

건물옥상 식재용 콘크리트공법의 개발

이상태* · 김진선* · 황정하** · 한천구***

*청주대학교 조경학과 · **상주대학교 건축공학과 · ***청주대학교 건축공학과

Development of Concrete Method for Roof Planting

Lee, Sang-Tae* · Kim, Jin-Seon* · Hwang, Jung-Ha** · Han, Cheon-Goo***

* Department of Landscape Architecture, Chongju University

** Department of Architectural Engineering, Sangju University

*** Department of Architectural Engineering, Chongju University

ABSTRACT

This paper is dealing with the fundamental properties of planting concrete, replacing the existing cover concrete on the roof of a building. This study is to find out the physical characteristics of the planting concrete and rearing characteristics of the grass throughout the modeling experimental materials.

As the results of the experiment, the physical properties of planting concrete show the following results: when the paste to aggregate ratio is 0.2~0.4, voids volume : 30~17%, unit weight : 1.710~2.010kg/m³, compressive strength : 45~145kgf/cm², its pH is more than 11, but is reduced to the proper degree for planting after being neutralized. Kentucky bluegrass covered with planting concrete is grown well.

The planting concrete used with blast furnace slag cement shows a better properties at the height, the width and the covering rate by 1.1cm, 0.5mm and 7%, respectively, than those used with ordinary portland cement. Also, the less the paste to aggregate ratio is, the better the plant grows. The orders of the effects of temperature control are as follows, the system of planting concrete with grass>the system of planting concrete without grass>the system of mixed soil>the existed roof system.

In case, the planting concrete is placed to the roofs of buildings instead of normal concrete slab, and a number of favorable effect can be expected such as the improvement of environmental factors, the reduction of construction cost, the saving of energy and the reduction of environment load.

The future research on the change of a variety of the aggregate conditions and the application of the practical structures should be made, and also the research of the endurance also be performed.

Key Words : Planting-on-roof concrete, Properties of the growth of grass, Reduction of environmental load

I. 서론

현대도시에서의 건물옥상녹화는 미관개선(長龍重菴, 1989 : 興水 鑿, 1993), 휴식공간 제공, 건물의 단열 효과(堀口 剛, 梅千野 晁, 1991), 도심의 열섬현상 개선 및 생태계 보전 등의 다양한 환경부하를 크게 저감할 수 있는 방안으로 각광을 받고 있다.

그러나 현재의 일반적인 옥상녹화공사는 그림 1과 같이 기존 건물의 방수층 보호누름인 옥상마감면위에 투수층과 식재기반(일반토양+경량토양)을 시공하여 식물을 생육시키고 있는데, 이러한 공법에서는 앞서 언급한 환경부하 저감효과를 발휘하고는 있으나, 공사비가 고가인 점과 건물의 자중을 증가시키는 문제점이 발생하여 옥상녹화의 대중화를 위한 개선책이 요구된다.

한편, 최근의 콘크리트 기술은 환경친화적인 재료로의 접근으로 발전하고 있다. 대표적으로 식재용 콘크리트는 米澤敏男(1993~1996)에 의하여 개념과 각종 물리·화학적 특성 및 식물생육 특성 등을 연구보고한 바 있고, 근래에는 도로나 제방 등의 경사면에 시공이 이루어 지고 있는 실정이다.

따라서 기존 옥상녹화공법의 문제점을 개선하고자 식재용 콘크리트를 건물옥상에 활용하는 방안을 검토할 수 있다. 즉, 기존 옥상녹화공법의 발상을 전환하여

그림 2와 같이 슬래브위의 방수층 보호누름 콘크리트를 식재용 콘크리트로 대체하여 시공한다면, 단면이 축소되어 자중절감 효과를 기대할 수 있고, 식재용 콘크리트 자체로서 식물의 생육기반과 보호누름 및 단열재료의 복합기능을 확보할 수 있을 것이다. 또한, 본 공법은 옥상의 보호누름공사와 옥상식재기반 공사를 일체화할 수 있어 건물의 내구성 향상 및 옥상녹화의 대중화에 크게 기여할 것으로 사료된다.

그러므로 본 연구에서는 옥상식재용 콘크리트공법을 개발하기 위한 기초적인 검토로서, 각종 배합종류의 변화 및 옥상구조를 모형화한 실험체를 통하여 식재용 콘크리트의 물리적 특성, 잔디 생육특성 및 열적 특성을 구명하고자 한다.

II. 실험계획 및 방법

1. 실험계획

본 연구의 실험계획은 표 1과 같고, 식재용 콘크리트의 배합사항은 표 2와 같다.

먼저, 식재용 콘크리트의 물리적 특성에서 배합사항으로 물시멘트비는 25%의 1 수준으로 하였고, 시멘트 종류는 보통포틀랜드 시멘트(이하 OPC)와 고로슬래그 시멘트(이하 BSC)의 2수준, 페이스트 골재비는 20, 30 및 40%의 3개 수준, AE제는 적정량(페이스트 상태에서 공기량 5% 확보) 첨가하는 경우와 첨가하지 않는 경우의 2개 수준으로 하여 총 12매치를 실험계획하였다. 또한, S.P제는 각 배합에서 적정량(페이스트 골재비 20, 30 및 40%일 때 각각의 페이스트 플로우치는 210±20mm를 만족) 첨가하는 것으로 하였다. 실험사항으로는 공극율, 단위용적중량, 압축강도 및 알칼리용출량(인산2암모늄[(NH₄)₂HPO₄] 15% 용액에 10, 20, 60 및 120분 침지함)을 측정하는 것으로 하였다.

잔디의 생육특성에서는 식재용 콘크리트를 시멘트 종류와 페이스트 골재비를 변화시킨 G수준으로 하였고, 콘크리트의 강알칼리성을 해결하기 위한 중화처리는 인산2암모늄 15% 용액에 60분 침지하는 것으로 하였으며, 충전제와 개토제 및 비료는 표 1과 같이 계획하였다. 또한 잔디는 한지형인 캔터키 블루글래스를 파종

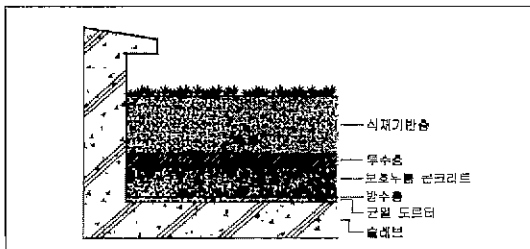


그림 1. 기존 옥상녹화공법의 단면도

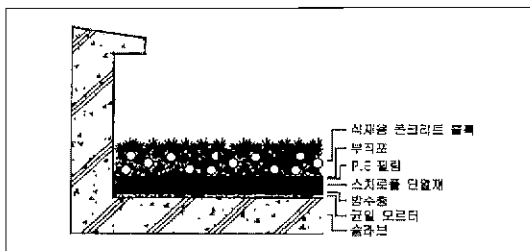


그림 2. 옥상식재용 콘크리트공법의 단면도

표 1. 본 연구의 실험계획

구분	실험요인 및 수준			실험사항
물리적 특성	W/C(%)	1	25	· 공극율 · 단위용적중량 · 압축강도 · 알칼리 용출량
	시멘트 종류	2	OPC, BSC	
	P/G(%)	3	20, 30, 40	
	AE/C(%)	2	무첨가, 적정량 ¹⁾ 첨가	
	S.P/C(%)	1	각 배합에서 적정량 ²⁾ 첨가	
	잔디생육 특성	식재용 콘크리트	6	
증회처리		1	인산2염모늄[(NH ₄) ₂ HPO ₄] 15% 용액에 1시간 침지	
충전제		1	발흙+피트머스+퇴비	
객토계		1	모래-마크	
비료		1	복합비료	
잔디		1	켄터키 블루그래스	
열적 특성	실험체 종류	4	· 일반육상구조 ³⁾ · 혼합토양구조 ¹⁾ · 잔디가 식재되지 않은 식재용콘크리트구조 ⁵⁾ · 잔디가 식재된 식재용콘크리트구조 ⁶⁾	· 온도측정

표 2 식재용 콘크리트의 배합사항

W/C (%)	시멘트 종류	P/G (%)	AE/C (%)	SP/C (%)	공극율 (%)	단위수량 (kg/m ³)	절대용적 배합 (l/m ³)		중량배합 (kg/m ³)									
							C	G	C	G								
25	OPC	0	0.70	33	49	62	559	188	1504	0.70	27							
										0.65	74							
										0.55	101							
		0.00								20	30	51	65	584	197	1571	0.60	75
																	0.55	26
																	0.50	22
	BSC	0	0.65	30	50	66	584	200	1571	0.57	25							
										0.48	20							
										0.40	99							
		0.00								20	30	49	64	571	394	1536	0.60	32
																	0.55	28
																	0.46	17

하는 것으로 하였다. 실험사항으로는 초장, 엽폭, 피복율을 1개월 간격으로 측정하였다.

열적 특성에서는 일반육상구조(육상조경공사가 되어 있지 않은 육상구조를 모형화 한 실험체), 혼합토양구

조(슬래브위에 혼합토양을 위치시킨 실험체), 잔디가 식재되어 있지 않은 식재용 콘크리트구조(슬래브위에 잔디가 식재되지 않은 식재용 콘크리트를 위치시킨 실험체), 잔디가 식재되어 있는 식재용 콘크리트구조(슬래브위에 잔디가 식재된 식재용 콘크리트를 위치시킨 실험체) 등 4종류(그림 4 및 5 참조)의 모형실험체를 제작하여 각 위치별로 온도를 측정함으로써 열환경을 검토하였다.

2. 사용재료

본 연구에서 사용한 시멘트는 국내산 OPC와 BSC(슬래그 함유율 30%)로 하였고, 골재는 충북 옥산산 최대치수 20mm 화강암 부순돌을 사용하였으며, 혼화제로써 AE제는 나트륨 로릴 황산염계를, 고성능 감수제는 폴리칼보산제를 사용하였다.

충전제로는 발흙과 피트머스 및 퇴비를 2.5mm체로 체가름하여 7:2:1(용적비)로 혼합하여 사용하였고, 비료는 복합비료를 사용하였으며, 퇴비는 시중에서 포장하여 판매되는 유기질 제품을 사용하였다. 또한, 객토용 재료로는 모래와 마크를 2.5mm체로 체가름한 것을 9:1(용적비)로 혼합하여 사용하였다. 각 재료의 물리·화학적 성질은 다음 표 3~8과 같다.

표 3. 시멘트의 물리적 성질

구분	비중	분말도 (cm ² /g)	인정도 (%)	응결시간(분)		압축강도(kgf/cm ²)		
				초결	중결	3일	7일	28일
OPC	3.15	3,328	0.07	260	420	214	308	384
BSC	3.03	4,091	01	300	460	170	270	420

표 4. 골재의 물리적 성질

골재최대 치수(mm)	포진 비중	조립율 (ΓM)	공극율 (%)	흡수율 (%)	단위용적중량 (kg/m ³)
20	2.69	6.7	40.8	1.15	1,647

표 5 혼화제의 물리적 성질

구분	주 성분	성상	색상	비중 (20°C)	점도 (mPas)
AE제	Sodium Lauryl Sulfate	액상	연황색	1.04	30.0±5.0
SP제	Polycarboic Acid	액상	임갈색	1.05	15.0±5.0

표 6. 켄터키 블루글래스의 물리적 성질

생육형	절 감	푸른 기간	엽 색	관 리 요구도	내 마모성	손상후 회복력
불완전 포복형	고 윽	10개월	진녹색	높 음	약 험	강 함

표 7. 보수성 충전재 및 객토용 재료의 물리적 성질

구 분	보수력 (%)	투수성 (mm/hr)	가밀도 (g/cm ³)	공극율 (%)
밭 흙	22.4	41	1.52	41
퍼트머스	51.9	82	0.15	77
모 래	7.0	940	1.51	42
바 크	27.2	3,457	0.40	56

표 8. 보수성 충전재 및 객토용 재료의 화학적 성질

구분	pH	유기물 (%)	화 학 성 분(%)							
			Na	K	Mg	Ca	Fe	Cu	Zn	Mn
밭흙	6.7	1.0	0.06	0.04	0.36	2.2	0.56	0.06	0.05	0.16
퍼트 머스	3.9	78.6	0.22	0.02	1.56	0.47	2.50	0.07	0.06	0.33
모래	6.8	0.53	0.03	0.04	0.40	0.98	0.58	0.04	0.02	0.85
바크	5.9	79.6	0.48	0.42	1.19	5.76	1.80	0.05	0.43	1.94

3. 실험방법

콘크리트의 혼합은 강제식 펜믹서를 이용하여 시멘트와 굵은골재를 30초간 견비빈한 후, AE제를 희석한 물을 넣고 1분간 혼합한 다음, 30초간 정지 후, 고성능 감수제를 투입하고 2분간 혼합하였다.

물리적 특성에서 페이스트의 공기량은 모르타 공기량 시험기를 사용하여 측정하였다. 경화 콘크리트에서 $\phi 10 \times 20\text{cm}$ 공시체는 사진 1과 같이 테이블 진동기로, pH측정용 $\phi 5 \times 10\text{cm}$ 공시체는 다짐봉을 이용하여 제작하였다. 공극율은 공시체의 부피와 수중중량 및 기중중량을 측정하여 용적법으로 구하였으며, 단위용적중량은 공시체의 부피와 기중중량으로부터 구하였다. 또한, 압축강도는 KS F 2405의 방법으로, 알칼리용출량은 일본의(柳橋邦生의 3인, 1993) 연구를 참조하여 $\phi 5 \times 10\text{cm}$ 공시체를 2주간 수중양생한 후 상부에서 30ml의 증류수를 살포하여 하부에 흘러나온 증류수의 pH를 KS M 0011의 방법으로 측정하였다.

물리적 특성에서의 공시체는 총 12배치 [시멘트 종류, 페이스트 골재비(P/G), AE제 첨가유무] 에서 각 실험항목별로 3개씩 제작하였다. 즉, 공극율은 단위용적중량과 함께 측정하였기 때문에 각 배합에서 3개씩 제작하여 총 36개를 제작하였고, 압축강도는 각 배합에서 3개씩 제작하여 총 36개를 제작하였으며, 알칼리용출량은 각 배합에서 3개씩 제작하였는데 중화시간의 4변수가 추가되어 총 144개를 제작하였다.

잔디의 생육특성에서 식재용 콘크리트 공시체는 사진 1과 같이 주문제작한 형틀(30×30×10cm)에 콘크리트 반죽을 2층으로 넣은 후, 테이블 진동기로 7초 동안 진동시켜 제작하였다. 잔디의 파종은 그림 3 및 사진 2와 같이 식재용 콘크리트 블루워에 2.5cm 객토를 한 후 켄터키 블루글래스 10g/m²을 파종하였고, 관수는 각 실험체별로 균일하게 하는데, 초기 발아시는 5ℓ/m²로 1일 1회, 1개월 후부터는 잔디의 생육정도에 따라서 관수량을 조절하였다.

비료는 3주 경과후 복합비료 18g/m²을 1차 시비하고, 그후 1개월 간격으로 실시하였다. 생육조사 방법으로 초장과 엽폭은 각 실험체별로 평균적인 생장을 하고 있다고 판단되는 10개의 개체를 선정하여 측정 한 후 평균값을 구하였고, 피복율은 객토를 완전히 피복한 것을 100%로 보고 잔디가 점유하는 면적의 비율로 구하였다.

잔디 생육특성에서의 공시체는 총 6배치 [시멘트 종류, 페이스트 골재비(P/G)]에서 각 배치별로 3개씩 제작하여 총 18개를 제작하였다.

열특성에서는 그림 4와 같이 모형실험체를 제작하여 슬래브를 가정한 일반콘크리트위에 그림 5의 4종류(일반콘크리트, 혼합토양, 잔디가 식재되지 않은 식재용콘크리트, 잔디가 식재된 식재용콘크리트)를 위치시켰다. 온도측정은 그림 4의 A~D와 같이 각 실험체의 위치별로 열전대(T-type)를 매입하고, Data-

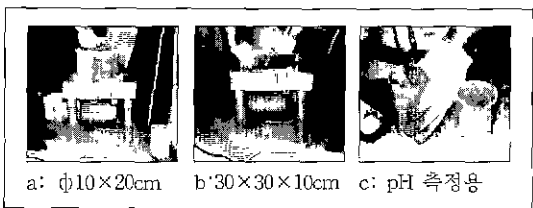


사진 1 공시체 제작광경

logger(Therm 5500-3)를 컴퓨터에 연결하여 측정하였는데, 실험체는 사진 3과 같이 5층건물의 옥상에 위치시켰다.

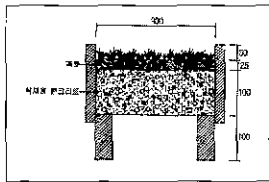


그림 3 잔디생육용 실험체

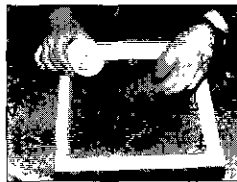


사진 2. 잔디파종 광경

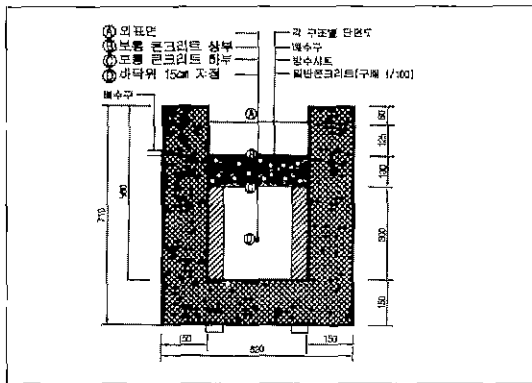


그림 4 모형실험체의 단면도

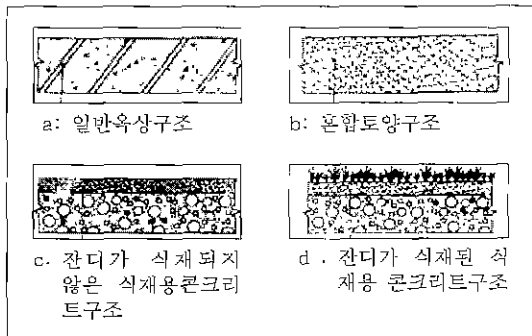


그림 5. 각 구조별 단면구성

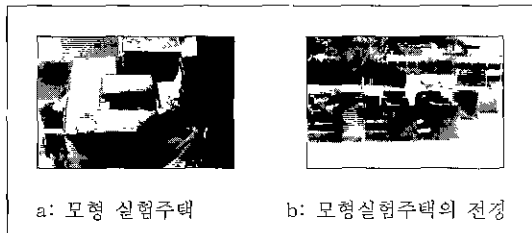


사진 3 모형 실험주택의 세팅광경

III. 결과 및 분석

1. 식재용 콘크리트의 물리적 특성

그림 6은 페이스트 골재비 변화에 따른 공극율과 기건 상태의 단위용적중량 및 압축강도를 시멘트 종류와 AE제 첨가 유무별로 나타낸 것이다.

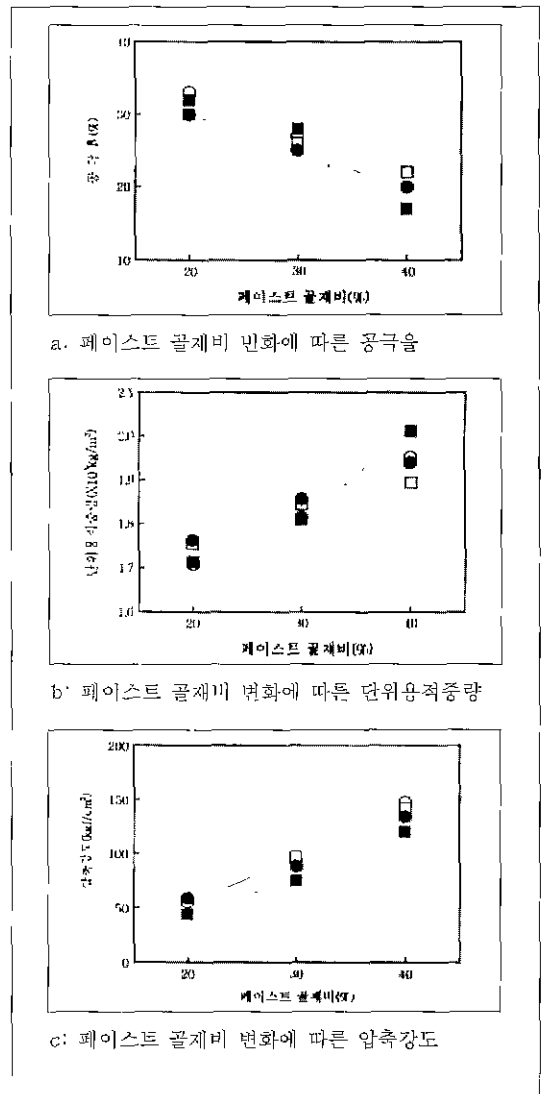


그림 6. 페이스트 골재비 변화에 따른 물성

범례: ○ OPC를 사용하고 AE제를 첨가하지 않은 경우, □ OPC를 사용하고 AE제를 첨가한 경우; ● BSC를 사용하고 AE제를 첨가하지 않은 경우; ■ BSC를 사용하고 AE제를 첨가한 경우

전반적으로 페이스트 골재비가 커질수록 공극율은 감소하고, 단위용적중량 및 압축강도는 큰 폭으로 증가하는 것으로 나타났다. 페이스트 골재비 20, 30 및 40%에서 공극율은 각각 30~33, 25~28, 17~22% 이고, 단위용적중량은 1,710~1,760, 1,810~1,860, 1,890~2,010kg/m³ 정도이며, 압축강도는 45~60, 75~100, 120~140kgf/cm² 정도의 범위로 확인되었다.

이러한 결과로부터, 본 연구의 배합조건은 기존의 연구자료(米澤敏男의 3인, 1993)를 참고할 때 식물의 생육이 가능할 정도의 공극이 확보됨을 알 수 있고, 또한 단위용적중량이 기존의 보호누름 콘크리트에 비해 약 300~600kg/m³ 정도가 감소된 것으로 말미암아

전물의 자중을 상당량 절감시킬 수 있는 것이 확인되었다.

시멘트 종류별 압축강도는 BSC를 사용한 경우가 OPC의 경우보다 11% 정도 작게 나타났고, AE제 첨가유무별로는 AE제를 첨가한 경우가 첨가하지 않은 경우보다 약 6% 작게 나타났다.

그림 7은 시멘트 종류와 AE제 첨가유무별로 구분한 알칼리용출량을 재령경과에 따라서 페이스트 골재비와 침지시간별로 나타낸 것이다.

전반적인 경향으로 재령경과에 따른 알칼리용출량은 중화처리를 하기 전에는 pH가 11이상으로 식물이 생육할 수 없는 정도의 결과치를 나타냈으나, 중화처리를 한 후에는 큰 폭으로 낮아져 8.5전후로 나타났고, 재령

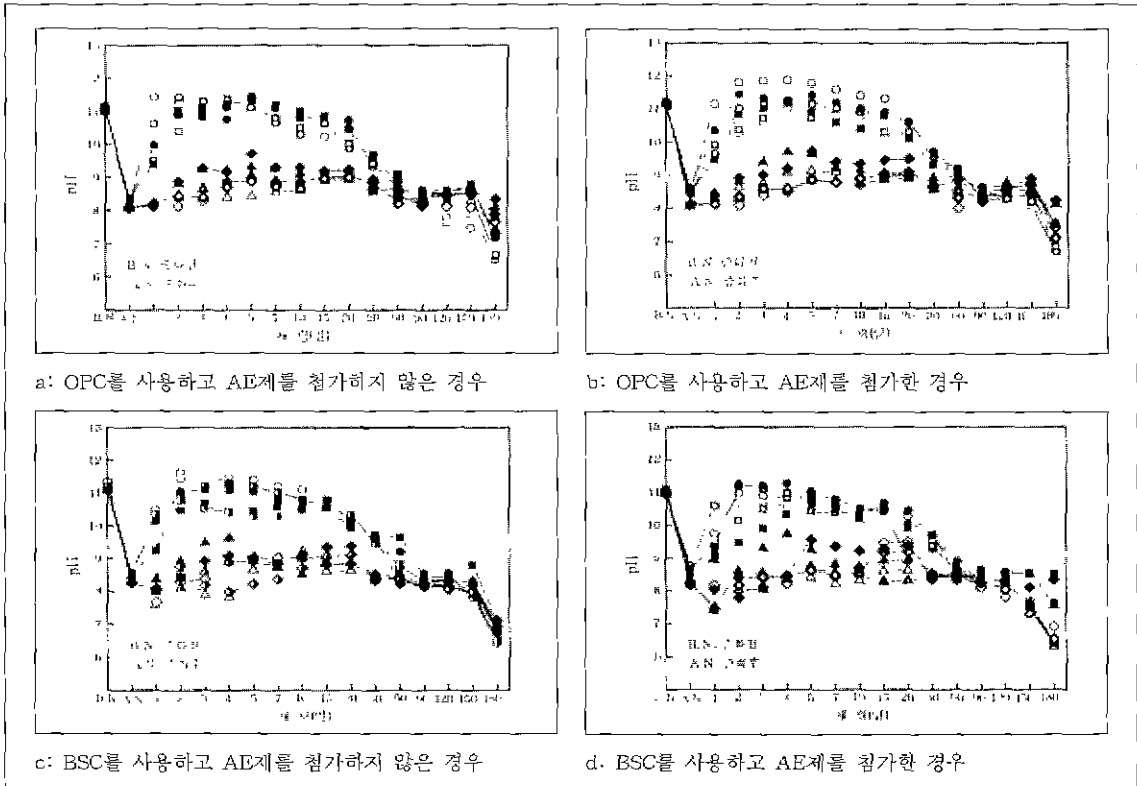


그림 7 재령경과에 따른 pH

범례 1: BN: 중화전, AN: 중화후

- 범례 2: ○: P/G 20%이고 중화처리시간이 10분인 경우; □: P/G 20%이고 중화처리시간이 20분인 경우;
 △: P/G 20%이고 중화처리시간이 60분인 경우; ◇: P/G 20%이고 중화처리시간이 120분인 경우;
 ○: P/G 30%이고 중화처리시간이 10분인 경우; □: P/G 30%이고 중화처리시간이 20분인 경우,
 △: P/G 30%이고 중화처리시간이 60분인 경우; ◇: P/G 30%이고 중화처리시간이 120분인 경우,
 ●: P/G 40%이고 중화처리시간이 10분인 경우; ■: P/G 40%이고 중화처리시간이 20분인 경우;
 ▲: P/G 40%이고 중화처리시간이 60분인 경우; ◆: P/G 40%이고 중화처리시간이 120분인 경우

경과에 따라서 pH값은 어느정도 증가하다가 감소하는 것이 확인되었다.

침지시간별로는 10, 20분의 경우는 중화처리 후 1일 경과판에 pH는 급속도로 증가하여 식물의 생육이 불가능한 수치로 나타났으나, 침지시간 60분 이상에서는 재령경과 후에도 pH가 8~9.5 정도를 유지하여 기존 연구자료(米澤敏男 외 3인, 1993)를 참고할 때 식물의 생육이 가능한 결과치로 나타났다. 따라서 본 연구조건에서는 식재용 콘크리트를 1개월 이내에 사용할 경우는 최소한 1시간 이상은 인산2암모늄에 침지해야 식물의 생육이 가능한 pH가 확보됨을 알 수 있었다. 한편, 2개월 후에는 시멘트 종류, 페이스트 골재비, 중화처리 시간에 관계없이 pH가 6~9 정도로 식물의 생육이 가능한 값으로 나타났는데, 이는 재령이 경과할수록 탄산화 작용에 의하여 알칼리용출분이 감소한 것에 기인한 결과로 분석되었다.

시멘트 종류별 pH는 OPC보다는 BSC의 경우가 0.43 작게 나타났고, AE제 첨가유무별로는 비슷한 결과를 나타내었으며, 페이스트 골재비별 pH는 페이스트 골재비 20%에 비하여 30% 및 40%에서 각각 0.2 및 0.5 크게 나타났다.

2. 식재용 콘크리트에서의 잔디생육특성

사진 4는 재령 6개월 경과후, 식재용 콘크리트에서 센터키 블루글래스의 생육광경을 나타낸 것이고, 그림 8은 1998년 10월부터 1999년 9월 사이의 재령경과에 따른 센터키 블루글래스의 초장과 엽폭 및 피복율을 시멘트 종류와 페이스트 골재비별로 나타낸 것이다.



사진 4. 식재용 콘크리트에서의 잔디생육상황

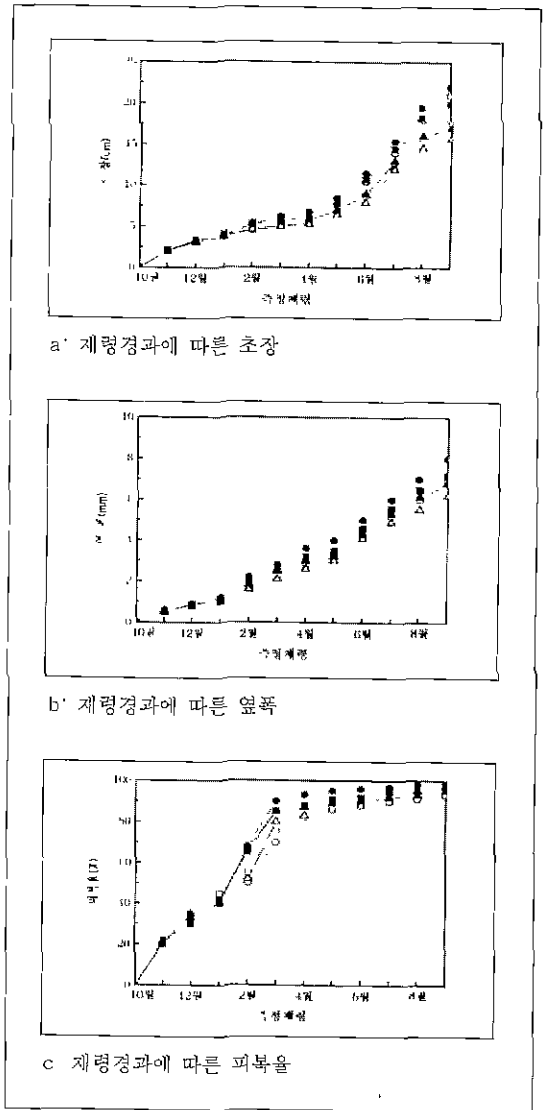


그림 8. 재령경과에 따른 생육특성

- 법례: ○: OPC를 사용하고 P/G 20%인 경우;
 □: OPC를 사용하고 P/G 30%인 경우;
 △: OPC를 사용하고 P/G 40%인 경우;
 ●: BSC를 사용하고 P/G 20%인 경우;
 ■: BSC를 사용하고 P/G 30%인 경우;
 ▲: BSC를 사용하고 P/G 40%인 경우

재령경과에 따른 초장은 전반적으로 재령 6개월까지는 비교적 일정한 크기로 성장을 하였으나, 그 이후로는 급격히 성장한 것으로 나타났다. 이중 재령 6개월까지(1998년 10월~1999년 4월)는 비교적 늦가을에 파종한 센터키 블루글래스의 초기발아 및 생육을 보호하

기 위하여 일정 온·습도가 유지되는 비닐하우스에서 관리를 하였고, 6개월 이후로는 켄터키 블루글래스를 자연조건에서 관리하였기 때문에 생육에 적당한 기온 조건이 충족되어 나타난 결과로 분석되었다. 재령경과에 따른 엽폭은 비교적 일정한 크기로 성장을 하였고, 피복율은 재령 5개월까지는 급속한 성장을 하였으나, 그 이후로는 완만한 성장을 한 것이 확인되었다.

식재용 콘크리트에 사용한 시멘트 종류별 초장, 엽폭, 피복율은 파종 후 3개월까지는 비슷한 수준으로 성장하다가 그 이후에서는 BSC를 사용한 경우가 OPC를 사용한 경우보다 각각 1.1cm, 0.5mm, 7% 우수한 생육결과를 나타내었다. 즉, 재령 3개월까지는 2.5cm 껍토의 영향하에서 켄터키 블루글래스가 생육한 반면, 그 이후부터는 식재용 콘크리트의 영향(BSC를 사용한 경우가 OPC보다 잔디생육에 유리한 pH 조건임)을 받음으로써 생육결과가 크게 달라진 것으로 분석되었다.

페이스트 골재비별로는 역시 3개월까지는 별 차이가 없었으나, 3개월 후부터는 페이스트 골재비가 작을수록 생육이 우수한 결과로 나타났다.

3. 식재용 콘크리트의 열특성

그림 9는 1999년 6월 8일~6월 10일의 3일간 각 실험체 측정위치별 온도를 시각별로 측정한 다음 이를 평균하여 나타낸 것이다.

전반적으로 잔디가 식재된 식재용 콘크리트구조의 온도변화폭은 작게 나타난 반면, 잔디가 식재되지 않은 식재용 콘크리트구조, 혼합토양구조, 일반옥상구조의 순으로 갈수록 온도의 변화폭은 커지는 것이 확인되었다.

구체적으로 온도측정 위치가 ㉑지점인 외표면의 온도분포는 잔디가 식재된 식재용 콘크리트구조는 일반옥상구조에 비해 최저온도는 약 3℃ 높게 나타났고, 최고온도는 무려 16℃ 낮게 나타났다. 혼합토양구조에 비해서는 최저온도는 약 4℃ 높게, 최고온도는 7℃ 낮게 나타났고, 잔디가 식재되어 있지 않은 식재용 콘크리트구조와 비교하면 최저온도는 약 5℃ 높게, 최고온도는 약 5℃ 낮게 나타났다.

온도측정 위치가 ㉒지점인 실내중앙에서는 잔디가

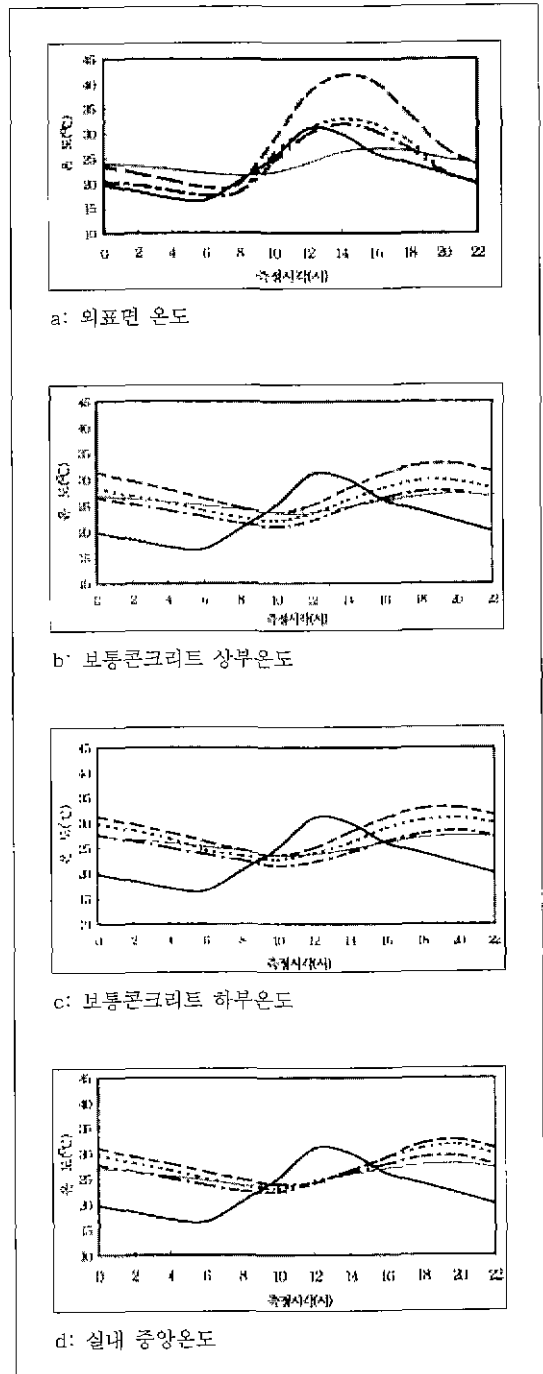


그림 9 각 실험체의 시각별 온도변화

- 범례: — : 외기온, - - - : 일반옥상구조;
 ... : 혼합토양구조;
 - · - : 잔디가 식재되지 않은 식재용콘크리트구조;
 - - - : 잔디가 식재된 식재용콘크리트구조

식재되어 있는 식재용 콘크리트 구조는 일반옥상구조보다 최저온도는 비슷하게 나타난 반면, 최고온도는 약 5°C 낮게 나타났다. 혼합토양구조와 비교하면 최저온도는 비슷하게, 최고온도는 약 1°C 낮게 나타났고, 잔디가 식재되어 있지 않은 식재용 콘크리트구조에 비해서는 최저온도는 1.4°C 높게, 최고온도는 1.4°C 낮게 나타났다.

이상의 각 실험체별 외표면에서부터 실내중앙의 온도분포를 통한 열환경은 잔디가 식재되어 있는 식재용 콘크리트구조는 잔디의 생리·피복작용 및 식재용 콘크리트의 다공질화로 인한 단열효과가 다른 구조에 비해 우수한 것을 알 수 있었다.

IV. 결론

1. 연구결과의 요약

옥상식재용 콘크리트공법을 개발하기 위한 기초적인 특성을 검토한 결과는 다음과 같이 요약된다.

1. 식재용 콘크리트의 물리적 특성으로 페이스트 골재비가 20~40%일 때 공극율은 30~17%, 단위용적 중량은 1,710~2,010kg/m³, 압축강도는 45~140kgf/cm² 정도의 범위로 나타났다. 알칼리용출량은 중화처리를 하기 전에는 pH가 11이상 이었으나, 중화처리를 한 후에는 8.5전후로 저하하였고, 재령이 경과할수록 일정범위까지는 증가하다가 저하하는 경향으로 나타났다.

2. 식재용 콘크리트에서의 쉐터키 블루글래스의 생육은 전반적으로 양호한 것이 확인되었고, 시멘트 종류별로는 BSC를 사용한 식재용 콘크리트가 OPC를 사용한 경우보다 초장은 1.1cm, 옆폭은 0.5mm, 피복율은 7% 우수한 생육결과를 나타내었고, 페이스트 골재 비별로는 페이스트 골재비가 작을수록 생육이 우수한 것으로 밝혀졌다.

3. 냉방기 계절에서의 열환경은 잔디가 식재된 식재용 콘크리트구조 > 잔디가 식재되지 않은 식재용 콘크리트구조 > 혼합토양구조 > 일반옥상구조의 순으로 우수함이 확인되어 잔디의 생리·피복작용 및 식재용 콘크리트의 다공질화로 인한 단열효과는 열환경 측면에서 매우 우수하게 작용하는 것이 확인되었다.

2. 예외적인 상황 및 장치의 연구

본 연구는 부순돌 1종류만을 대상으로 한 실험실 연구로 연구방향울 골재의 입도, 종류 등 사용재료의 품질이 다른조건 및 실제구조체에 적용할 경우는 본 연구결과와 달라질 수 있다.

따라서 장치의 연구로는 다양한 골재조건의 변화 및 실제구조체 적용에 대하여 연구를 검토중에 있으며, 또한 동해 등 내구성 검토에 대하여도 연구할 계획이다.

인용문헌

- 1 長龍豆義, 岡本享久, 佳吉 卓, 堀口 剛(1989) 콘크리트構造物의綠化による美觀性の向上とその評價方法, 第44回セメントと技術大會講演集, pp. 828~833.
- 2 原橋, 池田(1990) 屋上での簡易養液栽培による室内熱環境への影響, 農業氣象 46(1), pp. 9~17
- 3 堀口剛, 栂干野他(1991) 屋上芝生植栽の熱的特性に關する實驗研究, 日本建築學會大會學術講演梗概集, pp. 927~928.
- 4 與水 肇(1993) 콘크리트構造物의綠化と生態·景観, 日本コンクリート工學會·콘크리트構造物의綠化に關するシンポジウム論文報告集, pp. 15~20.
- 5 柳橋邦生, 池尾陽作, 佐久間謙, 米澤放男(1993) 綠化콘크리트의研究, 連綿空際硬化の壓縮強度, 空際率およびアルカリ溶出量の評價, 日本建築學會大會學術講演梗概集, pp. 933~934.
- 6 米澤放男, 佐久間謙, 柳橋邦生, 池尾陽作(1993) 綠化콘크리트의研究, コンセプト·構成および施工方法, 日本建築學會大會學術講演梗概集, pp. 931~932
- 7 單田貞眞子(1993) 環境保全と콘크리트構造物의綠化, 日本コンクリート工學會·콘크리트構造物의綠化に關するシンポジウム論文報告集, pp. 7~14.
- 8 三小田, 小宮他(1993) 屋上芝生植栽の導入效果に關する實驗的研究, 日本建築學會大會學術講演梗概集, pp. 1525~1526.
- 9 玉井元治(1993) 連綿空際を有するポラス콘크리트を用いた綠化に關する研究, 콘크리트構造物의綠化に關するシンポジウム論文報告集, 日本コンクリート工學會, pp. 37~42
- 10 柳橋邦生(1993) 綠化콘크리트의研究, 콘크리트構造物의綠化に關するシンポジウム論文報告集, 日本コンクリート工學會, pp. 29~36
- 11 日本コンクリート工學會(1998) エココンクリート特輯, コンクリート工學, Vol. 36, No. 3, pp. 6~62.
- 12 구본학, 김용규(1999) 다공질 콘크리트를 이용한 식생용 콘크리트의 물리적 특성, 한국 환경복원녹화기술학회 논문집 Vol. 2, No. 2
- 13 양윤제(1984) 도시미관으로서의 옥상조경 환경과 조경

14. 이상태(1999) 잔디植栽用 多孔質 콘크리트의 基礎的 特性에 관한 實驗的 研究. 청주대학교 산업대학원 석사학위논문.
15. 이상태, 김정진, 홍상희, 황정하, 한천구(1999) 식재용 콘크리트의 잔디생육 특성과 열환경조정효과에 관한 연구. 대한건축학회 학술발표회 논문집, 제 19권 2호
16. 전성원, 황정하, 이명호(1998) 옥상잔디식재의 열환경 조절기능에 관한 기초적 연구. 대한건축학회 논문집 제 14권 2호 pp. 239~246
17. 한국건설기술연구원(1996~7) Green Town 개발사업 (1)~(2).