

# 재생골재를 이용한 옥상식재용 콘크리트의 잔디생육과 열환경조정효과

## Growth of Grass and Control of temperature of Planting Concrete for Roof Using Recycled Aggregate

이 상 태<sup>\*</sup> 김 정 진<sup>\*\*</sup> 황 정 하<sup>\*\*\*</sup> 김 진 선<sup>\*\*\*\*</sup> 오 선 교<sup>\*\*\*\*\*</sup> 한 천 구<sup>\*\*\*\*\*</sup>  
Lee, Sang Tae Kim, Jeong Jin Hwang, Jeong Ha Kim, Jin Seon Oh, Seon Kyo Han, Cheon Goo

### ABSTRACT

The objective of this study is to investigate growth of grass planted with planting concrete using recycled aggregate. Planting concrete blocks are constructed on the roof of existing building. Temperature variation according to planting concrete method are also investigate. According to test results, it shows that grass grows very well under planting concrete method. When planting concrete method is applied, it brings about temperature reducing effects about 1~2°C at inner part of the buildings at cooling required period compared to that with existing roof, and at heating required period temperature insulating effects about 2~4°C.

### 1. 서 론

현대도시의 옥상녹화는 도시의 미관개선, 휴식공간 제공, 도시의 생태계 보전, 도심의 열섬현상 개선 등의 다양한 환경부하를 저감할 수 있다. 또한, 건축물의 여름과 겨울철 냉·난방 에너지 절약효과와 아울러 콘크리트 구조물의 균열방지 등 내구성 향상에도 매우 효과적이다.

그러나 현재의 일반적인 옥상녹화공사는 방수층 보호누름인 옥상마감면위에 투수층과 식재기반층을 시공하여 식물을 생육시키고 있는데, 재래공법에서는 투수층과 식재기반층에 자갈 및 일반토양을 사용하므로써 건물의 하중문제가 발생하고 있고, 식재기반층에 경량토양을 사용하는 개량공법에서는 토양 원석의 수입비용과 가공처리과정의 비용증가에 의하여 공사비가 고가라는 문제점이 발생한다.

그러므로 본 연구에서는 옥상녹화의 대중화를 위한 효율적인 녹화공법으로 옥상식재용 콘크리트공법을 개발하기 위하여 실구조체의 옥상마감면위에 식재용 콘크리트공법을 시공한 후 재령경과에 따른 잔디의 생육과 기존옥상과의 실내의 열환경을 검토하고자 하였다.

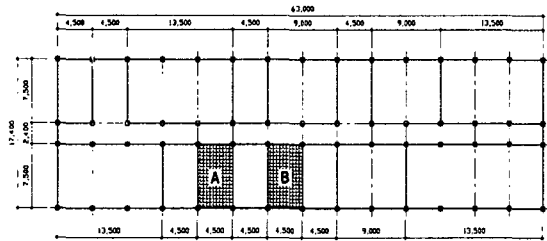
\* 정회원, 청주대 환경조경학과 박사과정  
\*\* 정회원, 청주대 건축공학부, 공학석사  
\*\*\* 정회원, 상주대 건축공학과 조교수, 공학박사

\*\*\*\* 청주대 환경조경학과 부교수, 환경계획학 박사  
\*\*\*\*\* 정회원, (주)선엔지니어링 종합건축사사무소 대표이사  
\*\*\*\*\* 정회원, 청주대 건축공학부 교수, 공학박사

## 2. 실험계획 및 방법

### 2.1 실험계획

본 연구에서의 옥상식재용 콘크리트 적용실험 대상건물은 청주대 이공대학 건물의 옥상으로 하였고, 옥상녹화공사의 시공위치 및 시공면적은 그림 1의 A부분으로 가로가 7.5m이고 세로가 4.5m인 약 34m<sup>2</sup>를 그림 2과 같은 단면구성으로 시공하였다. 또한, 옥상녹화공사 시공유무별 실내외의 열환경을 검토하기 위하여 그림 1에서와 같이 평면적이 동일한 A, B의 실내공간 및 옥상부분에 온도센서를 매입하여 온도를 측정하였다. 식재용 콘크리트는 표 1과 같은 배합으로 제작하였는데, 이때 시멘트는 고로슬래그 시멘트, 골재는 재생골재, W/C는 25%, 페이스트 골재비는 30%로 하였다.



식재용 콘크리트공법 적용 : A, 기존옥상 : B, 온도측정 : A, B

그림 1. 현장적용 건물의 평면도

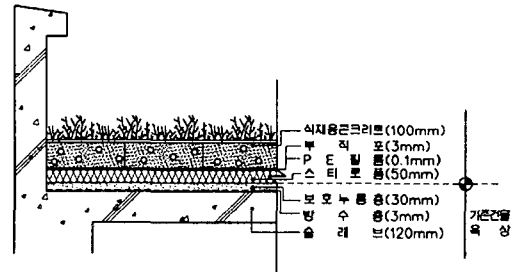


그림 2. 옥상식재용 콘크리트공법의 단면도

### 2.2 사용재료

본 연구에서 사용한 식재용 콘크리트는 표 2의 물리적 성질을 나타내었다. 식재용 콘크리트 제작시의 사용재료로 시멘트는 국내산 고로슬래그 시멘트(슬래그 함유율 30%, 비중:3.03, 분말도:4,091cm<sup>2</sup>/g), 골재는 혼합폐기물 재생골재(건설폐기물 처리업체에서 재생산한 것으로서 폐콘크리트가 대부분이고 폐벽돌, 폐블록 등이 소량 혼합되었음, 비중:2.07, 흡수율:6.43, 단위용적중량:1,291kg/m<sup>3</sup>)를 사용하였다. 혼화제로써 AE제는 나트륨 로릴 황산염계열, 고성능 감수제는 폴리칼본산계열을 사용하였다.

잔디는 난지형으로써 일반 들잔디를 밭장으로 사용하였고, 식재용 콘크리트의 충전재로는 발효과 피트머스 및 퇴비를 2.5mm체로 체가름하여 7:2:1(용적비)로 혼합하여 사용하였으며, 비료는 복합비료를 사용하였다. 객토용 재료는 모래와 바크를 5mm체로 체가름한 것을 8:2(용적비)로 혼합하여 사용하였다.

### 2.3 실험방법

본 현장적용실험은 실험실에서 식재용 콘크리트 블록을 제작한 후, 시공장소로 운반하여 현장에서

표 1. 식재용 콘크리트의 배합표

W/C (%)	P/G (%)	AE/C (%)	S.P/C (%)	공극율 (%)	단위 수량 (kg/m <sup>3</sup> )	절대용적배합 (ℓ/m <sup>3</sup> )		중량배합 (kg/m <sup>3</sup> )	
						C	G	C	G
25	30	0.0028	0.23	28	72	95	553	288	1,145

표 2. 식재용 콘크리트의 물리적 성질

공극율 (%)	단위용적 중량(kg/m <sup>3</sup> )	흡수율 (%)	열전도율 (kcal/m·h·°C)	압축강도(kgf/cm <sup>2</sup> )			
				7일	28일	91일	180일
28	1,613	7.5	0.16	35	45	60	82

조립시공하는 방식으로 하였다. 시공순서 및 방법은 사진 1과 같다. 즉, 옥상마감면 상부로부터 스티로폼(50mm), 폴리에틸렌 필름(0.1mm), 부직포(3mm), 재생골재를 이용한 식재용 콘크리트 블록(300×300×100mm), 객토층(10mm), 잔디뗏장을 순차적으로 시공하였다. 온도센서는 옥상녹화공사 부분(그림 1의 A 부분)에서는 옥상면위, 스티로폼위, 잔디면, 실내를 측정하였고, 옥상녹화공사를 하지 않은 기존옥상부분(그림 1의 B 부분)에서는 옥상면과 실내를 측정하였다.

### 3. 실험결과 및 분석

#### 3.1 옥상식재용 콘크리트공법에서의 잔디생육특성

사진 2는 옥상식재용 콘크리트공법에서의 재령 6개월(2000년 10월) 경과후 잔디생육광경이고, 그림 3은 시공직후(2000년 4월)부터 재령 1개월 간격으로 잔디의 초장을 나타낸 것이다.

전반적으로 사진 2에서와 같이 식재용 콘크리트에서의 잔디생육은 양호한 것을 알 수 있었다. 즉, 시공직후(2000년 4월)에는 잔디의 색상이 상당히 떨어졌으나 재령 2개월(2000년 6월)에서는 잔디의 색채 및 질감이 어느 정도 회복되었고, 재령 4개월(2000년 8월)에서는 객토부분이 보이지 않을 정도의 왕성한 생육을 하였다. 그리고 재령 6개월(2000년 10월) 후로는 계절적 요인으로 인하여 잔디의 색상이 바래짐을 알 수 있었다. 또한, 재령경과에 따른 잔디의 초장은 그림 3에서와 같이 시공직후부터 6월까지는 생육이 저조하였으나, 6월부터 9월까지의 활발하게 생육을 하였고, 그후로는 다시 완만한 생육을 한 것이 확인되었다.



사진 1. 옥상식재용 콘크리트공법의 시공순서

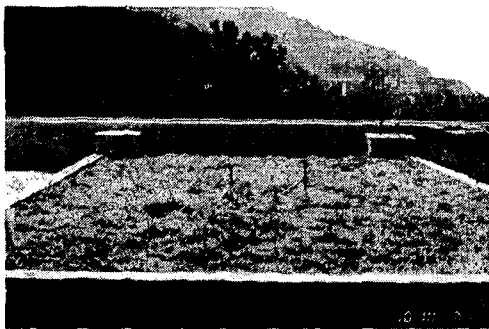


사진 2. 옥상식재용 콘크리트공법에서의 잔디생육광경 (재령 6개월 경과후(2000년 10월))

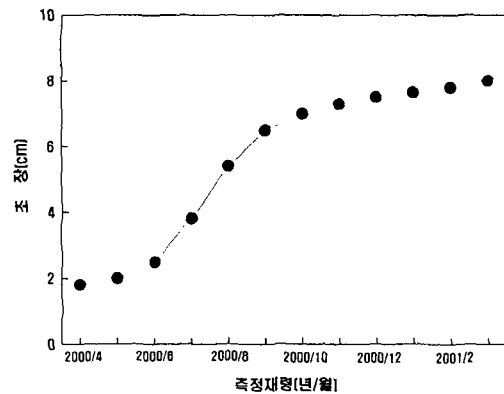


그림 3. 재령경과에 따른 초장

### 3.2 옥상식재용 콘크리트공법의 열특성

#### 3.2.1 냉방기 열특성

그림 4는 2000년 8월 11일~18일의 8일간 온도를 시각별로 측정한 후 이를 평균하여 옥상녹화공사 유무별 각 위치에서의 온도분포를 나타낸 것이다.

먼저, 외기온은 22~37.7℃의 온도분포를 나타내었다. 이때 옥상부분에서 옥상녹화공사가 되어 있는 부분의 온도분포로, 잔디면은 24.9~33℃, 스티로폼위에서는 25.8~32.7℃, 옥상면에서는 29.1~29.9℃로 나타났다. 그러나, 기존옥상(옥상녹화공사를 하지 않은 경우)의 옥상면에서는 25.7~49.4℃의 온도분포를 나타내어 본 공법을 적용한 경우와 큰 차이를 보였다. 또한, 실내에서는 기존옥상의 경우는 29.1~32℃의 온도분포를 나타내었고, 본 공법을 적용한 경우는 29.8~30.9℃로 나타나 실내의 열환경이 크게 개선됨을 알 수 있었다.

그림 5는 그림 4에서 옥상부분의 일

최저온도, 최고온도, 평균온도 및 변화폭을 각 측정위치별로 나타낸 것인데, 본 공법을 적용한 경우 각 측정위치에서의 온도는 기존옥상에 비하여 최고온도가 무려 16~20℃ 낮게 나타났다. 그림 6은 그림 4

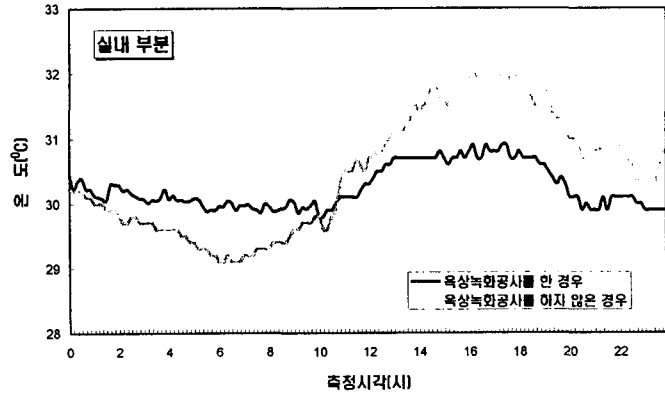
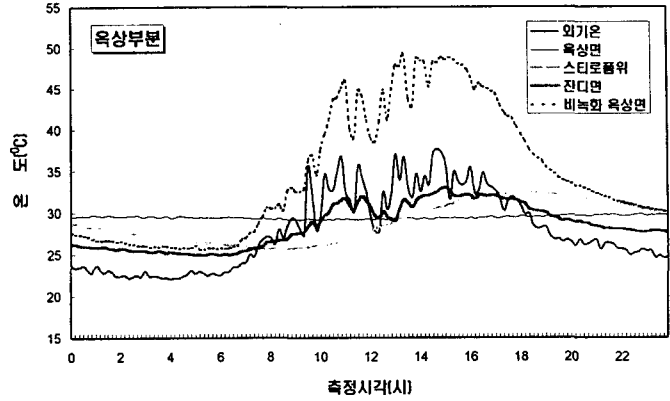


그림 4. 각 측정위치에서의 온도분포

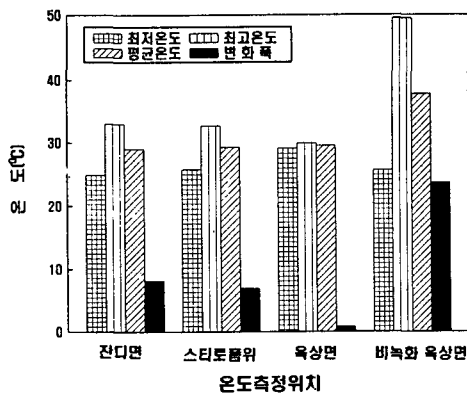


그림 5. 옥상부분의 각 측정위치별 온도분포

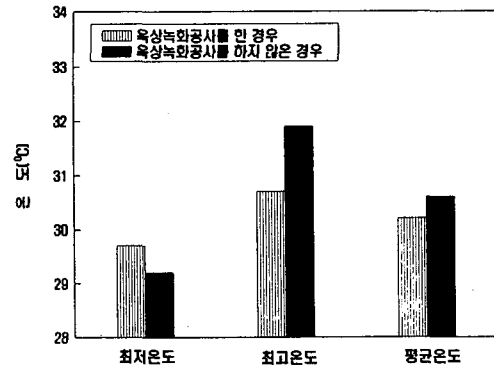


그림 6. 실내의 옥상녹화공사 유무별 온도분포

의 실내온도를 옥상녹화공사 유무별로 비교한 것이다. 본 공법을 적용한 부분의 실내온도는 기존옥상에 비하여 최저온도는 0.5℃ 높게, 최고온도는 1.2℃ 낮게 나타남을 확인할 수 있었다.

### 3.2.2 난방기 열특성

그림 7은 옥상녹화공사 유무별 난방기 열특성을 검토하기 위하여 2001년 1월 21일~25일의 5일간 온도를 시각별로 측정 후 이를 평균하여 나타낸 것이고, 그림 8은 그림 7에서 옥상부분의 일 최저온도, 최고온도, 평균온도 및 변화폭을 나타낸 것이며, 그림 9는 그림 7에서 옥상녹화공사 유무별 실내 온도분포를 비교한 것이다.

먼저, 외기온은 -7~2.8℃의 온도분포를 나타내었다. 이때 옥상부분에서의 온도분포로 옥상녹화공사를 실시한 경우의 잔디면 온도는 -2.7~0.5℃, 스티로폼위에서는 -0.4~3.4℃, 옥상면에서는 8.4~10.2℃로 나타났다. 한편, 기존옥상의 옥상면 온도는 -4.4~4.4℃로 나타나 옥상녹화공사를 한 경우와 열환경이 달라짐을 알 수 있었다. 또한, 실내부분의 온도분포로서 기존옥상은 6.8~10.7℃의 온도를 나타낸 반면, 본 공법을 적용한 경우는 9.8~13.5℃로 나타나 기존옥상에 비하여 약 3℃ 높게 나타났다.

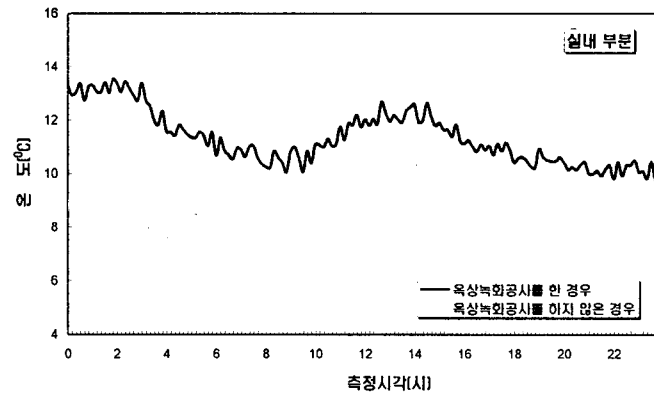
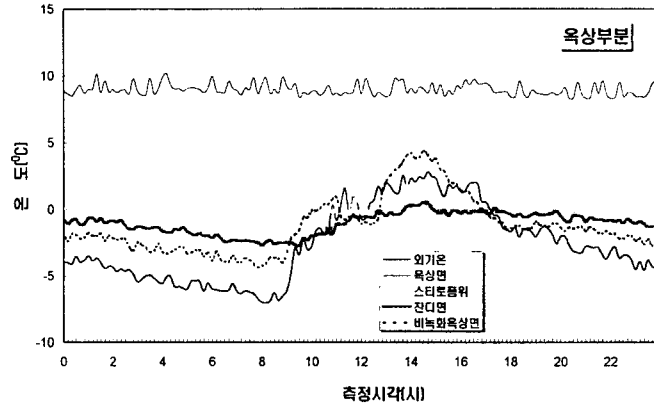


그림 7. 각 측정위치에서의 온도분포

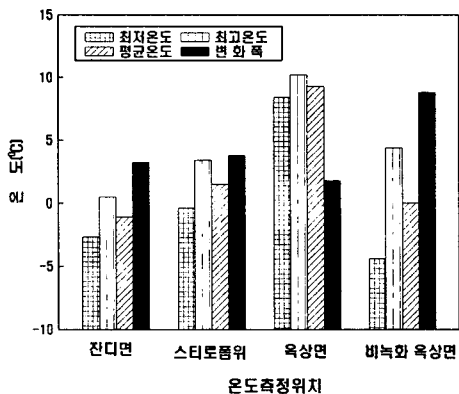


그림 8. 옥상부분의 각 측정위치별 온도분포

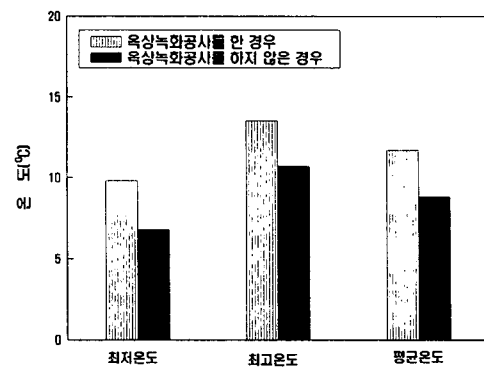


그림 9. 실내의 옥상녹화공사 유무별 온도분포

#### 4. 결 론

본 연구에서는 옥상마감면위에 스티로폼, P.E필름, 부직포, 재생골재를 이용한 식재용 콘크리트 블록, 객토층, 잔디를 순차적인 단면으로 하는 옥상식재용 콘크리트공법을 실구조체에 시공하여 재령경과에 따른 잔디의 생육과 기존옥상과의 열특성을 검토하였는데, 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

- 1) 본 옥상식재용 콘크리트공법에서의 잔디생육은 전반적으로 양호하였다. 즉, 시공직후(2000년 4월)에서는 생육이 저조하였으나 재령 2개월(2000년 6월)에서는 색채 및 질감이 회복되었고, 재령 4개월(2000년 8월)에서는 왕성한 생육을 하였다. 그리고 재령 6개월(2000년 10월) 후로는 계절적 요인으로 인하여 잔디의 색상이 바래짐을 알 수 있었다
- 2) 냉방기 열특성으로 옥상식재용 콘크리트공법을 적용한 경우의 온도는 기존옥상에 비하여 옥상부분에서 약 16~20℃ 낮게 나타났고, 실내에서는 약 1~2℃ 낮게 나타남을 확인할 수 있었다.
- 3) 난방기 열특성으로 옥상식재용 콘크리트공법을 적용한 경우의 온도는 기존옥상에 비하여 옥상부분에서 약 2~13℃ 높게 나타났고, 실내에서는 약 2~4℃ 높게 나타남이 확인되었다.

#### 참 고 문 헌

1. 日本콘크리트工學協會 ; 에코콘크리트特輯, 콘크리트工學, Vol. 36, No. 3, pp.6~62, 1998.
2. 近藤, 益山 ; 建築物の屋上・壁面を綠化することによる夏季の室温の上昇抑制効果について, 芝草研究, Vol. 16, No. 2 pp.13~18, 1987
3. 長籠重義, 岡本亨久, 佳吉 卓, 堀口 剛 ; 콘크리트構造物の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, 1989
4. 與水 肇 ; 콘크리트構造物の綠化と生態・景觀, 日本콘크리트工學會・콘크리트構造物の綠化に関するシンポジウム論文報告集, pp.15~20, 1993
5. 古森和人 ; 植生ポラス콘크리트の製造と耐久性に関する實驗的研究, 自然環境との調和を考慮したエコ콘크리트の現象と將來展望に関するシンポジウム, 日本콘크리트工學協會, pp.39~46, 1995
6. 이상태 ; 잔디植栽용 多孔質 콘크리트의 基礎的 特性에 관한 實驗的 研究, 청주대학교 산업대학원 석사학위논문, 1999
7. 한천구, 김진선, 황정하, 이상태 ; 골재의 종류에 따른 건물옥상 식재용 콘크리트의 기초적 특성, 대한건축학회논문집, Vol. 17, No. 1, pp.91~98, 2001
8. 이상태, 김진선, 황정하, 한천구 ; 건물옥상 식재용 콘크리트공법의 개발, 한국조경학회지, Vol. 28, No. 5, pp.48~57, 2000.12
9. 한국자원재생공사 ; 건설폐기물 재활용 가이드라인 설정 및 재활용 촉진 방안, 1995
10. 최민수 ; 건설폐기물의 재활용 촉진을 위한 정책방안, 건설사업에서의 환경보전과 폐기물 재활용방안 토론회 논문집, 1997