세도 우수하게 나타났으나 녹화지에 따라서는 주변생태계 교란의 위험성이 있으므로 녹화에 유념하여야 할 것이다.

표 8. 다공질 식재 블록에 파종한 초본성 식물 종자의 발아

식물명	학 명	발아율 (%)	발아세 (%)	평균발아 기간(일)
한라구절초	<i>Chrysanthemum zawadskii</i> var. <i>coreanum</i>	31.0	20.5	6.7
산구절초	<i>Chrysanthemum zawadskii</i>	38.8	32.3	7.5
미역취	<i>Solidago virga-aurea</i> var. <i>asiatica</i>	5.7	2.2	3.2
쑥부쟁이	<i>Aster yomena</i>	20.7	18.3	9.1
좁쌀바귀	<i>Ixeris stolonifera</i>	32.3	18.7	7.5
민들레	<i>Taraxacum mongolicum</i>	42.0	37.3	8.7
서양민들레	<i>Taraxacum officinale</i>	53.5	45.0	8.2
별개미취	<i>Aster koraicensis</i>	17.3	11.1	12.3
참취	<i>Aster scaber</i>	5.7	2.2	9.0
금불초	<i>Inula britannica</i> var. <i>chinensis</i>	20.0	14.4	12.3
개미취	<i>Aster tataricus</i>	15.3	12.1	10.9
갯취	<i>Ligularia taquetii</i>	18.8	7.7	14.2
앵초	<i>Primula sieboldii</i>	17.3	16.1	13.6
꽃창포	<i>Iris ensata</i> var. <i>spontanea</i>	37.0	25.4	5.3
원주리	<i>Hemerocallis fulva</i>	24.3	22.6	7.9
솔페랭이	<i>Dianthus superbus</i> var. <i>longicalycinus</i>	78.7	73.3	4.8
부처꽃	<i>Lythrum anceps</i>	7.3	2.2	5.4
돌마타리	<i>Patrinia rupestris</i>	27.7	27.3	3.9
감산제비꽃	<i>Viola kapsanensis</i>	43.7	35.0	6.8
솔채꽃	<i>Scabiosa mansenensis</i>	40.3	23.0	8.1
호밀	<i>Secale cereale</i>	47.8	38.3	2.7
도라지	<i>Platycodon grandiflorum</i>	88.3	85.0	4.5
섬초롱꽃	<i>Campanula takesimana</i>	29.7	22.5	9.2
용머리	<i>Dracocephalum argunense</i>	18.9	9.4	7.5
갯까치수영	<i>Lysimachia mauritiana</i>	45.6	42.7	11.5
애기똥풀	<i>Chelidonium majus</i> var. <i>asiaticum</i>	59.3	52.7	6.0
툰헤스큐	<i>Festuca arundinacea</i>	73.5	72.5	4.5

표 9는 다공질 식재 블록에 파종하여 재배한 13종의 녹화식물을 60일 동안 관리하면서 나타난 피복율, 근장, 근중 등에 대한 결과이다. 피복율의 경우에는 식재 블록이 시공된 전체면적을 100%로 기준하여 녹화 파종후 60일이 경과하여 종자발아에 의해 피복된 비율을 나타내었다. 본 결과는 표 8의 종자 발아율과 상응하는 결과를 보여주지만, 특히 좁쌀바귀의 경우에는 빠른 생육속도에 의해 60일 후에 80%의 피복율을 나타내었다. 또한 뿌리길이는 좁쌀바귀가 15.2cm로 가장 길게 나타났으나 뿌리가 가늘고 세력이 약해 근중은 0.02g에 불과했다. 본 시험

의 결과, 굵은 뿌리가 발달하는 꽃창포, 도라지 등의 일부 식물체를 제외하고는 대부분 식물의 뿌리는 약 10cm 이상으로 발달하였다. 그러므로 다공질 식재 블록에서 종자 파종으로 녹화한 식물의 경우에 정상적으로 2개월 정도 뿌리가 성장한다면 두께 10cm 정도의 블록을 통과하여 토양층의 약 1~2cm 정도까지 뿌리발달이 가능하다고 사료된다.

IV. 요약 및 결론

녹화가 가능한 친환경적인 다공질 식재 블록을 제작하고 적절한 녹화방안을 수립하기 위해 본 연구를 수행하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 녹화에 필요한 적당한 블록의 공극 확보와 높은 강도를 얻기 위해 사용한 골재는 입자의 크기가 작을수록 강도가 높아졌다. 포틀랜드 시멘트에 비해 고로 슬래그 시멘트를 사용한 경우의 강도가 상대적으로 높게 나타났다. 시멘트와 골재의 혼합비는 5:1로 혼합한 경우 강도가 높았으나 공극률이 낮았고 공극경도 작게 나타났다. 처리후 1개월이 경과한 포틀랜드 시멘트 블록의 침출수 pH는 13.1에 이르렀으나 고로 슬래그 시멘트 블록은 상대적으로 낮게 나타났다. 다공질 식재 블록의 성형을 위해 골

재와 시멘트 혼합물에 사용한 첨가제는 감수제와 유동화제, 접착제 조합이 효과가 있었다.

2. 다공질 식재 블록 시공 후의 충전제는 입자의 크기 2mm 이하로 조제한 피이트모스, 발효, 복합비료 혼합물이 이상적으로 나타났다. 또한 충전재료의 충전은 흔들어서 충전하는 진동 충전법이 효과적이었으나 시간과 비용이 많이 들어 효율적이지 못했다. 그러므로 충전재료를 물에 섞어 흘러 충전하는 물 혼합 충전법이 이상적으로 사료되었다.

3. 다공질 식재 블록의 시공후 종자를 파종하거나 식재를 하고 복토가 필요하다. 뿌리 발달을 돕고 토양 건조를 막을 수 있는 적절한 복토의 두께는 약 3~5cm 범위에서 실시되는 것이 이상적으로 사료되었다.

4. 다공질 식재 블록에 식재 가능한 식물은 지하부 생육이 왕성하고 제반 환경적응성이 뛰어난 식물이 유리하다고 사료되었다. 다공질 식재 블록에 파종한 도라지는 평균발아율 88.3%, 발아세 85%로 균일한 발아상태를 나타내고 있다. 술패랭이, 서양민들레 등도 50% 이상 발아하였다. 2년초인 애기똥풀, 갯까치수영, 솔채꽃은 59.3, 45.6, 40.3%가 발아하여 신묘의 갱신이 불필요한 식재지에서는 적절하게 이용될 수 있는 초종으로 사료된다. 갑산제비꽃, 구절초류, 민들레류, 꽃창포 등도 파종에 의해 녹화할 수

표 9. 다공질 식재 블록에 파종한 묘의 피복율 및 근장 및 근중

식물명	학 명	피복율(%)	근장(cm)	근중(g)/주
좁쌀바귀	<i>Ixeris stolonifera</i>	80	15.2	0.02
벌개미취	<i>Aster koraiensis</i>	50	12.5	0.17
금불초	<i>Inula britannica</i> var. <i>chinensis</i>	40	12.9	0.09
한라구절초	<i>Chrysanthemum zawadskii</i> var. <i>coreanum</i>	60	11.2	0.12
갑산제비꽃	<i>Viola kapsanensis</i>	80	9.5	0.08
서양민들레	<i>Taraxacum officinale</i>	70	10.2	0.12
꽃창포	<i>Iris ensata</i> var. <i>spontanea</i>	40	9.5	0.19
도라지	<i>Platycodon grandiflorum</i>	80	7.2	0.31
섬초롱꽃	<i>Campanula takesimana</i>	50	10.5	0.15
술패랭이	<i>Dianthus superbus</i> var. <i>longicalycinus</i>	90	13.5	0.12
돌마타리	<i>Patrinia rupestris</i>	50	10.5	0.21
호밀	<i>Secale cereale</i>	90	12.5	0.05
툼웨스큐	<i>Festuca arundinacea</i>	80	10.5	0.03

있는 초종으로 나타났다. 그러나 미역취, 참취, 부처꽃 등은 10% 이하의 낮은 발아율을 나타내었다. 쯤썸바귀는 파종 60일 후에 80%의 피복율을 나타내었고 굵은 뿌리가 발달하는 꽃창포, 도라지 등의 일부 식물을 제외하고는 대부분 식물의 뿌리는 약 10cm이상으로 발달하였다.

인 용 문 헌

- 김형기. 1994. 잔디학. 서울 : 선진문화사.
- 안영희 · 유원형. 1998. 원예학실험법. 서울 : 중앙대출판부.
- 안영희 · 양영철 · 전승훈. 2001. 안성천 수계의 버드나무과 식물의 분포특성에 관한 연구. 한국환경생태학회지 15 : 213-223.
- 안영희. 2001. 녹지환경학. 서울 : 태림문화사.
- KSA한국표준협회. 2001. 2001-2002 KS핸드북, 콘크리트. 레미콘. 한국표준협회. 111pp.
- 國土交通省土木研究所. 2001. Porous concrete의 強度および耐久性試験報告. 土木研究所資料 第3799号.
- 唐澤明彦 · 小柳直昭 · 高橋重松 · 土田保. 2001. 植栽を目的としたPorous concreteの長期耐久性に関する評價. 日本緑化工學會誌. 27 : 219-222.
- 島谷幸宏, 小栗幸雄. 1994. 多自然型河川つくり計劃におけるハビタット重要性. 土木技術資料 36 : 48-51.
- 砂防學會. 2000. 水邊域管理(その理論 . 技術と實踐). 東京 : 古今書院.
- 先端建設技術Center(財團法人)編. 2001. Porous concrete河川湖岸工法の手引き. 東京 : 山海堂.
- 櫻井善雄 · 芋木新一郎 · 田代清文. 1991. 湖岸. 河岸帶の植栽時における土壤侵蝕防止材料の検討. 日本水草研究會會報 44 : 9-14.
- 日本造園學會. 1993. 造園Handbook. 東京 : 技報堂出版.

接受 2002年 5月 8日